

## 날개망둑 치어의 생존, 성장 및 산소소비율에 미치는 염분의 영향

강주찬·진 평\*·이정식\*\*·신윤경\*\*\*·조규석  
 부경대학교 수산생명의학과, \*부경대학교 해양생물학과  
 \*\*여수대학교 어병학과, \*\*국립수산진흥원 여천수산종묘배양장

## Effects of Salinity on Survival, Growth and Oxygen Consumption rates of the Juvenile gobiid, *Favonigobius gymnauchen*

Ju-Chan KANG, Pyung CHIN\*, Jung-Sick LEE\*\*  
 Yun-Kyung SHIN\*\*\* and Kyu-Seok CHO

Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
 \*Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
 \*\*Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea  
 \*\*\*Yochun Fisheries Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Chunnam 556-905, Korea

The juvenile gobiids, *Favonigobius gymnauchen*, were reared for 40 days under 0~33.6‰ salinity conditions to examine the effects of various salinity on its survival, growth and oxygen consumption rates. Survival rate was significantly declined below 6.7‰ salinity, and daily growth rate was also reduced below 10.1‰. Body length and weight of gobiids reared below 10.1‰ were smaller than those of gobiids reared above 20.2‰. Oxygen consumption rate in the salinity conditions ≤13.4‰ was significantly reduced with decreasing salinity than that in natural seawater (33.6‰). This study revealed that low salinity reduced survival, growth and oxygen consumption rates of the juvenile gobiids suggesting potential influence on the natural mortality of *F. gymnauchen* in the coastal areas.

Key words: *Favonigobius gymnauchen*, Salinity, Survival, Growth, Oxygen consumption

### 서 론

염분은 해양생태계에서 해양생물의 생리적 변화에 영향을 미치는 환경요인 중의 하나이다. 어류에 있어 염분은 대사활동, 삼투 조절 및 생체리듬 등에 영향을 주기 때문에 연어와 같은 회유성 어류 및 기수지역에 서식하는 광염성 어류의 생활사에 있어서 대단히 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 염분에 대한 어류의 내성 및 적응기구 등을 구명하기 위하여 광염성 어류를 대상으로 이들의 삼투조절 및 기타 생리학적 관점에서 많은 연구들이 수행되어 왔다 (Handeland et al., 1998; Mortensen and Damsgard, 1998; Claireaux and Audet, 2000; Handeland et al., 2000). 그러나, 이들 연구는 연어나 송어와 같이 경제성이 높은 어류에 대부분 한정되어 있으며, 망둑어류와 같은 천해역의 중요한 생태적 지위에 있는 소형어류에 대한 연구는 극히 미비한 실정이다.

망둑어과 어류는 담수, 기수 및 연안에 분포하는 소형 저서성 어류로 우리 나라에는 40여종이 분포하는 것으로 알려져 있으며 (Kim et al., 1987), 이들의 생태·생리적인 측면에 대한 연구들이 일부 수행되었다 (Paik, 1970; Ryu and Lee, 1979; Baek and Lee, 1985). 날개망둑은 주로 내만의 모래질이나 펄질에 주로 서식하지만, 하구나 염분이 낮은 기수지역에도 분포한다. 먹이는 주로 작은 갑각류이며, 천해역에서 출현 정도는 저질상태에 따라 다소 차이가 있어 펄질에서는 4월, 모래질에서는 6월에 최대값을 보인다. 이같이 망둑어류는 천해역의 넓은 염분범위에서 어류군집의 중요한 위치를 차지함에도 불구하고 넓은 범위의 염분에 대한 이들의 저항성에 대한 연구는 극히 미비한 상태이다.

따라서 본 연구는 넓은 범위의 염분에 대한 날개망둑의 내성범위를 파악하기 위한 일환으로 이들의 생존, 성장 및 산소소비율에 미치는 염분의 영향을 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 실험재료

실험재료인 날개망둑, *Favonigobius gymnauchen*은 1999년 3월 부산 다대포의 인근해역에서 손그물로 채집하여 1시간 이내 실험실로 운반하여 400ℓ 순환식 여과수조에서 10일 이상 순치시켰다. 이때 수온, pH, 염분 및 용존산소는 각각 19.7~21.2℃, 7.9~8.2, 32.8~33.2‰, 7.2~7.5 mg/ℓ의 범위였고, 먹이는 *Artemia*와 넙치용 사료를 혼합하여 공급하였다. 실험에는 외관상 건강한 체장 21.2~25.1 mm, 체중 0.25~0.32 g의 개체를 실험구별로 같은 크기를 선별하여 같은 비율로 사용하였다.

#### 2. 실험방법

실험은 PVC수조 (52×36×30 cm)를 사용하여 순환식 방법에 의하여 실시하였고, 실험 해수의 교환은 2일을 원칙으로 하였고, 염분농도는 33.6‰ 해수를 100%로 하여 각각 80(27.4‰), 60(20.2‰), 40(13.4‰), 30(10.1‰), 20(6.7‰) 및 10(3.4‰)를 천연 담수와 혼합하여 조제하였고, 0%는 담수만을 사용하였다. 실험기간 중의 염분 (Water Checker, U-10, Horiba, Ltd.)을 비롯하여 수온 (봉상온도계), pH (pH meter, 250A, Orion Research Inc.) 및 용존산소 (Model-250A, ATI Orion, Co., USA)는 1일 2회 측

정하였다. 모든 실험은 수온  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 조절이 가능한 항온실에서 실시하였으며, 산소발생기에 의해 지속적으로 산소를 공급하였다.

염분농도별 생존 및 성장에 대한 실험은 유사한 크기의 날개망둑을 20마리씩 선별하여 40일간 동시에 2회의 반복구를 설정하였다. 생존은 24시간마다 사망한 개체를 계수하여 생존율로 나타내었고 유의성은  $\chi^2$ -test로 검정하였다. 성장은 실험수조에 실험어를 수용하기 전에 체장 및 체중을 측정하였고, 10일 단위로 이들을 측정하였다. 이때, 먹이는 실험 수조에 수용한 다음날부터 시판용 넙치사료를 1일 2회, 각각 9시, 17시에 걸쳐 포식량 이상을 공급하였다. 또한, 먹이는 실험종료 1일전에는 공급하지 않았으며, 실험도중 사망한 개체가 관찰되는 경우, 사망어는 평균값의 개체가 사망한 것으로 판단하여 계산하였다.

날개망둑의 산소소비율에 대한 실험은 생존과 성장실험과는 별도로 2개의 반복실험을 실시하였다. 산소소비율은 실험구별 10일 단위로 5개체씩을 무작위로 선별하여 산소소비율 측정 후, 실험어는 건중량을 측정하였다. 평균 산소소비율은 단위건중량당 산소소비량으로 표시하였다. 이들 결과에 대한 유의성 검정은 SPSS 통계프로그램 (SPSS Inc.)을 이용하여 ANOVA에 의해 최소유의차 검정으로 평균간의 차이를 검정하였다.

## 결 과

### 1. 생 존

염분에 따른 40일간 날개망둑 치어의 생존율을 Fig. 1에 나타내었다. 날개망둑의 생존율은 염분 33.6%에서 실험종료시 95%을 나타내었고, 10.1% 이상에서는 90% 이상의 생존율을 나타냈다. 그러나, 6.7%와 3.4%의 염분에 노출시킨 날개망둑의 생존율은 실험기간 동안 계속적으로 감소하여 실험종료시 각각 80% 및 70%로 27.4%의 염분 97.5%에 비해 유의한 감소를 나타냈다 ( $P < 0.05$ ). 한편, 담수에 노출시킨 날개망둑은 노출 다음날부터 계속적으로 감소하기 시작하여 40일째 5%의 생존율을 보였다.

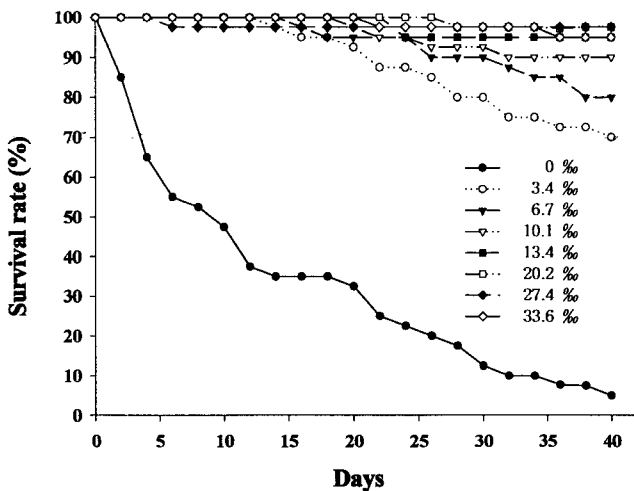


Fig. 1. Survival rate of juvenile *Favonigobius gymnauchen* exposed to various salinity for 40 days.

### 2. 성 장

날개망둑 치어를 염분에 따라 사육하면서 성장에 대하여 체장 및 체중의 증가를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 날개망둑은 20.2~33.6%의 염분 범위에서 실험개시시 체장 23.29~23.31 mm, 체중 0.298~0.311 g에서 40일 후에 각각 32.81~33.50 mm, 0.445~0.457 g로 성장하여 유사한 체장 및 체중의 증가를 나타냈다. 또한, 13.4%의 염분에서 날개망둑의 체장 및 체중은 감소하는 경향을 나타냈으나, 가장 많은 증가를 보인 27.4%의 염분에 비해 유의한 차이는 인정되지 않았다. 한편, 염분 10.1% 이하에서 날개망둑의 체장 및 체중은 염분 농도가 감소할수록 감소하는 경향을 보여 체장 및 체중의 증가가 가장 양호한 27.4%에 비해 유의한 차이가 인정되었다 ( $P < 0.05$ ). 담수에 노출시킨 날개망둑의 체장 및 체중은 각각 23.28 mm, 0.295 g에서 25.29 mm, 0.328 g로 성장을 나타내어 이들의 증가는 거의 관찰되지 않았다. 날개망둑의 체중의 증가를 기준으로 하여 일일성장률을 Table 1에 나타내었다. 날개망둑의 일일성장률은 염분 20.2% 이상에서는 유사한 값을 나

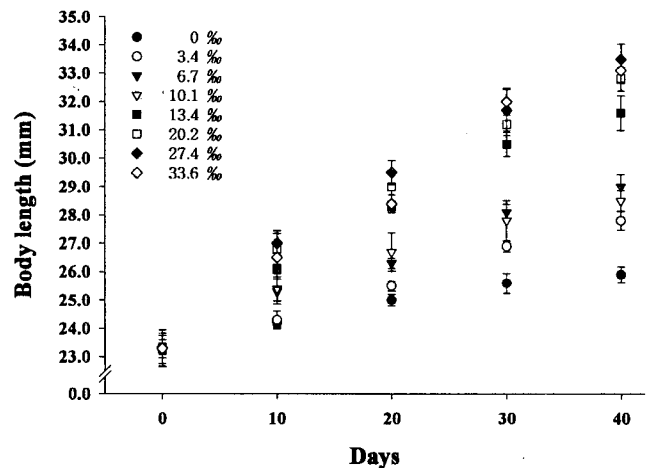


Fig. 2. Growth of body length in juvenile *Favonigobius gymnauchen* exposed to various salinity for 40 days.

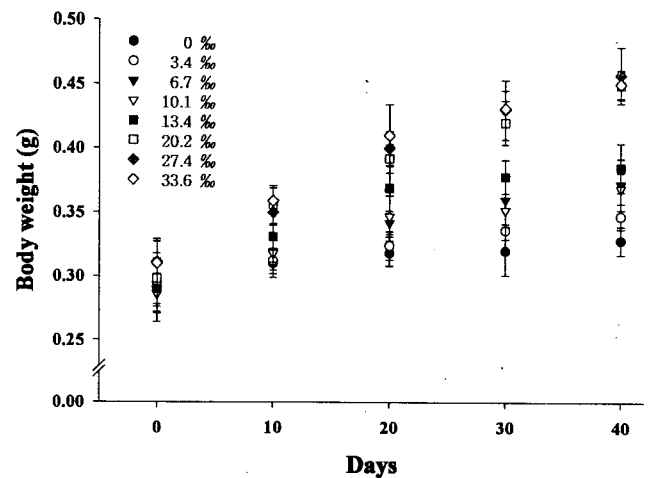


Fig. 3. Growth of body weight in juvenile *Favonigobius gymnauchen* exposed to various salinity for 40 days.

Table 1. Daily growth rates of juvenile exposed to various salinity concentrations

Salinity (‰)	Water quality			Body weight (g)		Mean growth rate (g/day)
	Temp. (°C)	Do (mg/ℓ)	pH	Initial	Final	
0	20 ± 0.8	6.7 ± 0.8	7.9 ± 0.6	0.295 ± 0.019	0.328 ± 0.011	0.0008
3.4	20 ± 0.5	6.8 ± 0.6	8.0 ± 0.5	0.292 ± 0.021	0.340 ± 0.010	0.0012
6.7	20 ± 0.7	6.9 ± 0.3	7.9 ± 0.3	0.284 ± 0.013	0.372 ± 0.020	0.0022
10.1	20 ± 0.3	6.8 ± 0.5	8.1 ± 0.2	0.286 ± 0.022	0.369 ± 0.012	0.0021
13.4	20 ± 0.5	6.6 ± 0.4	8.0 ± 0.7	0.290 ± 0.018	0.414 ± 0.019	0.0031
20.2	20 ± 0.6	6.8 ± 0.3	7.9 ± 0.6	0.311 ± 0.020	0.445 ± 0.011	0.0038
27.4	20 ± 0.2	6.7 ± 0.2	8.0 ± 0.5	0.298 ± 0.018	0.457 ± 0.022	0.0037
33.6	20 ± 0.3	6.5 ± 0.7	8.1 ± 0.4	0.310 ± 0.017	0.450 ± 0.011	0.0035

타내었으나, 10.1‰ 이하에서는 유의한 감소가 관찰되었다 (P < 0.05).

3. 산소소비

각 염분에 노출시킨 날개망둑의 산소소비의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 날개망둑의 산소소비는 염분 20.2~33.6‰에서 유사한 값을 나타내었다. 그러나 염분 13.4‰ 이하에서는 염분이 감소함에 따라 산소소비율이 감소하는 경향을 보여 정상적인 산소소비를 보인 33.6‰의 염분에 비해 유의한 감소를 나타내었다 (P < 0.05). 또한, 날개망둑의 산소소비는 염분 13.4, 10.1, 6.7 및 3.4‰에서 33.6‰의 염분에 비해 실험종료시 각각 15.8, 19.3, 18.6 및 24.1%가 감소하였고, 담수에서는 28.2%의 감소를 나타냈다.

고찰

외부환경에 대한 어류 체액내 삼투조절의 실패는 대사변동을 일으키게 되며, 극단적인 경우에는 사망에 이르게 된다 (Woo and Fung, 1981). 40일간의 실험에서 날개망둑의 생존율은 염분 10.1‰ 이상에서 90% 이상을 보였으나, 염분 6.7‰ 이하에서는 실험 종료시 유의한 감소를 나타내었고, 담수에서는 노출 2일째부터 사망하기 시작하여 40일째의 실험종료시 5%를 나타내었다.

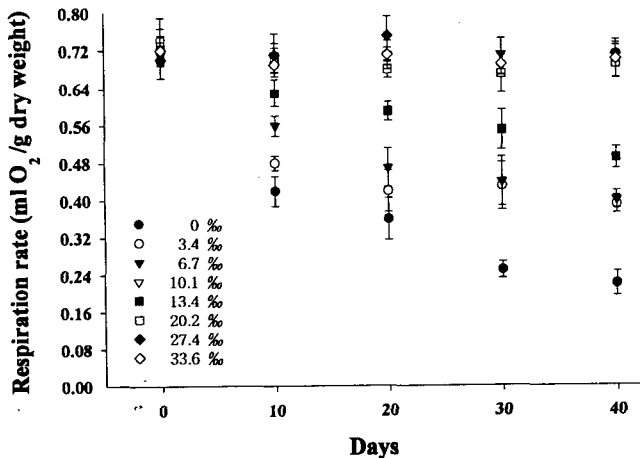


Fig. 4. Oxygen consumption rate of juvenile *Favonigobius gymnauchen* exposed to various salinity for 40 days.

염분에 따른 어류의 저항성은 그들의 서식지역에 따라 다양한 내성을 나타낸다. 즉 하구역 등의 기수지역에 서식하는 어류는 담수 혹은 해수지역에 한정되어 서식하는 어류보다 넓은 범위의 염분에서도 강한 내성을 나타내며, 삼투조절이 가능하다 (Otto, 1971; Blaber, 1974; Martin, 1990). 날개망둑은 주로 내만의 모래질 및 펄질에 서식하며, 해수지역을 비롯하여 하구나 염분도가 낮은 기수지역에 서식하는 광염성 어류이다. 따라서 날개 망둑은 담수나 해수지역에 한정되어 서식하는 어류에 비해 10.1~33.6‰의 넓은 염분 범위에서도 생존에는 영향을 없을 것으로 생각된다. 한편, Nordlie (1978)은 *Mugil cephalus*, *Oncorhynchus mykiss*와 같은 광염성 어류일지라도 극히 광범위한 염분범위에서는 삼투 조절의 실패로 인해 사망을 초래한다는 사실을 지적하였다. 따라서 날개 망둑의 생존율이 6.7‰ 이하의 염분에서 유의하게 감소하는 것으로 보아 염분 6.7‰ 이하에서는 삼투조절 등의 실패로 인하여 사망이 발생할 것으로 생각되며, 특히 담수에서는 노출 2일째부터 급격한 생존율 감소가 예상된다.

어류의 성장에 있어 염분의 영향은 흔히 삼투 및 이온조절에 소비되는 에너지가 가장 적게드는 염분에서 가장 양호한 성장을 할 수 있다. 즉, 등장액의 환경조건에서 삼투조절에 소비되는 에너지가 가장 적게 소모되는 염분범위가 성장에 최적 조건이라는 것을 의미한다 (Morgan and Iwama, 1991). 지금까지의 보고에 의하면 하구역 등에 서식하는 광염성 어류에 있어 성장에 필요한 최적 염분 농도는 종에 따라 상이하다. 즉, 광염성 어류의 성장에 있어 최적염분 범위는 Table 2에 나타난 바와 같이 5~25‰ 범위 내에서 다양한 값을 보이고 있다. 날개망둑은 20.2~33.6‰의 염분범위에서 유사한 체장 및 체중의 증가를 나타내었고, 13.4‰ 염분에서는 감소하는 경향을 나타냈으나, 유의한 감소는 인정되지 않았다. 따라서, 날개망둑은 *Pomadasys commersonnii*와 유사한 염분 13.4~33.6‰의 범위에서 정상적인 성장이 이루어질 것으로 생각되며, 특히 20.2~33.6‰의 범위가 성장에 가장 적합한 염분 범위라고 추정할 수 있다. 한편, 10.1‰ 이하의 염분에서 날개망둑의 체장 및 체중은 유의한 감소가 관찰되었고, 담수에 노출시킨 개체의 체장 및 체중의 증가는 거의 관찰되지 않았다. 따라서 10.1‰ 이하의 염분에서는 삼투조절에 소비되는 에너지의 증가로 인해 성장률의 감소하였을 것으로 예상된다.

어류의 산소소비는 활동, 수온 및 삼투조절 등에 의하여 영향을 받으며, 특히 염분도 주요한 변수로 작용한다 (Morgan and

Table 2. Optimum salinity for growth of fishes

Species	Optimum growth salinity	Reference
Grey mullet, <i>Mugil cephalus</i>	20 ‰	DsSilva and Perera (1976)
Brown spotted grouper, <i>Epinephelus tauvina</i>	25 ‰	Akatsu et al. (1983)
European sea bass, <i>Dicentrarchus labrax</i>	25 ‰	Dendrinios and Thorpe (1985)
Eueopean flounder, <i>Platichthys flesus</i>	5~15 ‰	Gutt (1985)
Atlantic cod, <i>Gadus morhua</i>	7~14 ‰	Lambert et al. (1994)
Spotted, <i>Pomadasys commersonnii</i>	12~35 ‰	Deacon and Hecht (1999)
Gobiidae, <i>Favonigobius gymnauchen</i>	13~34 ‰	Present study

Iwama, 1998). 예를 들면, 점농어는 자연해수에 비해 15%의 염분에서 13.5~16.0%의 산소소비의 감소를 나타내며, 담수에 노출될 경우에는 25.3~36.4%의 감소를 나타낸다 (Kim et al., 1998). 날개망둑은 염분 20.2~33.6%의 범위에서 유사한 산소소비율을 나타냈으나, 염분 13.4% 이하에서는 유의한 감소를 나타내었고, 담수에서는 자연해수에 비해 28.2%의 감소를 나타냈다. 따라서, 날개망둑은 염분 13.4% 이하에서는 다른 광염성 어류와 마찬가지로 산소소비율이 감소할 것으로 생각된다.

이상의 결과와 논의로부터 날개망둑은 염분 20.2~33.6% 범위에서 정상적인 성장과 대사활동이 이루어질 것으로 생각되나, 염분 10.1% 이하에서는 생리기능 및 대사활성의 저하로 인하여 정상적인 성장이 이루어지지 않을 것이며, 특히 6.7% 이하의 염분에서는 삼투 조절의 실패 등으로 인하여 생존율 감소가 예상된다.

요 약

염분에 대한 날개망둑의 내성범위를 파악하기 위한 일환으로 이들의 생존, 성장 및 대사에 미치는 염분의 영향을 40일간 사육 실험을 통하여 검토하였다.

날개망둑의 생존율은 염분 10.1% 이상에서 90% 이상을 나타냈으나, 염분 6.7% 이하에서는 유의한 감소를 나타냈고, 담수에서는 40일째 5%의 생존율을 보였다. 성장은 20.2~33.6%의 염분 범위에서 유사한 체장, 체중의 증가 및 일일성장률을 나타냈으나, 염분 10.1% 이하에서 유의한 감소가 관찰되었다. 산소소비는 염분 20.2~33.6%에서 유사하게 나타났으나, 염분 13.4% 이하에서 염분이 감소함에 따라 감소하는 경향을 보여 염분 13.4, 10.1, 6.7 및 3.4%에서 각각 15.8, 19.3, 18.6 및 24.1%의 유의한 감소를 보였고, 담수에는 28.2%의 감소가 관찰되었다. 이러한 결과는 낮은 염분에서 생존, 성장 및 산소소비율이 낮다는 것을 지적하고 있으며, 염분의 농도차이가 연안지역이나 기수지역에서 자연사망율에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있다는 것을 암시한다.

감사의 글

이 논문은 1998년 해양수산부에서 시행한 수산기술개발사업의 현장애로기술개발과제 연구비지원으로 수행한 연구결과의 일부를 밝히며, 연구비지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Akatsu, S., A. Abdul, K.M. Elah and S. Teng. 1983. Effects of salinity and water temperature on the survival and growth of brown spotted grouper (*Epinephelus tauvina*, Serranidae) larvae. *J. World Mar. Soc.*, 14, 624~635.

Blaber, S.J.M. 1974. Osmoregulation in juvenile *Rhabdosargus holubi* [Steindacher (Teleostei: Sparidae)]. *J. Fish Biol.*, 6, 797~800.

Claireaux, G. and C. Audet. 2000. Seasonal changes in the hypo-osmoregulatory ability of brook charr: the role of environmental factors. *J. Fish Biol.*, 56, 347~373.

Deacon, N. and T. Hecht. 1999. The effect of reduced salinity on growth, food conversion and protein efficiency ratio in juvenile spotted grunter, *Pomadasy commersonnii*. *Aquacul. Res.*, 30, 13~20.

Dendrinios, P. and J.P. Thorpe. 1985. Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquacul.*, 49, 1149~1156.

DeSilva, S.S. and P.A.B. Perera. 1976. Studies on young grey mullet, *Mugil cephalus* L. I. Effects of salinity on food intake, growth and food conversion. *Aquacul.*, 7, 327~338.

Gutt, J. 1985. The growth of juvenile flounders (*Platyichthys flesus* L.) at salinities of 0, 5, 15 and 35‰. *J. Appl. Ichthy.*, 1, 17~26.

Handeland, S.O., A. Berge, B. Bjornsson and S.O. Stefansson. 1998. Effects of temperature and salinity osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. *Aquacul.*, 168, 289~302.

Handeland, S.O., A. Berge, B. Bjornsson and S.O. Stefansson. 2000. Seawater adaptation by out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at different temperatures. *Aquacul.*, 181, 377~396.

Kim, W.S., H.T. Huh, J.H. Lee and C.H. Koh. 1998. Effects of sudden changes in salinity on endogenous rhythm of the spotted sea bass *Lateolabrax* sp. *Mar. Biol.*, 131, 219~225.

Lambert, Y., J. Dutil and J. Munro. 1994. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Aquatic cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, 51, 1569~1576.

Martin, T.J. 1990. Osmoregulatory in three species of Ambassidae (*Osteichthyes: Perciformes*) from estuaries in Natal. *South African J. Zool.*, 25, 229~234.

Morgan, J.D. and G.K. Iwama. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquatic*

- Sci., 48, 2083~2094.
- Morgan, J.D. and G.K. Iwama. 1998. Salinity effects on oxygen consumption, gill  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase and ion regulation in juvenile coho salmon. *J. Fish Biol.*, 53, 1110~1119.
- Mortensen, A. and B. Damsgard. 1998. The effect of salinity on desmoltification in Atlantic salmon. *Aquacul.*, 168, 407~411.
- Nordlie, F.G. 1978. The influence of environmental salinity on respiratory oxygen demands in the euryhaline teleost. *Ambassis interrupta* Bleeker. *Comp. Biochem. Physiol.*, 59A, 271~274.
- Otto, R.G. 1971. Effects of salinity on the survival and growth of pre-smolt coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Board Canada* 28, 343~349.
- Woo, N.Y.S. and A.C.Y. Fung. 1981. Studies on the biology of red sea bream. 2. salinity adaptation. *Comp. Biochem. Physiol.* 69A, 237~242.
- Kim I.S., Y.J. Lee and Y.U. Kim. 1987. A taxonomic revision of the subfamily Gobiidae (Pisces, Gobiidae) from Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 20(6), 529~542. (in Korean)
- Paik, E.I. 1970. Length-weight relationship of *Syneohogobius hasta*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 3(2), 117~119. (in Korean)
- Baek, H.J. and T.Y. Lee. 1985. Experimental studies on the machanism of reproductive cycle in the Longchin Goby *Chasmichthys dolichogmathus* (Hilgendorf). *Bull. Korean Fish. Soc.*, 18(3), 243~252. (in Korean)
- Ryu, B.S. and J.H. Lee. 1979. The life form of *Periophthalmus cantonensis* in the Gum river in summer. *Bull. Korean Fish. Soc.* 12(1), 71~77. (in Korean)

---

2000년 7월 31일 접수

2000년 9월 14일 수리