Korean J Fish Aquat Sci 53(1),74-82,2020

한국산 남방돛양태[Bathycallionymus kaianus (돛양태과)] 자치어의 분자 동정 및 형태 기재

김진석 · 김진구* · 박정호1 · 지환성2 · 이해원2

부경대학교 자원생물학과 '국립수산과학원 연근해자원과 '국립수산과학원 수산자원연구센터

Molecular Identification and Morphological Description for Larvae and Juveniles of Deepwater Dragonet *Bathycallionymus kaianus* (Callionymidae, PISCES) from Korea

Jin-Seok Kim, Jin-Koo Kim*, Jeong-Ho Park¹, Hwan-Sung Ji² and Hae-Won Lee²

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea ¹Fisheries Resource Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea ²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

Dragonet fish (Callionymidae), living in benthic upper 900 m of all subtropical, tropical and temperate oceans, comprises 200 species in 20 genera worldwide, of which 18 species in 6 genera occur in Korea. Although dragonet fish plays an important role in linking between top predators and lower trophic levels, there are only few studies about their early life history. Herein, we present molecular and morphological data on larvae and juveniles of *Bathycallionymus kaianus* (Günther, 1880) collected from the Korean waters. During 2016 to 2018, one preflexion larvae [2.69 in total length (TL)], three flexion larvae (3.65 and 4.77 mm TL), six postflexion larvae (6.07 and 7.94 mm TL), and three juveniles (10.81 and 12.26 mm TL) were collected in the East Sea, Korea Strait, and Jeju Island using Bongo net. Of them, 13 individuals were identified through molecular markers (COI or 16S rRNA) and morphologically described. The larvae of *B. kaianus* are well distinguished from other species of Callionymidae in melanophore distribution, body shape and development of preopercular spine. It was very similar to larvae of two *Repomucenus* species, *R. valenciennei* and *R. virgis*, but was clearly distinguished in melanophore distribution, preopercular spine development, and head shape.

Keywords: Bathycallionymus kaianus, Larvae, Juvenile, Callionymidae, Korea

서 론

어류의 초기생활사에 관한 연구는 어란의 특성을 비롯한 난 발생, 자·치어기 등의 성장과정을 거치며 종에 따른 고유한 형질들과 발달 과정, 성장률 등의 많은 정보를 제공한다. 어류 자치어의 분류는 체형, 흑색소포 분포, 지느러미 형태 및 지느러미와 착추골의 계수 등에 의해 구별될 수 있으며 종 및 속간 형태적 유사성을 띄는 경우, 수직, 수평, 계절적 분포 및 성어의 산란기등을 고려하여 유의한 형태분류가 수행될 수 있다(Russell, 1976). 이에 따라 종의 이해와 더불어 분류학적, 생태학적 측면

등에서 다양한 지식을 얻을 수 있으며(Song and Choi, 2000), 이를 기반으로 어족자원의 자원 평가, 가입량 변동 및 자원 보존 등의 연구와 나아가 수산양식, 오염 등에 의한 환경영향평가 등 다양한 분야의 연구의 기초자료로 이용될 수 있어 그 활용가치가 매우 높다고 할 수 있다(Miller and Kendall, 2009).

돛양태과(Callionymidae) 어류는 전세계의 열대, 아열대 및 온대 해역의 900 m 이하 수심의 저서생태계에 광범위하게 분포하며(Nelson et al., 2016), 전세계적으로 20속 200종(Fricke et al., 2019; Froese and Pauly, 2019), 일본에 14속 37종(Nakabo,

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5927 Fax: +82. 51. 629. 5931

E-mail address: taengko@hanmail.net



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial Licens (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits propertial uses distribution and reproduction in any medium

unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0074

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 74-82, February 2020

Received 16 December 2019; **Revised** 21 January 2020; **Accepted** 30 January 2020 **저자 직위:** 김진석(대학원생), 김진구(교수), 박정호(연구사), 지환성(연구사), 이해원(연구사)

2013), 국내에 6속 18종(MABIK, 2018)이 보고되어 있다. 우리나라에 서식하는 돛양태과 어류들은 상업적으로 이용되지는 않으나 우리나라 연안의 저층 생태계에서 단각류, 이매패류, 갯지렁이류 등을 섭식하고(Huh and Baeck, 2003; Choi et al., 2016) 황아귀, 홍어, 대구 등 주요 상업종의 먹이생물로 이용되어(Baeck and Huh, 2003; Baeck et al., 2007; Jeong et al., 2015) 최상위 포식자와 하위 영양단계의 생물을 연결하는 중요한 역할을 한다(Huh et al., 2013).

지금까지 돛양태과 어류 성어를 대상으로 한 국내 연구는 분류(Lee and Kim, 1993), 식성(Huh and Baeck, 2003; Choi et al., 2016), 생식주기 및 산란생태(Baeck and Huh, 2004) 등이 있으나, 자치어에 관한 연구는 전무한 실정이다. 반면, 국외의 경우, 날돛양태(Eda et al., 1994a), 동갈양태 및 실양태(Eda et al., 1994b), 춤양태(Gonzales et al., 1996), Callionymus enneactis (Eda et al., 1996)의 성장에 따른 자치어의 형태발달 연구, 미국 동부 대서양 연안에 출현한 C. pauciradiatus 및 C. bairdi 자치어의 계절변동 및 형태연구(Olney and Sedberry, 1983), 영국 해협 Plymouth 연안에 출현한 C. reticulatus, C. lyra 및 C. maculatus 난 자치어의 종별 형태비교, 계절변동, 식성에 관한 연구(Russell, 1976) 등 다수의 연구가 보고된 바 있다.

일반적으로 자어기에 분류형질로 널리 사용되는 흑색소포 (Neira et al., 1998; Leis and Carson-Ewart, 2000)는 돛양태과 자어의 경우 종간 유사성으로(Okiyama, 2014) 적용이 쉽지 않은 실정이고, 성어기에는 새개부에 나 있는 1개의 휘어진 가시가 종에 따라 그 모양이 제각기 달라 유용한 분류 형질로 사용된다(Nakabo, 2013). 이처럼 돛양태과 자어를 형태적으로 동정하기 어려운 경우, mitochondria DNA 영역의 16S ribosomal RNA, cytochrome b, cytochrome c oxidase subunit I (COI) 등을 이용하면 종 수준까지 동정이 가능하다(Aranishi et al., 2005; Pegg et al., 2006; Vandersea et al., 2008; Hubert et al., 2010). 따라서 본 연구에서는 우리나라 연안에서 채집된 돛양태과 자치어 1종을 대상으로 분자 마커를 이용하여 종 수준까지 동정한 후 이들의 형태 특징을 상세히 제공하고자 한다.

재료 및 방법

채 집

본 연구에서 채집된 자치어는 2016년 6월에서 2018년 11월에 걸쳐 우리나라 남해, 동해 및 제주연안에서 봉고네트(망구80 cm, 망목 550 μm)를 사용한 경사인망으로 채집하였다(Fig. 1). 채집된 자치어는 채집 즉시 10% 포르말린에서 1시간 고정후 99% 알코올로 치환하여 보관하였으며, 이후 부경대학교 어류학실험실로 운반하여 정밀 분석을 수행하였다. 관찰표본은 부경대학교 어류학실험실 어류플랑크톤표본실(Pukyung National University, Ichthyoplankton Laboratory, PKUI)에 등록및 보관하였다(PKUI 691-703).

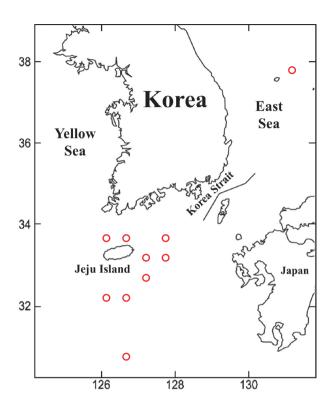


Fig. 1. Map showing the sampling area of deepwater dragonet *Bathycallionymus kaianus* larvae (O).

형태분석

자치어의 외부형태는 입체현미경(SZH-16, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다. 자치어의 종 동정, 계수 및 계측과 용어는 Okiyama (2014)와 Eda et al. (1994a)를 따랐으며, 계수형질 4개, 계측형질 11개 등 총 15개 형태 형질을 측정 및 계수하였다. 척색말단 굴곡에 따른 발달단계는 Eda et al. (1994a, 1996)을 따랐다. 몸의 각 부위는 Mosaic 2.0 (Fuzhou Tucsen phoyonics, Fuzhou, China)을 이용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 측정된 측정값은 체장(standard length, SL) 또는 척색장(notochord length, NL)과 두장(head length, HL)에 대한비율값(%)으로 변환하여 나타내었다.

분자분석

Genomic DNA는 자치어의 눈에서 Chelex 100 resin (Biorad, Hercules, California, USA) 또는 DNA extraction kit (Bioneer, Daejeon, Korea)를 이용하여 추출하였다. Chelex 100 resin을 사용한 genomic DNA 추출의 경우, 10% Chelex 100 resin 150 μL에 알코올을 제거한 눈 조직을 넣고 thermal cycler (Bio-Rad T-100, Hercules, California, USA)를 사용하여 60°C 에서 20분, 99°C 25분동안 두었다. Genomic DNA extraction kit를 사용한 genomic DNA 추출은 제조사의 protocol을 따라



Fig. 2. Voucher specimen of deepwater dragonet *Bathycallionymus kaianus* (Günther, 1880); PKU 7927, southern sea (33°50'17.14"N, 127°47'4.72"E), 2012.10.21, bottom trawl.

genomic DNA를 추출하였다. 추출된 genomic DNA는 실험 전까지 4°C에서 보관하였다.

중합효소연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)은 mitochondria DNA 16s ribosomal RNA (16s rRNA)영역을 대상으로 진행하였으며, 16s rRNA 영역에서 증폭되지 않은 시료를 대상으로 cytochrome c oxidase subunit I (COI) 영역에서의 추가분석을 진행하였다. 사용된 primer는 Ward et al. (2005)의 VF2 (5'-TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GGC AC-3')와 Fish R2 (5'-ACT TCA GGG TGA CC G AAG AAT CAG AA-3'), Palumbi (1996)의 16Sar (5'-CGC CTG TTT ATC AAA AAC AT-3'), 16Sbr (5'-CCG GTC TGA ACT CAG

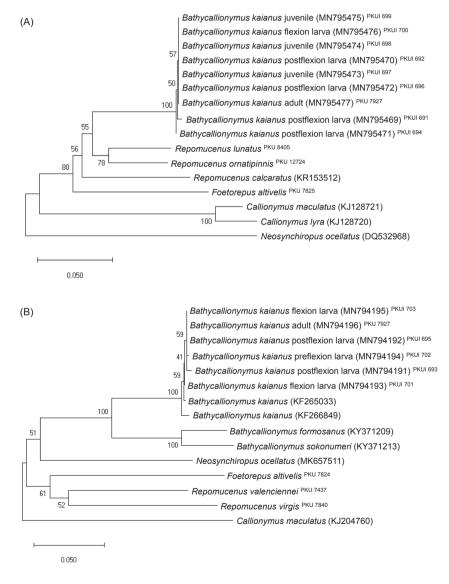


Fig. 3. Neighbor-joining (NJ) tree showing the phylogenetic relationships of species of family Callionymidae including *Bathycallionymus kaianus* based on mitochondrial DNA 16S ribosomal RNA (16S rRNA; A) and cytochrome oxidase subunit I (COI; B). The numbers above each branch are bootstrap values based on 1000 replications. Scale bar indicates genetic distance.

ATC AGG T-3')를 사용하였다. 10X PCR buffer $2.5~\mu L$, $2.5~\mu M$ dNTP $2~\mu L$, forward and reverse primer 각 $1~\mu L$, TaKaRa EX-Taq polymerase $0.2~\mu L$ (TaKaRa Bio Inc., Shiga, Japan) 을 혼합한 혼합물에 genomic DNA $3~\mu L$ 을 첨가한 후, 초순수를 넣어 총 volume을 $20~\mu L$ 로 맞추고 thermal cycler T-100 (Bio-Rad)을 이용하여 다음과 같은 조건의 PCR 프로토콜을 실행하였다.

1) 16s rRNA: Initial denaturation 95°C 11분; PCR reaction 40cycles (denaturation 94°C 1분, annealing 58°C 1분, extension 72°C 1분); final extension 72°C 5분. 1차 반응에서 증폭이 되지 않은 경우 annealing 온도를 54°C로 변경하여 재실험을 진행하였다. 2) COI: Initial denaturation 95°C 5분; PCR reaction 35cycles (denaturation 95°C 1분, annealing 52°C 1분, extension 72°C 1분); final extension 72°C 5분. DNA sequencing은

ABI 3730XL sequencer (Applied Biosystems Inc., Waltham, Massachusetts, USA)에서 ABI bigdye terminator cycle sequencing ready reaction kit v3.1 (Applied Biosystems Inc., Waltham, Massachusetts, USA)을 이용하여 얻었다.

분석된 염기서열의 정렬은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 Cluster W multiple alignment (Thompson et al., 1994)를 이용하여 정렬하였다. 유전거리는 Mega X (Kumar et al., 2018)를 이용하여 pairwise distance를 Kimura-2-parameter모델 (Kimura, 1980)로 계산하였다. 근린결합수(Neighbor joining tree)는 Mega X (Kumar et al., 2018)를 이용하여 작성하고 bootstrap는 1,000번 수행하였다. 얻어진 염기서열을 비교하기 위하여 NCBI (national center for biotechnology information)에 등록되어 있는 돛양태과 어류 7종(남방돛양태, KF265033, KF266849; Bathycallionymus formosanus, KY371209;

Table 1. Measurements of larvae and juvenile of deepwater dragonet Bathycallionymus kaianus

	Preflexion larvae	Flexion larvae	Postflexion larvae	Juvenile
Number of specimens	1	2	6	3
Total Length (TL, mm)	2.69	3.65-4.77	6.07-7.94	10.81-12.26
Standard Length (SL, mm)	2.66	2.78-3.78	4.75-6.26	8.60-9.77
Preanus length / SL (%)	51.13	61.78-62.09 (61.94)	59.23-62.24 (60.41)	52.42-61.08 (57.08)
Head length / SL (%)	24.36	32.88-34.72 (33.80)	35.04-41.35 (38.48)	37.70-40.46 (38.75)
Body depth / SL (%)	29.85	34.66-40.70 (37.68)	29.08-34.53 (31.94)	22.70-33.55 (28.93)
Prepectoral fin length / SL (%)	26.17	37.57-37.93 (37.75)	35.38-45.08 (42.24)	39.31-41.75 (40.18)
Snout length / HL (%)	28.70	14.09-21.66 (17.88)	13.96-18.80 (15.89)	14.34-17.34 (15.96)
Eye diameter / HL (%)	37.35	37.92-40.31 (39.12)	33.81-41.60 (36.87)	33.74-35.07 (34.44)

HL, head length.

Table 2. Preopercular spine, nostril and fin ray development of larvae and juvenile of deepwater dragonet Bathycallionymus kaianus

	Preflexion larvae	Flexion larvae		Postflexion larvae	Juvenile	
Number of specimens	1	1	1	6	1	2
Total length (TL, mm)	2.69	3.65	4.77	6.07-7.94	10.81	12.24-12.26
Preopercular spine	-	-	-	Present (unbranched)	Present (unbranched)	Present (branched)
Nostril	-	1 pair	1 pair	1 pair	1 pair	1 pair
Fin rays						
Pectoral fin	-	-	-	-	18	18
Pelvic fin	-	-	-	1,4	1,5	1,5
Dorsal fin	-	Bud	Bud	III-9	IV-9	IV-9
Anal fin	-	Bud	Bud	9	9	9
Caudal fin	-	Bud	10	10	10	10

Bathycallionymus sokonumeri, KY371213; 네점알롱양태, MK657511, DQ532968; 도화양태, AP006027; Callionymus maculatus, KJ204760, KJ128721; Callionymus lyra, KJ128720)의 염기서열을 이용하였고, NCBI 상에 등록되어 있지 않은 종의 염기서열은 부경대학교에 등록되어 있는 성어 확증 표본의 염기서열을 이용하였다(남방돛양태, PKU 7927, Fig. 2; 도화양태, PKU 7824, 7825; 실양태, PKU 7437; 망토돛양태, PKU 7840; 돛양태, PKU 8405; 꽃돛양태, PKU 12724).

결 과

분자동정

미토콘드리아 DNA 16S rRNA 영역을 대상으로 진행된 PCR 결과, 자치어 총 8개체의 약 510 bp 영역이 증폭되어 NCBI에 등록하였고(NCBI 등록번호, MN795469-795476) 남방돛양 태 성어 확증표본의 염기서열(PKU 7927; MN795477)과 비교 했을 때 잘 일치하였다(K2P genetic distance, d=0.000-0.006; Fig. 3A). 한편, 동정된 자치어 8개체는 다른 돛양태과 어류와 뚜렷한 유전거리를 보이며 잘 구별되었다: 돛양태(d=0.110-0.112), 꽃돛양태(d=0.105-0.110), 도화양태(d=0.158-0.164), 네점알롱양태(d=0.259-0.262), Repomucenus calcaratus (d=0.138), Callionymus maculatus (d=0.222-0.228), Callionymus lyra (d=0.237).

미토콘드리아 DNA COI 영역을 대상으로 진행된 PCR 결과, 자치어 총 5개체 약 530bp 영역이 증폭되어 NCBI에 등록하였고(NCBI 등록번호, MN794191-794195) 남방돛양태 성어 확증표본(PKU 7927; MN794196) 및 NCBI에 등록된 남방돛양태의 염기서열과 거의 일치하였다(d=0.000-0.011; Fig. 3B). 한편, 동정된 자치어 5개체는 다른 돛양태과 어류와 뚜렷한 유전거리를 보이며 잘 구별되었다: 도화양태(d=0.212-0.215), 실양태(d=0.222-0.227), 망토돛양태(d=0.262-0.271), 네점알롱양태(d=0.212-0.215), Callionymus maculatus (d=0.260-0.266), Bathycallionymus formosanus (d=0.137-0.144), Bathycallionymus sokonumeri (d=0.134-0.141).

형태기재

남방돛양태 자치어의 계측 및 형태발달에 따른 특징은 Table 1 및 Table 2와 Fig. 4에 나타내었다. 분자동정 된 중기자어 3개체 중 1개체(PKUI 701; MN 794193)는 어체에 손상이 있어 형태분석에서 제외하였다. 전기자어(2.69 mm TL; Fig. 4A)는 척색말단의 굴곡이 시작되지 않았으며, 항문은 몸의 중앙에 위치하였다. 몸은 뒤로 갈수록 가늘어지며 주둥이의 앞 끝의 끝은 눈의 중앙 높이에 위치하였다. 등지느러미는 두정부 바로 위에서 시작되며, 뒷지느러미는 항문 바로 뒤에서 시작하였다. 눈 바로뒤에 이포가 관찰되었으며, 콧구멍은 뚜렷하게 관찰되지 않았다. 중기자어(3.65-4.77 mm TL; Fig. 4B, 4C)에선 척색말단의

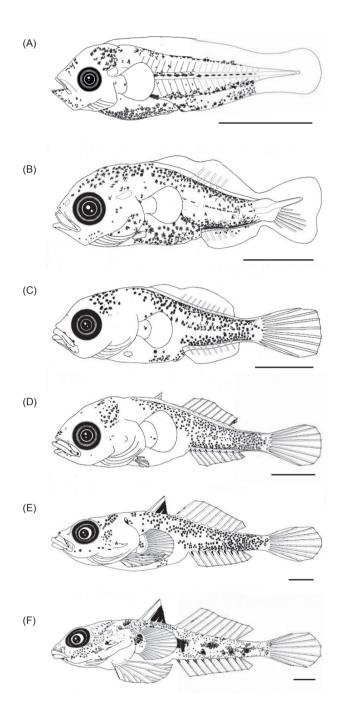


Fig. 4. Larval development of *Bathycallionymus kaianus*. A, Preflexion larva (2.69 mm TL; PKUI 702); B, Flexion larva (3.65 mm TL; PKUI 700); C, Flexion larva (4.77 mm TL; PKUI 703); D, Postflexion larva (6.07 mm TL; PKUI 692); E, Juvenile (10.81 mm TL; PKUI 697); F, Juvenile (12.26 mm TL; PKUI 698). Bars indicate 1 mm.

굴곡이 시작되며 등, 뒷지느러미 담기골 및 꼬리지느러미의 형성이 시작되었다. 등지느러미 기점은 가슴지느러미 기저부와

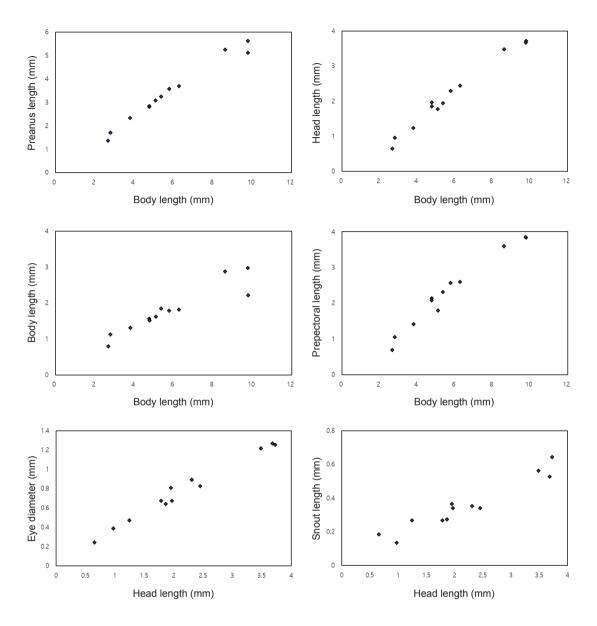


Fig. 5. Relative growth of various body part of larvae and juvenile of Bathycallionymus kaianus.

거의 같은 위치에서 시작되며 뒷지느러미는 항문 바로 뒤에서 시작하였다. 배지느러미의 형성이 희미하게 관찰되며 전기자어에 비해 머리가 커지기 시작하였다. 몸은 뒤로 갈수록 급격히 가늘어졌다. 항문은 몸의 중앙보다 약간 뒤에 위치하며 눈 바로 앞에 작은 한 쌍의 콧구멍이 관찰되었다. 후기자어(6.07-7.94 mm TL; Fig. 4D)에서 척색말단의 굴곡이 완료되며, 제 1등지느러미 및 배지느러미 줄기의 형성이 시작되었다. 한 쌍의 콧구 멍이 관찰되며 새개부에는 전새개부 극의 형성이 시작되었다. 치어(10.81-12.26 mm TL; Fig. 4E, 4F) 시기에는 모든 지느러미 줄기가 정수에 도달하며, 제 1등지느러미 및 배지느러미의 형성이 뚜렷하게 관찰되었다. 머리는 점점 납작해지며, 눈은 동

그란 형태에서 타원형으로 변하며 머리의 등쪽으로 돌출되기 시작하였다. 전새개부 극의 형태가 현저히 날카로워지며 추가 적인 극이 형성되기 시작하였다. 한 쌍의 콧구멍이 관찰되었다. 성장에 따른 계측값을 체장 및 두장에 대한 비율로 나타냈을 때, 항문전장, 체고, 가슴지느러미 앞 길이, 두장, 안경 및 주둥이 길 이 모두 성장에 따라 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5).

흑색소포 분포

남방돛양태의 각 발달단계별 흑색소포 분포를 관찰하였을 때, 전기자어(Fig. 4A)는 두정부, 눈 바로 앞, 아래턱에 작은 별모 양의 흑색소포가 조밀하게 분포하였으며 복강 상, 하부에 매우 조밀하게 분포하였다. 척색의 중앙을 따라 일렬의 흑색소포군 이 존재하며 체측의 등과 배쪽에도 흑색소포가 조밀하게 분포 하였다. 막지느러미에는 항문 뒤쪽을 따라 흑색소포가 관찰되 었으나 나머지 부분에서는 관찰되지 않았다. 중기자어(Fig. 4B, 4C) 시기에는 눈 앞 및 복강의 흑색소포가 점점 없어지기 시작 하며 체측의 흑색소포 분포가 더 넓어져 몸 전체에 산발적으로 분포하였다. 흑색소포는 점점 큰 별모양으로 변하였으며 아래 턱의 흑색소포는 입을 제외한 나머지 부분에서 거의 관찰되지 않았다. 후기자어(Fig. 4D)에 들어서면서 복강하부의 흑색소포 는 거의 사라지게 되어 관찰되지 않았으며 반대로 체측의 흑색 소포 분포가 더 조밀하게 분포하는 경향을 보였다. 주둥이 끝과 두정부에는 흑색소포가 조밀하게 분포하였으나 아래턱에는 거 의 관찰되지 않았다. 뒷지느러미의 기저부분을 따라 일련의 흑 색소포군의 형성이 관찰되었다. 치어(Fig. 4E, 4F)시기에는 흑 색소포의 크기가 커지며 눈 바로 뒤, 밑에 흑색소포의 형성이 관 찰되었다. 개체의 크기가 커짐에 따라 복강을 제외한 몸 전체에 크고 작은 흑색소포의 형성이 시작되어 매우 조밀하게 분포하 기 시작하였으며, 체측에는 다수의 흑색소포군이 나타나 무늬 를 형성하기 시작하였다. 뒷지느러미 기저부를 따라 흑색소포 가 두드러지게 나타났으며, 등지느러미 2번째 극조 뒤로 매우 조밀한 흑색소포군이 관찰되었다.

지느러미 형성

전기자어(Fig. 4A)는 등지느러미와 뒷지느러미가 연결된 막 지느러미의 형태를 보였으며 담기골의 형성은 관찰되지 않았 다. 가슴지느러미는 부채꼴 모양으로 크기는 작으며 항문에 도 달하지 않았다. 중기자어(Fig. 4B, 4C)에서 담기골의 형성이 관 찰되기 시작하며 제 2등지느러미 및 뒷지느러미의 앞부분에서 부터 담기골이 형성되기 시작하였다. 척색말단의 굴곡이 시작 됨에 따라 꼬리지느러미의 형성이 시작되며 가장 먼저 줄기의 형성이 완료되었다. 가슴지느러미의 줄기는 형성되지 않으며 부채꼴 모양의 막지느러미를 가진다. 후기자어(Fig. 4D)는 제 1등지느러미 및 배지느러미의 형성이 시작되고 줄기가 형성되 는 것이 관찰되었다. 제 2등지느러미 및 뒷지느러미의 줄기가 완성되며 그 수가 정수에 도달하였다(Table 2). 제 2등지느러미 및 뒷지느러미 제일 마지막 연조는 2개로 분기하였다. 치어시 기(Fig. 4E, 4F)에는 모든 지느러미 줄기의 형성이 완료되며 각 지느러미 기조수가 정수에 도달하였다(Table 2). 크기가 커질수 록 꼬리 및 배지느러미가 2 또는 3갈래로 분기되기 시작하였다.

전새개부 극(Preopercular spine) 발달

전새개부 극의 발달은 중기자어까지 형성되지 않다가, 후기자어에 이르러 형성이 시작되었다(Table 2, Fig. 4D). 치어시기에이르러 송곳모양으로 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 4E). 개체의 크기가 커지면서 그 끝이 분기되어 기존 방향에 수직인 새로운 극의 형성이 시작었으며(Fig. 4F), 치어시기의 전새개부 극의 형태는 성어의 극의 형태와는 차이를 보였다.

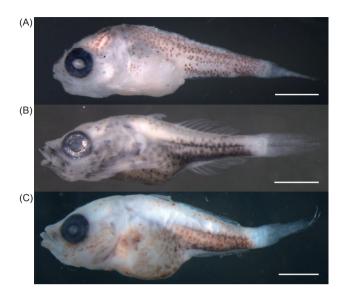


Fig. 6. Postflexion larva of deepwater dragonet *Bathycallionymus kaianus* (A, 6.33 mm TL; PKUI 693), Valenciennes' dragonet *Repomucenust valenciennei* (B, 6.26 mm TL) and *R. virgis* (C, 7.40 mm TL). Bars indicate 1 mm.

고 찰

본 연구는 2016년 6월부터 2018년 11월까지 남, 동해 및 제주 도 주변 해역에서 채집된 돛양태과 자치어 1종에 대한 외부형 태 및 분자동정을 실시하였다. 분석결과 16S rRNA 및 COI 영 역에서 남방돛양태 성어의 염기서열과 잘 일치하였고, 같은 과 에 속한 다른 종들과 유의한 유전거리를 나타내어 최종적으로 본 종을 남방돛양태로 동정하였으며 그에 따른 면밀한 형태기 재를 수행하였다. 수행된 형태기재에 따른 자치어의 형태발달 은 Table 2와 Fig. 4에 나타내었다. 남방돛양태의 자치어는 같 은 과에 속하고 비슷한 시기에 출현하는 실양태(Repomucenus valenciennei), 망토돛양태(Repomucenus virgis)의 자치어와 형태적으로 매우 유사하지만 복강 하부의 흑색소포의 유무(흑 색소포가 거의 없음; 남방돛양태 vs. 매우 조밀하게 분포; 실양 태, 망토돛양태), 체측 흑색소포의 유무(두정부 앞까지 조밀하 게 분포; 남방돛양태 vs. 체측의 배쪽에 조밀하게 분포; 실양태, 망토돛양태), 주둥이의 형태(아래로 경사지다; 남방돛양태 vs. 위로 돌출되어있다; 실양태, 망토돛양태) 등에서 외부형태 차이 를 보여 잘 구별되었다(Eda et al., 1994b, 1996; Fig. 6).

사 사

이 논문은 국립수산과학원 수산과학연구 사업(근해어업자원 조사, No. R2020021)과 2020년도 해양수산과학기술진흥원 해 양수산생명공학기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구입니 다(No. 20170431). 논문을 세심하게 검토해 주신 세 분 심사위 원께 감사드립니다.

References

- Aranishi F, Okimoto T and Izumi S. 2005. Identification of gadoid species (Pisces, Gadidae) by PCR-RFLP analysis. J Appl Genet 46, 69-73.
- Baeck GW and Huh SH. 2003. Feeding habits of juvenile *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori, Korea. Korea J Kor Fish Soc 36, 695-699. https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.6.695.
- Baeck GW and Huh SH. 2004. Maturation and spawning of *Repomucenus valenciennei* collected in Gwangyang bay, Korea. Korean J Ichthyol 16, 87-93.
- Baeck GW, Huh SH, Park JM and Pack SC. 2007. Feeding habits of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the coastal waters off Gadeok-do, Korea. Korean J Ichthyol 19, 318-323.
- Choi HC, Youn SH, Park JM and Huh SH. 2016. Feeding habits of whitespotted dragonet *Callionymus beniteguri* in the coastal waters off Taean, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 49, 694-700. https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0694.
- Eda H, Fujiwara T and Takita T. 1994a. Embryonic, larval and juvenile development in laboratory-reared dragonets, *Repomucenus beniteguri*. Japan J Ichthyol 40, 465-473. https://doi.org/10.11369/jji1950.40.465.
- Eda H, Takita T and Uno Y. 1994b. Larval and juvenile development of two dragonets, *Repomucenus richardsonii* and *R. valenciennei*, reared in a laboratory. Japan J Ichthyol 41, 149-158. https://doi.org/10.11369/jji1950.41.149.
- Eda H, Fujiwara T, Kuno Y and Takita T. 1996. Larval and juvenile development of the dragonet, *Paradiplogrammus enneactis*, reared in a laboratory. Ichthyol Res 44, 77-81. https://doi.org/10.1007/BF02672761.
- Fricke R, Eschmeyer WN and Fong JD. 2019. Species by family/subfamily. World Wide Web electronic publication. Retrieved from www.researcharchive.calacademy.org on Nov 25, 2019.
- Froese R and Pauly D. 2019. Fish base. World wide web electronic publication. Retrieved from www.fishbase.org on Nov 25, 2019.
- Gozales JB, Okamura O and Taniguchi N. 1996. Spawning behavior of laboratory-reared dragonet, *Repomucenus huguenini*, and development of its eggs and prolarvae. Suisanzoshoku 44, 7-15. https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.44.7.
- Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp Ser 41, 95-98.
- Huh SH and Baeck GW. 2003. Feeding habits of *Repomucenus* valenciennei collected in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. Korean J Ichthyol 15, 289-294.

- Hubert N, Delrieu-Trottin E, Irisson JO, Meyer C and Planes S. 2010. Identifying coral reef fish larvae through DNA barcoding: A test case with the faillies Acanthuridae and Holocentridae. Mol Phylogenetics Evol 55, 1195-1203. https:// doi.org/10.1016/j.ympev.2010.02.023.
- Huh SH, Kim JM, Park JM and Baeck GW. 2013. Feeding habits of moon dragonet *Reponucenus lunatus* in the coastal waters off Gori, Korea. Korean J Ichthyol 25, 17-24.
- Jeong JM, Kim HJ, Baeck GW, Ye SJ and Huh SH. 2015. Feeding habits of ocellate spot skate, *Okamejei kenojei* in the coastal waters of Gadoek-do, Korea. J Kor Soc Fish Technol 51, 265-271. http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.2.265.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitution through comparative studies of nucleotide sequences. J Mol Evol 16, 111-120. https://doi. org/10.1007/BF01731581.
- 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. http:// doi.org/10.1093/molbev/msy096.
- Lee CL and Kim IS. 1993. Synopsis of dragonet fish, family Callionymidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Korean J Ichthyol 5, 1-40.
- Leis JM and Carson-Ewart BM. 2000. Morphology. In: The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: an identification guide to marine fish larvae. Leis JM and Carson-Ewart BM, eds. Brill, Boston, MA, U.S.A., 9-24.
- Miller BS and Kendall AW. 2009. Early life history of marine fishes. University of California Press, Berkeley, CA, U.S.A., 1-85.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2018. National list of marine species. Namu Press, Seocheon, Korea.
- Neira FJ, Miskiewicz and Trnski T. 1998. Methods. In: Larvae of temperate Australian fishes: laboratory guide for larval fish identification. Neira FJ, Miskiewicz and Trnski T, eds. University of Western Australia Press, Melbourne, Australia, 11-19.
- Nakabo T. 2013. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, 3rd ed. Tokai University Press, Kanagawa, Japan, 1331-1346.
- Nelson JS, Grande TC and Wilson VH. 2016. Fishes of the world, 5th edition. John Wiley and Sons Inc., New Jersey, NJ, U.S.A., 412-413.
- Onley JE and Sedberry GR. 1983. Dragonet larvae (Teleostei, Callionymidae) in continental shelf waters off the eastern United States. Bio Oceanogr 3, 103-122. https://doi.org/10 .1080/01965581.1983.10749473.
- Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1208-1214.
- Palumbi SR. 1996. Nucleic acids II: the polymerase chain reaction. In: Molecular systematics. Hillis DM, Moritz C and Mable BK. Sinauer & Associates Inc., Sunderland, MA,

- U.S.A., 205-247.
- Pegg GG, Sinclair B, Briskey L and Aspden WJ. 2006. MtD-NA barcode identification of fish larvae in the southern Great Barrier Reef, Australia. Sci Mar 70, 7-12. https://doi. org/10.3989/scimar.2006.70s27.
- Russell FS. 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic press, London, U.K., 20-294.
- Song HB and Choi SS. 2000. Reproductive ecology and early life history of paradise fish, *Macropodus chinensis* (Pisces; Belontidae) in aquarium. Korean J Limnol 33, 282-294.
- 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. Nucleic Acids Res 22, 4673-4680. https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673.
- Vandersea MW, Litaker RE, Marancik KE, Hare JA, Walsh HJ, Lem S, West MA, Wyanski DM, Laban EH and Tester PA. 2008. Identification of larval sea basses (Centropristis) using ribosomal DNA-specific molecular assays. Fish Bull 106, 183-193.
- Ward RD, Zemlac TC, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. Phil Trans Biol Sci 360, 1847-1857. http://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716.