

한국산 파랑눈매통이과(홍메치목) 어류 1 미기록종, *Chlorophthalmus nigromarginatus*

장재훈 · 이유진 · 김진구*

부경대학교 해양생물학과

New Record of *Chlorophthalmus nigromarginatus* (Aulopiformes: Chlorophthalmidae) from Korea

Jae-hoon Jang, Yu-Jin Lee and Jin-Koo Kim*

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

Two specimens of *Chlorophthalmus nigromarginatus* Kamohara, 1953 (51.02 mm, 66.04 mm in standard length) belonging to the family Chlorophthalmidae were collected on February 8, 2022 in the eastern Jeju-do Island, Korea using a bottom trawl. The species has the following morphological characteristics: snout length almost the same as orbit diameter, bump absent on predorsal, caudal fin with posterior black margin. *C. nigromarginatus* is morphologically very similar to *C. acutifrons* but can be distinguished by caudal fin with black margin (*C. acutifrons* has no black margin). Molecular analyses showed that our specimens almost matched with *C. nigromarginatus* according to mtDNA 16S rRNA sequences (99.8%). Therefore, we propose a new Korean name for *C. nigromarginatus*, “Geom-eun-kko-ri-pa-rang-nun-mae-tung-i”.

Keywords: *Chlorophthalmus nigromarginatus*, Chlorophthalmidae, New record, Korea

서론

홍메치목(Aulopiformes) 파랑눈매통이과(Chlorophthalmidae) 어류는 전세계의 열대와 온대 해역의 대륙사면 상부에 서식하는 것으로 알려진 심해어류이다(Bineesh et al, 2014). 파랑눈매통이과 어류는 전 세계적으로 2속 22종(Fricke et al., 2022), 일본에는 1속 5종(Nakabo, 2013) 한국에는 1속 2종[파랑눈매통이(*Chlorophthalmus albatrossis*; Jordan and Starks, 1904), 침문파랑눈매통이(*Chlorophthalmus acutifrons*; Hiya-ma, 1940)]이 보고되어 있다(Kim et al., 1997; MABIK, 2022). 파랑눈매통이과 어류는 몸이 가늘고 긴 측편형으로, 눈이 머리에 비해 매우 크고 망막 색소 상피(retinal pigment epithelium, RPE)에 적은 빛도 감지할 수 있는 휘판(tapetum)을 가지며 기름지느러미가 존재하는 것이 특징이다(Somiya, 1980; Ikeda and Nakabo, 2015). 이들 어류는 직장 주변에 작은 아치 모양의 구조가 발달해 있으며, 이를 이용해 발광 박테리아를 공생시켜 항문 주위가 청록색으로 빛난다(Nakabo and Matsuzawa,

2018). 본 연구는 우리나라 배타적경제수역(Exclusive Economic Zone, EEZ)에서 국립수산물과학원의 저층트롤에 의한 수산자원 중 조성 모니터링 연구를 수행하던 중 국내에서는 아직 보고된 바 없는 파랑눈매통이과 어류 2개체가 처음 채집되었기에 이를 상세히 보고하고자 한다. 이번에 채집된 2개체는 기존에 보고된 파랑눈매통이(*C. albatrossis*)와는 전서골치가 존재하지 않는 점, 침문파랑눈매통이(*C. acutifrons*)와는 꼬리지느러미 끝이 검지 않은 점에서 잘 구분되었다. 따라서 본 연구는 우리나라 제주도 동부 해역에서 처음 확인된 파랑눈매통이과 어류 1미기록종의 형태 및 분자 특성을 상세히 기술하고, 새로운 국명을 제안한다.

재료 및 방법

채집

본 연구에서 사용된 파랑눈매통이과 2개체는 2022년 2월 8일에 제주도 동부 해역(33°29'23"N, 127°11'11"E)에서 국립수산

*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 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0730>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 730-735, October 2022

Received 12 August 2022; Revised 30 August 2022; Accepted 5 October 2022

저자 직위: 장재훈(대학원생), 이유진(대학원생), 김진구(교수)

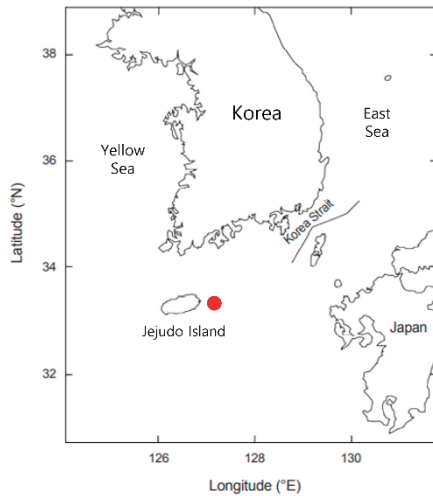


Fig. 1. Map showing the sampling site of *Chlorophthalmus nigromarginatus*.

과학원 조사선(탐구 23호) 저층 트롤에 의해 채집되었다(Fig. 1). 채집한 개체는 부경대학교 어류학 실험실로 운반 후 형태 및 분자분석에 이용되었다. 우선 2개체에 대해 PKU 21109, MABIK PI00058425의 표본번호가 부여되었고, 15% 포르말린에 고정한 후, 세척하여 70% 알코올에 보관하였다. 비교표본으로 사용한 동일 종의 성어 1개체는 2018년 5월 14일 일본 가고시마에서 채집된 시료(PKU 16191)이다.

형태분석

형태분석을 통한 종 동정은 Nakabo (2013)와 Fricke and Durville (2020)을 따랐다. 계수 및 계측은 Kim et al. (1997)을 따랐다. 계수형질은 등지느러미(dorsal fin rays, D), 뒷지느러미(anal fin rays, A), 가슴지느러미(pectoral fin rays, P₁), 배지느러미(pelvic fin rays, P₂)를 현미경을 이용하여 계수하였다. 계측형질은 전장(total length, TL), 체장(standard length, SL)을 포함한 12개 형질을 vernier calipers를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였다. 이후 계측값은 체장, 두장 또는 문장에 대한 백분율(%)로 환산하여 나타내었다.

분자분석

Total genomic DNA는 어체의 오른쪽 체측 근육을 소량 추출한 후 DNA 추출 키트를 이용하여 추출하였다. 연쇄증합효소반응(polymerase chain reaction, PCR)은 이전에 보고된 프라이머 세트(Palumbi, 1996)를 이용하여 미토콘드리아 DNA의 16S rRNA 영역을 대상으로 진행하였다. 이때 annealing 온도는 56°C에서 수행하였다. 염기 서열 정렬은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 Clustal W (Thompson et al., 1994)을 이용하였다. 유전거리는 MEGA X (Kumar et al., 2018)를 사용하

여 Kimura 2-parameter (Kimura, 1980)로 계산하고 Neighbor joining (NJ) tree를 작성하였으며, bootstrap은 1000번 수행하였다. National Center for Biotechnology Information (NCBI)에 등재된 *Chlorophthalmus nigromarginatus* (DQ648419), *C. acutifron* (DQ648417), *C. albatrossis* (DQ648418), *C. agassizi* (AP002918) 4종을 비교종으로 사용하였으며, 외집단으로 *Saurida microlepis* (LC647992)를 사용하였다.

결 과

Chlorophthalmus nigromarginatus Kamohara, 1953 (Fig. 2a, Fig. 2b)

(New Korean name: Geom-eun-kko-ri-pa-rang-nun-mae-tung-i)

Chlorophthalmus nigromarginatus Kamohara, 1953: 3 (type locality: Japan); Masuda et al., 1984: 62 (Japan); Abe 1986: 34 (Japan); Shen 1993: 156-157 (Taiwan); Sato and Nakabo, 2002: 429 (Japan); Bineesh et al., 2014: 513-522 (Indian sea); Hiromi and Nakabo, 2015: 311 (Japan); Kumar et al., 2017: 1048 (Bay of Bengal); Teramura et al., 2019: 13-20 (Japan).

관찰표본

표본번호 PKU 21109, MABIK PI00058425, 2개체, 체장 각 66.04 mm, 51.02 mm, 제주도 동부 해역(33°29'23"N, 127°11'11"E). 2022년 2월 8일, 수심 50 m, 수온 17°C, 염분 34 psu, 국립수산물과학원 조사선(탐구 23호) 저층 트롤로 채집, 채집자 이연명.

비교표본

Chlorophthalmus nigromarginatus, PKU 16191, 1개체, 체장 135.66 mm, 일본 가고시마, 2018년 5월 14일, 채집자 유효재.

기재

파랑눈매둥이과 2개체의 계수 및 계측값은 Table 1에 나타내었다. 몸과 머리는 측편형으로 약간 신장되어 있다. 몸에 비해 머리는 작은 편으로, 입은 머리의 선단부에 위치하며 약간 위를 향한다. 아래턱이 위턱보다 전방에 위치하고, 위턱의 뒷끝은 눈의 중앙 아래를 넘지 않는다. 눈은 머리에 비해 크고 문장과 안경은 거의 같다. 전서골치(prevomer teeth)는 위턱 선단부 양쪽으로 존재하며 중앙의 움푹 들어간 부위에는 이빨이 없다. 아래턱의 튀어나온 부분의 이빨은 날카로운 원뿔니가 2열을 이루고 있다(Fig. 3A). 아래턱의 최외곽 이빨의 크기가 가장 작다. 등지느러미 앞쪽에는 등쪽으로 솟아오른 부위(bump)가 없고 평평하다. 등지느러미는 배지느러미보다 조금 앞에서 시작한다. 등지느러미는 가시가 없고 줄기 11개로 이루어져 있으며 등지느러미 뒤쪽으로 작은 1개의 기름지느러미를 가진다. 가슴지느러미는 줄기 16개이며 등지느러미가 끝나는 지점까지 도달한다.

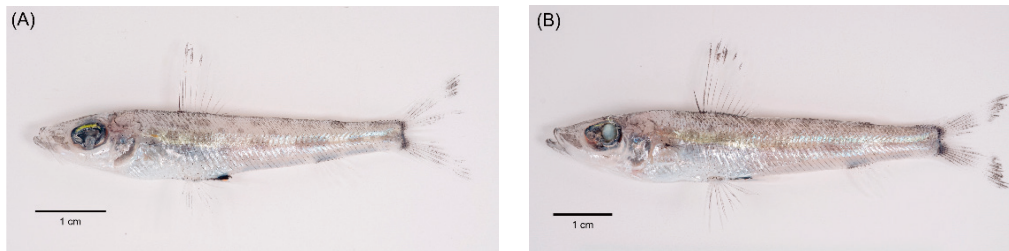


Fig. 2. Photos of *Chlorophthalmus nigromarginatus* from Korea. A, PKU 21109, 51.02 mm SL; B, MABIK PI00058425, 66.04 mm SL. SL, Standard length.

배지느러미 줄기는 15개이다. 뒷지느러미는 가시 없이 줄기 8개로 이루어져 있다. 항문은 몸의 중앙보다 약간 앞쪽에 위치하고 항문 주위에 발광기가 있으며 배지느러미에 가깝게 위치한다. 꼬리지느러미는 가랑이형이다. 측선은 한 줄이며 아가미뚜껑 바로 뒤에서 시작하고 꼬리자루까지 이어져 있다.

체색

머리와 몸은 흰색에 가까운 밝은색을 띠며 몸의 측면에 어두운 원형 또는 타원형 무늬가 머리 뒤부터 꼬리자루까지 존재한다. 눈은 초록빛을 띤다. 가슴지느러미 시작 부분이 어둡고 배쪽 중앙에 검은색 세로 줄무늬가 나타난다. 등지느러미와 꼬리

Table 1. Comparison of counts and measurements of *Chlorophthalmus nigromarginatus* and *C. acutifrons*

Voucher number	<i>Chlorophthalmus nigromarginatus</i>				<i>C. acutifrons</i>
	MABIK PI00058425	PKU 21109	PKU 16191	Kamohara (1953)	Okamura (1984)
Total length (mm)	78.3	62.0	158.5	-	-
Standard length	66.0	51.0	135.7	277	156-248
Count					
Dorsal fin rays	12	11	11	11	11-12
Anal fin rays	10	10	8	9	9-10
Pectoral fin rays	16	15	15	16	15-16
Pelvic fin rays	9	9	9	-	8-9
Gill raker	4+16	4+15	4+16	4+16	3-4+1+14-15
Lateral line scales	52	52	53	53	50-53
In standard length (%)					
Head length	31.3	29.9	27.9	31	30.3-31.3
Eye diameter	10.2	9.2	10.2	10	-
Body depth	14.5	15.9	16.9	20.8	20.4-22.2
Predorsal length	38.5	39.3	36.1	-	35.7-38.5
Preanal length	76.9	76.5	76.8	-	76.9
Prepelvic length	42.3	41.4	43.1	-	43.5-45.5
Prepectoral length	31.5	31.5	30.5	-	-
In head length (%)					
Snout length	29.8	28.1	29.5	31.3	32.3-34.5
Eye diameter	32.7	30.8	36.7	31.3	27.8-29.4
Interorbital width	15.6	-	-	15.6	11.4-13.3
Caudal peduncle depth	24.3	26.2	27.3	25.6	-
In eye diameter (%)					
Snout length	91.3	91.5	80.3	100	-

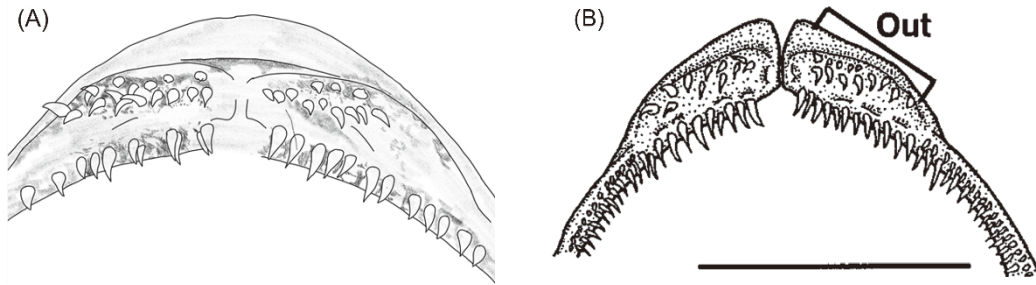


Fig. 3. Sketches of upper jaw teeth of *Chlorophthalmus nigromarginatus*. A, PKU 21109; B, Cited from Sato and Nakabo (2002).

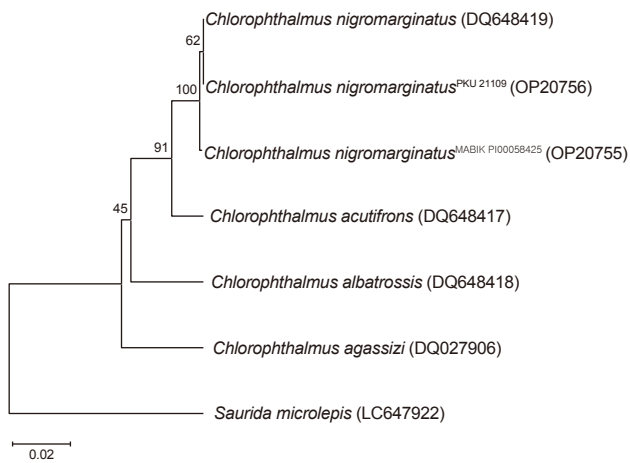


Fig. 4. Neighbor joining tree constructed by mitochondrial DNA 16S rRNA sequences among *Chlorophthalmus nigromarginatus* and three *Chlorophthalmus* spp. *Saurida microlepis* was chosen as an outgroup.

지느러미 끝이 검은다. 머리의 등쪽, 눈 밑, 아가미뚜껑, 체측, 배지느러미 기저, 꼬리지느러미 시작점, 뒷지느러미 기저까지 별 모양 또는 점 모양의 흑색소포가 무작위로 분포한다. 체측에 검은색의 사선이 머리 뒤부터 꼬리자루까지 연속적으로 나타난다.

분포

한국 제주도 동부(본 연구), 일본(Kamohara, 1953; Nakabo, 2013; Fricke and Durville, 2020), 중국(Cheng and Zheng, 1987), 인도(Bineesh et al., 2014; Kumar et al., 2017)

분자분석

파랑눈매둥이과 2개체의 미토콘드리아 DNA 16S ribosomal RNA 영역의 염기서열 489bp (MABIK PI00058425), 457bp (PKU 21109)를 확보하였으며, 미국국립생물정보센터 (NCBI)에 염기서열 정보를 등록하였다(등록번호:OP20755, OP20756). 우리 표본 2개체의 염기서열 정보를 NCBI에 등록된 파랑눈매둥이과 4종(*C. acutifrons*, *C. albatrossis*, *C. agas-*

sizi, *C. nigromarginatus*)과 비교한 결과 *C. nigromarginatus* (DQ648419)와 99.78% (MABIK PI00058425), 100% (PKU 21109) 일치하였다. 근린결합수(Neighbor Joining tree)는 우리 표본이 *C. nigromarginatus* (DQ648419)에 이어 참문파랑눈매둥이(*C. acutifrons*, DQ648417)와 가깝게 유집되었으며 (Kimura-2-parameter distance, $d=3.03\%$), 그 뒤를 이어 *C. agassizi* (DQ027906)와 유집되었고($d=7.52\%$), 마지막으로 파랑눈매둥이(*C. albatrossis*, DQ648418)와 먼 거리($d=10.09\%$)에서 유집됨을 보여주었다(Fig. 4).

고찰

2022년 2월 제주도 동부해역에서 채집된 파랑눈매둥이과 어류 2개체를 대상으로 형태 및 분자분석을 수행한 결과, 등지느러미 앞쪽에 솟아오르는 부위(bump)가 없는 점, 전서골치(pre-omer teeth)가 위턱 선단부 양쪽으로 존재하며 중앙의 움푹 들어간 부위에 이빨이 없는 점, 새파가 4+15-16개인 점, 주둥이 길이와 눈의 크기가 비슷한 점, 꼬리지느러미 끝이 검은 점에서 우리나라에서는 아직 보고된 적 없는 *Chlorophthalmus nigromarginatus*로 확인되었다. 본 연구에서 사용된 2개체는 *C. nigromarginatus* 원기재 (Kamohara, 1953)와 대부분 잘 일치하였으나 체장에 대한 체고비(본 연구는 14.5%, 15.9%, 원기재는 20.8%)에서 차이를 보였다. 또한 Nakabo (2013)와 달리, 본 연구에서 사용된 2개체는 아래턱에 돌출된 부위의 치열이 2열인 점에서 약간 달랐다(Fig. 3A). 한편, Sato and Nakabo (2002)는 *C. nigromarginatus*의 아래턱 치열을 2열로 보고하여 우리 표본과 잘 일치하였다(Fig. 3B). 이러한 치열에서의 차이가 종간 수준에서의 변이인지 확인하기 위해 16S 염기서열을 비교한 결과 우리 표본이 NCBI에 등록된 해외 표본과 99.8% 이상 일치하는 결과를 보여 종내 변이로 추정된다(Fig. 4). 그러나, 추후 다양한 크기의 표본을 확보하여 본 종이 성장하면서 치열에 변화가 생기는지 면밀한 재검토가 필요하다.

본 종이 속한 파랑눈매둥이속(*Chlorophthalmus*) 어류는 머리의 등쪽이 평평하거나 약간 오목하며, 아래턱의 앞쪽 치열은 노출되어 있고 위턱의 뒤쪽은 눈의 중앙을 넘지 않으며, 옆줄

비늘 수가 46개 이상이다(Sato and Nakabo, 2002; Fricke and Durville, 2020). 본 연구에 사용된 표본은 위턱의 뒤쪽이 눈의 중앙을 넘지 않는 점, 아래턱에 돌출된 치열이 있는 점에서 파랑눈매통이속 어류의 특징과 잘 일치하였으며, 전서골치 중앙에 이빨이 없는 점, 등지느러미 앞쪽에 솟은 부위(bump)가 없는 점, 문장과 안경이 거의 같은 점, 꼬리지느러미 뒷가장자리가 검은 점 등에서 *C. nigromarginatus*의 특징과 잘 일치하는 것으로 확인되었다. 본 종과 유사한 *C. punctatus*는 새파의 개수(*C. nigromarginatus*는 3-4+11-16 vs. *C. punctatus*는 2+18-19), 체장에 대한 두장비(*C. nigromarginatus*는 29.4-31.4% vs. *C. punctatus*는 26-27%), 분포해역(*C. punctatus*는 남아프리카에 서식)에서 잘 구분된다(Fricke and Durville, 2020). 우리 표본을 국내 파랑눈매통이속 어류 2종과 비교하면, 파랑눈매통이(*C. albatrossis*)와는 문장에 대한 안경비(파랑눈매통이는 1.3-1.5 vs. *C. nigromarginatus*는 1.1-1.2)에서 다르고, 참문 파랑눈매통이(*C. acutifrons*)와는 등지느러미 앞쪽 융기부(*C. acutifrons*는 있음 vs. *C. nigromarginatus*는 없음), 꼬리지느러미 뒷가장자리 색깔(*C. acutifrons*는 검지 않음 vs. *C. nigromarginatus*는 검음)에서 명확히 구분된다(Nakabo, 2013; Fricke and Durville, 2020). 따라서 우리나라에서 처음 확인된 본종의 새로운 국명으로 꼬리지느러미 뒷가장자리가 검은 특징에 따라 “검은꼬리파랑눈매통이”를 제안한다.

사 사

본 연구는 국립해양생물자원관(2022M01100) 및 2022년도 국립수산물자원 연구사업(R2022030)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 또한, 본 논문의 질적 향상을 위해 논문을 검토해 주신 세 분 심사위원께 감사드립니다.

References

- Abe T. 1986. Keys to the Japanese Fishes Fully Illustrated in Colors. Hokuryukan Publication Co., Tokyo, Japan, 34.
- Bineesh KK, Akhilesh KV, Gomom MF, Abdussamad EM, Pillai NGK and Gopalakrishnan A. 2014. Redescription of *Chlorophthalmus corniger* a senior synonym *Chlorophthalmus bicornis* (Family: Chlorophthalmidae). J Fish Biol 84, 513-522. <https://doi.org/10.1111/jfb.12305>.
- Cheng Q and Zheng B. 1987. Systematic Synopsis of Chinese Fishes (Vol. 1). Science Press, Beijing, China, 84-85.
- Fricke R, Eschmeyer WN and Fong JD. 2022. Eschmeyer's Catalog of Fishes. Retrieved from <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> on Oct 4, 2022.
- Fricke R and Durville P. 2020. *Chlorophthalmus vulcanus*, a new species of greeneye from La Réunion, southwestern Indian Ocean (Teleostei: Chlorophthalmidae). FishTaxa 17, 1-11.
- Hall TA. 1999. Bio Edit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp Ser 41, 95-98.
- Hiyama Y. 1940. Descriptions of two new species of fish, *Raja tobitukai* and *Chlorophthalmus acutifrons*. Japanese J Zool 9, 169-173.
- Ikedo H and Nakabo T. 2015. Fishes of the Pacific Coasts of Southern Japan. Tokai University Press, Hadano, Japan, 58-59.
- Jordan DS and Starks EC. 1904. List of fishes dredged by the steamer Albatross off the coast of Japan in the summer of 1900, with descriptions of new species and a review of the Japanese Macrouridae. Bull US Fish Commission 22, 577-630.
- Kamohara T. 1953. A review of the fishes of the family Chlorophthalmidae found in the waters of Japan. Japanese J Ichthyol 3, 1-6. <https://doi.org/10.11369/jji1950.3.1>.
- Kim YU, Kim YS, Kang CB and Kim JK. 1997. New record of the genus *Chlorophthalmus* (Pisces: Chlorophthalmidae) from Korea. Korean J Ichthyol 9, 163-168.
- 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>.
- Kumar AKV, Thomy R, Manjebray H and Sudhakar M. 2017. Length-weight relationships of 11 deep-sea fishes from the western bay of Bengal and Andaman waters, India. J Appl Ichthyol 34, 1048-1051. <https://doi.org/10.1111/jai.13695>.
- 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>.
- Masuda H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 62.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2022. National List of Marine Species. Namu Press, Seochon, Korea, 7.
- Nakabo T. 1993. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai University Press, Japan, 301-303.
- Nakabo T. 2013. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species - 3rd ed. Tokai University Press, Kanagawa, Japan, 429-430.
- Nakabo T and Matsuzawa Y. 2018. The Natural History of the Fishes of Japan. Shōgakusan, Tokyo, Japan, 149.
- Okamura O. 1984. Fishes of the Okinawa Trough and the Adjacent Waters I, Japan Fish. Tokyo Japan Fisheries Resource Conservation Association, Tokyo, Japan, 170-171.
- Palumbi SR. 1996. Nucleic acids II: the polymerase chain reaction. In: Molecular Systematics. Hillis DM, Moritz C and Mable BK, eds. Sinauer and Associates, Sunderland, MA, U.S.A., 205-247.
- Sato T and Nakabo T. 2002. Paraulopidae and *Paraulopus*, a

- new family and genus of aulopiform fishes with revised relationships within the order. Ichthyol Res 49, 25-46. <https://doi.org/10.1007/s102280200004>.
- Somiya H. 1980. Fishes with eye shine: Functional morphology of guanine type tapetum lucidum. Mar Ecol Prog Ser 2, 9-26.
- Shen SC. 1993. Fishes of Taiwan. National Taiwan University Press, Taipei, Taiwan, 156-157.
- Teramura A, Yasuda M, Amano Y, Mitsui S, Sakurai F, Hirase S and Senou H. 2019. Northernmost records of three fish species from Suruga Bay, Japan, with notes on distributional implications for these species. Bull Kanagawa Prefect Mus Nat Sci 48, 13-20. https://doi.org/10.32225/bk-pmnh.2019.48_13.
- 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>.