

한국 서해남부해역 칠산도에서 채집된 민어과(농어목, 어상강) 5종 자어의 형태기재 및 분자동정

장서하 · 김진구^{1*}

부경대학교 자원생물학과 학생, ¹부경대학교 자원생물학과 교수

Morphological description and molecular identification of larvae for 5 species of the family Sciaenidae (Perciformes, Pisces) collected from Chilsan Island, southwestern sea of Korea

Seo-Ha JANG and Jin-Koo KIM^{1*}

Student, Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea
¹Professor, Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

During the ichthyoplankton survey around the Chilsan Island (previously known as the biggest spawning ground of the Sciaenidae) in the southwestern sea of Korea from April to June in 2019 using ring nets, we collected a total of 12 individuals belonging to the family Sciaenidae. Using molecular methods, we identified five sciaenid species (*Collichthys lucidus*, *Collichthys niveatus*, *Johnius grypotus*, *Nibea albiflora*, and *Pennahia argentata*), and described and compared them on the basis of the preflexion larval stage. *C. lucidus* was well distinguished by the presence of occipital crests at preflexion stage. Although there were no occipital crests, preflexion larva of *C. niveatus* was distinguished by the absence of melanophore except for the upper part of the abdominal cavity. *J. grypotus* and *N. albiflora* were very similar morphologically, but were distinguished by myomere height (15.22-15.53% in *J. grypotus* vs. 11.66-12.78% in *N. albiflora*) in the percentage of notochord length, and eye diameter (32.58-33.37% in *J. grypotus* vs. 40.32-42.53% in *N. albiflora*) in the percentage of head length between specimens of similar size (*J. grypotus*: 3.22-3.23 mm, *N. albiflora*: 3.04-3.13 mm). *P. argentata* were distinguished by distribution of ventral caudal melanophore (one row of small spot in *P. argentata* vs. irregular patches on the central part of caudal in *J. grypotus* and *N. albiflora*). Comparative morphological studies using more diverse species must be conducted for more comprehensive understanding of the morphogenesis of Sciaenidae.

Running title: 민어과 5종 자어의 형태기재

Keywords: Morphological description, Molecular identification, Larvae, Sciaenidae, Korea

*Corresponding author: taengko@hanmail.net, Tel: +82-51-629-5927, Fax: +82-51-629-5931

서론

해양동물은 자신이 선호하는 산란장으로 되돌아가려는 습성을 가지며, 대표적으로 연어(*Oncorhynchus keta*) (Lee et al., 2007)나 뱀장어(*Anguilla japonica*) (Tsukamoto, 2006)가 모친 회귀 또는 모해 회귀하여 산란하고 죽는 것으로 알려져 있다. 또한 청어(*Clupea pallasii pallasii*) (Flostrand et al., 2009), 대서양대구(*Gadus morhua*) (Windle and Rose, 2005) 등도 산란을 위해 연안으로 이동하며, 강한 산란장 회귀 성향을 가지는 것으로 알려져 있다. 한편, 산란장에서 부화된 자어는 치어로 정착할 때까지 해류에 의해 수송될 가능성이 높는데, 플랑크톤이 많은 곳으로 수송되면 생존율이 높겠지만, 플랑크톤이 적은 곳으로 수송될 경우 생존율은 낮을 것이다.

부화자어는 첫 섭식 때 먹이생물로 동,식물 플랑크톤에 의존하며(Auth, 2008), 연안해역에서 자치어의 생존 및 분포는 연안역의 일차 또는 이차생산성과 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다(Park, 1999; Kwak et al., 2013). 따라서, 친어의 산란회유와 난자치어의 분산 경로를 구명하는 것은 수산자원의 가입 풍흉을 예측하는데 중요한 단서를 제공할 수 있다. 이를 위해 난자치어의 종분류는 필수적이다. 특히, 난자치어는 근연종간 형태가 유사하고 부화 후 성장하면서 급격한 형태변화를 보이기 때문에(Kendall et al., 1984) 오동정 되는 경우가 많아 발달단계별로 상세한 자료의 축적이 중요하다. 국내에서는 과거 Kim et al. (2011)이 자치어 118종의 형태 및 분자 정보를 보고한 바 있고, Ji et al. (2020)은 난자치어 203종의 형태 및 분자 정보를 보고하였다. 그럼에도 불구하고 국내에서 상업적으로 매우 중요한 민어과 어류를 대상으로 자치어 시기의 형태 동정에 관한 연구 보고는 아직 빈약한 실정이다.

민어과(Sciaenidae) 어류는 전세계적으로 66속 286종(Froese and Pauly, 2021), 일본에는 10속 17종(Yamada and Yagishita, 2013), 우리나라에는 8속 11종(MABIK, 2021)이 보고되어 있다. 우리나라에 서식하는 민어과 어류는 대부분 서·남해에 분포하며, 주요 수산자원으로 이용되어 상업적 가치가 높은 분류군이다(Kim et al., 2005; Kim et al., 2020). 민어과 어류는 월동 및 산란을 위해 회유를 하는 것으로 알려져 있다. 한 예로, 민어는 가을에 남하하여 제주도 주변에서 월동한 후, 봄부터 북상하여 여름철(7-9월)에 서해 연안

에서 산란하는 것으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2004). 또한, 참조기는 12월부터 이듬해 2월까지 제주도 주변에서 월동한 후, 3-4월부터 서해 연안으로 북상하여 산란한 후, 외해로 이동하여 10월 하순부터 남하하여 월동장에 이르는 것으로 알려져 있다(Zhang et al., 1992; Baik et al., 2004; Lee et al., 2013). 한국의 민어과 어류 어장은 대부분 서해 연안으로, 특히 전라남도 영광군 칠산도 주변 연안은 예로부터 부세, 참조기, 수조기 등의 어장 및 산란장으로 유명한 지역이었다(Park, 2012). 그러나, 최근 간척사업 등으로 연안 환경이 크게 변해 칠산도 주변 연안은 어획량이 많이 감소하여 산란 및 성육장 기능 여부가 의문시되고 있으며, 이에 대한 조사가 필요한 실정이다.

국내에서 민어과 어류를 대상으로 수행된 연구로는 생식생태(Kang et al., 1999; Kang et al., 2006; Lim et al., 2010; Lee et al., 2017), 식성(Koh et al., 2014), 어란 출현보고(Jang et al., 2020), 초기발생 및 자치어기 형태발달(Kim and Kim, 2002; Myoung et al., 2006), 치어의 형태비교(Lee and Kim, 2014), 자원평가(Lee et al., 2013; Jang et al., 2014), 집단유전(Kim et al., 2010; Kim et al., 2012) 등이 있지만 대부분 한 종 또는 두 종을 대상으로 수행된 연구이다. 민어과 어류의 자치어는 머리가 크고 두정부가 볼록한 점, 항문은 몸의 중앙보다 약간 앞에 위치하며 항문과 뒷지느러미 기저부가 떨어져 있는 점, 등지느러미 원기의 기저부에 비해 뒷지느러미 원기의 기저부 길이가 매우 짧은 점, 새개부 및 눈 주변에 발달된 극이 있는 점 등의 특징을 가지며, 일부 종은 주상악골의 선단부 또는 두정부에 극이 출현한다(Okiyama, 2014). 하지만, 종간 체형 및 체표의 흑색소포 분포가 유사하여 오동정의 가능성이 높으며, 특히 전기자어는 특징적인 형태정보가 적어 분류에 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 민어과 어류의 산란장으로 알려진 칠산도 연안에서 채집된 민어과(Sciaenidae) 어류 5종[황강달이(*Collichthys lucidus*), 눈강달이(*Collichthys niveatus*), 민태(*Johnius grypotus*), 수조기(*Nibea albiflora*), 보구치(*Pennahia argentata*)]의 전기자어를 분자 수준에서 검증하고, 출현 양상을 알아보며, 종간 면밀한 외부형태학적 비교를 통해 5종의 전기자어기 식별형질을 제공하고자 한다.

재료 및 방법

시료채집

전라남도 영광군 법성포 주변 해역은 개방형 연안역으로 수심이 10 m 내외의 천해로 이루어져 있으며(An et al., 2012), 최대 수심은 칠산도 남서쪽이 11 m이고 칠산도 안쪽 연안은 4-6 m 내외, 법성포 인근은 수심 2 m 내외로 매우 얇은 조하대로 이루어져 있다(Kim, 2002). 수심대에 따른 민어과 자어의 출현양상을 알아보기 위해 2019년 4월에서 6월까지 매월 1회 전라남도 영광군 법성포에서 칠산도에 이르는 해역까지 총 3개 정점을 선정하여 조사를 수행하였다(Table 1; Fig. 1). 상업어선(1.71톤)을 이용하여 조사를 수행하였으며 채집 시 ring net (망구 80 cm, 망목 330 μ m)의 망구에 유량계를 부착하여 2 knots 속도로 5분간 표층에서 1-2 m 수층

을 수평인망으로 채집하였다. 조사정점의 표층 수온 및 염분은 디지털 측정기(86021 AZ IP67 Combo PH/Conductivity/SALT/TDS/DO Meter, Taichung, Taiwan)를 이용하여 측정하였다. 채집된 시료들은 선상에서 94% 에틸알코올(EtOH)에 고정하여 실험실로 운반하였으며, 이후 세척 후 분류하였다. 분석이 끝난 표본들은 부경대학교 어류플랑크톤표본실(Pukyong National University, Ichthyoplankton Laboratory, PKUI)에 등록 및 보관하였다.

형태관찰

자어의 형태 관찰 및 부위별 명칭은 Kim et al. (2011), Okiyama (2014)를 참고하였다. 자어의 외부형태는 입체 해부현미경(SZH-16, Olympus, Japan)을 이용하여

Table 1. Sampling date, stations, depth, temperature, and salinity in the present study

Sampling date	No. of stations	Depth (m)	Latitude	Longitude	Temperature (°C)	Salinity (psu)
26 April 2019	St. 1	4.3	35° 20' 04.0" N	126° 17' 55.0" E	13.6	32.0
	St. 2	5.0	35° 21' 25.9" N	126° 20' 25.6" E	13.7	32.0
	St. 3	3.6	35° 23' 30.3" N	126° 20' 87.0" E	14.8	32.0
14 May 2019	St. 1	5.9	35° 19' 61.0" N	126° 17' 04.8" E	22.1	32.1
	St. 2	5.1	35° 21' 58.4" N	126° 21' 36.8" E	22.1	32.0
	St. 3	5.1	35° 35' 23.5" N	126° 23' 88.6" E	22.1	32.0
8 June 2019	St. 1	4.5	35° 19' 79.1" N	126° 17' 30.6" E	21.4	32.0
	St. 2	5.1	35° 21' 27.8" N	126° 20' 64.9" E	21.9	32.1
	St. 3	5.6	35° 23' 23.5" N	126° 23' 72.1" E	22.4	32.1

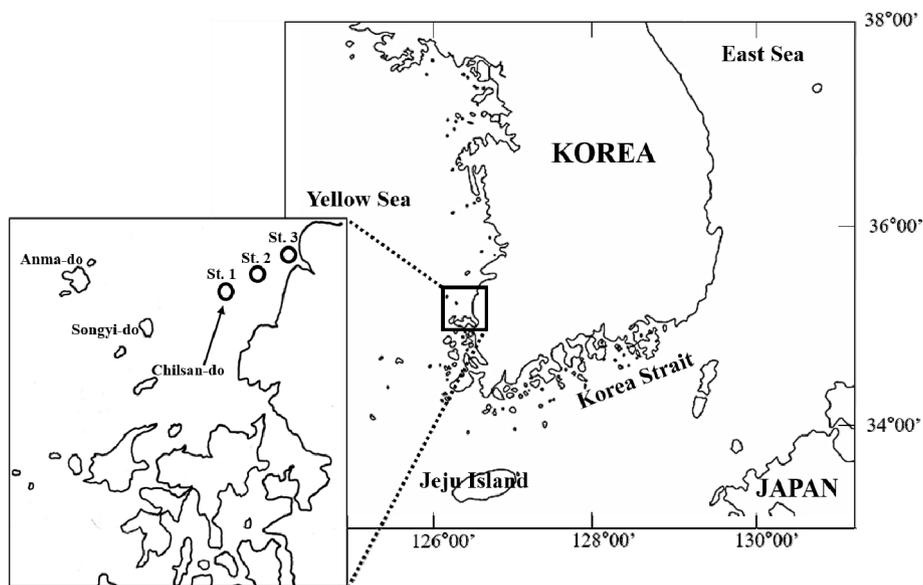


Fig. 1. Sampling locations in the coastal waters of Chilsan-do Island.

관찰하였으며, 척색장(notochord length, NL), 항문장(preanus length), 체고(body depth), 근절고(myomere height), 두고(head depth), 두장(head length), 문장(snout length), 안경(eye diameter), 상악장(upper jaw length), 하악장(lower jaw length)은 현미경용 사진촬영장치(Mosaic 2.0; Fuzhou Tucsen photonics, China)를 이용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 측정이 끝난 자어 표본은 종별 형태학적 특징을 상세히 묘사하기 위해 스케치하였다.

분자동정

채집된 자어는 오른쪽 눈알(eyeball)을 적출한 후 needle을 사용하여 잘게 부순 다음 Chelex® 100 Resin (Bio-Rad Lab. Inc., U.S.A)를 사용하여 제조업자의 방법에 따라 total DNA를 추출하였다. 추출한 genomic DNA는 중합효소반응(polymerase chain reaction; PCR) 실험 전까지 5°C의 냉장고에 보관하였다. Mitochondrial DNA 16S rRNA 영역은 16Sar-5' (5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3')와 16Sbr-3' (5'-CCG GTC TGA ACT CAG ATC AGG T-3') primer set (Palumbi et al., 1991)를 이용하여 증폭하였다.

중합효소반응(PCR)은 총 20 µL (total DNA 2 µL, 10X PCR buffer 2 µL, 2.5 mM dNTP 1.6 µL, 16Sar primer 1 µL, 16Sbr primer 1 µL, Takara Taq polymerase 0.1 µL, deionized water 12.3 µL)의 혼합물을 thermal cycler (Bio-rad MJ mini PCT-1148, USA)를 이용하여 다음과 같은 조건에서 수행하였다[Initial denaturation 95°C에서 1분; PCR reaction 34 cycles (denaturation 94°C에서 1분, annealing 58°C에서 1분, extension 72°C에서 1분); final extension 72°C에서 5분]. 16S rRNA 염기서열은 ABI 3730XL DNA Analyzer에서 ABI Prism BigDye Terminator v3.1 Ready Reaction Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Foster City, USA)를 이용하여 얻었다. Mt DNA 16S rRNA 염기서열의 정렬은 BioEdit v. 7 (Hall, 1999)의 CLUSTAL W (Thompson et al., 1994)를 이용하였다. 채집된 자어의 종동정은 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 database에 등록된 민어과 5종 [*Collichthys lucidus* (MF004346); *Collichthys niveatus* (MF004345); *Johnius grypotus* (KC491206, NC021130);

Nibea albiflora (MF004332); *Pennahia argentata* (AY336725)]의 유전자 정보와 염기서열 비교를 통해 실시하였다. 자어의 염기서열과 비교개체 염기서열 간의 유전거리(genetic distances)는 MEGA X (Kumar et al., 2018) 프로그램의 Kimura-2-parameter 모델(Kimura, 1980)로 계산하였으며, 계통도는 근린결합법(Neighbor-joining method) (Saitou and Nei, 1987)으로 작성하였다. Bootstrap은 1,000번 수행하였다. 외집단으로는 NCBI (National Center for Biotechnology Information)의 database에 등록된 도미과의 참돔(*Pagrus major*) 2개체 (JN688790, KY855471)를 이용하였다.

분석한 염기서열은 NCBI database에 등록하였다 (민태: MZ275264-MZ275270; 수조기: MZ275271-MZ275272; 보구치: MZ275273; 황강달이: MZ275274; 눈강달이: MZ275275).

결 과

해양환경 변화

조사해역의 표층 수온은 조사기간 동안 13.6-22.4°C의 범위를 보였고, 4월에는 표층수온 범위가 13.6-14.8°C인 반면, 5월과 6월은 수온이 크게 상승하여 21.4-22.4°C의 범위를 보였다(Table 1). 표층염분은 조사기간 동안 32.0-32.1 psu의 범위를 보여 거의 변동이 없었다. 조사해역의 수심은 3.6-5.9 m의 범위를 보였다.

분자동정

조사 결과, 민어과로 추정되는 전기자어 12개체가 채집되었으며 분자 수준에서 종을 검증하기 위해 mtDNA 16S rRNA 영역 염기서열 350 bp를 확보하여 민어과 성어의 염기서열과 비교하였다. 그 결과, 민어과 전기자어 12개체는 황강달이(*Collichthys lucidus*), 눈강달이(*Collichthys niveatus*), 민태(*Johnius grypotus*), 수조기(*Nibea albiflora*), 보구치(*Pennahia argentata*)의 염기서열과 종내 수준($d=0.000-0.006$)에서 잘 일치하였으며 종별 개체수는 민태 7개체, 수조기 2개체, 황강달이, 눈강달이, 보구치 각 1개체였다(Fig. 2). 중간 유전거리를 비교한 결과, 민태는 나머지 4종과 유전거리가 $d=0.181-0.227$ 로 가장 큰 값을 보였다. 황강달이와 눈강달이는 중간 유전거리가 $d=0.017$ 로 가장 가깝게 유집되었다.

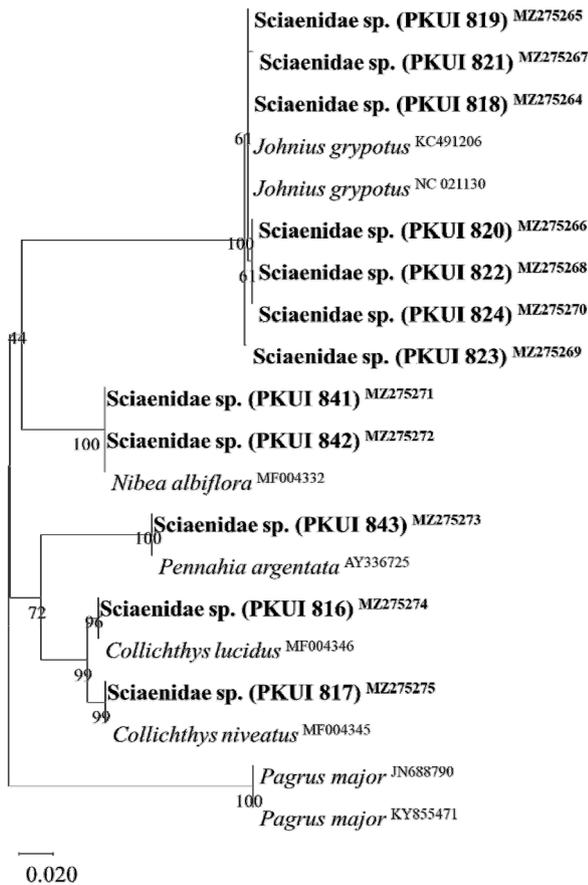


Fig. 2. Neighbour-joining tree based on mtDNA 16S rRNA sequences (350bp). The tree was constructed using the Kimura 2-parameter model and 1000 bootstrap replications. The bottom bar indicates a genetic distance of 0.02.

출현양상

민어과 5종의 전기자어는 2019년 6월에만 칠산도 부근의 St. 1과 육지에 인접한 St. 2와 St. 3에서 출현하였다. 민어과 자어가 채집된 6월은 표층수온이 평균 21.9 °C로 4월 평균수온 14.0°C에 비해 월등히 높았고, 5월 평균수온 22.1°C와는 비슷하였다. 채집된 민어과 전기자어는 정점별로 출현종 및 개체수에서 차이를 보였다. 칠산도와 인접한 St. 1에서는 황강달이, 눈강달이 각 1개체, 민태 5개체, 칠산도와 육지 사이의 St. 2에서는 수조기 2개체, 보구치 1개체, 육지와 근접한 St. 3에서는 민태 2개체가 출현하였다. 황강달이와 눈강달이는 칠산도와 가까운 정점에서, 수조기와 보구치는 칠산도와 육지 사이의 중간에서, 민태는 칠산도 및 육지와 근접한 두 곳에

서 출현하였다.

형태기재

1) 황강달이, *Collichthys lucidus* (Richardson, 1844) (Table 2; Fig. 3; Fig. 4A)

Sciaena lucida Richardson, 1844, no p., Pl. 44 (type locality: China Sea).

Collichthys lucidus: Trewavas, 1977: 400; Okamura in Masuda et al., 1984: 163; Yamada in Nakabo, 2002: 870; Lee and Kim, 2014: 79 (Yellow Sea, Korea).

조사표본: PKUI 816, 2019년 6월 8일, 전라남도 영광군 칠산도, St. 1

형태: 척색장 4.44 mm의 전기자어(PKUI 816)는 머리가 크고 몸통은 꼬리쪽으로 갈수록 급격하게 가늘어지는 형태였다. 항문전장은 척색장의 38.42%이었다(Table 2; Fig. 3). 두정부는 볼록하게 솟아있고, 1개의 뿔모양 골질돌기가 관찰되었다. 입은 위쪽을 향해 경사져 있으며 위턱의 앞끝은 눈의 아래가장자리와 비슷한 수평선상에 위치하였다. 위턱의 뒤끝은 눈의 동공을 약간 지난다. 양 턱에는 끝이 뾰족한 송곳니 모양의 이빨이 여러 개 관찰되었다. 눈의 위쪽에는 뾰족한 극이 2개 관찰되었다. 가슴지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 복강 앞부분의 배쪽과 가슴지느러미 기저부 위쪽에 작고 불규칙한 나뭇가지 모양으로 분포하였으며, 꼬리의 후반부 배쪽에 3개의 작은 점모양 흑색소포가 분포하였다(Fig. 4A).

비고: 황강달이 전기자어에 대한 연구는 이번이 처음이다. 본 연구에서 분석된 같은 속의 눈강달이 전기자어(척색장 5.03 mm)와 비교하면 더 작은 체장에서 두정부에 1개의 뿔모양 골질돌기가 출현한다는 점에서 구분되었다. 또한, 본종은 눈강달이에 비해 척색장에 대한 백분비에서 두고가 더 크고(황강달이: 31.15% vs. 눈강달이: 29.13%), 두장(황강달이: 22.17% vs. 눈강달이: 27.06%)과 항문장(황강달이: 38.42% vs. 눈강달이: 43.80%)은 더 작으며, 두장에 대한 백분비에서 문장(황강달이: 24.26% vs. 눈강달이: 27.35%)과 상악장(황강달이: 43.55% vs. 눈강달이: 44.34%)이 더 작고, 안경(황강달이: 31.27% vs. 눈강달이: 29.19%)과 하악장(황강달이: 43.55% vs. 눈강달이: 38.16%)이 더 큰 점에서 차이를 보였다(Table 2; Fig. 3). 황강달이와 눈강달이 치어의

형태비교 연구(Lee and Kim, 2014)에서, 황강달이 치어(체장 13.4-40.3 mm)는 두정부에 4-6개의 뿔모양 돌기수를 가진다고 보고되었다. 황강달이는 전기자어기부터 두정부 골질돌기가 형성되며, 성장함에 따라 돌기의 형태 및 갯수가 증가하다가 치어기 이후에 성어의 것과 비슷해지는 것으로 추정된다.

2) 눈강달이, *Collichthys niveatus* Jordan and Starks, 1906 (Table 2; Fig. 3; Fig. 4B)

Collichthys niveatus Jordan and Starks, 1906: 519 (type locality: Port Arthur, China); Trewavas, 1977: 402; Okamura in Masuda et al., 1984: 163; Yamada in Nakabo, 2002: 870; Lee and Kim, 2014: 79 (Yellow Sea, Korea).

조사표본: PKUI 817, 2019년 6월 8일, 전라남도 영광군 칠산도, St. 1

형태: 척색장 5.03 mm의 전기자어(PKUI 817)는 머리가 크고 몸통은 가늘고 긴 형태였다. 항문전장은 척색장의 43.80%이었다. 두정부는 볼록하게 솟아있고 골질돌기는 관찰되지 않았다. 입은 위쪽을 향해 경사져 있으며 위턱의 앞끝은 눈의 윗가장자리의 수평선상보다 더 위에 위치하였다. 위턱의 뒤끝은 눈의 동공보다 앞에 위치하였다. 양 턱에는 끝이 뾰족한 송곳니 모양의 이빨이 여러 개 관찰되었다. 눈의 위쪽에는 극이 관찰되지 않았다. 가슴지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 복강 위쪽에 작고 불규칙한 나뭇가지 모양으로 분포하였으며, 체표의 나머지 부위에는 흑색소포가 없었다(Fig. 4B).

비교: 눈강달이 전기자어에 대한 연구는 이번이 처음이다. 연구에서 분석된 같은 속의 황강달이 전기자어(척색장 4.44 mm)와 비교하면 더 큰 체장에서 두정부의 골질돌기가 출현하지 않고, 꼬리에 흑색소포가 없는 점에서 구분되었다. 민태, 수조기, 보구치와는 복강의 배쪽 및 꼬리에 흑색소포가 없는 점에서 잘 구분되었다. 또한, 본종은 황강달이에 비해 척색장에 대한 백분비에서 두도가 더 작고(눈강달이: 29.13% vs. 황강달이: 31.15%), 두장(눈강달이: 27.06% vs. 황강달이: 22.17%)과 항문장(눈강달이: 43.80% vs. 황강달이: 38.42%)은 더 크며, 두장에 대한 백분비에서 문장(눈강달이: 27.35% vs. 황강달이: 24.26%)과 상악장(눈강달이: 44.34% vs. 황강달이: 43.55%)이 더 크고, 안경(눈강달이: 29.19% vs. 황강달이: 31.27%)과 하

악장(눈강달이: 38.16% vs. 황강달이: 43.55%)이 더 작은 점에서 차이를 보였다(Table 2; Fig. 3). 황강달이와 눈강달이 치어의 형태비교 연구(Lee and Kim, 2014)에서, 눈강달이 치어(체장 12.9-47.6 mm)는 두정부에 2-7개의 뿔모양 돌기수를 가지며, 이 중 체장 41.0 mm, 47.6 mm의 최대 크기에서 성어와 유사하게 두정부에 2개의 뿔모양 돌기를 가지는 것으로 보고되었다. 눈강달이 성어의 두정부 뿔모양 돌기는 2개로, 눈강달이는 치어기로 성장함에 따라 돌기의 형태 및 갯수가 증가하고 치어기 이후에 성어의 것과 비슷해지는 것으로 추정된다.

3) 민태, *Johnius grypotus* (Richardson, 1846) (Table 2; Fig. 3; Figs. 5A, B)

Corvina grypota Richardson, 1846: 225 (type locality: Canton, China).

Johnius grypotus: Sasaki and Kailola, 1991: 122; Sasaki in Randall and Lim, 2000: 621; Yamada in Nakabo, 2002: 867; Chao et al., 2019: 268.

조사표본: PKUI 818-824, 2019년 6월 8일, 전라남도 영광군 칠산도, St. 1, 3

형태: 척색장 1.91 mm의 전기자어(PKUI 818)는 항문전장이 척색장의 39.39%이고, 눈이 매우 커서 안경이 두장의 56.75%이었다(Table 2; Fig. 3). 두정부가 볼록하게 솟아있고 복강이 크고 둥글며, 몸통은 꼬리 쪽으로 갈수록 가늘어지는 형태였다. 입은 작고 위턱의 뒤끝은 눈의 동공 앞가장자리를 지난다. 눈의 위쪽에는 극이 관찰되지 않았다. 가슴지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 후두부에 열은 나뭇가지 모양으로 분포하고, 새개부, 복강의 등쪽 및 배쪽을 따라 나뭇가지 또는 점모양으로 불규칙하게 분포하였다. 또한, 항문 뒤부터 꼬리의 배쪽을 따라 나뭇가지모양의 흑색소포가 진하게 열을 이루어 분포하고, 꼬리의 등쪽 중앙부에 나뭇가지모양 흑색소포군이 분포하였다. 꼬리의 말단부에는 흑색소포가 분포하지 않았다(Fig. 5A).

척색장 3.23 mm의 전기자어(PKUI 824)는 척색장 1.91 mm의 개체보다 머리가 크며 두고는 척색장의 32.45%이었다. 또한, 항문전장이 척색장의 41.26%로 척색장 1.91 mm 개체보다 약간 증가하였다. 두정부가 볼록하게 솟아있고 몸통은 꼬리 쪽으로 갈수록 가늘어지는 형태였다. 입은 위를 향해 약간 경사져 있으며 위턱

의 앞끝은 눈의 중앙부 수평선상에 위치하며, 위턱의 뒤끝은 눈의 동공을 지난다. 양 턱에는 끝이 뾰족한 송곳니 모양의 이빨이 여러 개 관찰되었다. 눈의 위쪽에는 극이 관찰되지 않았다. 가슴지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 새개부, 복강의 등쪽 및 배쪽, 항문 주변을 따라 불규칙한 나뭇가지모양으로 분포하였다. 또한, 꼬리의 배쪽 전반부에 1개의 작은 나뭇가지모양 흑색소포군, 꼬리의 배쪽 중반부에 띠모양의 흑색소포군이 분포하고 그 주변에 작은 점모양 흑색소포가 분포하였다. 후두부에는 열은 색의 나뭇가지모양 흑색소포군이 분포하였다. 꼬리의 등쪽에는 흑색소포가 분포하지 않았다(Fig. 5B).

비고: 민태 전기자어에 대한 연구는 이번이 처음이다. 분자분석으로 동정한 민태 전기자어의 등쪽 및 배쪽의 흑색소포 분포는 개체별로 다소 변이가 있었다. 7개체 모두 후두부에 점 또는 나뭇가지 모양의 흑색소포가 분포하였으나 크기와 형태에서는 차이를 보였다. 척색장 1.91 mm의 가장 작은 개체는 꼬리 배쪽에 흑색소포가 진하게 열을 이루나, 더 큰 개체들은 꼬리 배쪽 중앙부에 띠모양의 큰 흑색소포군이 있고 주변에 작은 흑색소포들이 분포하였다. 하지만, 꼬리 배쪽 흑색소포의 크기와 갯수는 개체별로 차이를 보였다. 아래턱 뒤끝 및 꼬리 등쪽 중앙부의 흑색소포는 일부 개체에서 출현하지 않았다. 본종은 수조기 및 보구치 전기자어와 비교하면 후두부, 복강의 배쪽, 꼬리 배쪽에 흑색소포가 분포하는

점에서 매우 유사하였다. 하지만, 비슷한 척색장을 가진 민태, 수조기 각 2개체의(민태: 3.22-3.23 mm, 수조기: 3.04-3.13 mm) 계측값을 비교한 결과, 민태는 척색장에 대한 백분비에서 체고(민태: 30.88-33.34% vs. 수조기: 34.53-37.83%)와 항문전장(민태: 41.26-42.62% vs. 수조기: 43.69-44.61%)에서 더 작은 값을 보였고 근절고(민태: 15.22-15.53% vs. 수조기: 11.66-12.78%)에서는 더 큰 값을 보였다. 또한, 두장에 대한 백분비에서 민태는 안경(민태: 32.58-33.37% vs. 수조기: 40.32-42.53%)에서 더 작은 값을 보였고 하악장(민태: 41.90% vs. 수조기: 38.04-39.51%)에서는 더 큰 값을 보였다. 흑색소포의 경우, 보구치 전기자어(척색장 2.49 mm)는 꼬리의 배쪽에서 항문 뒤부터 작은 점모양 흑색소포가 조밀하게 일렬로 분포하는 반면, 민태는 꼬리 배쪽을 따라 나뭇가지모양 흑색소포가 밀집되어 일렬로 분포하거나(척색장 1.91 mm), 꼬리의 배쪽 중앙부에 나뭇가지모양의 큰 흑색소포군이 분포하는(척색장 2.51-3.23 mm) 점에서 구분되었다.

4) 수조기, *Nibea albiflora* (Richardson, 1846) (Table 2; Fig. 3; Fig. 5C)

Corvina albiflora Richardson, 1846: 226 (Type locality: Canton, China).

Nibea albiflora: Trewavas, 1977: 383; Okamura in Masuda et al., 1984: 162; Yamada in Nakabo, 2002: 868; Okiyama, 2014: 882 (Japan).

Table 2. Comparison of proportional measurements among twelve preflexion larval specimens of Sciaenidae from Chilsan-do Island

Species	<i>Collichthys lucidus</i>		<i>Collichthys niveatus</i>				<i>Johnius grypotus</i>				<i>Nibea albiflora</i>		<i>Pennahia argentata</i>
	PKUI 816	PKUI 817	PKUI 818	PKUI 819	PKUI 820	PKUI 821	PKUI 822	PKUI 823	PKUI 824	PKUI 841	PKUI 842	PKUI 843	
Registration number	816	817	818	819	820	821	822	823	824	841	842	843	
Notochord length (mm)	4.44	5.03	1.91	2.83	2.51	3.22	2.53	2.70	3.23	3.04	3.13	2.49	
In % of notochord length													
Head length	22.17	27.06	24.46	27.68	29.67	31.75	29.74	28.99	34.18	32.52	30.57	31.61	
Head depth	31.15	29.13	28.08	29.77	31.26	32.65	31.28	31.62	32.45	32.19	31.27	28.59	
Preanal length	38.42	43.80	39.39	38.69	39.23	42.62	40.93	40.50	41.26	44.61	43.69	45.42	
Body depth	29.48	28.78	32.63	30.09	29.55	30.88	28.83	31.18	33.34	37.83	34.53	29.44	
Myomere height	11.28	11.72	12.94	14.30	12.00	15.53	12.26	14.42	15.22	11.66	12.78	11.12	
In % of head length													
Snout length	24.26	27.35	23.55	18.67	22.18	20.94	22.07	21.56	22.35	22.59	23.20	20.97	
Eye diameter	31.27	29.19	56.75	42.07	39.38	33.37	40.16	40.31	32.58	40.32	42.53	48.03	
Upper jaw length	43.55	44.34	41.76	49.62	48.12	46.28	47.07	46.17	46.97	39.72	41.59	42.44	
Lower jaw length	43.35	38.16	38.33	42.84	42.07	Broken	41.89	40.82	41.90	39.51	38.04	39.90	

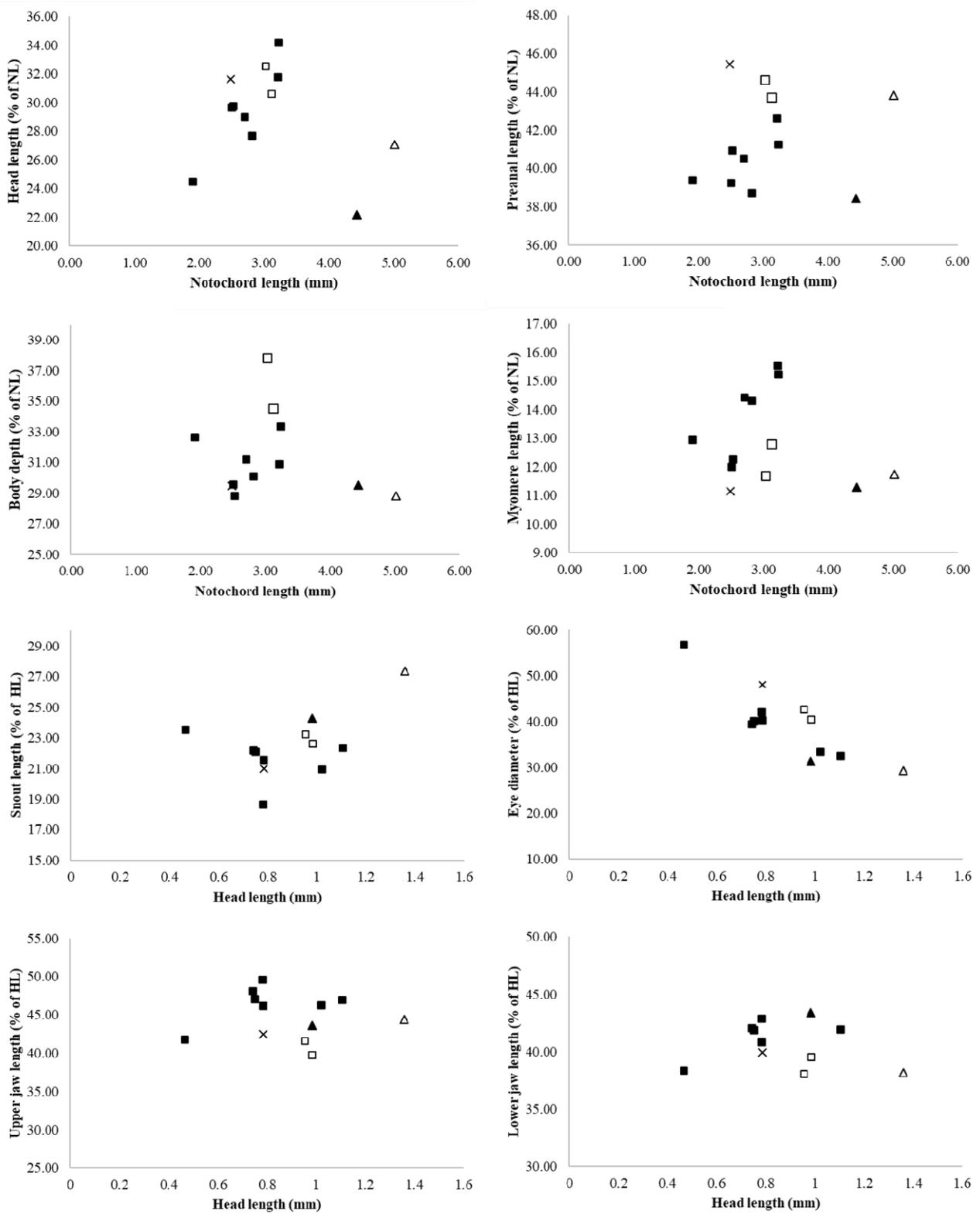


Fig. 3. Body proportions in larvae of five sciaenid species collected from Chilsan-do Island. ▲, *Collichthys lucidus*; △, *Collichthys niveatus*; ■, *Johnius grypotus*; □, *Nibea albiflora*; ×, *Pennahia argentata*.

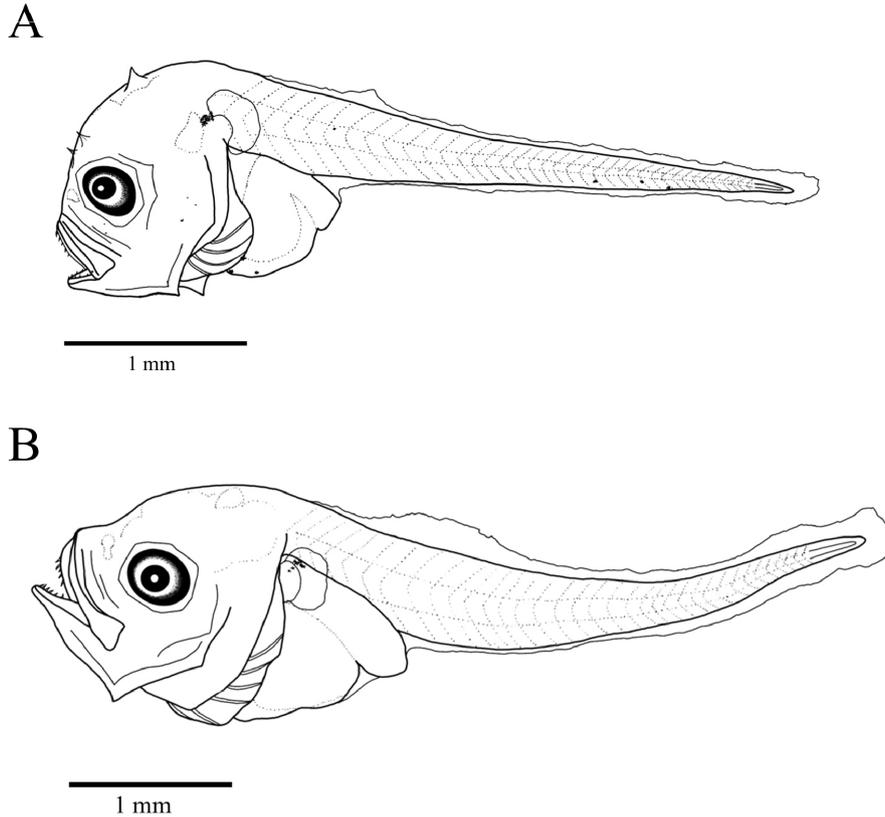


Fig. 4. Preflexion larvae of (A) *Collichthys lucidus* (4.44 mm NL; PKUI 816) and (B) *Collichthys niveatus* (5.03 mm NL; PKUI 817) collected from Chilsan-do Island. Scale bars= 1 mm.

조사표본: PKUI 841-842, 2019년 6월 8일, 전라남도 영광군 칠산도, St. 2

형태: 척색장 3.04 mm의 전기자어(PKUI 841)는 머리와 눈이 크며 두고는 척색장의 32.45%, 안경은 두장의 40.32%이었다. 항문전장은 척색장의 44.61%이었다. 두정부가 볼록하게 솟아있고 몸통은 꼬리 쪽으로 갈수록 가늘어지는 형태였다. 입은 위를 향해 경사져 있으며 위턱의 앞가장자리는 눈의 윗가장자리와 비슷한 수평선상에 위치하였다. 위턱의 뒤끝은 눈의 중앙에 달하였다. 양 턱에는 끝이 뾰족한 송곳니 모양의 이빨이 여러 개 관찰되었다. 눈의 위쪽에는 극이 관찰되지 않았다. 가슴 지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 후두부에 작은 점모양으로 1개 분포하였으며 뺨, 새개부, 복강의 등쪽, 복강의 전반부 배쪽에 작은 나뭇가지모양 흑색소포가 분포하였다. 또한, 꼬리의 배쪽 중앙부에 나뭇가지모양 흑색소포군이 1개 분포하고,

이 흑색소포군의 앞뒤로 작은 점모양 흑색소포가 드문 드문 분포하였다. 꼬리의 등쪽에는 흑색소포가 없었다.

비교: Okiyama (2014)의 수조기 전기자어는 후두부에 흑색소포를 가지는 점에서 본 연구의 전기자어와 유사하지만 아래턱 뒤끝 및 복강의 앞쪽, 등쪽, 배쪽을 따라 진한 흑색소포군이 여러 개 분포하고, 꼬리의 배쪽을 따라 흑색소포가 열을 이루는 점에서 차이를 보였다. 본 종은 비슷한 크기의 민태 전기자어와 후두부, 복강의 배쪽, 꼬리 배쪽에 흑색소포가 분포하는 점에서 매우 유사하다. 하지만 비슷한 척색장을 가진 민태, 수조기 각 2개체(민태: 3.22-3.23 mm, 수조기: 3.04-3.13 mm)의 계측값을 비교한 결과, 수조기는 척색장에 대한 백분비에서 체고(수조기: 34.53-37.83% vs. 민태: 30.88-33.34%), 항문전장(수조기: 43.69-44.61% vs. 민태: 41.26-42.62%)에서 더 큰 값을 보였으며, 근절고(민태: 15.22-15.53% vs. 수조기: 11.66-12.78%)에서는 더 작은 값을 보였다.

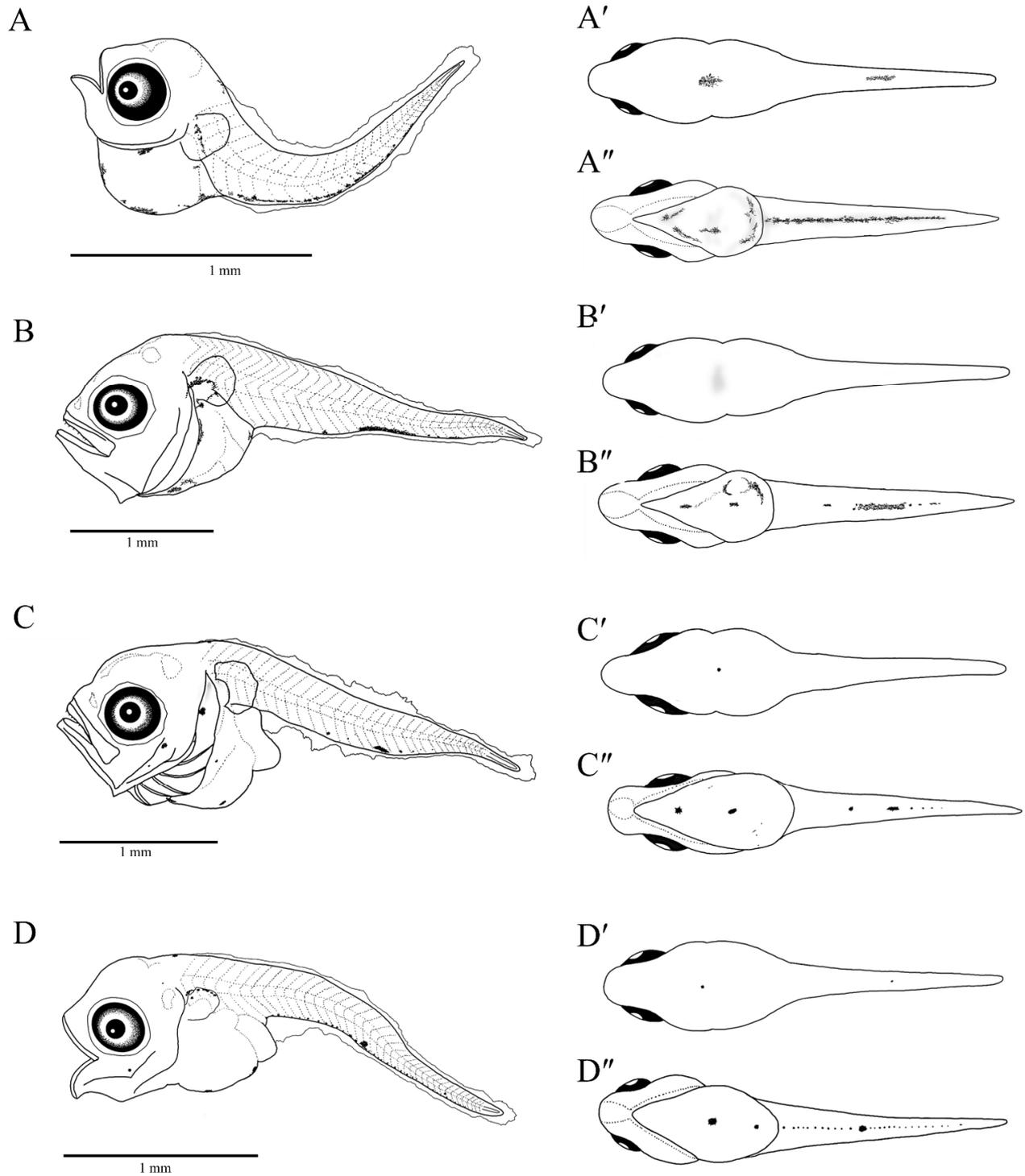


Fig. 5. Preflexion larvae of *Johnius grypotus*, *Nibea albiflora*, and *Pennahia argentata* collected from Chilsan-do Island. A: *J. grypotus*, 1.91 mm NL (PKUI 818), dorsal view (A'), ventral view (A''); B: *J. grypotus*, 3.23 mm NL (PKUI 824), dorsal view (B'), ventral view (B''); C: *N. albiflora*, 3.04 mm NL (PKUI 841), dorsal view (C'), ventral view (C''); D: *P. argentata*, 2.49 mm NL (PKUI 843), dorsal view (D'), ventral view (D''). Scale bars= 1 mm.

또한, 두장에 대한 백분비에서 수조기는 안경(수조기: 40.32-42.53 vs. 민태: 32.58-33.37%)에서 더 큰 값을 보였으며, 하악장(수조기: 38.04-39.51% vs. 민태: 41.90%)에서는 더 작은 값을 보였다. 본 연구에서 채집된 수조기 2개체 중, 척색장 3.13 mm의 개체는 복강의 배쪽에 흑색소포군이 1개만 출현하여 차이를 보였다.

5) 보구치, *Pennahia argentata* (Houttuyn, 1782) (Table 2; Fig. 3; Fig. 5D)

Sparus argentatus Houttuyn, 1782: 319 (Type locality: Nagasaki, Japan).

Argyrosomus argentatus: Okamura in Masuda et al. 1984: 162; Shimizu 2001: 31.

Pennahia argentata: Trewavas, 1977: 318; Yamada and Yamada, 1999: 97; Yamada in Nakabo, 2002: 869; Kim and Kim, 2002: 290 (Wando, Korea); Shinohara et al., 2005: 435.

조사표본: PKUI 843, 2019년 6월 8일, 전라남도 영광군 칠산도, St. 2

형태: 척색장 2.49 mm의 전기자어(PKUI 843)는 머리와 눈이 크며 두고는 척색장의 28.59%, 안경은 두장의 48.03%이었다. 항문전장은 척색장의 45.42%이었다. 두정부가 볼록하게 솟아있고 몸통은 꼬리 쪽으로 갈수록 가늘어지는 형태였다. 입은 위를 향해 경사져 있으며 위턱의 앞가장자리는 눈의 윗가장자리와 비슷한 수평선상에 위치하였다. 위턱의 뒤끝은 눈의 중앙보다 약간 앞에 위치하였다. 눈의 위쪽에는 극이 관찰되지 않았다. 가슴지느러미를 포함하여 각 지느러미는 모두 막 형태였다. 흑색소포는 후두부에 작은 점모양으로 1개 분포하였으며 눈 아래, 복강의 등쪽에 작은 점모양 흑색소포가 분포하였으며 복강의 배쪽에는 나뭇가지모양 흑색소포가 2개 분포하였다. 또한, 꼬리의 배쪽 가장자리를 따라 작은 점모양 흑색소포가 촘촘하게 열을 이루고, 꼬리의 배쪽 중앙부에는 나뭇가지모양 흑색소포군이 1개 분포하였다.

비고: 보구치의 전기자어는 Okiyama (2014)와 비교하였을 때 아래턱 뒤끝에 흑색소포가 분포하고, 복강의 등쪽 및 배쪽에 점모양 흑색소포가 분포하며, 항문 뒤부터 꼬리의 배쪽을 따라 흑색소포가 열을 이루는 점에서 유사하였다. 하지만, 본 연구에서 채집된 개체는 꼬리의 배쪽 중앙부에 1개의 흑색소포군이 출현하는 점에서

Okiyama (2014)와 다소 차이를 보였다. 한편, 완도연안에서 낭장망으로 채집된 보구치 자치어의 형태발달(Kim and Kim, 2002)과 비교하면, 체장 6.4 mm의 보구치 후기자어는 머리에 흑색소포가 없고 복강과 뒷지느러미 기저부에 별모양 흑색소포가 분포하는 점에서 본 연구의 보구치 전기자어와 차이를 보이는데 이는 성장함에 따라 복강 및 꼬리 배쪽의 흑색소포 분포 및 형태가 변화하는 것으로 사료된다. 본 종은 민태와 수조기 전기자어와 후두부, 복강, 꼬리의 배쪽에 흑색소포가 분포하는 점에서 유사하나, 본 종의 꼬리 배쪽 흑색소포는 작은 점모양으로 조밀하게 일렬로 분포하는 점에서 구분된다. 또한, 비슷한 크기의 민태 전기자어보다 척색장에 대한 항문전장비가 더 큰 점에서도 구분된다.

고찰

본 연구는 2019년 6월 8일에 칠산도 연안에서 채집된 민어과 자어를 대상으로 분석하였다. 조사결과 총 5종(황강달이, 눈강달이, 민태, 수조기, 보구치)의 전기자어가 출현하였으며 이는 성어의 분포해역(Kim et al., 2020)과 일치하는 경향을 보였다. 민어과 5종의 산란기는 황강달이 5-6월(Masuda et al., 1984), 눈강달이 6-7월(Kim et al., 2004), 민태 5-7월(Song, 1988), 수조기 5-8월(Kakuda and Nakai, 1981), 보구치 5-9월(Kang et al., 1999) 및 5-7월(Jeon et al., 2020)로 보고된 바 있다. 하지만 본 조사에서 4월과 5월에는 민어과 자어가 출현하지 않았고, 6월 초에만 칠산도 주변 및 내측에서 5종의 자어가 출현하여 기준에 알려진 산란기와 약간 차이를 보였다. 본 조사에서 자어가 채집된 6월 초의 표층수온 범위는 21.4-22.4°C, 표층염분 범위는 32.0-32.1 psu였으며, 채집 시의 수심은 4.5-5.6 m로 매우 얇았다(Table 1). 일본 Ariake 주변 해역에서 수조기는 부화 4일 후 전장 약 3 mm의 자어로 성장하고, 주 산란기간 동안 수온은 19-23°C의 범위라고 보고된 바 있다(Takita, 1974). 또한, 영광군 칠산도 연안에서 동일시기 및 방법으로 수행된 어란 채집조사에서 6월 초에 눈강달이의 어란이 출현하는 것으로 보고된 바 있다(Jang et al., 2020). 따라서, 눈강달이는 6월 초 전후로 칠산도 주변 해역에서 산란을 할 것으로 추정되며, 전기자어가 출현한 나머지 종들도 외해에서 수심이 얇은 칠산도 연안으로 들어와 산란을 할 가능성이 높을 것으로 추정된다.

흥미롭게도, 본 조사에서 민태 자어는 육지에 가장 근접한 정점에서 출현하는 경향을 보였다. 5종의 산란 및 자어 출현시기를 명확히 파악하고, 중간 출현양상을 비교하기 위해서 향후 좀 더 세밀한 조사를 통한 추가 연구가 필요하다.

본 연구에서 분석한 민어과 5종의 전기자어에 대하여 종별 외부형태를 비교하여 전기자어의 식별형질을 알아보았다. 먼저, 황강달이는 두정부에 1개의 뿔모양 골질돌기가 출현하고 눈 위에 극이 발달한 점, 이빨이 발달한 점, 흑색소포가 새개부, 복강 및 꼬리의 후반부에 미약한 점모양으로 분포하는 점에서 나머지 4종과 잘 구분되었다. 눈강달이는 후두부에 골질돌기는 없었지만 이빨이 발달한 점, 흑색소포가 복강 위쪽에만 미약하게 분포하는 점에서 황강달이와 구분되었다. 수조기는 비슷한 크기의 민태 전기자어와 매우 비슷하나 체고가 다소 크고 근절고는 작은 점, 두장에 대한 백분비에서 안경이 다소 크고 하악장이 작은 점에서 민태와 구분되었다. 보구치는 후두부, 복강의 배쪽 및 꼬리의 배쪽에 흑색소포가 있는 점에서 민태, 수조기와 비슷하나, 꼬리의 배쪽 흑색소포가 항문 뒤부터 작은 점모양으로 조밀하게 열을 이루는 점에서 구분되며, 척색장 1.91 mm의 민태 전기자어는 꼬리 배쪽 흑색소포가 불규칙한 나뭇가지 모양으로 열을 이루는 점에서 구분되었다. 5종의 추가적인 자치어 기 형태 식별형질을 찾기 위해서 추후 우리나라 주변 해역에 출현하는 민어과 자어를 대상으로 발달단계별 다양한 시료를 대상으로 면밀한 형태비교가 필요하다.

민어과(Sciaenidae) 전기자어 분류키

- 1a. 두정부에 뿔모양 골질돌기가 있다. 눈 위에 극이 발달하였다 **황강달이**
- 1b. 두정부에 뿔모양 골질돌기가 없다 **2**
- 2a. 꼬리의 배쪽에 흑색소포가 없다. 흑색소포가 복강 위쪽에만 미약하게 분포한다 **눈강달이**
- 2b. 꼬리의 배쪽에 흑색소포가 있다..... **3**
- 3a. 꼬리의 배쪽 흑색소포가 항문 뒤부터 작은 점모양으로 조밀하게 열을 이룬다 **보구치**
- 3b. 꼬리의 배쪽 흑색소포가 나뭇가지 모양으로 열을 이루거나, 중반부에 흑색소포군으로 분포한다 **4**
- 4a. 꼬리의 배쪽 흑색소포가 나뭇가지모양으로 항문 뒤부터 열을 이루거나(1.91 mm NL), 중반부에 긴 띠모

양으로 분포한다(< 2 mm NL). 척색장에 대한 백분비에서 체고가 30.88-33.34%, 근절고가15.22-15.53%이다(3.22-3.23 mm NL). 두장에 대한 백분비에서 안경이 두장의 32.58-33.37%, 하악장이 41.90%이다(3.22-3.23 mm NL) **민태**

4b. 꼬리의 배쪽 중반부에 나뭇가지모양 흑색소포군이 작은 타원형으로 분포한다. 척색장에 대한 백분비에서 체고가 34.53-37.83%, 근절고가 11.66-12.78%이다(3.04-3.13 mm NL). 두장에 대한 백분비에서 안경이 두장의 40.32-42.53%, 하악장이 38.04-39.51%이다(3.04-3.13 mm NL) **수조기**

결론

과거 민어과 어류의 최대 산란장으로 알려진 우리나라 서남부 칠산도 주변 해역에서 2019년 4월부터 6월까지 ring net를 이용한 자치어 조사 결과, 총 12개체의 민어과(Sciaenidae) 자어가 채집되었다. 분자분석 결과 5종의 민어과 어류[황강달이(*Colichthys lucidus*), 눈강달이(*Colichthys nivatus*), 민태(*Johnius grypotus*), 수조기(*Nibea albiflora*), 보구치(*Pennahia argentata*)]로 동정되었으며 전기자어를 대상으로 기재 및 비교하였다. 황강달이는 전기자어기에 두정부의 골질돌기가 있는 점에서 잘 구분되었다. 눈강달이는 두정부 골질돌기는 없지만, 복강의 위쪽을 제외하고는 체표에 흑색소포가 없는 점에서 구분되었다. 민태와 수조기는 형태적으로 매우 유사하나, 유사한 크기의 개체들 간(민태: 3.22-3.23 mm, 수조기: 3.04-3.13 mm) 척색장에 대한 근절고비(민태: 15.22-15.53% vs. 수조기: 11.66-12.78%) 및 두장에 대한 안경비(민태: 32.58-33.37 vs. 수조기: 40.32-42.53%)에서 잘 구분되었다. 보구치는 꼬리 배쪽의 흑색소포 형태 및 분포(보구치: 작은 점모양의 흑색소포가 일렬로 분포 vs. 민태, 수조기: 불규칙한 형태의 흑색소포군이 분포)에서 민태 및 수조기와 잘 구분되었다. 민어과 어류의 형태발생에 대한 보다 포괄적인 이해를 위해 더 다양한 종을 대상으로 면밀한 비교형태 연구가 수행되어야 한다.

사사

이 논문은 2021년 국립해양생물자원관(2021M01100)의 재원으로 수행된 연구입니다. 논문을 세심하게 검토

해주신 심사위원께 감사드립니다.

References

- An YK, Choi SM, Choi SD and Yoon HS. 2012. A characteristics of biological resources of *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) around the Chilsan Inland Younggwang, Korea. J Korean Soc Mar Environ Saf 18, 115-122. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2012.18.2.115>.
- Auth TD. 2008. Distribution and community structure of ichthyoplankton from the northern and central California Current in May 2004-06. Fish Oceanogr 17, 316-331.
- Baik CI, Cho KD, Lee CI and Choi KH. 2004. Oceanographic conditions of fishing ground of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean Waters. Korean J Fish Aquat Sic 37, 232-248. <https://doi.org/10.5657/fas.2004.37.3.232>.
- Chao NL, Chang CW, Chen MH, Guo CC, Lin BA, Liou YY, Shen KN and Liu M. 2019. *Johnius taiwanensis*, a new species of Sciaenidae from the Taiwan Strait, with a key to *Johnius* species from Chinese waters. Zootaxa 4651, 259-270. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4651.2.3>.
- Flostrand LA, Schweigert JF, Daniel KS and Cleary JS. 2009. Measuring and modelling Pacific herring spawning-site fidelity and dispersal using tag-recovery dispersal curves. ICES J Mar Sci 66, 1754-1761. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp151>.
- Froese R. and D. Pauly. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. Retrieved from <https://www.fishbase.org>. Accessed 25 Mar 2021.
- Hall TA. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/ NT. Nucleic Acids Symp 41, 95-98.
- Houttuyn M. 1782. Beschryving van eenige Japanese visschen, en andere zee-schepzelen. Verh Holl Maatsch Wet Haarlem 20, 311-350.
- Jang CI, Lee EJ and Kang HJ. 2014. Management of small yellow croaker stock in Korean waters based on production value-per-recruit analysis. J Kor Soc Fish Technol 50, 467-475. <https://doi.org/10.3796/KSFT.014.50.4.467>.
- Jang SH, Kim JK and Ryu JH. 2020. First report on the occurrence of eggs of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* from Chilsan-do Island, Jeollanam-do, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 53, 650-655. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0650>.
- Jeon BS, Choi JH, Im YJ, Lee HW and Kim JW. 2020. Maturity and spawning of white croaker *Pennahia argentatus* in the southern Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 53, 36-42. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0036>.
- Ji HS, Yoo HJ, Kim JK, Kim DN, Kim ST, Kim JN, Kim HJ, Moon SY, Shin DH, Oh TY, Yoo JT, Yoon EA, Lee SK, Lee HW, Lee HB, Im YJ, Jeong JM, Choi JH and Hwang KS. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. National Institute of Fisheries Science, Tongyeong, Korea, 258-269
- Jordan DS and Starks EC. 1906. Notes on a collection of fishes from Port Arthur, Manchuria, obtained by James Francis Abbott. Proc U S Natl Mus 31, 515-526.
- Kakuda S and Nakai K. 1981. On the maturity and spawning of *Nibea albiflora*. Bull Japan Soc Sci Fish 47, 17-25. <https://doi.org/10.2331/suisan.47.17>.
- Kang DY, Jo KC, Lee JH, Kang HW, Kim HC and Kim GH. 2006. Annual reproductive cycle of wild female yellow croaker, *Larimichthys polyactis*. J Aquaculture 19, 188-196.
- Kang YJ, Kwon DH and Zhang CI. 1999. A Population ecological study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* HOUTTUYN in Korean waters 3. Maturation and Spawning. J Kor Fish Soc 2, 61-67.
- Kendall AW, Ahlstrom EH and Moser HG. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: Ontogeny and Systematics of Fishes. Moser HG and Richards WJ, eds. Allen Press INC., Lawrence, U.S.A., 11-22.
- Kim DH. 2002. Late quaternary seismic stratigraphy in the subtidal area off Yeongkwang, Korea. Master Thesis, Cheju National University, Korea, 139.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul, Korea, 1-615.
- Kim JK and Kim UK. 2002. Morphological development of the four fish larvae and juveniles collected in coastal waters off Wando, Korea. Korean J Ichthyol 14, 289-295.
- Kim JK, Kim YH, Kim MJ and Park JY. 2010. Genetic diversity, relationships and demographic history of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* (Pisces: Sciaenidae) from Korea and China inferred from mitochondrial control region sequence data. Anim Cells

- Syst 14, 45-51. <https://doi.org/10.1080/19768351003764973>.
- Kim JK, Kwun HJ, Ji HS, Park JH, Myoung SH, Song YS, Bae SE and Lee WJ. 2020. A Guide Book to Marine Fishes in Korea. Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion, and Pukyong National University, Busan, Korea, 136-137.
- Kim JK, Min GS, Yoon M, Kim Y, Choi JH, Oh TY and Ni Y. 2012. Genetic structure of *Larimichthys polyactis* (Pisces: Sciaenidae) in the Yellow and East China Seas inferred from microsatellite and mitochondrial DNA analyses. Anim Cells Syst 16, 313-320. <https://doi.org/10.1080/19768354.2011.652668>.
- Kim JK, Ryu JH, kim S, Lee DW, Choi KH, Oh TY, Hwang KS, Choi JH, Kim JN, Kwun HJ, Ji HS and Oh JN. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangul, Busan, Korea, 1-265.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. Hanguel, Busan, Korea, 1-333.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J Mol Evol 16, 111-120. <https://doi.org/10.1007/BF01731581>.
- Koh EH, An YS, Baeck GW and Jang CS. 2014. Feeding habits of white croaker, *Pennahia argentata* in the coastal waters off Sejon island, Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 50, 139-146. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.2.139>.
- Kumar S, Stecher G, Li M., Knyaz C and Tamura K. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol Biol Evol 35, 1547-1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>.
- Kwak SN, Huh SH and Kim HW. 2013. Temporal and spatial variations and species composition of Ichthyoplanktons in a Sea Area, with the construction of artificial upwelling structure. Korean Soc Mar Environ Saf 19, 309-314. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2013.19.4.309>.
- Lee HS, Seong KB and Lee CH. 2007. History and status of the chum salmon enhancement program in Korea. The Sea 12, 73-80.
- Lee JH, Seo YI, Oh TY and Lee DW. 2013. Estimations on population ecological characteristics of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* by the drift gillnet fishery in Korean waters. J Kor Soc Fish Tech 49, 440-448. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.440>.
- Lee SH, Chung SD, Kim YH and Yoo JT. 2017. Maturity and spawning of brown croaker *Miichthys miiuy* in the South-western Water of Korea. Korean J Ichthyol 29, 109-116.
- Lee SJ and Kim JK. 2014. Molecular identification and morphological comparison of juveniles of two *Collichthys* species (Pisces: Sciaenidae) from the Yellow Sea. Korean J Fish Aquat Sci 47, 79-83. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0079>.
- Lim HK, Le MH, An CM, Kim SY, Park MS and Chang YJ. 2010. Reproductive cycle of yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southern waters off Korea. Fish Sci 76, 971-980. <https://doi.org/10.1007/s12562-010-0288-5>.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2021. National List of Marine Species. Namu Press, Seocheon, Korea, 44-45.
- Masuda HK, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ Press, Japan, 437, 370pls.
- Myoung JG, Kim YU, Park YJ, Kim PK, Kim JM and Huh HT. 2006. Embryonic development, larvae and juveniles of the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) reared in aquarium. J Kor Fish Soc 37, 478-484. <https://doi.org/10.5657/kfas.2004.37.6.478>.
- Okamura O. 1984. Sciaenidae. In: The Fishes of the Japanese Archipelago. Masuda H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T, Yoshino T, eds. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 161-163.
- Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 879-885.
- Palumbi SR, Martin A, Romano S, Mc Milan WO, Stice L and Grabowski G. 1991. The Simple Fool's Guide to PCR. Univ Hawaii Press, Honolulu, USA, 45.
- Park JM. 2012. A study on the movement of croaker fishery form change of production methods. Kor J Agricul His 11, 156-175.
- Park KJ. 1999. Species composition of the ichthyoplankton and feeding ecology of early stage in Kwangyang Bay, Korea. Ph.D. Thesis, Chonnam National University, Korea, 131.
- Richardson J. 1844. Ichthyology. Part 1. In: The zoology of

- the voyage of H. M. S. Sulphur, under the command of Captain Sir Edward Belcher, R. N., C. B., F. R. G. S., etc., during the years 1836-42, No. 5. Hinds RB, ed. Smith, Elder & Co., London, 51-70.
- Richardson J. 1846. Report on the ichthyology of the seas of China and Japan. Report of the British Association for the Advancement of Science 15th meeting. 1845, 187-320
- Saitou N and Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol Biol Evol* 4, 406-425. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.olbev.a040454>.
- Sasaki K. 2000. Sciaenidae. Croakers and drums. In: A checklist of the fishes of the South China Sea. Randall JE and Lim KKP, eds. *Raffles Bull Zool* 8, 569-667.
- Sasaki K and Kailola PJ. 1991. *Johnius (Johnius) laevis*, a new sciaenid from northern Australia and Papua New Guinea. *Jpn J Ichthyol* 38, 119-123.
- Shimizu T. 2001. An annotated list of the coastal fishes from Iyo City, Ehime Prefecture [sic], Japan. *Bull Tokushima Prefec Mus* 11, 17-99.
- Shinohara G, Sato T, Aonuma Y, Horikawa H, Matsuura K, Nakabo T and Sato K. 2005. Annotated checklist of deep-sea fishes from the waters around the Ryukyu Islands, Japan. Deep-sea fauna and pollutants in the Nansei Islands. *Natl Mus Nat Sci Monogr Tokyo* 29, 385-452.
- Song HS. 1988. Age, growth and reproductive ecology of the two Sciaenid fishes, *Johnius belengerii* and *Argyrosomus argentatus*, in the coastal waters of the Yellow Sea, Korea. Master thesis, Chungnam National University, Korea, 87.
- Takita T. 1974. Studies on the early life history of *Nibea albiflora* (Richardson) in Ariake Sound. *Bull Fac Fish Nagasaki Univ* 38, 1-55.
- Thompson JD, Higgins DG and Gibson TJ. 1994. Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucl Acids Res* 22, 4673-4680. <https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>.
- Trewavas E. 1977. The sciaenid fishes (croakers or drums) of the Indo-West-Pacific. *Zool Soc London* 33, 253-541, pls. 1-14.
- Tsukamoto K. 2006. Spawning of eels near a seamount. *Nature* 439, 929. <https://doi.org/10.1038/439929a>.
- Windle MJS and GA Rose. 2005. Migration route familiarity and homing of transplanted Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Res* 75, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.005.05.006>.
- Yamada H and Yamada U. 1999. Descriptive morphology of juvenile stages of two sciaenids, *Miichthys miuy* and *Pennahia macrocephalus*, from the East China Sea. *Ichthyol Res* 46, 93-99. <https://doi.org/10.1007/BF02674952>.
- Yamada U. 2002. Sciaenidae. In: *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*, English ed. Nakabo. T, ed. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 867-870.
- Yamada U and Yagishita N. 2013. Sciaenidae. In: *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. Vol. 2. Nakabo. T, ed. Tokai Univ Press, Kanagawa, Japan, 969-973.
- Zhang CI, Kim S and Yoon SB. 1992. Stock assessment and management implications of small yellow croaker in Korean waters. *Bull Kor Fish Soc* 25, 282-290.

2021. 04. 27 Received

2021. 05. 26 Revised

2021. 05. 26 Accepted