

# 까나리, *Ammodytes personatus*의 성장

## 1. 치어의 日齡, 초기성장 및 산란시기

김영혜 · 강용주 · 류동기\*  
부경대학교 해양생물학과, \*군산대학교 양식학과

# Growth of *Ammodytes personatus* in Korean waters

## 1. Daily Growth Increment, Early Growth and Spawning Time in Juvenile Stage

Yeong Hye KIM, Yong Joo KANG and Dong Ki RYU\*

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

\*Department of Aquaculture, Kunsan National University, Kunsan 573-702, Korea

The growth and spawning time of juvenile *Ammodytes personatus* were analyzed based on the daily growth increment in otolith reading of the sample caught in the coastal waters of Shinsudo, Sacheon from March 20 to May 1, 1988. Daily growth increment in otolith was formed once a day. The estimated spawning time ranged from November, 1987 to March, 1988. The von Bertalanffy growth model and the Gompertz growth model were expressed as,  $TL=87.80 (1-e^{-0.0074 (t+10.79)})$  and  $TL=72.59 e^{-1.8417 e^{-0.0152 t}}$  respectively, where TL is total length in mm, t is age in day.

Key words: daily growth increment, spawning time, *Ammodytes personatus*, Gompertz growth model, von Bertalanffy growth model

### 서 론

까나리 (*Ammodytes personatus*)는 연안성 어류로서 우리나라 연안, 일본, 알래스카, 시베리아 연안에 분포하고 있으며, 또한, 바닥이 모래질인 내만이나 연안에서 무리를 지어 생활하고 수온이 15°C 이상이 되면 모래 속으로 들어가 여름 잠을 자는 냉수성 어류이다 (Kim et al., 1994). 동해안에서는 10~12월에 자망으로, 남해안과 서해안에서는 4~6월에 낭장망과 개량안강망으로 주로 어획되고 있다. 까나리는 대부분 양식용 어류의 생사료나 김장용 액젓의 원료로 이용되고 있다. 특히, 까나리 액젓은 비린내가 적고 풍미가 강해 최근 들어 소비자들로부터 많은 각광을 받고 있어 (Chun, 1974) 상업적으로도 매우 중요한 어종일 뿐만 아니라, 대량으로 번식하기 때문에 다른 회유성 어류의 먹이로서도 중요한 위치를 차지하고 있다.

본 종에 관한 연구로는 일본의 경우 상업적으로 아주 중요한 종이므로 성장 (Nagoshi and Sano, 1979), 식성 (Sekiguchi et al., 1977; Yamashita et al., 1985), 유전 변이 (Okamoto et al., 1987), 자원량 및 어획사망률 추정 (Nagoshi and Kanda, 1979) 등 자원 생물학적 연구가 잘 되어 있으나, 일륜에 의한 초기 성장에 관한 연구는 없다. 우리나라의 경우, Chun (1974)에 의해 전장과 체중간의 관계, 산란시기 및 성비에 대한 간단한 연구, Kim (1989)의 성장과 섭식생태에 관한 연구가 있을 뿐이다.

어류의 이석에서 Panella (1974)가 일륜을 발견한 이래 Brothers et al. (1976)이 멸치 (*Engraulis mordax*)를 사육하여 일륜을 확인하였고, Tsuji and Aoyama (1984)가 멸치 (*Engraulis japonica*)의 일륜 형성시기에 관한 연구를 하였다. 그리고 Megalofonou et al. (1995)는 황새치 (*Xiphias gladius*) 유어의 일간 성장률과 산란기를 추정 보고한 바 있다. 우리나라의 경우, 뱀장어 유생의 일륜 형성 및 상대 성장에 관한 연구 (Lee, 1985)가 있고, 멸치 치어의

일륜에 의한 성장을 직선회귀식으로 추정한 연구 (Kim and Kim, 1986)가 있다. 또 연어 자어의 초기 성장을 일륜에 의거하지 않고 부화일수에 따른 성장의 변화를 Gompertz model에 적용한 연구 보고가 있다 (Zhang et al., 1995). 그러나 차치어기의 초기 성장을 일륜에 의거하고 이를 토대로 구한 성장이 어떤 성장 model에 적합한가에 대한 연구는 국내의 모두 이루어지지 않은 실정이다.

본 연구는 까나리 자원 연구에 기초가 되는 성장상태를 알기 위해, 이석에 일륜이 나타나는 것을 확인하여 일륜에 의거한 초기 성장과 산란 시기를 추정하였다.

### 재료 및 방법

표본은 1988년 3월 20일부터 5월 1일까지 경상남도 사천시 신수도 연안 (Fig. 1)에서 낭장망에 의해 15일 간격으로 4회에 걸쳐 채집한 것이다.

채집한 어체는 현장에서 dry-ice와 ice-pack이 들어 있는 ice-box에 넣어 실험실로 운반하여 전장은 0.1 mm 단위까지, 체중은 0.1 mg까지 측정하였다. 채집된 916마리 중 일륜 판독이 가능했던 86마리만 분석하였다.

일륜 형질로 사용한 이석은 안와후연 (眼窩後緣)의 中央後下部를 절개하여 좌우 한 쌍을 끄집어내었다. 적출한 이석은 물로 세척하여 표면에 붙은 이물질 제거 후 곡률이 작은 쪽을 위로 하여 슬라이드 글라스에 놓고 캐나다발삼 용액을 떨어뜨린 다음, 커버글라스로 덮어 연구표본을 만든 후, 200~400배율의 현미경으로 관찰하였다.

이석은 중심부의 초점에서 연변부로 가면서 원형의 불투명대와 투명대가 교대로 뚜렷이 나타났다. 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계 부분을 윤문으로 정하였으며, 일륜수는 4번을 헤아려서

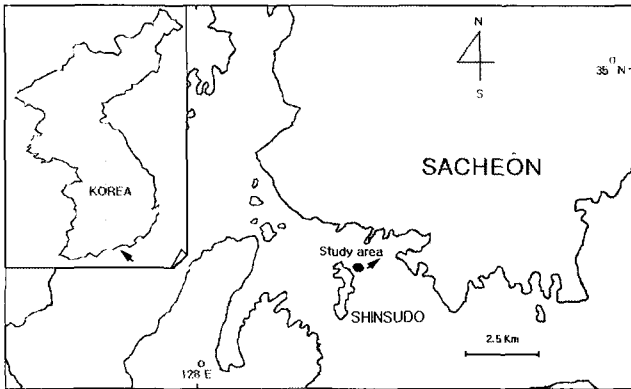


Fig. 1. Location of the study area.

평균값을 사용하였다. 측정 기준선은 초점에서 이석의 최장축을 따라 설정한 다음, 초점에서 최외측연면까지의 거리를 이석경 (R) 으로 하였고, 각 윤문까지의 거리를 윤경이라 하였다. 윤경의 측정에서 초점으로부터 30번, 60번, 90번 120번째 성장선의 윤경을  $d_{30}$ ,  $d_{60}$ ,  $d_{90}$ ,  $d_{120}$ 으로 나타내었다 (Fig. 2).

판독한 윤문이 일령 형질로 적합한 가를 알기 위해 전장과 윤문수 간의 상관성 및 이석경과 윤경간의 대응성을 알아보았다.

산란시기는 각 개체의 산란일을 추정하여, 채집기간동안 채집된 개체들의 산란일에 해당하는 시기로서 파악하였다. 각 개체의 산란일은 일륜 수에다 부화일수와 부화후 초륜이 형성되는 데 소요되는 일을 합한 14.5일을 합산하여 채집일자에서 날짜를 역산하여 추정할 수 있었다. 산란후 부화되기까지 소요되는 기간 (9.5일)과 난황이 흡수하는 데 소요되는 기간 (5일)은 Inoue (1950)의 연구 결과를 인용하였다.

일륜이 하루에 몇 개 형성되는 가를 파악하기 위하여 산란된 날짜가 동일하다고 추정된 개체들에 대해 연속된 채집에서 증가된 일륜수와 경과된 기간을 비교하여, t-test를 이용하여 1일 1개 형성되는 가를 검정하였다 (Zar, 1984).

시간의 경과함에 따른 까나리 치어의 성장 과정을 잘 나타낼

수 있는 model을 찾기 위해 von Bertalanffy model, Gompertz model을 적용시켜 구하였다.

결 과

연령형질로서 적합성

이석에 나타난 윤문이 일령 형질로 적합한 가를 확인하기 위하여 이석경과 전장간의 대응성, 전장과 윤문수의 대응성 및 각 윤문의 분리정도를 조사하였다.

이석경 (R)과 전장 (TL) 간의 대응성을 살펴보면,  $TL = 25.336 + 232.895R$  이었으며 ( $r^2 = 0.37$ ), 전장이 크면 이석경도 커지는 경향을 알 수 있었다 (Fig. 3).

채집시기별 윤문수를 살펴보면, 윤문수의 평균 범위는 54.13~96.03개이었으나, 채집 시기가 늦은 어체일수록 윤문수는 적어지는 경향을 보였다 (Fig. 4).

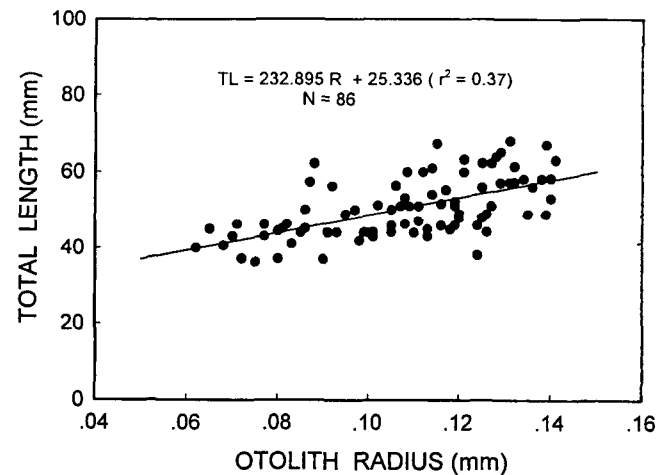


Fig. 3. Relationship between otolith radius (R) and total length (TL) in juvenile stage of *Ammodytes personatus*.



Fig. 2. Photograph and diagram of otolith in juvenile stage of *Ammodytes personatus*.

- A: Photograph of otolith
- B: Photograph of daily growth increment (d) and focus (F) in otolith.
- C: Otolith radius (R) and ring mark ( $d_n$ ) in the otolith.

전장과 이석에 나타난 윤문수 (NOI)의 상관성을 살펴보면,  $NOI = 2.012TL - 21.338$  이었으며 ( $r^2 = 0.42, P < 0.05$ ), 전장이 커짐에 따라 일륜수가 증가하는 것을 알 수 있었다 (Fig. 5).

각 윤문별 분리성을 살펴보면, 전장이 커질수록 윤문수가 많다 할지라도 각 윤문군별로 서로 분리되어 있어야 일륜으로서의 가치가 있다. 따라서 윤문수 30개를 주기로 이석경 (R)과 각 윤문군 ( $d_n$ )간의 분리 조사한 결과 각 윤문군 간에 서로 명확히 분리되었으며, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤문이 커지는 것으로 나타났다 (Fig. 6).

따라서 치어의 이석에서 나타난 윤문을 판독한 결과, 대응성과 주기성을 가지므로 이석이 일령 형질로서 적합하다고 판단하였다.

산란시기

채집일자별 산란시기를 살펴보면, 1988년 3월 20일에 채집된 개체들의 산란시기는 1987년 11월 14일~12월 18일이었고, 1988년

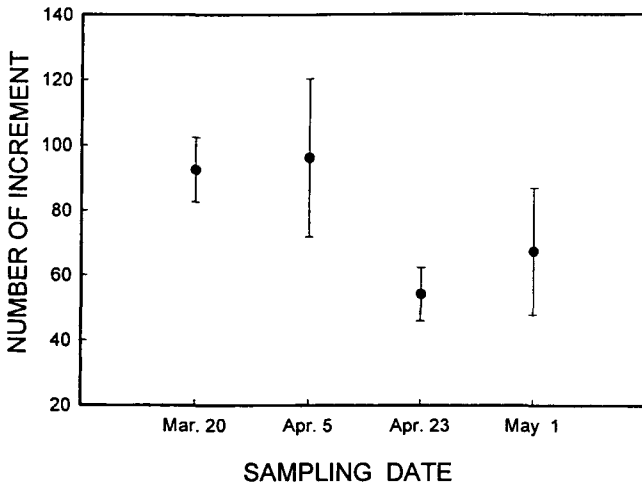


Fig. 4. Mean and standard deviation (vertical lines) of daily growth increments of juvenile *Ammodytes personatus* which were sampled at four different periods.

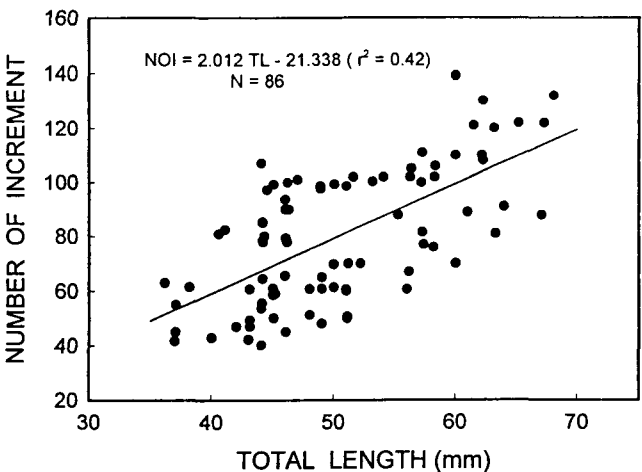


Fig. 5. Relationship between total length (TL) and number of daily growth increment (NOI) in juvenile stage of *Ammodytes personatus*.

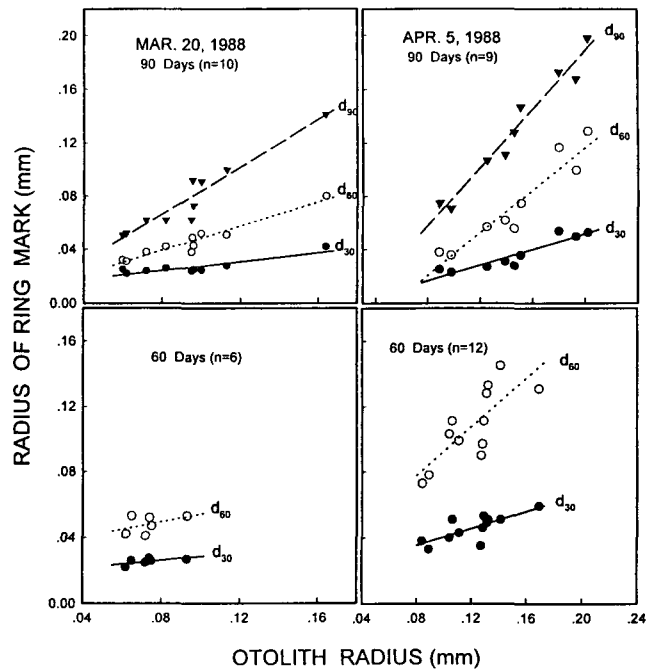


Fig. 6. Relationship between otolith radius and radius of ring mark in juvenile stage of *Ammodytes personatus*.

4월 5일의 것은 1987년 11월 3일~1988년 1월 24일이었다. 1988년 4월 23일의 것은 2월 4일~2월 28일까지였으며, 1988년 5월 1일의 것은 1월 6일~3월 8일까지이었다. 채집 개체 중 가장 빨리 산란된 것의 산란일은 1987년 11월 3일이었고, 가장 늦게 된 것은 1988년 3월 8일이었다. 그러므로 산란시기는 1987년 11월부터 1988년 3월로 추정할 수 있었다 (Table 1).

1일 형성되는 일륜수

일륜이 매일 한 개씩 주기적으로 형성되는 지를 알기 위하여 산란후 경과일수가 동일한 어체 표본의 증가된 일륜 수를 채집기간의 차로 나누어 구하였다 (Table 2).

산란일이 같은 것으로 가정된 총 10마리의 개체들의 증가된 일륜 수를 각 채집일 간 경과일수로 나누어 구한 1일 형성되는 일륜 수는 0.88~1.13개였으며, 평균 일륜수와 표준편차는  $0.994 \pm 0.085$ 였다. 따라서 이 결과를 t-검정을 이용하여 1일 1개씩 형성되는 가를 분석한 결과 ( $t = 2.223, df = 9, p = 0.829$ ), 일륜은 1일 1개 형성되는 것으로 나타났다.

성장

전장 (TL)과 체중 (BW)간의 상대성장식은  $BW = 1.27 \times 10^{-7} TL^{3.707}$  ( $r^2 = 0.89$ )이었다 (Fig. 7). 치어의 성장에 적합한 model을 구하기 위해, 나이가 들어감에 따른 성장의 변화를 von Bertalanffy model과 Gompertz model로서 추정하였다 (Fig. 8). von Bertalanffy 성장식의 매개변수를 추정하기 위하여 사용한 Walford 정착도 식은  $TL_{t+1} = 0.9926 TL_t + 0.6497$  ( $r^2 = 0.99$ )이었으며, 성장식은  $TL = 87.80 (1 - e^{-0.0074(t+10.79)})$ 로 나타났다. 또한 Gompertz 성장식의 매개변수를 추정하기 위하여 사용한 대수 선형화에 의한 식은



larvae stage)로의 이행기에 처음 생긴다고 하였다. 또한 Brothers et al. (1976)은 실내에서 사육한 미국 California산 멸치, *Engraulis mordax*의 경우 이석의 일륜은 부화 후 5일째 卵黃을 흡수한 직후에 나타난다고 하였으며, Laroche et al. (1982)는 넙치의 일종인 *Parophrys retulus*는 부화 후 5일이 지난 다음에 첫번째 일륜이 나타난다고 하였다. 또한, Radtke (1983)은 다랭이 종류인 *Euthynnus pelamis*의 경우 수정후 약 3일째인 부화후 하루가 경과하면 초륜이 형성된다고 보고하였다. 따라서 치어 이석의 초점에서 첫번째 일륜까지 타원형의 불투명대는 난에서 부화되어 난황이 흡수되는 동안에 형성되는 것으로 추정된다.

까나리의 卵이 부화하는데 소요되는 기간과 초륜이 형성되는 데 소요되는 기간은 Inoue (1950)의 결과에 의하면, 11월에서 1월까지 조사 해역의 해수를 이용하여 사육 실험하였고, 그 해 Osaka 만의 해수 수온 범위는 최저 2.0°C에서 최고 14.8°C 이었으며, 부화하는데 걸리는 기간은 9.5일이었다. 그러나 Osaka 만의 다른 해의 해수 평균 수온 범위는 8.2°C~10.4°C이었다고 보고하고 있다.

일륜에 의하여 산란시기를 추정한 결과, 까나리의 산란기간은 11월 중순에서 3월 중순까지 약 4개월로 추정되었다. 이와 같이 산란기간이 긴 원인은 완전히 성장한 성어인 1세군 이상은 11월 중순부터 산란을 시작하여 12월 집중적으로 산란하는 반면, 처음 산란에 참여하는 0세군은 성장이 빠른 개체부터 차례로 산란에 참여하기 때문인 것으로 판단된다.

일반적으로 시간이 경과함에 따른 어류 성어의 성장은 von Bertalanffy model이 가장 적합하기 때문에 지금까지 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 치어의 성장은 성어와는 달리 단위 시간당 성장량이 성어에 비해 월등히 많기 때문에 성어에 적용되는 von Bertalanffy 성장 model에 적합하지 않을 것으로 추측하고 있다. 최근 들어 치어의 성장을 Gompertz 성장 model에 적용하고 있는 추세이다. Zhang et al. (1995)은 자어의 부화일수에 따른 성장 형태를 Gompertz 성장식으로 구한 결과 von Bertalanffy 성장식보다 더 적절한 것으로 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서 치어 성장을 앞의 두 성장 model로 추정해 본 결과 두 개의 성장 model 모두 치어의 성장을 잘 나타내었다. 이는 치어의 발육단계는 생태학적인 특징 (ecology character)인 분문이나 체색은 갖추지 못하였지만 종의 특징 (species character)은 모두 형성된 단계이기 때문인 것으로 판단된다.

## 요 약

경남 사천시 신수도 연안에서 1988년 3월 20일부터 5월 1일까지 약 15일 간격으로 4회 채집한 표본으로부터 까나리 치어의 일령 (日齡), 성장 및 산란 시기를 조사하였다. 일령 형질로는 이석을 사용하였고, 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계로 하였다. 일륜은 1일 1개 형성되었고, 산란 시기는 1987년 11월 3일부터 1988년 3월 8일까지로 추정되었다. 이석경 (R)과 전장 (TL)간의 관계식은  $TL = 25.336 + 232.895R$  이었고, 전장 (TL)과 체중 (BW)간의 상대 성장은  $BW = 1.27 \times 10^{-7} TL^{3.707}$  으로 나타났다. 치어의 성장식은 von Bertalanffy model에 의하면,  $TL =$

$87.80 (1 - e^{-0.0074 (+10.79)})$ 로 나타났으며, Gompertz model에 의하면  $TL = 72.59 e^{-1.8417} e^{-0.0152 t}$ 로 추정되었다.

## 참 고 문 헌

- Brothers, E.B., C.P. Mathews and R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. Fish. Bull. U.S., 74 (1), 1~8.
- Campana, S. and J.D. Nielsen. 1985. Microstructure of fish otoliths, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42, 1014~1032.
- Chun, C.I. 1974. Biological studies on the sand-eel, *Ammodytes personatus* GIRARD. Bull. Fish. Soc. 7 (4), 215~220 (in Korean).
- Inoue, A. 1950. An ecological note on the sand-eel, *Ammodytes personatus* (Girard). Nippon Suisan Gakkaishi, 15 (9), 458~468 (in Japanese).
- Kim, J.Y. and Y.M. Kim. 1986. Growth of juvenile anchovy *Engraulis japonica* in the Korean waters, as determined by daily growth increments in otoliths. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 37, 151~156 (in Korean).
- Kim, Y.H. 1989. Growth and feeding ecology of sand eel, *Ammodytes personatus* GIRARD. MS Thesis, Nat'l. Fish. Pusan, 44 pp (in Korean).
- Kim, Y.U., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 1994. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. Yemoonsa press, Pusan, Korea, 299pp (in Korean).
- Laroche, J.L., S.L. Richardsom and A.A. Rosenberg. 1982. Age and growth of a pleuronectid, *Parophrys vetulus*. Fish. Bull., 80, 112~120.
- Lee, K.S. 1985. Daily growth increments in otolith and growth of the eel, *Anguilla japonica*. MS Thesis, Chungnam Nat'l Univ., 31pp (in Korean).
- Megalofonou, P., J.M. Dean, G. De Metrio, C. Wilson and S. Berkeley. 1995. Age and growth of juvenile swordfish, *Xiphias gladius linnaeus*, from the Mediterranean Sea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 188, 79~88.
- Nagoshi, M. and M. Sano. 1979. Population studies of sand eel, *Ammodytes personatus*, in Ise bay I. Growth and its relation to population density. Jpn. J. Ecol., 29, 1~10.
- Nagoshi, M. and T. Kanda. 1979. Population studies of sand eel, *Ammodytes personatus*, in Ise bay II. Estimation of population size and fishing mortality. Bull. Fac. Fish. Mie Univ., 6, 65~72 (in Japanese).
- Okamoto, H., F. Yamazaki and S. Mishima. 1988. Genetic divergence among sand-lance *Ammodytes personatus* population in Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 (8), 1297~1304 (in Japanese).
- Panella, G. 1974. Otolith growth pattern : An aid in age determination in temperate and tropical symposium on the ageing of fishes. In T. B. Bagenal ed., Proceeding of an international symposium on the ageing of fishes. Ununion Brother Ltd., Surrey. Engl., pp. 28~39.
- Radtke, R. 1983. Otolith formation and increment deposition in laboratory-reared skiptack tuna, *Euthynnus pelamis*, larvae. U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS., 8, 99~104.

- Sekiguchi, H., M. Nagoshi, Y. Mori and Y. Kato. 1974. The feeding habits of larvae and juveniles of sand-eel, *Ammodytes personatus* (GIRARD), and anchovy, *Engraulis japonica* HOUTTUYN. Bull. Fac. Fish. Mie Univ., 1 (1), 33~41 (in Japanese).
- Tsuji, S. and T. Aoyama. 1984. Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae *Engraulis Japonica*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 50 (7), 1105~1108.
- Yamashita, Y., D. Kitagawa and T. Aoyama. 1985. Diel vertical migration and feeding rhythm of the larvae of the Japanese sand-eel *Ammodytes personatus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 51 (1), 1~5.
- Zhang, C.I, M.H. Sohn, K.B. Seong and I.S. Park. 1995. Yolk absorption and growth of chum salmon, *Oncorhynchus keta* alevin. J. Korean Fish. Soc. 28 (5), 539~548 (in Korean).
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. 2th ed Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 697pp.
- 
- 1999년 6월 30일 접수  
1999년 9월 2일 수리