

성숙 유도한 한국산 고등어 (*Scomber japonicus*)의 난발생과 자치어의 형태 발달

김대현·김대중¹·윤성종¹·황형규·김응오·손상규·김진구^{2*}
국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 양식관리과, ²부경대학교 자원생물학과

Development of the Eggs, Larvae and Juveniles by Artificially-Matured Pacific Mackerel, *Scomber japonicus* in the Korean Waters

Dae Hyun KIM, Dae Jung KIM¹, Seong Jong YOON¹, Hyung Gue HWANG,
Eung Oh KIM, Sang Gyu SON and Jin Koo KIM^{2*}
South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea
¹Aquaculture Management Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea
²Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Development of egg, larvae and juveniles for the Pacific mackerel, *Scomber japonicus* are described following natural fertilization in the indoor tank of 25°C water temperature. Following a routine hormone treatment technique for the brood stock, male and female mackerels were artificially matured by intramuscular injections of LHRHa at a dosage of 400 µg/kg body weight (BW)+ Domperidone at a dosage of 4 µg/kg body weight (BW) to induce maturation in a separate aquarium and induced natural spawning. Fertilized eggs were ca. 1.0 mm in diameter; spherical in shape with a single oil globule; pelagic and non-adhesive. Hatching occurs 41 hours after fertilization at 23-24°C. The newly hatched larvae was 3.03 mm in average total length (ATL), the mouth and anus were not open, oil globule located in posterior end of yolk sac, and preanal length was 42.8% of TL. The larvae measuring 2.89 mm ATL, almost absorbed yolk sac and oil globule material in 2 days after hatching, in which the mouth and anus were open. Melanophores, branch or star in shape were observed on the top of head, peritoneal region and along the ventral contour. In 13 days after hatching, the larvae was 6.88 mm ATL, its posterior end of notochord began to flex upward, finfold of caudal fin appeared, jaw teeth were already formed. In 19 days after hatching, the larvae was 7.71 mm ATL completed only caudal fin rays (9+8), and preanal length was 49.4% of TL. In 37 days after hatching, the larvae was 27.4 mm ATL already completed all the fins, and preanal length was 59.9% of TL.

Key words: *Scomber japonicus*, Egg, Larvae, Juveniles, Morphological development.

서 론

고등어는 농어목(Perciformes), 고등어과(Scombridae)에 속하는 어류로서 최근 연근해 전체 어획량의 10-25%를 차지하는 산업적으로 중요한 어종이며, TAC 대상어종의 하나이다. 이러한 중요한 위치를 차지하고 있는 상업성으로 인하여 우리나라 연근해에 출현하는 고등어에 대한 어획량 변화 및 어장분포(Kim, 1970; Gong et al., 1972; Park, 1977; Cho, 1981; Lim, 1981; Choi et al., 1984; Cho and Yang, 1985; Cho, 1986; Cha, 1998), 연령과 성장(Ann, 1971; Choi et al., 2000), 성숙과 산란(Cha et al., 2002) 그리고 먹이습성(Hue, 1958; Chu, 1960; Park et al., 1973; Yoon et al., 2008) 등 비교적 많은 연구가 이루어져 왔다. 또한, 최근에는 장시간 수송과 실내 축양이 가능함에 따라 선어나 냉동어에서 활어로서 판매가 가능해졌고, 기능성 물질이 다량 함유되어 있다는 보고

가 알려지면서 그 수요가 증가하고 있으며, 부가가치 또한 높아지고 있는 실정이다.

그러나, 본 종을 대상으로 번식 생리나 인공종묘 생산에 관한 연구는 아직까지 거의 이루어지지 않은 실정이다. 본 연구는 고등어의 인공종묘 생산을 위한 중요한 과정 중의 하나인 양질의 수정란 확보를 위하여 호르몬 처리에 의해 인위적으로 성 성숙을 유도한 후, 실내수조에서 자연산란된 수정란의 발생에 따른 형태적 특징과 부화후 자치어의 형태적 발달 과정을 상세히 조사하여 고등어 종묘생산을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

친어관리

실험어는 경남 통영 욕지도에서 '05년 9월부터 10월에 정지망에서 어획한 체중 100 g 전후의 미성어를 해상원형

*Corresponding author: taengko@hanmail.net

가두리 (ϕ 15-20 m)에서 배합사료와 냉동 크릴새우를 공급하면서 양성한 체중 250-540 g, 체장 280-340 mm 전후의 성숙어미를 국립수산물과학원 남해수산연구소 사육실험실로 운반하여 사육하였다. 사육기간 동안 배합사료를 충분히 공급하였다.

호르몬 처리 시기 및 방법

실내에서의 최종 성숙 및 배란 유도는 성숙 촉진관련 호르몬인 LHRHa (des-Gly¹⁰[D-Ala⁶]-luteinizing hormone releasing hormone N-ethylamide, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)와 성숙촉진호르몬 (GTH)의 분비를 억제시키는 작용을 하는 Dopamine에 대한 길항제인 Domperidone (DOM, Sigma-Aldrich)을 혼합한 후 주사직전에 Freund's incomplete adjuvant (FIA; Difco, Detroit, MI, USA)와 잘 섞어 주사하였다. 주사시 어미의 안정을 위해 2-phenoxyethanol (200 ppm)에 마취하였다. LHRHa와 Domperidone의 주사량은 LHRHa 400 μ g/kg BW + Domperidone 4 μ g/kg BW의 농도로 투여하였다.

배란 유도 및 수정란 관리

LHRHa와 Domperidone 복합처리 이후, 자연 산란한 난을 산란용 수조의 배수관에 연결된 집란조 (60×40×30 cm, 200 μ m 물러가제)를 이용하여 난을 수거하였다. 수정란 관리 및 부화자어 사육은 분당 1 L의 여과해수가 공급되는 수조 (60 L 원형 아크릴 수조)에 수용하여 미량의 산소를 공급해주었다. 한편, 수거된 수정란은 2 L 유리 비어커에 수정란을 띄어 부상률, 수정률, 부화율을 조사하였다. 수정률은 16-32 세포기의 배체까지 발생한 난의 비율로 산정하였다.

난발생 및 자치어의 형태학적 특성조사

난발생 및 자치어의 사육조건으로 수온은 24-25°C를, 염분은 34 psu를 일정하게 유지시켜 주었다. 난 발생 단계와 자치어의 형태학적 특성을 조사하기 위하여 수정 후 일정시간 간격으로 무작위로 수정란과 자치어를 5% 중성 formalin에 고정된 후 임체해부현미경 (SZH10, Olympus)을 이용하여 난발생 과정

및 자치어의 형태 발달과정을 조사하였다. 자치어의 몸의 각 부위, 전장 (Total length), 체장 (Standard length), 항문장 (Preanal length), 두장 (Head length), 안경 (Eye diameter), 난황장 (Yolk length), 유구경 (Oil globule diameter)은 Matarese et al. (1989)의 방법에 따라 영상분석장비 (Image-Pro Plus, Version 4.5)를 이용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 자치어의 발생단계 및 용어 사용은 Kim (1989) 및 Okiyama (1988)를 참고하였으며, 표본은 부경대학교 자원생물학과 (Department of Marine Biology, Pukyong National University)에 등록, 보관하였다.

결 과

배란 및 자연산란

LHRHa와 Domperidone을 주사한 고등어는 3일째 11마리 가운데 2마리 (18%)에서, 그리고 6일째 5마리 가운데 1마리 (20%)에서 자연 산란이 이루어졌다 (Table 1). 한편 3일째 산란난에 대한 수정률은 24%, 부화율은 13%였으며, 6일째의 경우 수정율 22%, 부화율 12%로 산란시점에 대한 수정율과 부화율에서는 거의 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

난발생 단계의 형태적 특징

자연 산란한 수정란의 난경은 평균 0.95 mm (n=10)인 구형의 분리 부성란으로 1개의 유구를 가지며, 무색 투명하였다. 이후 수정막이 형성된 난의 직경은 0.98-1.02 mm (n=20) 범위였다 (Fig. 1A).

수정 1시간 후에 동물극의 배반에서 분할이 시작되었다. 수정 후 1시간 40분 만에 4세포기 (Fig. 1B), 그리고 3시간 16분 후에 8세포기 (Fig. 1C)로 진행되었다. 수정 후 4시간 46분 만에 64세포기 이상의 상실기에 접어들었고, 이때 일부 수정란에서 세포의 분리 등 기형 발생이 관찰되었다 (Fig. 1D). 수정 후 4시간 30분 만에 수정란은 낭배기로 진행되기 시작하여 수정 후 5시간 25분 만에 낭배 후기로 진행되었다 (Fig. 1E). 수정 후 17시간 45분 만에 배체가 형성되기 시작하

Table 1. Percentages of ovulated females at 1st, 3rd, and 6th days post-injection

Treatment	Initial	1st day	3rd day	6th day
	May 10 2007	May 11 2007	May 13 2007	May 15 2007
LHRHa + Domperidone	0% (0/24)	0% (0/18)	18% (2/11)	20% (1/5)

Table 2. Percentages of eyed embryos and hatched larvae from fertilized eggs

Treatment	Parameters ¹	3rd day	6th day
		May 31 2007	June 6 2007
LHRHa + Domperidone	No. of ovulated eggs	20,730	9,200
	Fertilization	24% (4,960)	22% (2,020)
	Hatched larva	13% (2,627)	12% (1,111)

¹The number of ovulated eggs was estimated by weight sum of randomly selected 500 eggs, and the percentages of fertilization and hatched larvae were calculated total number of the ovulated eggs.

*Fertilization was based on the number of 16-32 cell stage embryo.

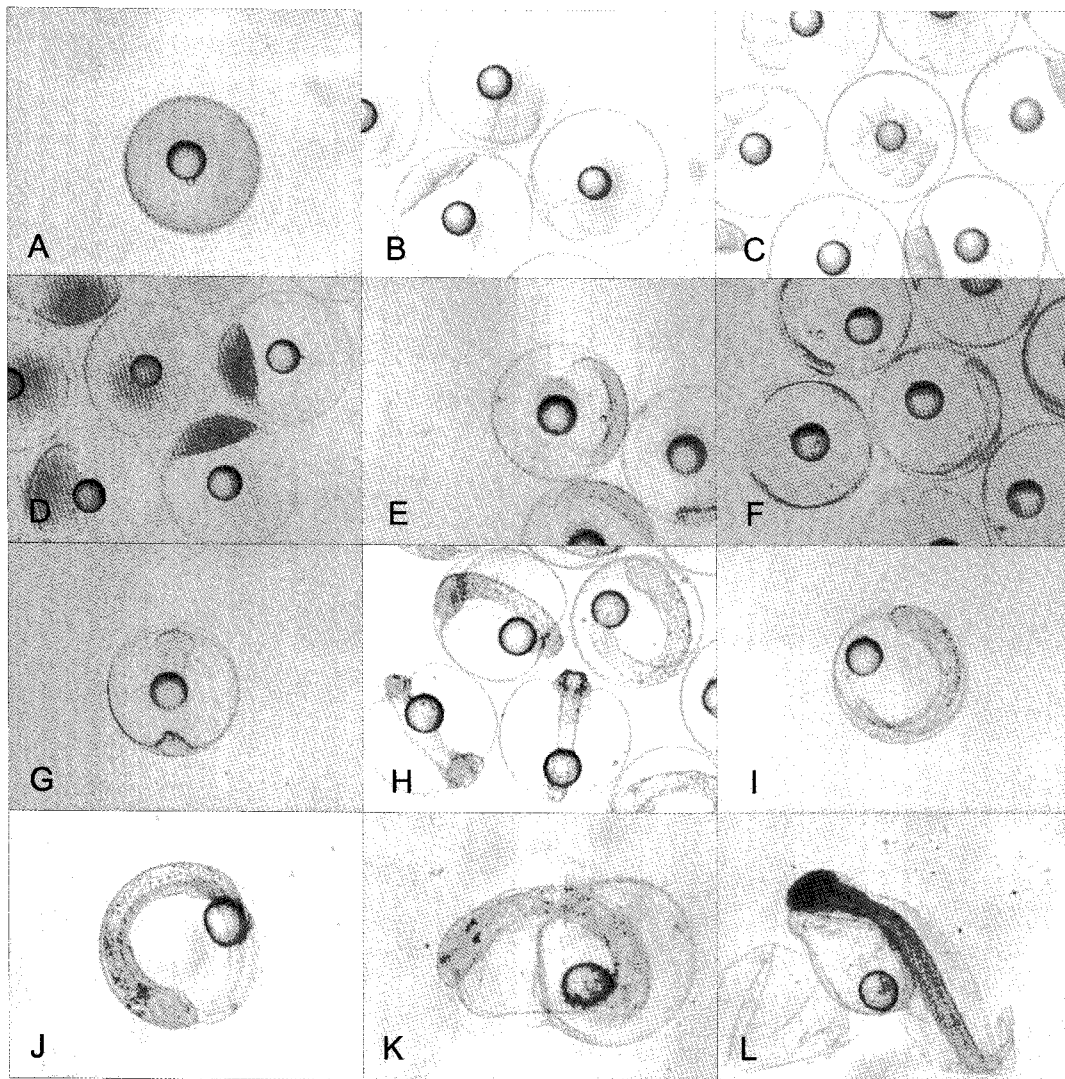


Fig. 1. Egg cleavage and embryonic development of pacific mackerel, *Scomber japonicus*. A, fertilized egg; B, 4 cell stage, 1 hr 40 min after fertilization; C, 8 cell stage, 3 hrs 16 min after fertilization; D, Morula stage, 4 hrs 46 min after fertilization; E, Gastrula stage, 5 hrs 25 min after fertilization; F, Embryonic body formation stage, 17 hrs 45 min after fertilization; G, Eye spot formation stage, 19 hrs 5 min after fertilization; H, Lenz formation stage, 27 hrs 40 min after fertilization; I, Beginning of caudal part leaves yolk sac, 34 hrs, 30 min after fertilization; J, Membrane fin formation stage, 37 hrs after fertilization; K, Hatching, 41 hrs 10 min; L, Newly hatched larva, 41 hrs 15 min.

였다 (Fig. 1F). 수정 후 19시간 5분 만에 안포가 형성되었으며, 27시간 40분 만에 눈에 렌즈가 형성되며 근절에는 흑색소포가 침착되었다 (Fig. 1H). 수정 후 34시간 30분 만에 꼬리부분이 난황에서 분리되어 꼬리의 형태를 갖추고 있었으며, 심장의 박동을 관찰할 수 있었다 (Fig. 1I). 수정 후 37시간 만에 배체가 난황을 완전히 한 바퀴 감고 있으며 막지느러미가 관찰되었다 (Fig. 1J). 수정 후 41시간이 지나면 배체는 격렬한 움직임과 함께 두부가 난막을 먼저 뚫고 나오면서 부화되기 시작하였다 (Fig. 1K, L).

자치어의 형태적 특징

부화 직후의 자어는 전장 2.82-3.22 mm ($n=5$, 3.03 ± 0.14

mm)로 항문전장이 전장의 42.8%로 항문이 몸의 중앙보다 조금 앞쪽에 위치하며 아직 항문과 입은 열리지 않았다. 난황은 매우 커서 전장의 절반 수준이며 유구는 난황의 후단부에 위치한다. 눈은 다소 크며 안경이 전장의 7.8%에 달한다. 눈에는 아직 흑색소포가 착색되지 않았으나 유구 위치에서 체측 후방으로 등면과 측면을 따라 7개 가량의 수지상 흑색소포가 나타났다. 어떠한 지느러미도 없지만 머리의 등쪽에서 꼬리에 이르기까지 막지느러미만 관찰되었다 (Fig. 2A).

부화 후 1일째 자어는 전장 2.37-3.30 mm ($n=5$, 2.85 ± 0.31 mm)로 항문전장이 전장의 40.3%로 항문은 여전히 몸의 중앙보다 조금 앞쪽에 위치하며 이 시기가 되면 항문은 열리지만

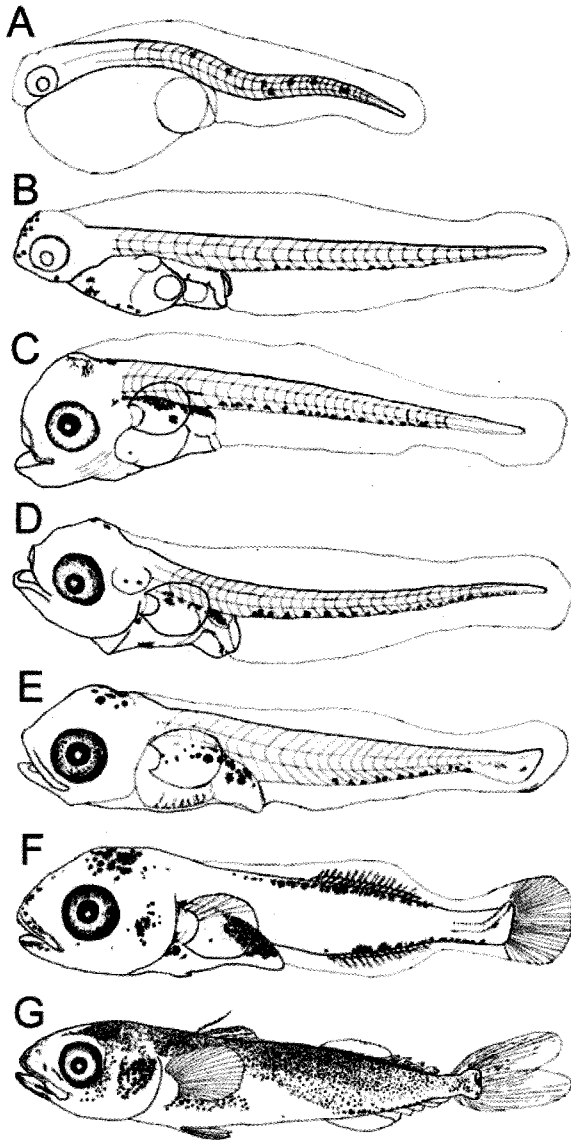


Fig. 2. Development of larvae and juveniles of *Scomber japonicus*. A, The newly hatched larva, 3.00 mm TL; B, 1 day after hatching, 3.30 mm TL; C, 2 days after hatching, 3.20 mm TL; D, 4 days after hatching, 3.30 mm TL; E, 13 days after hatching, 6.60 mm TL; F, 19 days after hatching, 8.60 mm TL; G, 37 days after hatching, 25.30 mm TL.

입은 여전히 닫힌 상태이다. 난황과 유구는 부화자어에 비하면 많이 줄어들어 있다. 안경은 전장의 7.5%로 이전과 비슷하였다. 눈에는 아직 흑색소포가 착색되지 않았으나 머리의 주둥이와 등면 앞쪽, 난황의 배쪽, 꼬리의 배쪽 정중선을 따라 점상 혹은 성상의 흑색소포가 다소 밀집되어 나타난다. 이 시기가 되면 가슴지느러미 원기가 출현하며, 유구의 뒤쪽으로 창자가 관찰되었다 (Fig. 2B).

부화 후 2일째 자어는 전장 2.70-3.20 mm ($n=5$, 2.89 ± 0.16 mm)로 항문전장이 전장의 38.3%로 항문의 위치에는 큰 변화가 없다. 이 시기가 되면 최초로 입이 열리고 난황과 유구가

거의 흡수된다. 머리가 비대하게 발달하며, 특히 입과 아가미 주변 근육의 발달이 두드러진다. 두장은 전장의 20.6%, 안경은 전장의 8.3%로 눈이 이전보다 약간 커지는 경향을 보인다. 눈에는 동공에 흑색소포가 착색되고, 동시에 홍채 부분도 바깥쪽에서부터 서서히 흑색소포가 착색되었다. 머리의 등쪽에 1-2개의 수지상 흑색소포가 관찰되며, 주로 복강의 등쪽 가장 자리를 따라 수지상 흑색소포가 뺨뺨이 밀집되어 분포하고, 꼬리의 배쪽 정중선을 따라 성상의 흑색소포가 꼬리 끝까지 1열로 나타났다. 이 시기가 되면 가슴지느러미가 둥근 부채모양으로 발달하여 자어가 이를 이용하여 활발히 수영하였다 (Fig. 2C).

부화 후 4일째 자어는 전장 3.30-4.04 mm ($n=5$, 3.69 ± 0.26 mm)로 항문전장이 전장의 39.8%로 이 시기가 되면 난황과 유구가 완전히 흡수되어 사라진다. 입이 구조적으로 발달하고, 원활한 산소공급을 위해 아가미 부위가 두드러지며 눈 뒤쪽으로는 이포가 명확히 관찰되었다. 두장은 전장의 20.9%, 안경은 전장의 8.8%로 이전과 유사하였다. 눈에는 홍채 부분의 흑색소포가 바깥쪽에서 안쪽까지 비교적 넓게 착색되었다. 머리의 등쪽에 1-2개의 수지상 흑색소포가 관찰되며, 복강의 등쪽 가장자리에 수지상 흑색소포가 뺨뺨이 나타나며 가슴지느러미 기저의 아래쪽과 심장 뒤쪽에도 점상 혹은 수지상 흑색소포가 각각 1개씩 나타났다. 또한 항문 근처 창자의 배쪽 면에도 2개의 흑색소포가 나타나며 꼬리의 배쪽 정중선에는 여전히 발달된 성상의 흑색소포가 꼬리 끝까지 1열로 줄지어 나타났다. 이 시기가 되면 가슴지느러미가 더욱 발달하여 적극적인 섭식활동에 이용한다 (Fig. 2D).

부화 후 13일째 자어는 전장 6.51-7.76 mm ($n=4$, 6.88 ± 0.59 mm)로 항문전장이 전장의 50.6%로 항문의 위치가 후방으로 이동하는 경향을 보였다. 이 시기의 가장 큰 특징으로는 척색의 발달이 등쪽으로 만곡되고 있다는 점이다. 발생이 진행되면서 머리가 비대해지는 경향을 보이는데 두장은 전장의 29.1%, 안경은 전장의 11.5%로 이전에 비해 커졌다. 또한, 머리의 등쪽에 흑색소포가 발달하기 시작하여 8-10개의 수지상 또는 성상의 흑색소포가 관찰되며, 복강의 경우 등쪽 가장자리에 수지상 흑색소포가 분포하고, 꼬리의 배쪽 정중선의 경우 이전과 달리 13번째 근절에서부터 성상의 흑색소포가 꼬리 끝까지 1열로 나타났다 (Fig. 2E).

부화 후 19일째 자어는 전장 7.21-8.60 mm ($n=4$, 7.71 ± 0.44 mm)로 항문전장이 전장의 49.4%로 항문의 위치는 부화 후 13일째와 유사하였다. 이 시기가 되면 지느러미의 분화가 관찰되는데, 꼬리지느러미는 이미 분화가 완료되었으며 등지느러미와 뒷지느러미, 그리고 가슴지느러미는 분화 중에 있고 배지느러미는 원기만 출현하였다. 등지느러미는 연조 12개와 뒤쪽으로 연결된 토막지느러미 5개, 뒷지느러미는 연조 12개와 뒤쪽으로 연결된 토막지느러미 5개가 관찰되었으며, 가슴지느러미는 위쪽에서부터 연조 4개가 관찰되었다. 머리는 비대하게 보이나 두장은 전장의 28.5%, 안경은 전장의 10.9%로

중전과 비슷하였다. 흑색소포는 새롭게 머리의 앞쪽 가장자리와 입 주변을 따라 작은 크기의 성상의 흑색소포가 출현하고, 뺨에는 약간 큰 수지상 흑색소포가 새롭게 나타나며, 가슴지느러미 기저에는 커다란 3-4개의 수지상 흑색소포가 나타났다. 또한 이 시기에 처음으로 등지느러미 기저 및 그 앞쪽으로 수지상 혹은 성상의 흑색소포가 1열로 나타나는 것이 특징적이다 (Fig. 2F).

부화 후 37일째 치어는 전장 25.30-28.90 mm ($n=4$, 27.4 ± 1.5 mm)로 항문전장이 전장의 59.9%로 항문이 이전보다 훨씬 후방으로 이동하였다. 이 시기에는 모든 지느러미가 완성되며, 특히 등쪽 및 배쪽 토막지느러미가 등지느러미 및 뒷지느러미와 형태적으로 잘 구별된다. 꼬리지느러미는 이전과 달리 뒤쪽 중앙 부위가 움푹하게 패인 가랑이형태로 꼬리지느러미를 이용한 빠른 수영이 가능할 것으로 생각된다. 머리는 여전히 비대한 상태로 두장은 전장의 29.4%로 약간 커지며, 안경은 전장의 8.3%로 이전보다 약간 작아지는 경향을 보였다. 흑색소포는 머리와 몸에 걸쳐 광범위하고 뺨뺨하게 분포하여 전체적으로 어둡게 보이며, 다만 주둥이, 머리의 배쪽, 복강의 배쪽, 뒷지느러미 앞쪽의 배쪽 부위만 흑색소포가 없어 전체적으로는 배쪽은 밝게 보인다. 지느러미에도 흑색소포가 분포하는데 제1등지느러미, 꼬리지느러미는 줄기를 따라 1열로 떠상의 흑색소포가 줄지어 나타났다 (Fig. 2G).

고 찰

일반적으로 고등어는 실내수조에서 최종성숙과 배란이 이루어지지 않아 이를 해결하기 위하여 성숙촉진호르몬이나 신경전달물질 등을 처리하여 인위적으로 산란을 유도하고 있다 (Shiraishi et al., 2005). 본 연구에서도 성숙촉진호르몬과 도파민 길항제를 처리하여 인위적으로 산란을 유도하였다. 하지만 이러한 인위적인 산란유도는 종종 낮은 수정률과 부화율로 인해 대량종묘생산에 걸림돌로 작용하고 있다. 따라서 적절한 처리방법에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 고등어의 수정란은 무색투명하고 구형이며 분리부성란으로 한 개의 유구를 가지는 것이 특징이다 (Watanabe, 1970). 인공 성숙으로 유도한 고등어 수정란의 난경은 0.98-1.02 mm로 Yamada et al. (2007)의 0.9-1.3 mm와 거의 일치하였으며, 같은과의 참다랑어, *Thunnus thynnus* (평균 난경 1.02 mm)와도 비슷한 크기를 보였다 (Miyashita et al., 2001).

실내수조에서 사육한 고등어 자치어의 성장은 부화후 19일까지는 성장율이 완만한 반면 외부형태적으로는 다양한 변화를 보였으며, 이후부터는 서서히 성장율이 빨라져 지수 함수적 성장패턴을 나타내었다 (Fig. 3). 부화 후 경과일수 (X)와 전장 (Y)과의 관계식은 $Y=2.835e^{0.057X}$ 로 표현될 수 있으며 ($n=48$, $R^2=0.97$)로, 이 관계식에 의거 부화 후 경과일수에 대한 역계산 전장은 부화 직후 2.8 mm, 부화 후 3일째 (이하 H3) 3.4 mm, H6은 4.0 mm, H9는 4.7 mm, H12는 5.6 mm, H15는

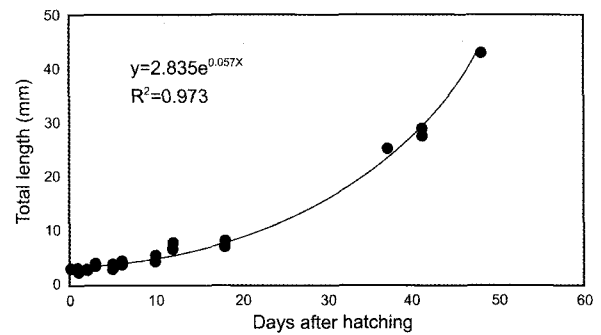


Fig. 3. Relationship between days after hatching and total length of *Scomber japonicus* larvae.

6.7 mm, H18은 7.9 mm, H21은 9.4 mm, H24는 11.1 mm, H27은 13.2 mm, H30은 15.7 mm으로 추산되었다. 같은과의 참다랑어의 경우도 고등어와 유사하게 부화 후 20일째 이후부터 성장이 급격히 빨라지는 것으로 보고되어 있다 (Miyashita et al., 2001)

Hunter and Kimbrell (1980)은 수온 22.1°C에서 사육한 고등어 자치어가 그보다 낮은 수온대 (16.8-20.4°C)에서 사육한 개체보다 빠른 성장을 보인다고 하였다. 즉, 수온 22.1°C에서는 H14가 8.9 mm, H16이 14.9 mm, H19가 24.1 mm로 나머지 수온대보다 성장속도가 빨랐다. 본 연구에서 고등어 자치어는 24-25°C에서 사육되었는데 성장속도는 Hunter and Kimbrell (1980)의 22.1°C 사육개체보다 더 느린 것으로 나타났다. 이는 적정수온 범위를 벗어난 수온대에서는 오히려 성장 속도를 저하시킬 수 있다는 가능성을 보여주는 것이라 생각되며, 향후 수온에 따른 자치어의 생리적 반응 등 상세한 추가 연구가 필요하다. 한편, 24.5-27.7°C에서 사육한 참다랑어 자치어의 체장은 H10이 5.8 mm, H20이 10.62 mm, H30이 35.74 mm로 부화후 20일까지는 고등어 자어와 큰 차이가 없으나, 그 이후부터는 성장차이가 확연해 지는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 고등어 부화자치어의 평균 전장은 3.03 mm (체장 2.8 mm)로 미국산 (체장 3.3 mm)보다는 작았고 (Matarese et al., 1989), 일본산 (전장 3.0 mm)과는 잘 일치하였으며 (Okiyama, 1988), 참다랑어 부화자어 (체장 2.83 mm)와도 잘 일치하였다 (Miyashita et al., 2001). 부화자어는 입과 항문이 닫혀 있지만 부화 후 2일째 입이 열리고, 가슴지느러미가 발달하는 등 섭식 활동에 필요한 기관들이 빠르게 부화되기 시작하였다. 특히, 난황과 유구가 부화 후 3-4일만에 대부분 흡수되어 자가영양에서 타가영양으로 전환되는 시기가 이 무렵인 것으로 추측되며, Hunter and Kimbrell (1980)가 고등어 자어는 부화 후 46시간 만에 먹이를 섭취한다고 보고하여 이를 뒷받침해준다. 또한, 이 시기에 가슴지느러미가 둥근 부채모양으로 발달하여 활발한 섭식 활동을 돕는 것으로 추정된다. 고등어 자어의 섭이와 관련하여 Yamada et al. (2007)은 전장 5.0 mm때 이빨이 생겨난다고 하였는데, 본 조사에서는 부화 후 11일째 전장 4.7 mm의 개체에서 이빨이 관찰되어

잘 일치하였다. 한편, 참다랑어는 체장 5-6 mm 개체에서 이빨이 관찰되어 고등어보다는 더 큰 개체에서 이빨이 형성되는 것으로 보인다 (Miyashita et al., 2001).

고등어 자어의 척색 말단이 만곡되기 시작하는 시점은 본 조사의 경우 평균전장 6.88 mm (평균체장 6.13 mm, 부화 후 13일째)로 미국산 고등어의 체장 6.0 mm와 잘 일치하였으며 (Matarese et al., 1989), 유사종인 망치고등어 (체장 5.2-6.7 mm) (Neira et al., 1998) 및 참다랑어 (체장 6.0 mm) (Miyashita et al., 2001)와도 만곡 개시 시점이 유사한 것으로 확인되었다. 척색 말단의 만곡과 함께 지느러미 줄기가 출현하기 시작하였는데, 꼬리지느러미가 가장 먼저 출현하였으며 이어, 가슴지느러미, 등지느러미, 뒷지느러미, 배지느러미 순으로 출현하였다. 이러한 지느러미 분화 순서는 미국산 고등어 (Matarese et al., 1989) 및 망치고등어 (Neira et al., 1998)와 유사한 것으로 확인되었다. 비록 본 연구에서는 고등어 자어의 지느러미가 모두 완성되는 시기를 확인할 수 없었지만, 일본산 고등어의 경우 전장 14.6 mm (Yamada et al., 2007), 미국산 고등어의 경우 체장 15-16 mm (Kramer, 1960; Matarese et al., 1989)에서 모든 지느러미가 정수에 달하는 것으로 보고되어 있다. 유사종인 참다랑어는 체장 10 mm 크기에서 치어기에 도달하여, 지느러미가 분화가 고등어보다 빠르게 진행되는 것으로 보인다 (Miyashita et al., 2001).

바다 향해 조사에서 고등어 자치어는 1994-1997년 동안 동중국해 큐슈 서남부 및 제주도 남부 근해역에서 4-5월경 뱀장어 네트로 채집된 기록이 있다 (Kim et al., 2005). 구체적으로 고등어 자치어는 동경 127°53.0', 북위 31°21.9' 지점 (표층수온 16.9°C, 수심 99 m)에서 37개체/1,000 m³, 동경 126°35.1', 북위 30°01.6' 지점 (표층수온 17.2°C, 수심 95 m)에서 25개체/1,000 m³, 동경 126°46.6', 북위 31°59.5' 지점 (표층수온 15.4°C, 수심 87 m) 및 동경 127°53.0', 북위 31°21.9' 지점 (표층수온 18.8°C, 수심 142 m)에서 각각 4개체/1,000 m³, 동경 127°54.9', 북위 30°59.3' 지점 (표층수온 20.7°C, 수심 152 m)에서 1개체/1,000 m³가 출현하였으며 (Kim et al., 2005), 이러한 사실을 통해 고등어 산란은 17°C 수온 분포대를 가진 대륙붕 (수심 <100 m)에서 일어나는 것이 아닌가 추정된다. 이는 고등어 최적 산란 수온으로 알려진 17-18°C와 잘 일치하는 결과이다 (NFRDI, 2005).

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원 (남해특산물종양식산업화기술개발)의 지원에 의해 운영되었습니다. 난발생 관찰에 많은 도움을 주신 이승중 박사님과 김원호, 박용빈 님께 감사의 말씀을 전합니다.

참 고 문 헌

Ahn, H.B. 1971. Studies on the age and growth of the Pacific mackerel, *Scomber japonicus* (Houttuyn).

- Bull. Fish. Res. Dev. Agency, No. 7, 7-24.
- Cha, B.Y. 1998. Seasonal distribution of the Pacific mackerel, *Scomber japonicus* in relation to oceanographic conditions in Korean Waters. Ph.D. thesis, Pukyong Nat'l Univ. Korea, 1-103.
- Cha, H.K., Y.M. Choi, J.H. Park, J.Y. Kim and M.H. Sohn. 2002. Maturation and spawning of the chub mackerel, *Scomber japonicus* in Korean waters. J. Korean Soc. Fish. Res., 5, 24-33.
- Cho, K.D. 1981. Studies on the distribution and fluctuation of the purse-seine fishing grounds in relation to oceanographic conditions in the East China Sea. The distribution of mackerels and jack mackerels fishing grounds. Bull. Korean Fish. Soc., 14, 239-252.
- Cho, K.D., C.H. Hong and Y.M. Kim. 1984. The relationship between the fishing grounds and oceanographic conditions associated with fluctuation of mackerels catches in the East China Sea. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 20, 83-90.
- Cho, K.D. and Y.R. Yang. 1985. Environment of the purse-seine fishing grounds in the Tsushima current. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 21, 41-61.
- Cho, K.D. 1986. Environment of the purse-seine fishing grounds in the East China Sea. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 20, 104-116.
- Choi, Y.M., J.H. Park, H.K. Cha and K.S. Hwang. 2000. Age and growth of common mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. J. Korean Soc. Fish. Res., 3, 1-8.
- Chu, C.H. 1960. On the ecological study for the *Scomber japonicus* Houttuyn. Rep. Fish. Res., 4, 107-119.
- Gong, Y., Y.J. Kang and S.Y. Cho. 1972. Fishery oceanographic studies on the mackerel purse-seine fishing grounds off the south-western coast of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 9, 95-110.
- Hue, C.D. 1958. Report of mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel (*Trachurus japonicus*). Rep. Res. Fish. Res., 3, 19-53.
- Hunter, J.R. and C.A. Kimbrell. 1980. Early life history of Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. Fish. Bull., 78, 89-101.
- Kim, K.J. 1970. Studies on the interspecific relations between common mackerel and horse mackerel 1. Analysis of fluctuation in their abundance over a long period. Bull. Korean Fish. Soc., 3, 149-153.
- Kim, J.K., C.B. Kang, G. Ahn, D. Oki, Y.U. Kim and O. Tabeta. 2005. Distribution of fish larvae and juveniles in the East China Sea and the Yellow Sea in spring during 1994-1997. J. Kor. Fish. Soc., 38,

- 29-38.
- Kim, Y.U. 1989. Introduction of Ichthyology. Tae Hwa Pub. Co., Pusan, 1-270.
- Kramer, D. 1960. Development of eggs and larvae of Pacific mackerel and distribution and abundance of larvae 1952-1956. U.S. Fish. Wild. Serv., Fish. Bull., 60, 393-438.
- Lim, K.B. 1981. Oceanographic conditions in the southern waters of Korea. and characteristics of fishing grounds of Pacific mackerel. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 27, 7-24.
- Matarese, A.C., A.W. Kendall, D.M. Blood and B.M. Vinter. 1989. Laboratory guide to early life history stages of northeast Pacific fishes. NOAA Tech. Rep. NMFS., 80, 1-652.
- Miyashita, S., Y. Sawada, T. Okada, O. Murata and H. Kumai. 2001. Morphological development and growth of laboratory-reared larval and juvenile *Thunnus thynnus* (Pisces: Scombridae). Fish. Bull., 99, 601-616.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 2005. Ecology and Fishing grounds. Yemun Pub. Co., Pusan, 1-397.
- Neira, F.J., A.G. Miskiewicz and T. Trnski. 1998. Larvae of temperate Australian fishes- Laboratory guide for larval fish identification. Western Australia Univ. Press, Nedlands, 1-474.
- Okiyama, M. 1988. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, 1-1154.
- Park, J.S., S.S. Lee and K.U. Bae. 1973. Studies on the relation between the food habits of mackerel. *Scomber japonicus* Houttuyn and the composition of plankton in the south sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 10, 7-23.
- Park, B.H. 1977. A study on the subpopulation of the Pacific mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn) in the water adjacent of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 18, 43-83.
- Shiraishi, T., K. Ohta, A. Yamaguchi, M. Yoda, H. Chuda and M. Matsuyama. 2005. Reproductive parameters of the chub mackerel, *Scomber japonicus* estimated from HCG-induced final oocyte maturation and ovulation in captivity. Fish. Sci., 71, 531-542.
- Watanabe, T. 1970. Morphology and ecology of early stages of life in Japanese common mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, with special reference to fluctuation of population. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 62, 1-283.
- Yamada, U., M. Tokimura, H. Horikawa and T. Nakabo. 2007. Fishes and Fisheries of the East China and Yellow Seas. Tokai Univ. Press, Kanagawa, 1-1262.
- Yoon, S.J., D.H. Kim, G.W. Baek and J.W. Kim. 2008. Feeding habits of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the south sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 41, 26-31.

2008년 9월 23일 접수

2008년 12월 19일 수리