

대한해협 서수도에 출현하는 앨통이 (*Maurolicus japonicus*) 어란의 발생 단계별 구성비에 관한 연구

김 성* · 차성식¹ · 김철호² · 오지나 · 이운호 · 김웅서

한국해양연구원 해양자원연구본부, ²해양환경연구본부

¹전남대학교 자연과학대학 해양환경전공

The Composition of the Developmental Stages of *Maurolicus japonicus* (Sternoptychidae, Stomiiformes) Eggs in the Western Korea Strait

Sung Kim*, Seong Sig Cha¹, Cheol-Ho Kim², Jina Oh,
Youn-Ho Lee and Woong-Seo Kim

Resources Research Department, ²Marine Environment Research Department,
KORDI Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

¹Department of Oceanographic Environment, College of Natural Sciences,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

To study the composition of the developmental stages of *Maurolicus japonicus* eggs distributed in the western Korea Strait, we investigated the water temperature, salinity, eggs and larvae in December 2002. The Korea Strait Bottom Cold Water (KSBCW) lower than 10°C was found in off the Ulsan and Busan where *M. japonicus* eggs were the most abundant. The composition of the developmental stages of *M. japonicus* eggs at each station were composed of 37.7~89.5% in the first stage, 8.5~37.8% in the middle stage and 0.0~24.7% in the last stage respectively. In the southern area where the KSBCW appeared, the first stage eggs occupied 73.3~89.5%. The high percentage of the first stage eggs indicated that the eggs should be transported by the cold water lower than 10°C from the Ulleung Basin in the East Sea. In the northern area where the KSBCW was not found, the first, middle and last stage eggs were composed of 37.5%, 37.8% and 24.7% respectively. The ratios of middle and last stage eggs were much higher than those in the southern area with the KSBCW, which implies that the eggs are recruited into the northern area from the southern area with the KSBCW by the Tsushima Warm Current. The pre-larvae found only in the middle and northern part of the study area would be hatched during the transport of eggs from the southern area with the KSBCW by the Tsushima Warm Current.

Key words : Korea Strait Bottom Cold Water, *Maurolicus japonicus*, eggs, larvae

*Corresponding author: skim@kordi.re.kr

서론

앨통이속 (*Maurolicus* genus) 어류는 단형종으로 알려져 왔으나 (Grey, 1964; Mukhacheva, 1981) Parin and Kobylansky (1993, 1996)가 9종의 신종을 발표한 이후, 형태 형질에 따라 현재 15종이 인정되고 있다. 유전자 형질에서도 앨통이속 어류의 종간 차이를 말해주는 분자 마커가 일부 어종에서 발견되었다 (Suneetha *et al.*, 2000). 그러나 최근 북서태평양에 분포하는 앨통이 (*M. japonicus*)는 동남대서양의 남미비아 근해에 서식하는 *M. walvisensis*와 형태 형질이 유사할 뿐만 아니라 유전

적 차이가 거의 없는 동일종으로 밝혀졌다 (Kim *et al.*, 2007). 앨통이 (*M. japonicus*)는 동남대서양-서남인도양 이외에도 북서태평양의 류큐열도, 제주도 동남부, 동해, 일본의 태평양 연안과 북태평양의 하와이 등지에 분포한다 (Peden *et al.*, 1985; 김과 강, 1995; Parin and Kobylansky, 1996; 차 등, 1998; 김과 유, 1999; 김 등, 2004a; Mundy, 2005; Shinohara *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2007). 동해에서는 울릉분지, 일본의 홋카이도 이남의 서부해역, 러시아의 블라디보스토크 근해 등 광범위한 해역에 분포한다 (沖山, 1971).

동해에서 앨통이의 주 산란장은 울릉분지 남단의 대륙붕단 주변해역으로 이 해역에 어란과 전기 자어는 물론 성어도 풍부하게 분포한다 (沖山, 1971; Okiyama, 1981; 차 등, 1998; Ohshimo, 1998; 김과 유, 1999; 신, 2002). 산란장의 남부에 위치한 대한해협 서수도에는 앨통이의 난 자치어가 풍부하게 분포하는데, 어란의 계절별 분포 변화는 자치어의 계절별 분포 변화보다 상대적으로 크다. 특히 부산과 대마도 주변해역에서는 어란만 분포하는 해역이 발견되었지만 (Fig. 1), 그 원인은 명확하게 밝혀져 있지 않은 실정이다 (김과 유, 1999). 본 연구에서는 대한해협 서수도에 어란만 분포하는 해역이 나타나는 원인을 조사하기 위해 앨통이 어란의 발생 단계별 구성비를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구는 동해 서남부해역과 대한해협에서 조사된 앨통이 난 자치어의 계절별 분포 변화 (Fig. 1)를 토대로 앨통이의 어란만 분포하는 해역과 어란과 자치어가 동시에 나타나는 접경 해역인 대한해협 서수도의 11개 정점 (정선 I과 II)에서 실시되었다. 현장 조사는 한국해양연구원의 해양조사선 이어도호를 이용하여 2002년 12월 4~5일에 실시되었다 (Fig. 2). 정선 I에서는 수온과 염분 환경 특성만 조사하였고, 정선 II에서는 환경 특성 관측과 함께 앨통이의 난 자치어 표본을 채집하였다.

수온과 염분의 수직 구조 관측에는 CTD (Sea-Bird SBE 911-plus)가 사용되었다. 표층의 수온 분포 현황 분석에 한국해양연구원의 자료 (NOAA-16, 2002년 12월 2일, Fig. 3)가 활용되었다. 앨통이의 난 자치어 표본을 자치어 네트 (망구직경 150 cm, 망목 0.417 mm)로 수집하였다. 네트의 예망 깊이는 표층부터 저층 상부 10 m 사이, 예망 속도는 약 1 m/sec, 예망 시간은 약 7분이었다. 수집된 표본을 현장에서 중성포르말린 (최종 농도 7%)에 보관하였다. 실험실에서 해부현미경을 이용하여 표본을

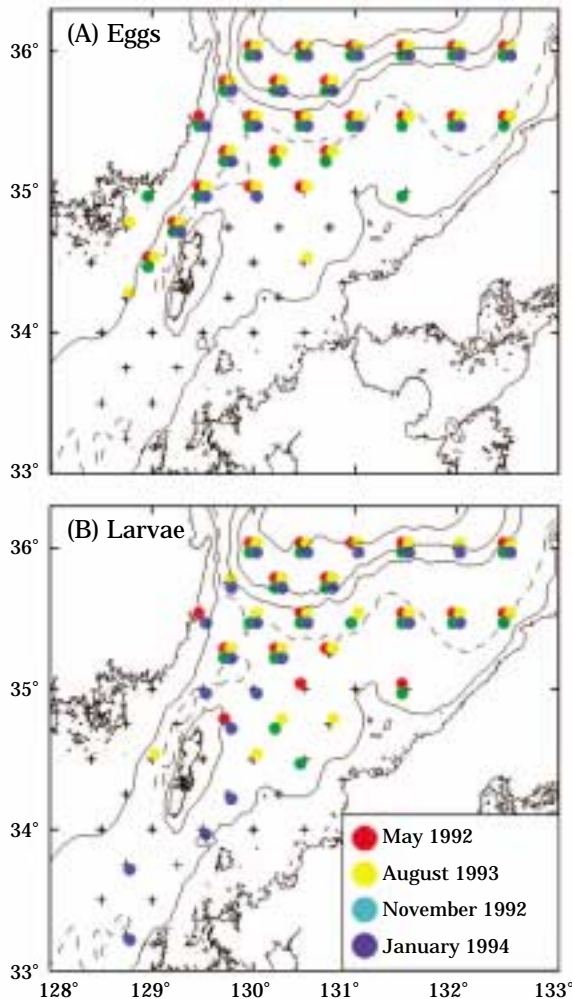


Fig. 1. The distribution patterns of *Maurolicus japonicus* eggs (A) and larvae (B) in the southwestern East Sea modified from Kim and Yoo (1999). The red, yellow, green and blue dots indicate the occurrence of eggs and larvae. The crosses imply none occurrence of eggs and larvae.

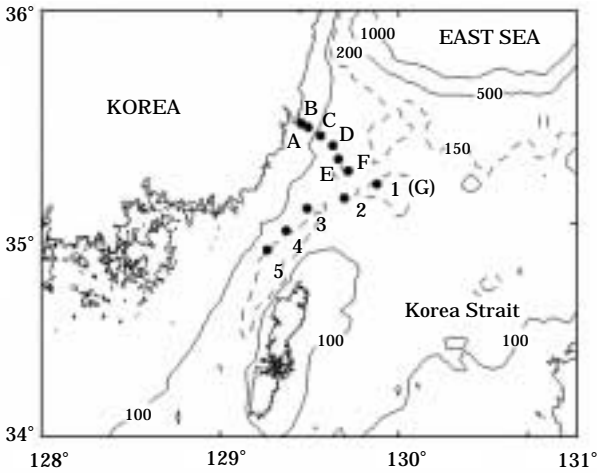


Fig. 2. Map showing the sampling lines (Line I station A to G), only CTD casting; Line II (station 1 to 5), CTD casting and *Mauroliticus japonicus* sampling).

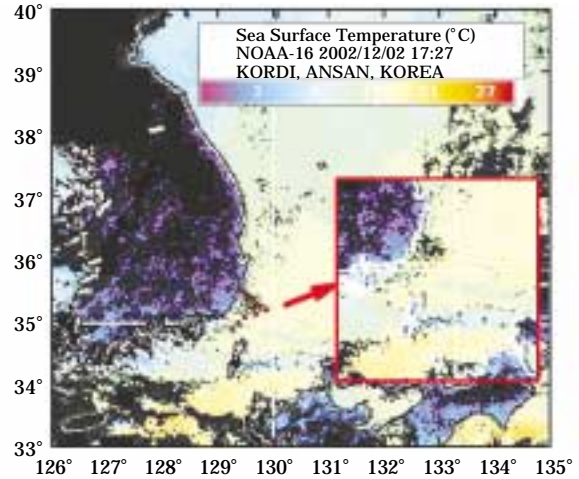


Fig. 3. Sea surface temperature in the study area and their adjacent sea December 2, 2002.

분리한 후 동정하였다. 표본의 종 동정을 위해 冲山 (1971), Parin and Kobylansky (1993, 1996), Kim *et al.* (2007) 등을 참고하였다. 어란의 발생 단계는 김과 강 (1995)과 김 등 (2004b)의 기준에 따라 발생 초기(I기: 수정후 세포가 분열하는 난황기, 상실기, 포배기, 낭배기 까지), 발생 중기(II기: 낭배기 이후부터 배의 크기가 커지고, 난황을 휘감고, 막지느러미가 보이고, 꼬리지느러미가 난황으로부터 분리되는 시기까지), 발생 후기(III기: 배가 더욱 굵어지고, 꼬리가 난황을 한 바퀴 돌아 앞 접질을 깨고 부화하기 직전까지)의 3단계로 구분되었다.

결 과

1. 물리환경 특성

조사 해역인 대한해협은 표층의 수온이 대부분 18°C 이상이였다. 반면 부산과 울산의 연안에서는 16°C 이하로 낮았다(Fig. 3). 정선 I과 II에서 수온은 표층에서 수심 20~80m의 깊이까지 수직적으로 균일하였다. 이 수층 아래에서 수온약층이 발견되었으며 그 깊이는 80~140m였다. 예외적으로 연안에 위치한 정선 I의 정점 A에서는 수온이 수심의 증가와 함께 감소하였지만 수온약층은 나타나지 않았다. 표층과 저층에서 수온변화의 폭은 각각 15.1~19.5°C와 6.2~14.2°C로 표층보다 저층이 더 큰 것으로 나타났다. 대한해협 저층냉수(Lim and Chang, 1969; Lim, 1973; Cho and Kim, 1998)로 알려진 10°C 이하의 차가운 물은 정선 I의 정점 B, C, D, 정선 II의 정점 3과 4의 저층에서 발견되었다(Figs. 4,

5).

염분은 수온의 수직구조와 유사하게 표층에서 수심 20~100m의 깊이까지 수직적으로 균일하였다. 이 수층의 하부는 수심 증가와 함께 염분이 지속적으로 증가하는 정점(정점 A, B, 4, 5), 염분이 감소하였다 다시 증가한 후 감소하는 정점(정점 1, 3, C, D, E), 그리고 이 두가지 유형의 중간 형태(정점 2)가 각각 나타났다. 표층과 저층의 염분 변화의 폭은 각각 33.6~34.2 psu와 34.2~34.4 psu로 수온과 달리 표층이 저층보다 큰 것으로 나타났다(Figs. 4, 5).

Sigma-t는 수온의 수직구조와 같이 정선 I의 정점 A를 제외한 대부분의 정점에서 밀도 약층이 발견되었다. 표층의 sigma-t는 최소 24.5에서 최대 25.1, 저층은 최소 25.5에서 최대 26.9로 저층의 밀도 변화가 표층보다 매우 큰 것으로 나타났다. 대한해협 저층냉수의 sigma-t는 26.5~26.9였다(Figs. 4, 5).

2. 엘퉁이 어란과 자치어 분포

정선 II에서 난 자치어의 정점별 출현량은 Fig. 6과 같다. 어란은 5개의 모든 조사 정점에서 출현하였다. 어란의 출현량은 최소 183 ind./1,000 m³에서 최대 5,565 ind./1,000 m³였다. 최대 출현량은 정점 4에서, 최소 출현량은 정점 5에서 관찰되었다. 정점 1과 3의 출현량은 각각 2,136 ind./1,000 m³와 2,260 ind./1,000 m³였다. 정점 2의 출현량은 292 ind./1,000 m³로 최소 출현량이 관측된 정점 5와 유사하였다. 자치어는 어란과 달리 조사해역의 중부와 북부의 3개 정점(정점 1, 2, 3)에서 출현하였다. 3개 정점의 자치어 출현량은 각각 4 ind./1,000 m³, 116

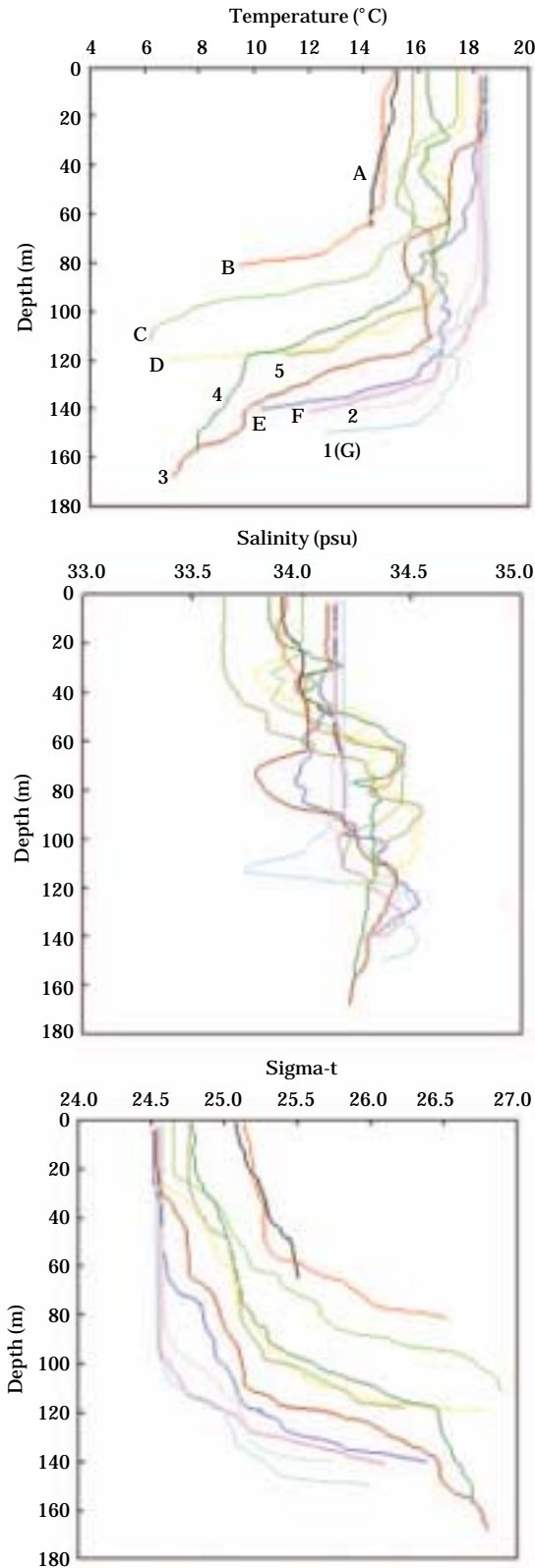


Fig. 4. Vertical structure of the temperature, salinity and sigma-t observed in the Western Korea Strait in December 3 and 4, 2002. The capitals indicate the sampling stations.

ind./1,000 m³, 3ind./1,000m³로 정점 2에서 최대 출현량이 관측되었다. 자치어는 체장이 최소 2.1 mm에서 최대 3.7 mm인 전자어기였다. 정점별 체장 범위는 정점 1, 2, 3에서 각각 2.1~3.2 mm ($2.8 \pm 0.20\text{mm}$, n=5), 2.5~3.7 mm ($3.3 \pm 0.04\text{ mm}$, n=128), 2.6~2.8 mm (n=3)였다.

어란은 발생 초기, 중기, 후기 등 3종류의 발생 단계가 대부분의 정점에서 관찰되었다. 예외적으로 정점 2에서는 발생 후기의 어란이 관측되지 않았다. 정점별로 관측된 어란의 발생 단계별 출현량은 발생 초기, 중기, 후기가 각각 134~4,446 ind./1,000 m³, 37~963 ind./1,000 m³, 0~528 ind./1,000 m³, 발생 단계별 구성비는 발생 초기가 37.7~89.5%, 중기는 8.5~37.8%, 후기는 0.0~24.7%였다. 발생 단계별 어란의 구성비는 대부분 발생 초기보다는 중기가, 중기보다는 후기가 매우 적었다. 이 구성비는 정점에 따라 그 차이가 매우 큰 정점군(정점 3, 4, 5), 매우 적은 정점(1), 이 들의 중간형태의 정점(2)으로 구분되었다. 발생 단계별 어란의 구성비 차이가 큰 정점군에서는 발생 초기, 중기, 후기가 각각 73.3~89.5%, 8.5~20.0%, 2.0~6.7%였다. 반면 정점 1은 이와 달리 발생 초기와 중기의 비율이 각각 37.5%와 37.8%로 차이가 거의 없었다. 후기 어란의 비율이 24.7%로 조사 정점 중에서 가장 높았다. 발생 초기와 중기의 어란만 출현한 정점 2에서는 초기에서 중기의 비율이 각각 78.1%와 21.9%였다. 부가적으로 발생 초기 어란의 비율이 높은 정점 3, 4, 5에서는 어란의 발생 단계별 구성비 감소가 북동(정점 3)에서 남서(정점 5) 방향으로 관측되었다. 발생 초기 어란의 비율은 89.5%에서 73.3%로 감소하였다. 반면 발생 중기와 후기 어란의 비율은 각각 8.5%에서 20.0%, 2.0%에서 6.7%로 점점 증가하였다 (Fig. 7).

고 찰

동해 서남부해역에 위치한 본 연구 해역인 대한해협 서수도에서 앨퉁이 어란만 출현하는 해역이 앨퉁이 어란과 자치어가 함께 출현하는 해역의 남서쪽에서 관측되었다 (Fig. 6). 이러한 분포 특징은 대한해협의 서수도에서 사계절 나타나며 앨퉁이 어란만 분포하는 해역의 넓이는 계절에 따라 차이가 있다 (Fig. 1).

본 연구 해역에서 앨퉁이 어란의 출현량이 가장 풍부한 곳은 10°C 이하의 대한해협 저층냉수 세력이 강한 곳이었다. 어란의 출현량은 대한해협 저층냉수의 세력이 약해짐에 따라 감소하였다. 어란의 분포 유형은 대한해협 저층냉수의 지리적 분포와 유사하였다. 뿐만 아니라

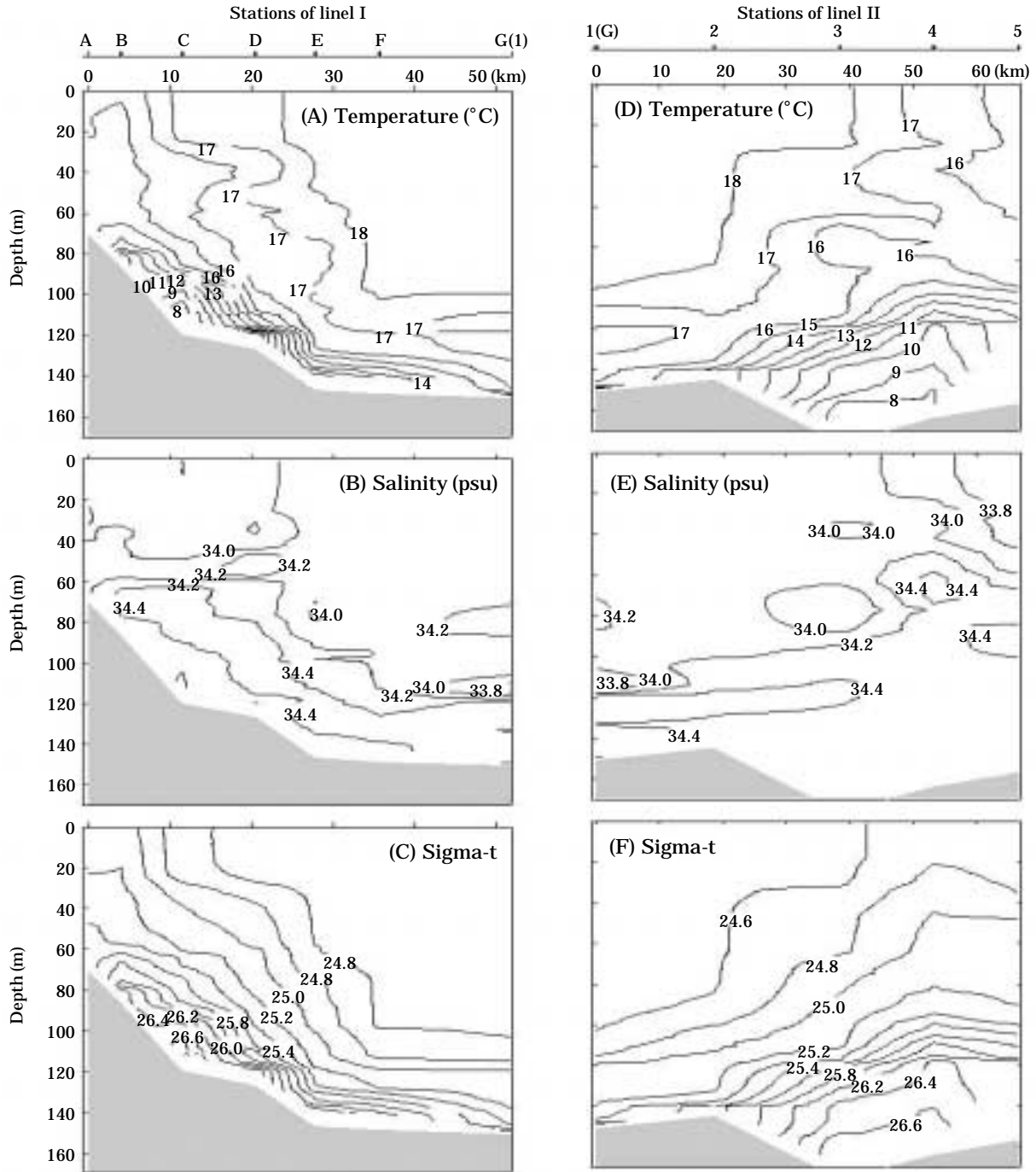


Fig. 5. Vertical profiles of the temperature, salinity, and sigma-t in the Line I (st. A to G) and II (st. 1 to 5).

대한해협 저층냉수의 세력이 강한 해역에서 엘통이 어란의 발생 초기 비율이 73.3~89.5%로 매우 높았다(Figs. 4~7). 대륙붕단과 근접한 포항-울진 해역 역시 10°C 이하의 냉수가 분포하는 수층에서 발생 초기 어란의 비율이 높고, 다음은 중기와 후기 순으로 감소하였다(김과 강, 1995). 따라서 10°C 이하의 차가운 냉수의 분포와

엘통이 어란의 발생 단계별 분포 구성비는 서로 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

동해 서남부의 대륙붕단 주변해역에서 엘통이의 발생 단계별 주 분포 수심은 어란과 자치어가 각각 60~120 m와 60~90 m이고, 이 수층의 온도는 각각 2.3~15.1°C와 11.6~12.7°C로 어란이 자치어보다 분포 수층의 깊

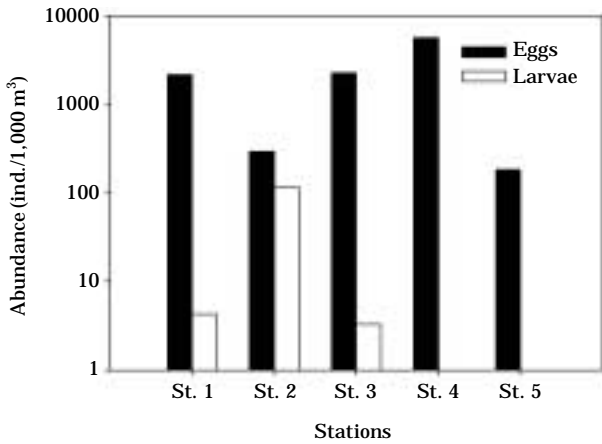


Fig. 6. Distribution pattern of the eggs and larvae of *Maurolicus japonicus* in the Line II.

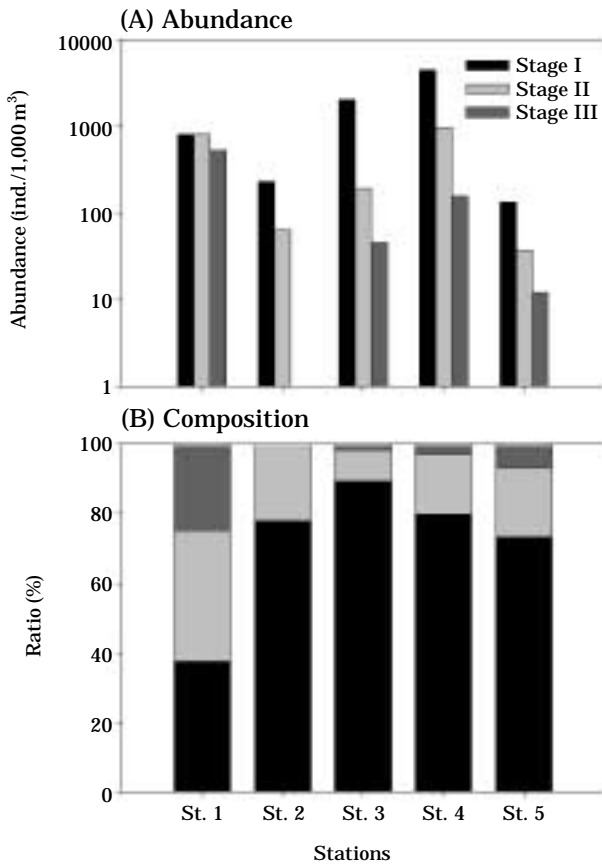


Fig. 7. The abundance (A) and composition (B) of *Maurolicus japonicus* eggs at each developmental stage in the Line II.

이와 온도 분포 범위가 상대적으로 넓었다. 성어의 주 분포 수심은 어란이나 자치어 보다 좀 더 깊은 90~120 m였다(선, 2002). 인접해역인 대한해협 의 동부해역에서

실시된 음향조사에서도 이와 유사하게 성어는 주로 수온이 2°C 이상인 150 m 이내의 상층에 분포하였다(Oshimo, 1988). 비록 포항-울진 부근해역에서 어란의 주 분포 수심(30~100 m; 김과 강, 1995)이 대륙붕단 주변해역의 주 산란장의 주 분포 수층보다 다소 얕지만 주 산란장 내에서 어란의 발생 단계별 수직 분포와 구성비는 김과 강(1995)이 관측한 수온 구조와 유사할 것이다. 따라서 앨통이의 어란, 자치어, 성어가 함께 풍부하게 발견되는 동해 남서부해역의 산란장 내에서 발생 초기 어란의 비율이 높은 10°C 이하의 냉수가 분포하는 수층이 앨통이의 주 산란 수층일 것이다. 비록 본 연구 해역에서도 10°C 이하의 대한해협 저층냉수 세력이 강한 곳에서 발생 초기의 어란이 풍부하고 발생 초기의 비율이 높았지만 자치어가 거의 출현하지 않아 앨통이의 산란장일 가능성은 매우 낮은 것으로 생각된다.

일반적으로 어란의 밀도는 발생이 진행됨에 따라 증가한다(Coombs *et al.*, 1985; Tanaka, 1990). 김 등(2004b)에 의하면 앨통이 어란의 발생 단계별 밀도는 발생 초기, 중기, 후기가 각각 1.0240~1.0252 g/cm³ (median, 1.0247 g/cm³), 1.0235~1.0263 (median, 1.0249 g/cm³), 1.0245~1.0264 (median, 1.0255 g/cm³)로 발생이 진행됨에 따라 증가하였다. 조사 당시 앨통이 어란의 채집 해역에서 해수 밀도는 1.0245~1.0264 g/cm³로 어란의 밀도보다 약간 큰 것으로 나타났다. 발생 단계별 어란의 밀도 증가율은 발생 초기에서 중기로 이행되는 시기보다 중기에서 후기로 발생하는 동안의 증가 폭이 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 명태 어란이 발생 단계에 따른 밀도 변화에 의해 발생 단계별 수직분포가 변하는 것처럼(Kim, 1987) 앨통이 어란 역시 발생 단계에 따른 밀도변화(김 등, 2004b)에 의해 발생 단계별 수직 분포가 일어날 수 있을 것이다.

앨통이 어란은 크기가 1.29~1.82 mm로(沖山, 1971) 명태 어란의 크기(1.20~1.80 mm; Kim, 1987)와 유사하다. 명태의 어란은 표면이 매끈한 구형이지만(Kim, 1987), 앨통이 어란은 명태 어란과 달리 표면 구조가 매우 울퉁불퉁하다(沖山, 1971). 포르말린으로 고정된 어란의 침강속도 실험에서 표면이 까칠한 구조를 갖는 앨통이류 어란은 크기가 유사하지만 표면 구조가 매끈한 어란보다 침강 속도가 40%나 떨어진다(Robertson, 1981). 앨통이 어란은 발생이 진행됨에 따라 밀도가 변하지만 표면의 거친 구조 때문에 어란과 해수의 밀도 차이에 의한 어란의 부상 또는 침강 속도는 명태와 같이 표면이 매끈한 어란보다 큰 폭의 감소가 예상된다. 울진-포항 주변해역의 현장조사에서는 어란의 발생 단계별 수직분포가 불분명했다(김과 강, 1995). 이와 같은

엘통이 어란의 불분명한 수직 분포 특성에는 거친 난각의 표면 구조가 큰 기여를 한 것으로 생각된다.

본 연구해역인 대한해협은 고온, 고염의 대마난류수가 동해로 유입하는 유일한 통로(Yoon, 1982)로 표층과 중층에 난류수가, 저층에 냉수가 분포한다. 이들 수층의 수온 변화와 유향은 서로 반대의 양상을 갖는다(Chang *et al.*, 2004). 특히 저층의 냉수는 동해 울릉분지내 10°C 이하의 냉수가 울릉분지 남단의 sill (수심 139 m)을 넘어 유입된 것으로 대한해협의 저층냉수를 형성한다. 이 저층냉수의 유입량과 경로는 계절에 따라 변하는데 대한해협의 서수까지 도달하는 저층냉수는 우리나라 연안 쪽을 따라 흐르는 것으로 밝혀져 있다(Lim and Chang 1969; Lim 1973; Chang *et al.*, 2004; Yun *et al.*, 2004; Min *et al.*, 2006; Shin *et al.*, 2006). 따라서 본 연구해역인 대한해협의 서수도에서 발견된 10°C 이하의 저층냉수는 울릉분지에서부터 우리나라 연안을 따라 유입되었을 것이다. 이 저층냉수는 울릉분지에서 대한해협의 서수도로 유입하기 위해서는 울릉분지 남단의 엘통이 산란장을 통과해야만 한다. 이 때 산란장을 통과하는 저층냉수에 다량의 엘통이 어란이 편승될 것이다. 이 저층냉수에 의해 엘통이 어란이 수송되려면 어란의 밀도와 주변수와의 밀도차이에 의한 어란의 부상 또는 침강속도가 매우 낮아야 할 것이다. 그런데 엘통이 어란의 난각 표면 구조는 매우 거칠다. 이러한 난각의 구조는 어란의 밀도와 주변수와의 밀도차이에 의한 부상 또는 침강속도를 낮추기 때문(Robertson, 1981)에 저층냉수에 의해 산란장으로부터 엘통이 어란이 대한해협의 서수도로 운반될 수 있을 것으로 보인다.

일반적으로 난 발생속도는 수온이 낮을수록 느려지는 것으로 알려져 있다(Pauly and Pullin, 1988; Saka *et al.*, 2005). 본 연구에서 온도의 변화에 따른 엘통이의 난발생 실험이 실시되지 않아 부화에 소요되는 시간은 알 수 없었다. 그러나 엘통이 난은 10°C 이하의 저층냉수에 의해 운송되므로, 대한해협의 서수도까지 운송되는 동안 어란의 발생은 매우 더디게 진행될 것이다. 부가적으로 엘통이류의 한 종인 *M. stehmanni*의 자치어 이석의 부화마크 안쪽에 희미한 7개의 일륜이 발견되었는데(Bellucco *et al.*, 2004), 엘통이 역시 동일속의 *M. stehmanni*와 유사한 생태적 특징을 갖는다면 엘통이 난은 부화에 최소 7일 이상의 긴 시간이 소요될 것이다. 따라서 울릉분지 기원의 냉수에 의해 발생 초기의 어란의 비율이 높은 산란장에서 대한해협의 서수도로 오랜 시간 동안 수송되어 오더라도 대한해협의 저층냉수역에는 발생 초기 어란의 비율이 높을 것이다. 이러한 가능성을 본 연구해역인 대한해협 서수도에서 저층냉수 세력이 강한 곳에

서 발생 초기 엘통이 어란의 비율이 높은 것은 이러한 가능성을 뒷받침한다(Figs. 5~7).

반면 대한해협 저층냉수가 없는 대마도 북동 해역에서는 어란의 발생 초기의 비율이 37.5%로 매우 낮은 대신 중기와 후기의 비율이 각각 37.8%와 24.7%로 매우 높았다(Figs. 5~7). 이 해역의 중층과 상층에는 저층냉수의 유향과 달리 북향류의 대마난류수가 존재하고 있다(Min *et al.*, 2006; Shin *et al.*, 2006). 대마난류수가 북쪽으로 흐르는 동안 저층의 대한해협 저층냉수와 이 수괴 내의 발생 초기 어란도 역시 북향류인 대마난류수에 편승될 것으로 보인다. 조사해역에서 저층의 대한해협 저층냉수보다는 중층이나 표층의 수온이 상대적으로 매우 높기 때문에 엘통이난의 발생속도는 수온이 낮은 대한해협 저층냉수역의 것보다는 수온이 높은 중층이나 상층의 것들이 상대적으로 빠를 것이다. 따라서 대한해협의 저층냉수역에서 출발한 발생 초기 어란들은 대마난류수에 의해 북쪽으로 수송되는 동안 대부분 중기나 후기로 발생이 진행되었을 것이고 이 중 일부의 어란들은 부화되었을 것이다. 이것을 뒷받침하는 증거가 바로 조사해역의 북부해역에서 발생 초기보다는 중기나 후기 어란의 비율이 높은 것과 중부와 북부 해역에서 갓 부화한 전기 자어의 출현일 것이다.

적 요

대한해협의 서수도에서 출현하는 엘통이 어란의 발생 단계별 구성비를 연구하기 위해 수온, 염분, 난 자치어를 조사하였다. 조사해역에서 10°C 이하의 대한해협 저층냉수는 대한해협의 서수도에 위치한 울산 연안의 사면과 부산 근해의 저층에서 발견되었다. 어란은 조사해역의 모든 정점에서 출현하였다. 이들 정점에서 발생 단계별 어란의 구성비는 발생 초기가 37.7~89.5%, 중기가 8.5~37.8%, 후기가 0.0~24.7%였다. 어란의 출현량이 많은 곳은 대한해협 저층냉수의 세력이 강한 곳이었다. 이 해역을 포함한 인접해역에서는 발생 초기 어란의 비율이 73.3~89.5%로 매우 높았다. 이 어란들은 동해서남부 대륙붕단 주변해역의 산란장에서 울릉분지 내 10°C 이하의 냉수에 의해 대한해협의 서수도로 수송되어 누적된 것들로 추정된다. 반면 대한해협 저층냉수가 없는 대마도 북동 해역에서는 어란의 발생 초기의 비율이 37.5%로 매우 낮은 대신 중기와 후기의 비율이 각각 37.8%와 24.7%로 매우 높았다. 이러한 현상은 대한해협 저층냉수에 분포한 어란들이 상층의 대마난류수에 의해 다시 북쪽으로 수송되는 동안 발생이 진행되어 발생 초기보

다는 중기나 후기단계의 어란들이 이 해역으로 가입되기 때문일 것이다. 이때 어란들의 일부가 부화하여 전기 자어가 조사해역의 중부와 북부해역에 나타나는 것으로 보인다.

사 사

논문을 심사해주신 편집위원과 심사위원께 감사드립니다. 본 연구는 한국해양연구원에서 수행된 “북서태평양이 한반도 주변해(대한해협)에 미치는 영향 연구” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 김 성 · 유재명. 1999. 앨통이 (*Maurolicus muelleri*) 난 · 자치어 분포와 수온전선. *한어지*, 11 : 62~71.
- 김 성 · 유재명 · 이은경. 2004b. 앨통이 (*Maurolicus muelleri*) 난의 발생 단계별 밀도 변화. *한어지*, 16 : 331~335.
- 김진영 · 강영실. 1995. 한국 동해남부역 앨통이 난 · 자어의 연직분포. *한어지*, 7 : 64~70.
- 김진영 · 임양재 · 최석관 · 차형기 · 김은라 · 오지나 · 이태원. 2004a. 춘계 남해 및 제주도 주변해역 주요 자치어의 분포. *한어지*, 16 : 141~148.
- 선영란. 2002. 동해 남서부해역 수온전선역 앨통이 (*Maurolicus muelleri*) 난 · 자치어 수직분포 및 이석의 미세구조를 이용한 나이 추정과 성장 분석. *충남대학교 이학석사 학위논문*, 51 pp.
- 차병열 · 김주일 · 김진영 · 허성희. 1998. 앨통이 (*Maurolicus muelleri*)의 산란생태 및 식성. *한어지*, 10 : 176~183.
- Bellucco, A., A. Hara, E.M. Almeida and C.L.D.B. Rossi-Wongtschowski. 2004. Growth parameters estimates of *Maurolicus stehmanni* Parin and Kobylansky 1996 (Teleostei, Sternoptychidae) from south and south-eastern Brazilian waters. *Brazilian J. of Oceanography*, 52 : 195~205.
- Chang, K.-I., W.J. Teague, S.J. Lyu, H.T. Perkins, D.-K. Lee, D.R. Watts, Y.-B. Kim, D.A. Mitchell, C.M. Lee and K. Kim. 2004. Circulation and currents in the southwestern East/Japan Sea: Overview and review. *Progress in Oceanography*, 61 : 105~156.
- Cho, Y.-K. and K. Kim. 1998. Structure of the Korea Strait Bottom Cold Water and its seasonal variation in 1991. *Continental Shelf Research*, 18 : 791~804.
- Coombs, S.H., C.A. Fosh and M.A. Keen. 1985. The buoyancy and vertical distribution of eggs of sprat (*Sprattus sprattus*) and pilchard (*Sardina pilchardus*). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 65 : 461~474.
- Grey, M. 1964. Family Gonostomatidae. In: *Fishes of the western North Atlantic. Pt. 4. Mem. Sears Found. Mar. Res.*, 1, pp. 78~240.
- Kim, S. 1987. Spawning behavior and early life history of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, in Shelikof Strait, Gulf of Alaska, in relation to oceanographic factors. University of Washington, Ph.D. Thesis, 220 pp.
- Kim, S., C.-G. Kim, J. Oh, B.-J. Kim, H.-S. Seo, W.-S. Kim and Y.-H. Lee. 2007. Genetic similarity between the South Atlantic and the western North Pacific *Maurolicus* (Stomiiformes: Actinopterygii) taxa, *M. walvisensis* and *M. japonicus*: evidence for synonym? *Journal of Fish Biology* (In press).
- Lim, D.B. 1973. The movement of the cold water in the Korea Strait. *J. of Oceanology Society of Korea*, 8 : 46~52.
- Lim, D.B. and S. Chang. 1969. On the cold water mass in the Korea Strait. *J. of Oceanology Society of Korea*, 4 : 71~82.
- Min, H.S., Y.-H. Kim and C.-H. Kim. 2006. Year-to-Year Variation of Cold Waters around the Korea Strait. *Ocean Science Journal*, 41 : 227~234.
- Mukhacheva, V.A. 1981. Geographical distribution and variability of *Maurolicus muelleri* (Gmelin) (Sternoptychidae, Osteichthyes). In: Parin, N.V. (ed.), *Fishes of the open Ocean. Inst. of Oceanol., Moscow*, pp. 41~46.
- Mundy, B.C. 2005. Checklist of the fishes of the Hawaiian Archipelago. *Bishop Museum Bulletins in Zoology. Bishop Museum Bulletin in Zoology*, 6 : 1~704.
- Okiyama, M. 1981. Abundance and distribution of eggs and larvae of a sternoptychid fish, *Maurolicus muelleri*, in the Japan Sea, with comments on the strategy for successful larval life. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 178 : 246~247.
- Ohshimo, S. 1998. Distribution and stomach contents of *Maurolicus muelleri* in the Sea of Japan (East Sea). *J. Korean. Soc. Fish. Res.*, 1 : 168~175.
- Parin, N.V. and S.G. Kobylansky. 1993. Review of the genus *Maurolicus* (Sternoptychidae, Stomiiformes), with re-establishing validity of five species considered junior synonyms of *M. muelleri* and descriptions of nine new species. *Biology of oceanic Fishes and Squids*, 128 : 69~107.
- Parin, N.V. and S.G. Kobylansky. 1996. Diagnoses and distribution of fifteen species recognized in genus *Maurolicus* Cocco (Sternoptychidae, Stomiiformes) with a key to their identification. *Cybiurn*, 20 : 185~195.
- Pauly, D. and R.S.V. Pullin. 1988. Hatching time in spherical, pelagic, marine fish eggs in response to tempera-

- ture and egg size. *Environmental Biology of Fishes*, 22 : 261~271.
- Peden, A.E., W. Ostermann and L.J. Pozar. 1985. Fishes observed at Canadian weathership ocean station Papa [50°N, 145°W] with notes on the trans-Pacific cruise of the CSS Endeavor. Heritage Record No. 18, British Columbia Provincial Museum. i-vi+ pp. 1~50.
- Robertson, D.A. 1981. Possible functions of surface structure and size in some planktonic eggs of marine fishes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 15 : 147~153.
- Saka, Ş., K. Frat, H.O. Kamac and E. Büke. 2005. The effect of temperature on embryonic development of the red porgy (*Pagrus pagrus*) eggs. *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 22 : 95~99.
- Shin, C.-W., C. Kim, S.-K. Byun, D. Jeon and S.-C. Hwang. 2006. Southwestward intrusion of Korea Strait bottom cold water observed in 2003 and 2004. *Ocean Science Journal*, 41 : 291~299.
- Shinohara, G., T. Sato, Y. Aonuma, H. Horikawa, K. Matsuura, T. Nakabo and K. Sato. 2005. Annotated checklist of deep-sea fishes from the waters around the Ryukyu Islands, Japan. In: Hasegawa, K., Shinohara, G. & Takeda, M. (eds.), *Deep-sea fauna and pollutants in the Nansei Islands*. Tokyo: National Science Museum Monographs, No. 29, pp. 385~452.
- Suneetha, K.B., G.D. Dahle and G. Nævdal. 2000. Analysis of mitochondrial DNA sequences from two *Maurolicus* taxa: evidence for separate species? *Journal of Fish Biology*, 57 : 1605~1609.
- Tanaka, Y. 1990. Change in the egg buoyancy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* during Embryonic development. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56 : 165~165.
- Yoon, J.H. 1982. Numerical experiment on the circulation in the Japan Sea. Part I. Formation of the East Korean Warm Current. *J. of the Oceanographic Society of Japan*, 38 : 43~51.
- Yun, J.-Y., L. Magaard, K. Kim, C.-W. Shin, C. Kim and S.-K. Byun. 2004. Spatial and temporal variability of the North Korean Cold Water leading to the near-bottom cold water intrusion in Korea Strait. *Progress in Oceanography*, 60 : 99~131.
- 沖山宗雄. 1971. 日本海におけるキコウリエソの初期生活史. *日本水産報告*, 23 : 21~53.

Received : October 30, 2007

Accepted : December 6, 2007