

한국 서해 남부연안에서 채집된 청멸, *Thryssa kammalensis* (멸치과, 청어목) 자치어의 첫 형태 기재

류현준 · 명세훈¹ · 손호선¹ · 김진구*

국립부경대학교 수산생명과학부 자원생물학전공, ¹국립수산과학원 수산자원연구센터

First Morphological Description of *Thryssa kammalensis* (Engraulidae, Clupeiformes) Larvae and Juveniles Collected from the Southwestern Coasts of Korea by Hyeon-Jun Ryu, Se-Hun Myoung¹, Ho-Sun Sohn¹ and Jin-Koo Kim* (Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea; ¹Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea)

ABSTRACT In June and July 2023, a total of 101 *Thryssa kammalensis* larvae and juveniles were collected during an ichthyoplankton survey using RN80 in the waters around the southwest coasts of Korea. When pre-flexion larval stage (3.77~10.20 mm NL, n=22), some individuals have pterygiophores of dorsal and anal fins, but no apparent fin rays were formed. Line-shaped melanophores were distributed in a row from below the opercle to the anal fin base. When flexion larval stage (12.13~16.69 mm SL, n=14), the number of dorsal and anal fin rays were 13~15 and 18~23. Dot and line-shaped melanophores were distributed in a row in the ventral portion of the abdominal cavity, and melanophores appeared on the caudal fin. When post-flexion larval stage (17.23~21.73 mm SL, n=20), all fin rays appeared, and the number of pectoral, pelvic, anal and dorsal fin rays were 7~9, 4~5, 29~31 and 14~15, respectively. Dot and line-shaped melanophores were distributed in a row from the posterior of the preopercle to the ventral portion of the abdominal cavity, oval-shaped melanophores were distributed along the anal fin base, and melanophores concentrated lower lobe of the caudal fin. When juvenile stage (18.43~25.98 mm SL, n=45), the number of pectoral, pelvic, anal and dorsal fin rays were completed as 12~15, 7~8, 30~33 and 14~15, respectively. Point-shaped melanophores of the ventral position of the abdominal cavity disappeared, it continued in a row along the anal fin base to the lower caudal peduncle. Our results suggest that *Thryssa kammalensis* may use the sea around Chilsan-do Island as spawning and/or nursery ground between June and July.

Key words: *Thryssa kammalensis*, larvae, juveniles, morphological description, Chilsan-do Island

서 론

멸치과(Engraulidae) 어류는 상업적으로 중요한 소형 어류이자 연안 생태계에서 동물플랑크톤이나 소형 갑각류를 섭식하는 2차 소비자로서 중요한 역할을 수행하며(Chaves and Vendel, 2008; Sulistiono *et al.*, 2010; Kumar *et al.*, 2015; El Qendouci *et al.*, 2018; Syaifei *et al.*, 2020), 전 세계적으로 16속 190종

(Fricke *et al.*, 2024), 우리나라에는 4속 7종(MABIK, 2023)이 알려져 있다. 그중 풀반지속(*Thryssa*) 어류에는 청멸(*Thryssa kammalensis*), 풀반지(*Thryssa hamiltonii*), 풀반댕이(*Thryssa adelae*) 3종이 알려져 있다(MABIK, 2023).

청멸은 우리나라 서해와 남해, 중국 등을 비롯한 서부태평양의 아열대 및 온대 해역에 서식한다(Kim *et al.*, 2001, 2005; Baeck *et al.*, 2014). 전 세계적으로 청멸에 관한 연구로는 자치어의 성장 양상에 따른 형태 변화(Sarpédonti *et al.*, 2000), 환경요인에 따른 자치어의 분포(Sarpédonti and Ching, 2008), 먹이 습성(Baeck *et al.*, 2014), 개체군의 유전적 구조(Zhang *et al.*, 2019),

저자 직위: 류현준(학부생), 명세훈(연구사), 손호선(연구관), 김진구(교수)
*Corresponding author: Jin-Koo Kim Tel: 82-51-629-5927,
Fax: 82-51-629-5931, E-mail: taengko@hanmail.net

알과 치어의 형태적 기재(Ji *et al.*, 2020) 등이 수행되었지만, 일부 도감(Chyung, 1977; Youn, 2002; Kim *et al.*, 2005)에서 성어의 형태적, 생태적인 정보만 기재되어 있고 Ji *et al.* (2020)의 경우 알과 치어의 형태적인 정보만 보고하여 전기자어~치어 전반에 걸친 연구가 미진한 실정이다.

자치어 시기에는 성장에 따라 형태 변화가 극적으로 나타나기 때문에(Kendall *et al.*, 1984), 발달단계별 형태적 특징을 상세히 기술하여 정확한 종 동정에 이용할 필요가 있다(Koo *et al.*, 2024). 또한, 어류의 초기생활사에 관한 연구는 종의 이해와 더불어, 다양한 분류학적, 생태학적 지식 등을 얻을 수 있으며, 이를 토대로 자원의 보존과 증식 등에 이용될 수 있다(Song and Choi, 2000).

전라남도 영광군 칠산도 주변 해역에서 4~6월 사이에 다수 출현하는 청멸의 자치어는 예로부터 청어과(Clupeidae) 어류나 뱀어과(Salangidae) 어류의 자치어와 체형, 항문의 위치, 흑색소포의 발달 양상 등 형태적으로 매우 유사하여 종 동정에 어려움이 있었다. 특히, 풀반지속(*Thryssa*) 어류의 후기자어와 치어는 새 개부와 복부 정중선을 따라 배열된 흑색소포의 위치가 서로 비슷하여 종 구별에 어려움을 겪고 있다(Wang and Tzeng, 1997a; Kanou *et al.*, 2002). 청멸은 우리나라에서 경제학적, 생태학적으로 매우 중요한 수산자원(Baek *et al.*, 2014)이지만, 청멸을 포함한 국내 멸치과 어류의 초기생활사와 분류학적 검토에 대해 수행된 연구의 진행이 현재까지 매우 부족하기 때문에(Youn and Kim, 1996) 명확한 종 구분을 위한 연구가 수행되어야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 한국의 서해 남부 해역에서 채집된 청멸 자치어를 대상으로 발달단계별 형태 특징에 대한 정보를 상세히 보고하여, 초기 수산 자원관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 채집

본 연구에 사용된 자치어 101개체는 2023년 6~7월 전라남도 영광군 칠산도 주변 해역(Fig. 1)에서 RN80 net (망구 직경 80 cm, 망목 0.333 mm)에 유량계를 부착하여 1~2 knots 속도로 수심 3.5~13.0 m에서 경사 또는 수평인망의 방식을 통해 총 3차례(2023/6/7, 2023/6/19, 2023/7/10)에 걸쳐 채집되었다. 채집된 표본은 즉시 94% 에틸알코올(EtOH)에 수용하여 국립부경대학교 어류플랑크톤 실험실(Ichthyoplankton Laboratory of Pukyong National University, PKUI)에 등록(PKUI 1161-1261) 및 보관하였다. 표본이 채집된 칠산도 주변 해역의 수온과 염분은 수질 측정기(YSI, YSI Inc.)를 통해 측정하였다.

2. 형태 관찰

자치어의 발달단계에 따른 각 부위에 대한 용어는 Okiyama (2014) 및 Ji *et al.* (2020)의 방법을 따랐다. 자치어의 외부 형

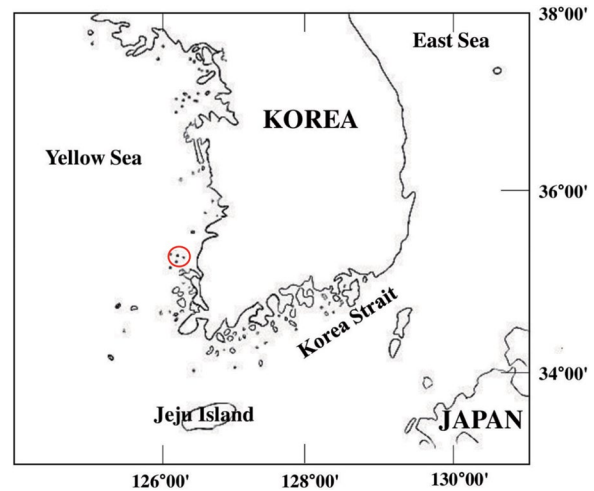


Fig. 1. Sampling area of *Thryssa kammalensis* larvae and juveniles from Chilsan-do Island, southwestern coasts of Korea.

태에 대한 특징은 입체해부현미경(SZH-16, Olympus, Tokyo, Japan)을 통해 관찰하였고, 전장(total length, TL), 체장(standard length, SL), 척색장(notochord length, NL), 두장(head length, HL), 등지느러미와 뒷지느러미 사이의 거리(dorsal fin to anal fin)는 입체해부현미경용 사진촬영장치(Mosaic 2.0, Fuzhou Tucsen photonics, China)를 통해 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 항문전장(preanus length), 체고(body depth)는 체장에 대한 백분율(%)로 계산하였으며, 안경(eye diameter)은 두장에 대한 백분율로 나타내었다(Table 1). 입체해부현미경을 통해 사진 촬영과 계수 계측의 측정 및 형태 분석을 통한 종 동정이 끝난 자치어들은 각 발달단계별 특징을 정확하게 묘사하기 위해 전기자어 및 후기자어와 치어는 발달단계별로 1개체씩, 중기자어는 2개체의 스케치를 진행하였다. 또한, 자어 시기에 배면에 위치하는 흑색소포의 배열 양상을 다른 종과 비교하기 위해 도화쟁어(*Neosalanx anderssoni*, PKUI 1144) 1개체와 전어(*Konosirus japonicus*, PKUI 1263) 1개체를 추가로 관찰하여 스케치로 나타내었다.

3. 상대 성장

발달단계별 외부 형태의 관찰이 완료된 개체는 체장 또는 척색장에 따른 계측 형질의 상대 성장에 대한 변화 양상을 알아보기 위해 R studio를 사용하여 X축에 체장 또는 척색장을, Y축에 각 계측 형질에 체장 또는 척색장으로 환산한 값을 이용하여 그들 간의 관계를 비교하였다.

결 과

1. 해양 환경

전라남도 영광군 칠산도 주변 해역의 수심은 2.9~13.0 m 범

Table 1. Morphological characters of larvae and juveniles of *Thryssa kammalensis*

Meristic characters	Pre-flexion larva	Flexion larva	Post-flexion larva	Juvenile
No. of specimens	22	14	20	45
Measurements				
Total length (mm)	3.92~10.75	12.51~17.68	18.75~24.78	25.53~31.71
Standard length (mm)	—	12.13~16.69	17.23~21.73	18.43~25.98
Notochord length (mm)	3.77~10.20	—	—	—
Head length (mm)	0.653~1.501	1.909~3.068	2.660~4.683	4.249~7.056
Dorsal fin to anal fin (mm)	—	0.82~2.04	1.55~2.92	1.98~4.13
Predorsal length (mm)	—	8.54~9.84	10.04~12.26	11.29~13.63
% in notochord length				
Head length	12.0~15.7	—	—	—
Preanus length	74.22~94.07	—	—	—
Body depth	3.69~8.62	—	—	—
% in standard length				
Head length	—	15.1~18.7	15.4~22.2	19.2~28.3
Preanus length	—	83.18~88.50	67.62~73.83	56.40~72.34
Body depth	—	6.39~10.56	7.82~14.60	12.14~19.77
% in head length				
Eye diameter	21.1~37.8	18.3~28.1	16.0~21.0	14.9~23.4
Counts				
Dorsal-fin rays	—	13~15	14~15	14~15
Anal-fin rays	—	18~23	29~31	30~33
Pectoral-fin rays	—	—	7~9	12~15
Pelvic-fin rays	—	—	4~5	7~8

위였으며, 3차례에 걸친 채집 조사에서 정점별 표층수온과 표층염분을 측정하였다. 6월 7일의 표층수온은 18.2~21.5°C, 6월 19일의 표층수온은 22.8~25.9°C, 7월 10일의 표층수온은 23.5~25.5°C로 나타났으며, 표층염분은 각각 28.0~31.0 psu, 30.1~30.7 psu, 33.7~34.4 psu의 범위로 한 달(6~7월)만에 표층수온과 표층염분의 변동 폭이 크게 나타났다.

2. 형태 기재

1) 전기자어(Pre-flexion larvae) (Fig. 2A)

전기자어의 척색장은 3.77~10.20 mm (n=22, 6.98±3.21), 체고는 척색장의 3.69~8.62%로 전체적인 체형은 길고 가늘며, 체고는 낮고 척색장이 긴 형태이다. 항문전장은 척색장의 74.22~94.07%로, 항문은 비교적 몸의 후반부에 위치하였다. 두장은 척색장의 12.0~15.7%였으며, 머리는 몸에 비해 비교적 작았다. 안경은 두장의 21.1~37.8%로 높은 원형이었다. 두정부는 약간 솟아있는 형태였고, 위턱의 뒤끝은 눈의 앞가장자리 앞을 조금 넘어섰다. 척색말단의 굴곡이 진행되지 않아 말단부가 곧게 뻗어 있었고, 관찰 개체의 일부는 눈의 착색이 완료된 상태였다. 이 시기에는 등, 뒷지느러미의 담기골이 관찰되는 경우와 꼬리지느러미가 막상의 형태로 분화되어 있는 것을 볼 수 있었으나,

어떠한 지느러미 연조도 발생하지 않았다. 새개부 아래쪽부터 시작하여 복강의 등쪽, 소화관의 등쪽과 배쪽, 뒷지느러미 기저를 따라 몸의 뒤쪽으로 선 모양의 흑색소포가 일렬로 배열되어 있었다.

2) 중기자어(Flexion larvae) (Fig. 2B, C)

중기자어의 체장은 12.13~16.69 mm (n=14, 14.41±2.28), 체고는 체장의 6.39~10.56%로 체고가 이전 시기에 비해 높아졌으나, 체형은 꼬리쪽으로 길고 가는 형태였다. 항문전장은 체장의 83.18~88.50%로, 항문은 몸의 뒤쪽에 치우쳐 있었다. 두장은 체장의 15.1~18.7%였으며, 머리는 작은 편이었다. 안경은 두장의 18.3~28.1%로 높은 원형에 가까웠다. 아래턱이 위턱에 비해 약간 앞으로 돌출되어 있고, 위턱의 뒤끝은 눈의 앞가장자리 앞까지 위치하였다. 전기자어(Fig. 2A)와 다르게 등, 꼬리, 뒷지느러미 연조가 분화되기 시작하였지만, 가슴지느러미와 배지느러미 연조는 뚜렷하게 관찰되지 않고 막상의 형태로 분포했다. Fig. 2B의 경우 등지느러미 연조수는 13개, 뒷지느러미 연조수는 19개로 관찰되었고, Fig. 2C는 15개, 20개로 각각 관찰되었다. 또한, 체장이 증가하면서 등지느러미와 뒷지느러미가 몸의 앞쪽으로 조금 이동하였다. 이 시기에는 척색말단이 등쪽으로 굴곡되기 시작하였다. 흑색소포는 새개부 뒤쪽에 1~2개의 점 모양으로 배

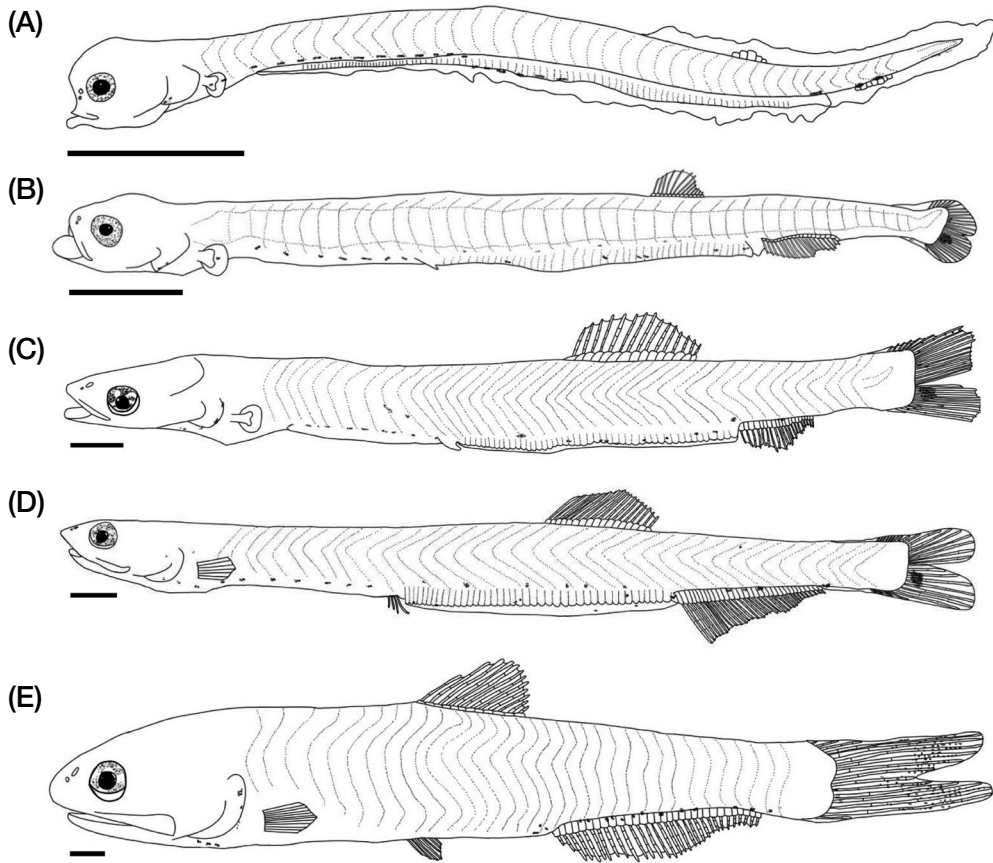


Fig. 2. Sketches of larvae and juvenile of *Thyryssa kammalensis*. (A) Pre-flexion larva, 5.07 mm NL; (B) Flexion larva, 12.13 mm SL; (C) Flexion larva, 16.34 mm SL; (D) Post-flexion larva, 17.23 mm SL; (E) Juvenile, 25.24 mm SL; Scale bars indicate 1.00 mm.

열되어 있는 것과, 복강의 아래쪽으로 점 모양과 선 모양의 형태를 가지면서 일렬로 불규칙적으로 위치하다가 항문 앞에서 끊겼다. 소화관의 등쪽에는 부정형의 희미한 내부 흑색소포가 불규칙적으로 존재하며, 꼬리지느러미 하엽에만 부정형의 흑색소포가 밀집되어 있었다.

3) 후기자어(Post-flexion larvae) (Fig. 2D)

후기자어의 체장은 17.23~21.73 mm (n=20, 19.48±2.25), 체고는 체장의 7.82~14.60%로 중기자어(Fig. 2B, C)에 비해 체고가 높아졌다. 항문전장은 체장의 67.62~73.83%로, 항문의 위치는 이전 시기와 유사하게 몸의 뒤쪽에 위치하고 있었다. 두장은 체장의 15.4~22.2%였고, 두정부는 완만한 경사를 가졌으며 머리는 작은 편이었다. 안경은 두장의 16.0~21.0%였고, 눈은 원형이었다. 후기자어기에 모든 지느러미의 분화가 시작되었고, 가슴지느러미 연조수가 7~9개, 배지느러미 연조수가 4~5개, 뒷지느러미 연조수가 29~31개, 등지느러미 연조수가 14~15개로 이전보다 그 수가 증가하였으며, 등지느러미는 정수에 도달하였다. 이전과 달리 위턱이 아래턱에 비해 앞쪽으로 약간 돌출되었고, 위턱의 뒤끝은 눈의 뒷가장자리를 완전히 넘어서기 시작하

였다. 흑색소포의 배열은 새개부 측면 뒤쪽에 1~3개의 점 모양으로 분포되어 있고, 복강의 아래쪽에는 점 모양 또는 선 모양의 진한 흑색소포가 나타나다가 소화관의 위쪽부터 희미한 점 모양의 내부 흑색소포가 뒷지느러미 기저까지 일렬로 연결되어 있었다. 이어 뒷지느러미 기저부터 꼬리자루 하단부까지 타원형의 흑색소포가 일렬로 배열되어 있고 꼬리지느러미 하엽에 부정형의 흑색소포들이 밀집되어 있었다. 관찰한 개체에 따라 아래턱의 각진 부분 뒤쪽으로 선 모양의 흑색소포가 1~4개 존재하는 경우도 있었다.

4) 치어(Juveniles) (Fig. 2D)

치어의 체장은 18.43~25.98 mm (n=45, 22.2±3.98), 체고는 체장의 12.14~19.77%로, 체고가 이전보다 증가된 양상을 보였다. 항문전장은 체장의 56.40~72.34%로, 항문의 위치는 후기자어(Fig. 2C)에 비해 앞쪽으로 이동하여 몸의 중앙부에서 약간 뒤쪽에 위치하였다. 두장은 체장의 19.2~28.3%로, 머리의 크기는 후기자어(Fig. 2C)에 비해 많이 커졌다. 눈은 둥글고, 안경은 두장의 14.9~23.4%였다. 위턱이 전방으로 길게 돌출되어 주둥이 부위가 커지면서 입은 이전의 말단부(Terminal)에서 하말단부

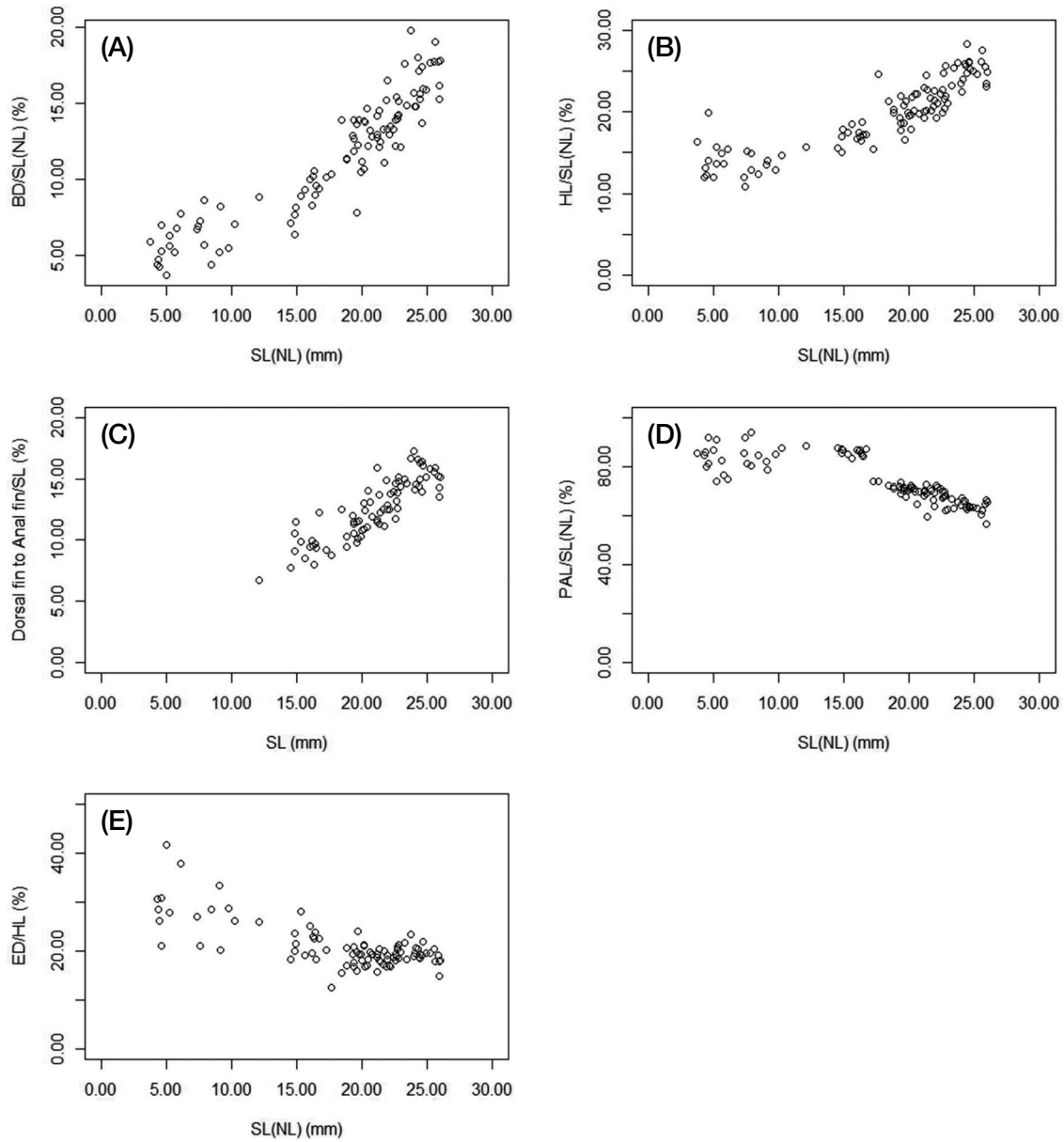


Fig. 3. Relative growth of meristic characteristics in larvae and juveniles of *Thyssa kammalensis*. Notochord length (NL) ranges from 3.77~10.20 mm and standard length (SL) ranges from 12.13~25.98 mm. Relationships between SL(NL) and (A) percentage of body depth (BD) to SL(NL); (B) percentage of head length (HL) to SL(NL); (C) percentage of dorsal fin to anal fin to SL; (D) percentage of preanus length (PAL) to SL(NL); (E) percentage of eye diameter (ED) to HL.

(Subterminal)의 위치로 바뀌었다. 지느러미 연조수는 각각 가슴 지느러미가 12~15개, 배지느러미가 7~8개, 뒷지느러미가 30~33개, 등지느러미가 14~15개로 모든 지느러미 연조수가 정수에 도달하였다. 자어 시기까지 존재하던 복강 배쪽의 일렬로 배열된 흑색소포는 소실되었고, 뒷지느러미 기저부터 꼬리지루 하단부의 꼬리지느러미 기점까지 일렬로 점의 형태로 진한 흑색소포가 관찰되었다. 꼬리지느러미에는 전체적으로 깨알 모양의 흑색소포가 넓게 퍼져 투명하게 보이면서 후기자어기에 관찰되었던 꼬리지느러미 하엽의 짙은 반점은 사라졌다. 관찰한 개체에 따

라 아래턱의 각진 부분 뒤쪽으로 선 모양의 흑색소포가 2~4개 위치하는 경우도 존재했다.

3. 상대 성장

청멸 자치어의 발육단계별 계측 형질 변화를 살펴보면 체장 또는 척색장에 대한 체고, 두장은 양의 관계를 나타내지만, 항문 전장과 두장에 대한 안경은 음의 관계를 나타내었다. 또한, 자치어가 성장함에 따라 등지느러미와 뒷지느러미 사이 거리가 증가하는 양상을 보인다(Fig. 3).

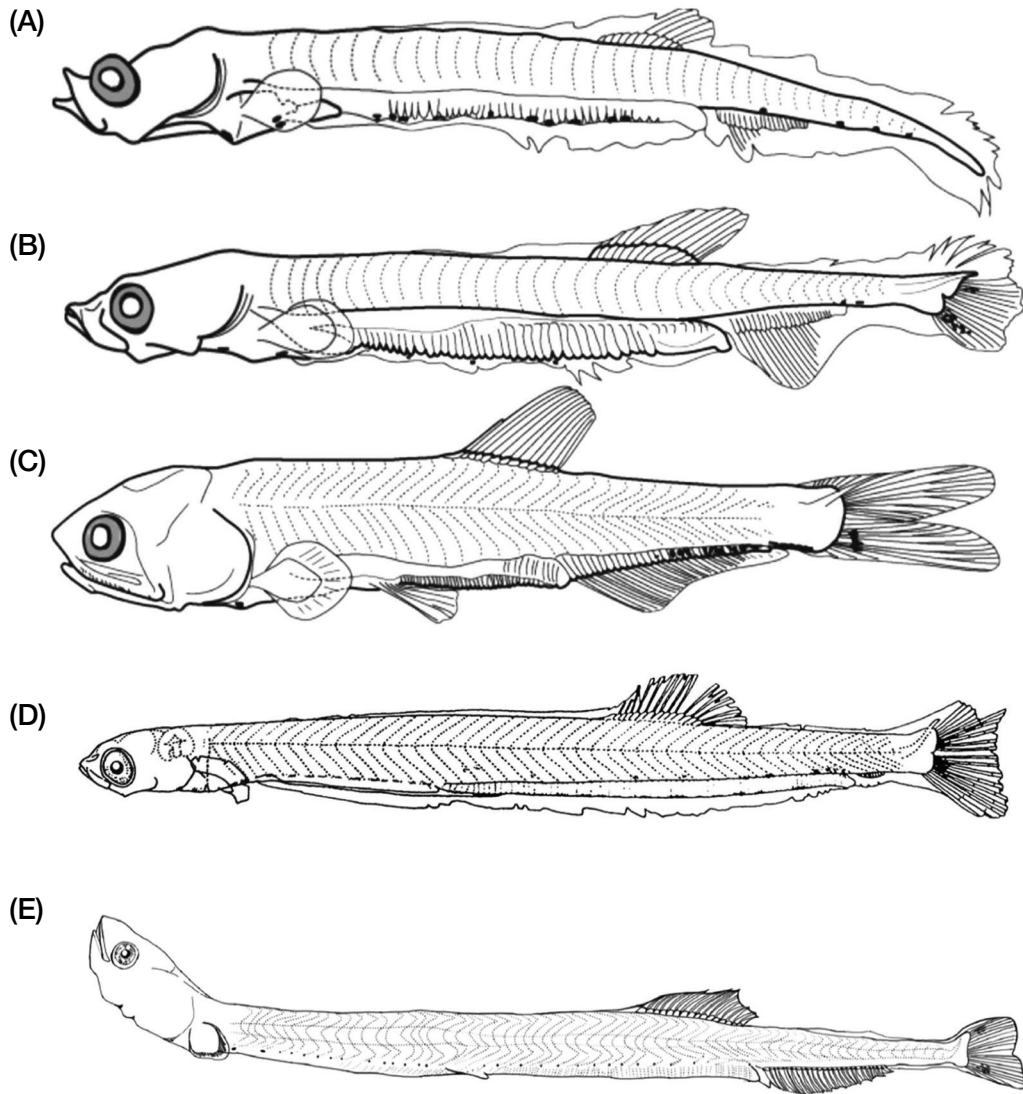


Fig. 4. Larval morphology of *Thyryssa kammalensis* (A~C), *Konosirus japonicus* (D) and *Neosalanx anderssoni* (E). (A) Pre-flexion larva, 4.0~5.7 mm NL; (B) Flexion larva, 5.7~10.0 mm SL; (C) Post-flexion larva, 10.0~20.0 mm SL; (D) Flexion larva, 13.9 mm TL; (E) Post-flexion larva, 22.1 mm SL (cited from Sarpédonti *et al.*, 2000; Okiyama, 2014; Koo *et al.*, 2024).

고찰

본 연구에서는 2023년 6~7월 전라남도 영광군 칠산도 부근에서 채집한 청멸 자치어(3.92~31.71 mm TL, n=101)를 대상으로 발달단계별 외부 형태에 대한 정보를 처음으로 제공하였다. Sarpédonti *et al.* (2000)에 의하면, 척색장이 4.7 mm인 청멸 자어에서 새개부의 뒤쪽과 소화관의 앞쪽 사이에서 점 모양의 흑색소포가 1~2개인 점, 척색장이 4.9 mm인 개체에서 흑색소포가 소화관의 뒤쪽으로 이어지는 점 등이 본 연구 결과와 잘 일치하였다. 하지만, Sarpédonti *et al.* (2000)은 척색장이 4.0 mm인 개체에서 등지느러미 연조수 7개, 뒷지느러미 연조수 10개를 가진다고 보고하여 비슷한 시기에 지느러미 연조가 전혀 출현

하지 않은 본 연구 결과(Fig. 2A)와 큰 차이를 나타내었다(Fig. 4A). 또한, 중기자어의 척색말단이 만곡되기 시작하는 체장은 본 연구에서는 12.13 mm였지만(Fig. 2B), Sarpédonti *et al.* (2000)에 따르면 10.00 mm로, 그 크기에서도 차이를 보였다. 본 연구에서 Fig. 2C와 같이 체장이 16.34 mm까지 성장한 개체에서 Sarpédonti *et al.* (2000)의 중기자어(Fig. 4B)와 체형이 유사하게 바뀌었다. 한편, 꼬리지느러미 하엽 부근에 부정형의 흑색소포가 관찰되는 점(Sarpédonti *et al.*, 2000; Fig. 4B, C)은 본 연구 결과와 잘 일치하였다. 즉, 본 연구에서도 청멸 중기자어(Fig. 2B, C)부터 후기자어(Fig. 2D)에 이르기까지 꼬리지느러미 하엽에 밀집된 부정형의 흑색소포가 선명하게 관찰되었다. 그러나, Sarpédonti *et al.* (2000)과 달리, 본 연구에서 청멸의 후기자어가

복강의 등쪽에 점 모양의 흑색소포를 일렬로 가지는 점, 뒷지느러미 기저에 타원형의 흑색소포를 일정한 간격으로 가지는 점에서는 달랐다. 즉, Sarpédonti *et al.* (2000)에 의하면, 청멸의 후기 자어는 복강의 등쪽에 흑색소포가 없고 뒷지느러미 기저 중반부터 뒤쪽으로 밀집된 점 모양의 흑색소포를 가진다(Fig. 4C).

본 연구 결과는 Sarpédonti *et al.* (2000)이 보고한 청멸 자치어와 현저한 성장 차이를 보였는데 이는 두 지역 간 환경 차이에서 비롯된 것으로 추정된다. Sarpédonti *et al.* (2000)은 연중 수온이 23.0~25.0°C인 말레이시아 Sungai Selangor estuary (3°19'00.0"N, 101°13'00.0"E)에서 1997년 2월부터 1998년 4월까지 채집된 청멸 자치어를 보고하였다. 그러나 본 연구는 전라남도 영광군 칠산도 주변에서 2023년 6월과 7월 사이에 채집된 청멸 자치어를 보고한 것으로, 당시 수온 범위가 18.2~25.9°C, 염분 범위가 28.0~34.4 psu로 아마도 수온 차이가 클 것으로 생각된다. 수온은 자치어의 성장에 주요한 물리·화학적 요인(Pörtner and Farrell, 2008; Burt *et al.*, 2011)으로 작용하기 때문에 수온이 높은 곳에서 부화에 소요되는 시간이 짧아진다고 하였고, 이를 통해 난과 자어의 발생에서 소요되는 시간은 수온과 어중에 따라 다르다고 보고하였다(Zaki and Abdula, 1983). 또한, 해수와 담수가 만나는 하구역은 육지로부터 유입된 풍부한 영양염으로 유기물 함량이 높고 먹이생물이 풍부하여 다양한 어류의 서식처를 제공하며 다양한 산란장과 성육장으로 이용된다(Reid and Wood, 1976; Gibson, 1994; Abookire *et al.*, 2000; Park, 2000; Yang *et al.*, 2001; Chin, 2024). 세랑고르 강은 맹그로브 숲이 번성한 지역으로, 해양생물에 다양한 유기물과 퇴적물의 공급, 연안 서식처 환경의 안정화 등에 기여하고, 나아가 해양생물에게 다양한 서식처를 제공하고 탄소 흡수원으로 중요한 역할을 한다(Omar *et al.*, 2018; Romli *et al.*, 2021). 반면, 조사 해역인 칠산도 인근 해역은 최근 간척사업, 영광원전 건립 등으

로 해양환경이 크게 변해 산란장 또는 성육장 형성에 불리한 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다(Jang *et al.*, 2020). Sarpédonti *et al.* (2000)의 청멸 자치어는 높은 수온과 세랑고르 강으로부터 유입된 다량의 영양염으로 인해 칠산도 해역의 청멸 자치어보다 월등히 빠른 성장을 보였을 것으로 추정된다.

청멸을 다른 종과 비교하였을 때 멸치과의 멸치는 체장 7.1 mm (Uchida, 1958), 청어과의 전어는 전장 11.23 mm에서 척색 발달이 만곡되기 시작하였다(Kim *et al.*, 2007). 이를 통해 청멸은 멸치와 전어보다 큰 크기에서 중기자어로 이행하는 것으로 보인다. 청멸 자치어는 전어 자치어와 가늘고 긴 체형, 복강 등쪽에 일렬로 배열된 흑색소포가 있다는 점 등에서 두 종을 구별하기 어렵지만, 중기자어(Fig. 4D) 시기에 체장에 대한 항문전장(청멸은 83.2~88.5% vs. 전어는 86.1~90.4%), 뒷지느러미 기점의 상대 위치(등지느러미 후단부보다 약간 뒤에 위치 vs. 등지느러미 후단부보다 훨씬 뒤에 위치), 후기자어 시기에 배면 흑색소포의 배열(소화관의 기점부터 항문 앞까지 선상과 점상으로 불규칙적으로 분포하다가 뒷지느러미 중앙부에 몸의 뒤쪽으로 선상의 일렬로 배열(Fig. 5A) vs. 소화관의 기점부터 항문 앞까지 선상과 점상으로 규칙적으로 분포하다가 뒷지느러미 기점부터 선상과 점상으로 간격 있게 배열(Fig. 5B)), 치어 시기에 위턱과 입의 모양(위턱이 아래턱보다 현저히 신장 vs. 입이 위쪽으로 향하고 위턱이 아래턱보다 신장되지 않음) 등에서 두 종을 구별할 수 있다(Okiyama, 2014; Koo *et al.*, 2024).

또한, 청멸 자치어는 도화뱅어 자치어와 자어 단계에서 가늘고 긴 체형, 복강과 소화관의 등쪽 흑색소포가 일렬로 이어지는 점 등이 유사한 형태를 띠지만, 중기자어 시기에 배면에서의 흑색소포의 형태와 분포(청멸은 복강의 배쪽으로 점 또는 선 모양의 진한 흑색소포가 일렬로 배열되다가 소화관의 기점부터 점 또는 선 모양의 작은 흑색소포가 일렬로 간격 있게 배열(Fig. 5C) vs.

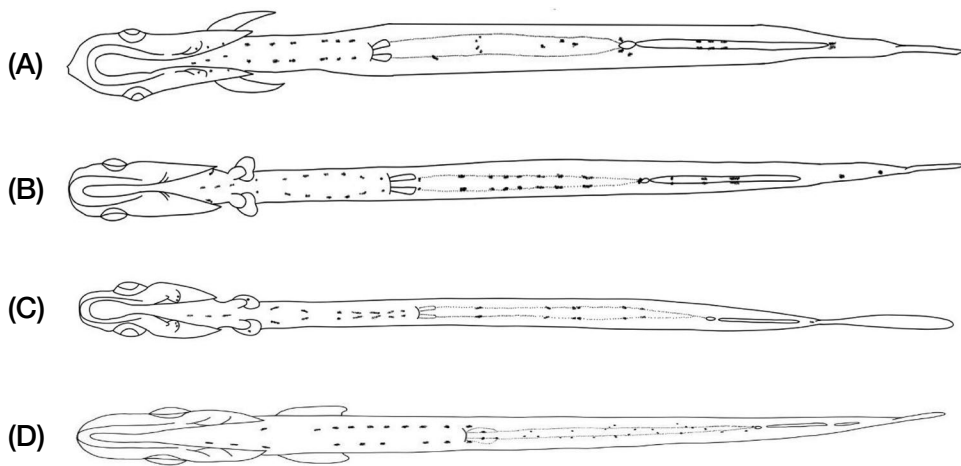


Fig. 5. Schematic ventral view of post-flexion larva (A, B) and flexion larva (C, D) showing the diverse shape and distribution of melanophores. (A) *Thryssa kammalensis* (17.23 mm SL); (B) *Konosirus japonicus* (PKUI 1263, 18.12 mm SL); (C) *Thryssa kammalensis* (12.13 mm SL); (D) *Neosalanx anderssoni* (PKUI 1144, 15.37 mm SL).

도화뱅어는 복강의 배쪽으로 가로로 긴 타원형의 진한 흑색소포가 일렬로 배열되다가 소화관의 기점부터 작은 점 모양의 흑색소포가 넓은 부위에 산재되어 분포(Fig. 5D)), 후기자어(Fig. 4E) 시기에 꼬리지느러미 반점의 유무(하엽에만 1개의 큰 검은 반점 존재 vs. 상엽과 하엽에 큰 1개씩의 검은 반점이 대칭적으로 존재), 유타 뒷끝이 도달하는 위치(눈의 앞가장자리를 지나지 못함 vs. 눈의 앞가장자리를 지남) 등에서 잘 구분되었다(Koo *et al.*, 2024).

본 연구를 통해 청멸의 후기자어 시기에 관찰되는 꼬리지느러미 하엽에 나타나는 부정형의 흑색소포는 멸치, 전어, 청어 등 다른 청어목(Clupeiformes) 어류에서는 관찰되지 않기 때문에(Okiyama, 2014), 청멸을 식별하는 데 유용한 분류 형질로 생각된다. 치어 단계에서는 지느러미 연조수, 등지느러미와 뒷지느러미의 상대적인 위치, 흑색소포의 배열, 향문의 위치 등이 종을 구별하는 데 타당한 동정 근거가 될 수 있지만, 자어 시기에는 이 특징만으로 멸치과(Engraulidae) 어류를 구분하기란 쉽지 않다. 따라서, 향후 멸치과, 청어과의 자어를 대상으로 발생단계별 형태 특징을 상세히 비교·연구할 필요가 있다.

요 약

2023년 6월과 7월에 한국 서해 남부해역의 칠산도 주변에서 RN80 네트로 청멸 자치어 101개체가 채집되었다. 전기자어(3.77~10.20 mm SL, n=22)는 지느러미 연조도 전혀 발달하지 않았고, 선 모양의 흑색소포가 새개부 아래부터 뒷지느러미 기저까지 일렬로 배열되어 있었다. 중기자어(12.13~16.69 mm SL, n=14)는 등지느러미 연조수가 13~15개, 뒷지느러미 연조수가 18~23개로 각각 관찰되었고, 복강의 배쪽에 점과 선 모양의 흑색소포가 향문 앞까지 일렬로 이어졌고, 꼬리지느러미 하엽에 부정형의 흑색소포가 관찰되었다. 후기자어(17.23~21.73 mm SL, n=20)는 모든 지느러미 연조가 출현하였으며, 가슴지느러미, 배지느러미, 뒷지느러미와 등지느러미 연조수는 각각 7~9개, 4~5개, 29~31개, 14~15개로 나타났다. 부정형의 흑색소포가 꼬리지느러미 하엽에 집중적으로 나타나며 이는 다른 멸치과 어류에서는 나타나지 않는 특징이다. 치어(18.43~25.98 mm SL, n=45)는 가슴지느러미 연조수가 12~15개, 배지느러미 연조수가 7~8개, 뒷지느러미 연조수가 30~33개, 등지느러미 연조수가 14~15개로 모든 지느러미가 정수에 도달하였다. 자어 시기에 존재하던 복강 배쪽의 점 모양의 흑색소포와 꼬리지느러미 하엽의 부정형의 흑색소포가 소멸되고, 뒷지느러미 기저를 따라 꼬리자루 아래쪽까지 일렬로 이어졌다. 본 연구는 국내 청멸이 6~7월에 서해 남부해역 칠산도 주변 해역을 산란장 및 성육장으로 이용하는 것을 시사한다.

사 사

시료 협조에 도움을 주신 부경대학교 해양생물학과 이유진, 정시영, 장재훈, 김수빈, 진주원 대학원생과 본 논문의 질적 향상을 위해 도움을 주신 두 분 심사위원께 감사드립니다. 본 연구는 국립수산물과학원 근해어업자원조사(R2024001) 및 국립해양생물자원관 ‘해양생명자원 기탁등록보존기관 운영(2024) 사업’의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Abookire, A.A., J.F. Piatt and M.D. Robards. 2000. Nearshore fish distributions in an Alaskan Estuary in relation to stratification, temperature and salinity. *Estuar, Coast. Shelf. Sci.*, 51: 45-59. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0615>.
- Baeck, G.W., J.M. Park, S.H. Huh, H.J. Kim and J.M. Jeong. 2014. Feeding habits of Kammal thryssa *Thryssa kammalensis* (Bleeker, 1849) in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. *Anim. Cells Syst.*, 18: 154-159. <https://doi.org/10.1080/19768354.2014.907206>.
- Burt, J.M., S.G. Hinch and D.A. Patterson. 2011. The importance of parentage in assessing temperature effects on fish early life history: a review of the experimental literature. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 21: 377-406. <https://doi.org/10.1007/s11160-010-9179-1>.
- Chaves, P.T. and A.L.Vendel. 2008. Study on feeding habits in estuarine fish (Teleostei) comparatively between salt marshes and mangroves in southern Brazil (Guaratuba Bay). *Rev. Bras. de Zool.*, 25: 10- 15. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752008000100002>.
- Chin, B.S. 2024. Species composition and abundances of ichthyoplankton in Yeongsan River Estuary in Spring and Summer. *J. Korean. Soc. Fish. Ocean. Technol.*, 60: 37-46. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2024.60.1.037>.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Iljisa Publish., Seoul, Korea, 117pp.
- El Qendouci, M., K. Amenzoui, A. Baali, I.E. Qoraychy and A. Yahyaoui. 2018. Diet of anchovy *Engraulis encrasicolus* (Engraulidae) in Moroccan Atlantic coast. *AAFL Bioflux.*, 11: 1388-1398.
- Fricke, R., W.N. Eschmeyer and J.D. Fong. 2024. Eschmeyer's catalog of Fishes. <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Electronic version accessed 5 MAR 2024.
- Gibson, R.N. 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Neth. J. Sea. Res.*, 32: 191-206. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0077-7579(94)90040-X).
- Jang, S.H., J.K. Kim and J.H. Ryu. 2020. First report on the occurrence of eggs of the small yellow croaker *Larimichthys poly-*

- actis* from Chilsan-do Island, Jeollanam-do, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 650-655. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0650>.
- Ji, H.S., H.J. Yu, J.K. Kim, D.N. Kim, S.T. Kim, J.N. Kim, H.J. Kim, D.H. Shin, T.Y. Oh, J.T. Yu, E.A. Yun, S.G. Lee, H.W. Lee, H.B. Lee, Y.J. Lim, J.M. Jeong, J.H. Choi and G.S. Hwang. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, pp. 46-51.
- Kanou, K., H. Kohno, P. Tongnunui and H. Kurokura. 2002. Larvae and juveniles of two engraulid species, *Thryssa setirostris* and *Thryssa hamiltonii*, occurring in the surf zone at Trang, southern Thailand. Ichthyol. Res., 49: 401-405. <https://doi.org/10.1007/s102280200062>.
- Kendall, A.W., E.H. Ahlstrom and H.G. Moser. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: Moser, H.G. and W.J. Richards (eds.), Ontogeny and Systematics of Fishes. Allen Press INC., Lawrence, U.S.A., pp. 11-22.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.H. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean fishes. Kyo-Hak Pub. Co., Ltd, Seoul, Korea, 97pp.
- Kim, K.S., K.H. Han, J.H. Lee, S.H. Lee, C.C. Kim, H.J. Ko and K.S. Jeong. 2007. Egg development and morphology of larva and juvenile of the Konoshiro gizzard shad, *Konosirus punctatus*. Develop. Reprod., 11: 127-135.
- Kim, Y.U., J.G. Myoung, Y.S. Kim, K.H. Han, C.B. Kang and J.K. Kim. 2001. The Marine Fishes of Korea. Hangeul, Pusan, Korea, 181pp.
- Koo, S.Y., S.H. Myoung and J.K. Kim. 2024. Molecular identification and first morphological description of larvae and juveniles of *Neosalanx anderssoni* (Salangidae) collected from the southwestern sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 36: 94-100. <https://doi.org/10.35399/ISK.36.1.11>.
- Kumar, M.A., G. Padmavati and S. Venu. 2015. Food and feeding dynamics of *Stolephorus commersonnii* (Lacepede, 1803) (Family: Engraulidae) from South Andaman. J. Mar. Biol., 2015: 1-8. <https://doi.org/10.1155/2015/870919>.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2023. National List of Marine Species. Namu press, Seocheon, Korea, 140pp.
- Okiyama, M. 2014. An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan. Tokai Univ Press. Tokyo, Japan.
- Omar, H., M.A. Misman and V. Linggok. 2018. Characterizing and monitoring of mangroves in Malaysia using Landsat-based spatial-spectral variability. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 169. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/169/1/012037>.
- Park, P.H. 2000. Seasonal variations of larvae and juvenile occurring in the sandy beach adjacent to Mongsanpo, Taean Peninsula. Master thesis, Inha University, Korea, pp. 1-45.
- Pörtner, H. and A. Farrell. 2008. Physiology and climate change. Sci., 322: 690-692. <https://doi.org/10.1126/science.1163156>.
- Reid, G.K. and R.D. Wood. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. D. Van Nostrand Comp, New York, U.S.A., pp. 1-485.
- Romli, S., I. Illyani, A. MZainora and A. Abu Samah. 2021. Application of remote sensing in Mangroves at the surrounding of Sungai Selangor Estuary in Kuala Selangor. Built Environ. J., 18: 38-46. <https://doi.org/10.24191/bej.v18i2.13315>.
- Sarpédonti, V. and C.V. Ching. 2008. Abundance and distribution of *Stolephorus baganensis* Hardenberg 1933 and *Thryssa kammalensis* (Bleeker 1849) larvae in relation to ontogeny and environmental factors in a Malaysian estuary. Tropical Zool., 21: 195-208.
- Sarpédonti, V., D. Pondon and C.V. Ching. 2000. Description and ontogeny of young *Stolephorus baganensis* and *Thryssa kammalensis*, two Engraulididae from Peninsular Malaysia. J. Fish Biol., 56: 1460-1476. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2000.1273>.
- Song, H.B. and S.S. Choi. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces: Belontiidae) in aquarium. Korean J. Limnol., 33: 282-294.
- Sulistiono, S., F. Maulani, M. Brojo and C.P.H. Simanjuntak. 2010. Study on food habits of moustached thryssa (*Thryssa mystax*) at Ujung Pangkah Waters, East Java. J. Ilmu Dasar., 10: 187-196.
- Syafei, L.S., R.S. Siregar, M.F. Rahardjo and C.P.H. Simanjuntak. 2020. Diet composition and trophic niche similarities of engraulid fishes in Pabean bay, Indramayu, Indonesia. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 404: 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012056>.
- Uchida, K., S. Imai, S. Mito, S. Fujita, M. Ueno, Y. Shojima, T. Senta, M. Tahuku and Y. Dotu. 1958. Studies on the eggs, larvae and juvenile of Japanese fishes. Series I. Second Lab. Fish. Biol., Fish., Dep., Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, Japan.
- Wang, Y.T. and W.N. Tzeng. 1997a. A quick method to identify engraulid fish larvae in the Tanshui River Creek of Northern Taiwan. Acta Zool Taiwanica, 8: 103-119.
- Yang, H.J., K.H. Kim and J.D. Kum. 2001. The fish fauna and migration of the fishes in the fish way of the Nakdong River mouth dam. Korean J. Limnol., 34: 251-258.
- Youn, C.H. 2002. Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Book, Seoul, Korea, 150pp.
- Youn, C.H. and I.S. Kim. 1996. Taxonomic study of the family Engraulidae (Pisces : Clupeiformes) from Korea. Korean J. Ichthyol., 8: 33-46.
- Zaki, M.I. and A. Abdula. 1983. The reproduction and development of *Clarias gariepinus* (Clariidae) from Lake Manzala (Egypt). J. Ichthyol., 23: 48-58.
- Zhang, J., N. Zhang, Y. Li, J. Xiao, R. Zhang, T. Gao and L. Lin. 2019. Population genetic structure of *Thryssa kammalensis* in the Chinese Seas inferred from control region sequences. Mar. Biodivers., 49: 2621-2632. <https://doi.org/10.1007/s12526-019-00995-3>.