

한국산 바다뱀과(Ophichthidae) 어류 1미기록종, *Ophichthus erabo* (Jordan and Snyder, 1901)

강충배 · 김진석¹ · 김진구^{1*} · 지환성² · 윤문근 · 박진우³

국립해양생물자원관, ¹부경대학교 자원생물학과, ²국립수산물과학원 수산자원연구센터, ³한국어류연구소

A New Record of the Family Ophichthidae (Pisces), *Ophichthus erabo* (Jordan and Snyder 1901), from Korea

Chung-Bae Kang, Jin-Seok Kim¹, Jin-Koo Kim^{1*}, Hwan-Sung Ji², Moongeum Yoon and Jin Woo Park³

Department of Taxonomy and Systematics, Marine Biodiversity Institute of Korea, Seochon 33662, Korea

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

²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

³Korea Fish Research & Institute, Korea, Jeju 63643, Korea

We report the first occurrence of *Ophichthus erabo* (Jordan and Snyder, 1901) collected in the waters around Jeju Island. The morphologic characteristics of this species include rich brown semicircular spots distributed on the head, the back, and the dorsal fins. *Ophichthus erabo* has a similar body color to *Ophichthus polyophthalmus* but can be clearly distinguished from the latter by the number of vertebrae (152-155 in *O. erabo* vs. 147-149 in *O. polyophthalmus*) and the existence of a white spot at the center of a semicircle (i.e., no white spot in *O. erabo* vs. a white spot in *O. polyophthalmus*). We suggest a new Korean name for *O. erabo* to be “Mul-bang-ul-ba-da-baem-gang-eo”.

Key words: *Ophichthus erabo*, new record, Ophichthidae, Korea

서 론

뱀장어목(Anguilliformes) 바다뱀과(Ophichthidae) 어류는 전세계의 열대 및 온대 해역의 연안에 분포하며(Nelson, 2016), 전세계적으로 63속 344종(Froese and Pauly, 2019; Eschmeyer and Fong, 2018), 일본에 17속 37종(Nakabo, 2013), 한국에 7속 13종(MABIK, 2018)이 보고되어 있다. 바다뱀과 어류의 주요 분류형질로 이빨의 형태, 두부감각공의 분포, 등지느러미 기점, 체색 등이 알려져 있으며(McCosker et al., 1989; Shen, 1990; Hatoooka, 2002), 꼬리지느러미의 유무에 따라 갯물뱀아과(Myrophinae), 바다뱀아과(Ophichthinae)로 구분된다. 갯물뱀아과는 꼬리지느러미가 있는 반면, 바다뱀아과는 꼬리지느러미가 없으며(Ji and Kim, 2011) 특히 바다뱀아과는 강한 꼬리를 이용하여 저서환경의 부드러운 사질 또는 니질환경에 굴착생활을 한다(Nelson et al., 2016). 까치물뱀속(*Ophichthus*) 어류는 바다뱀과에 속하는 어류 중 가장 큰 분류군으로 전세

계적으로 80여종 이상(Mohaparta et al., 2018), 일본에 20종(Hibino et al., 2019), 국내에는 5종[까치물뱀(*Ophichthus evermanni*), 둥근물뱀(*Ophichthus rotundus*), 갈물뱀(*Ophichthus urolophus*), 제주바다뱀(*Ophichthus asakusae*), 돛물뱀(*Ophichthus altipennis*)]이 보고되어 있으며(MABIK, 2018), 최근까지도 지속적으로 신종이 보고되고 있다(Mohaparta et al., 2018; McCosker and Peter, 2018; Hibino et al., 2019). 본 연구는 2018년 1월 우리나라 제주도 서귀포 연안에서 처음 채집된 까치물뱀속 어류 1개체의 형태 및 분자 특징을 상세히 기술하고 새로운 국명을 제안하고자 한다.

재료 및 방법

채집

본 연구에서 채집된 바다뱀과 어류 1개체는 2018년 1월 7일 한국 제주도 서귀포시 범섬에서 약 6.4 mile (약 10.3 km) 떨어진

*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.2019.0418>

Korean J Fish Aquat Sci 52(4), 418-423, August 2019

Received 13 May 2019; Revised 30 May 2019; Accepted 26 July 2019

저자 직위: 강충배(연구원), 김진석(대학원생), 김진구(교수), 지환성(연구사), 윤문근(실장), 박진우(소장)

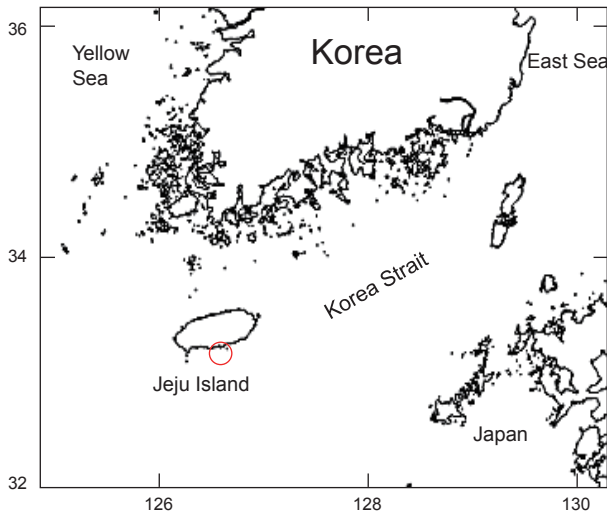


Fig. 1. Map showing the sampling area of *Ophichthus erabo* (O).

진 해역(33°16'00"N 126°43'00"E) 수심 50 m 지점에서 옥돔주낙으로 채집되었다(Fig. 1). 채집된 표본은 냉동상태로 실험실로 운반하여 Nakabo (2013)를 따라 동정하였으며 15% 포르말린에 고정 후 70% 알코올에 보존하였다.

형태분석

계수, 측측 및 용어는 McCosker (1977)를 따랐으며, 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 측정된 측정값은 전장(total length, TL)과 두장(head length, HL)에 대한 비율값(%)으로 변환하여 나타내었으며 척추골수는 soft X-ray (X'Pert-MPD System, Netherlands)를 사용하여 촬영 후 계수하였다. 두부감각공은 안상골공(supraorbital pore, SO), 안하골공(infraorbital pore, IO), 전새개하악골공(preopercularmandibular pore, POM)을 계수하였고, 그 외 머리 등쪽과 양측면에 있는 상측두골공(supratemporal pore, ST)을 계수하였다(Ji and Kim, 2011) (Fig. 3). 관찰표본은 국립해양생물자원관(Marine Biodiversity Institute of Korea, MABIK)에 등록 및 보관하였다(MABIK PI00047344).

분자분석

Total genomic DNA는 어체의 오른쪽 체측 근육에서 chelex 100 resin (Bio-rad, USA)을 이용하여 추출하였다. 중합효소 연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)은 미토콘드리아 DNA cytochrome c oxidase subunit I (COI) 영역을 대상으로 진행하였으며, 사용된 primer는 Ward et al. (2005)의 universal primer를 사용하였다. 10X PCR buffer 2 µL, 2.5 mM dNTP 1.6 µL, forward and reverse primer 각 1 µL, TaKaRa EX-Taq polymerase 0.1 µL (TaKaRa Bio Inc., Japan; www.takara-bio.com)을 혼합한 혼합물에 total genomic DNA 1 µL

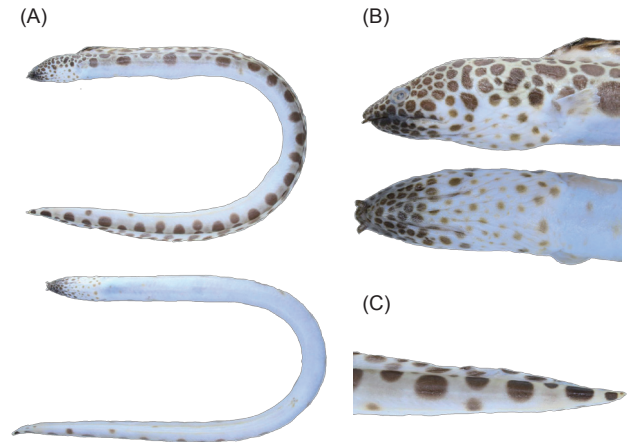


Fig. 2. *Ophichthus erabo*, MABIK PI00047344, 704.3 mm TL, Jeju Island, Korea. A, Overall view of body; B, Lateral and ventral view of head; C, Posterior end of caudal part.

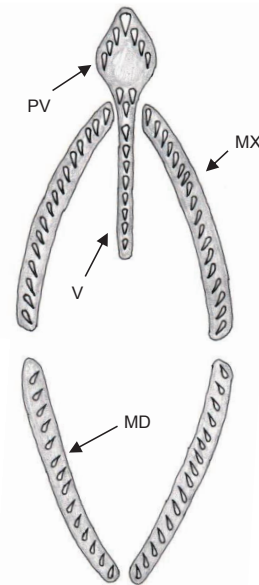


Fig. 3. Dentition of *Ophichthus erabo*. MD, mandibular; MX, maxillary; PV, prevomer; V, vomer.

을 첨가한 후, 이차증류수를 넣어 총 volume을 20 µL로 맞추고 thermal cycler T-100 (Bio- Rad)을 이용하여 다음과 같은 조건의 PCR 프로토콜을 실행하였다. Initial denaturation 95°C 5분; PCR reaction 35cycles (denaturation 95°C 1분, annealing 58°C 1분, extension 72°C 1분); final extension 72°C 5분. DNA sequencing은 ABI 3730XL sequencer (Applied Biosystems Inc., USA)에서 ABI bigdye terminator cycle sequencing ready reaction kit v3.1 (Applied Biosystems Inc., USA)을 이

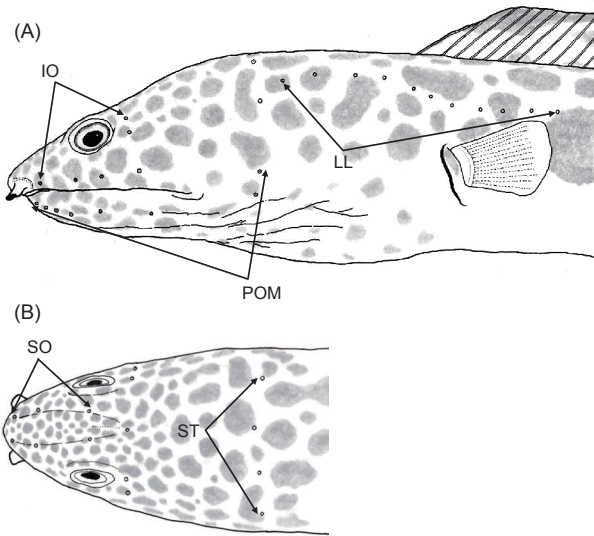


Fig. 4. Head of *Ophichthus erabo*. A, showing the lateral cephalic sensory pores; B, showing the dorsal cephalic sensory pores; SO, supraorbital pores; IO, infraorbital pores; POM, preopercular and mandibular pores; ST, supratemporal pores; LL, lateral line pores.

용하여 얻었다. 분석된 염기서열의 정렬은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 cluster W (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. neighbor joining tree는 mega X (Kumar et al., 2018)를 이용하여 작성하고 bootstrap는 1,000번 수행하였다.

결 과

Ophichthus erabo (Jordan and Snyder, 1901) (New Korean name: Mul-bang-ul-ba-da-baem-jang-eo)

Microdonophis erabo Jordan and Snyder, 1901: 870 (Type locality: Misaki, Japan)

Ophichthus erabo: Asano in Masuda et al., 1984: 31; Ha-tooka, 2002: 222.

관찰표본

표본번호는 MABIK PI00047344, 개체수는 1개체, 전장은 704.3 mm, 채집시기는 2018년 1월 7일, 채집지역은 제주도 범섬에서 남쪽으로 약 6.4 mile (약 10.3 km) 떨어진 해역 (33°16'00"N 126°43'00"E) 수심 50 m, 사용어구는 주낙(Fig. 1), 채집자는 박진우.

기재

계수 및 계측은 Table 1과 같다. 체형은 장어형으로 매우 얇고

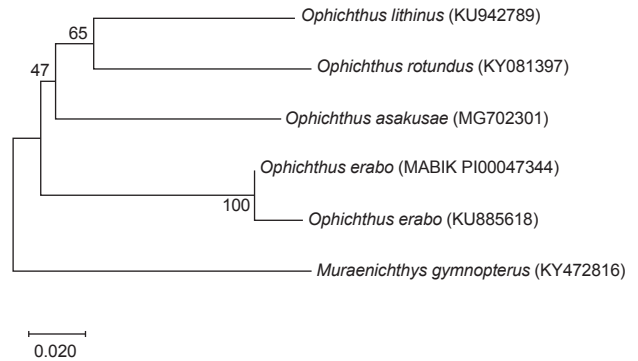


Fig. 5. Neighbor-joining (NJ) tree showing the phylogenetic relationships of four snake eel species of genus *Ophichthus* including *Ophichthus erabo* (MABIK PI00047344) based on mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (COI). *Muraenichthys gymnopterus* is included as an outgroup. The numbers above each branch are bootstrap values based on 1000 replications. Scale bar indicates genetic distance.

길다(Fig. 2A, 2B). 주둥이는 뚱뚱하고 삼각형의 형태를 띤다. 주둥이의 끝에 관 모양의 전비공이 1쌍 존재하며, 후비공은 윗입술 가장자리에 위치한다.

눈은 입의 중앙보다 조금 더 주둥이 끝에 위치한다. 입은 눈의 뒤 가장자리를 훨씬 지난다. 이빨의 형태는 원뿔니로 크기가 거의 동일하고 날카로우며 치열은 양 턱에 1열씩 있다. 위턱의 서골에는 원뿔니로 이루어진 1열의 서골치가 있다(Fig. 3). 아가미 뚜껑은 가슴지느러미 기부에서 좁게 열린다. 가슴지느러미 연조수는 15개이다. 등지느러미는 뚱뚱하며 아가미 뚜껑에서 조금 뒤에서 시작되어 꼬리 끝에서 1cm 앞까지 이어진다. 뒷지느러미는 항문 바로 뒤에서 시작되어 등지느러미 끝과 같은 위치에서 끝난다. 꼬리 끝은 뾰족하며 꼬리지느러미는 없다(Fig. 2C). 안상골공(SO)은 양 눈 사이를 따라 각 일렬로 3개, 안하골공(IO)은 6개, 전새개하악골공(POM)은 8개가 존재하였으며, 마지막으로 머리 등쪽의 상측두골공(ST)은 4개가 있으며 각 두부감각공의 분포는 Fig. 4와 같다. 옆줄은 뚜렷하며 두정부에서 시작되어 꼬리 끝에서 조금 앞까지 1열로 존재한다. 항문은 몸의 중앙보다 뒤쪽에 위치한다.

체색

신선할 때는 전체적으로 갈색을 띠며, 배쪽은 희다(Fig. 2A). 다양한 크기의 동그란 갈색 반점이 온몸에 나 있다. 큰 반점 뒤에 2개의 작은 반점이 교차되는 유형을 보인다. 머리의 반점은 몸보다 훨씬 작고 조밀하며 아래턱과 목부분에도 반점이 존재한다(Fig. 2B). 가슴지느러미에는 5-6개의 작은 반점이 희미하게 있으며 등지느러미에는 몸체와 비슷하게 긴 타원형의 반점이 존재한다. 배와 배지느러미에서는 반점이 없으며 배지느러미는 희다. 포르말린 고정 후 체색은 전체적으로 갈색에서 하

안색으로 변하며 몸의 반점은 뚜렷하게 유지된다. 등지느러미와 배지느러미의 반투명한 부분이 불투명해진다. 두부감각공은 수축하여 희미하게 존재한다.

분포

한국 제주도(본 연구), 홍해(Golani and Bogorodsky, 2010), 일본 남부(Masuda et al., 1984), 동중국해(Tang and Zhang, 2004), 대만(Ho et al., 2015) 해역에 분포하며, 수심 200 m 이내에 서식한다(McCosker, 2010).

분자분석

미토콘드리아 DNA COI 영역의 염기서열 480 bp를 이용하여 까치물뱀속 어류 4종을 비교한 결과, 한국 제주도에서 채집된 까치물뱀속 어류 1개체(MABIK PI00047344)는 *Ophichthus erabo*와 98.3% 일치하여 약간의 유전적 차이가 확인되었다. 동일 속에서는 제주바다뱀(*O. asakusae*)과 15.5% 차이를 보였고 까치물뱀(*O. lithinus*)과 둥근물뱀(*O. rotundus*)과는 각각 16.7%, 17.3% 차이를 보여 명확히 구분되었다. 본 개체는 근린 결합수(NJ tree)에서 대만산 *Ophichthus erabo* (KU885618)와

Table 1. Counts and measurements of *ophichthus erabo*

Morphological Characters	Present study	Jordan & Snyder (1901)	Chiu et al. (2013)	Nakabo (2013)
Number of specimens	1	3	-	-
Total Length (TL, mm)	704.3	609.6 / 571.5 / 533.4	-	-
Head length	63.7	-	-	-
Count				
Pectoral fin rays	15	-	-	15-17
Lateral line pores	L: 147 / R: 145	-	-	-
Preanal lateral line pores	L: 82 / R: 83	-	-	82-83
Number of vertebrae	153	155	158	152-155
Predorsal vertebrae	5	6	7	
Preanal vertebrae	80	78	76	
In % of TL				
Head length		-	-	-
Trunk length	44.8	-	-	-
Predorsal length	8.6	-	-	-
Preanal length	53.1	-	-	-
Tail length	46.2	-	-	-
Depth at dorsal fin origin	3.7	-	-	-
Depth at gill opening	3.8	-	-	-
Depth at anus	3.2	-	-	-
In % of HL				
Body depth	43.6	36.4	-	-
Snout length	19.4	21.1	-	-
Pectoral fin length	23.7	23.5	-	-
Gill opening length	16.1	-	-	-
Gill opening length interspace	5.5	-	-	-
Upper jaw length	42.1	-	-	-
Lower jaw length	38.5	-	-	-
Interorbital width	18.1	-	-	-
Suborbital width	6.8	-	-	-
Postorbital length	68.6	-	-	-
Head length / Trunk length (%)	20.2	20-20.7	-	-
Eye diameter / Snout length (%)	40.5	40	-	-

100%의 높은 bootstrap 값으로 유집되었다(Fig. 5).

고 찰

한국 제주도 남쪽 해역에서 채집된 어류 1개체는 가슴지느러미가 발달되어 있고, 꼬리지느러미가 존재하지 않는 점을 근거로 바다뱀아과(Ophichthinae)에 속하며, 위턱을 따라 육질돌기가 존재하지 않고 눈이 입의 중간에 위치한 점, 가슴지느러미 기부가 좁은 점, 등지느러미가 가슴지느러미 위에 있는 점, 양턱과 서골에 1열의 원뿔니가 나 있는 점 등을 근거로 까치물뱀속(*Ophichthus*) 어류로 분류하였다. 또한 머리와 몸통 가운데-등쪽, 등지느러미에 갈색의 둥근 반문이 분포하고 척추골수가 153개인 점과 항문전 측선공수(Preanus Lateral pore, PLp)가 82-83개인 점에서 본 개체를 *Ophichthus erabo*로 분류하였다(McCosker et al., 2012; Nakabo, 2013). 원기재(Jordan and Snyder, 1901)에 의하면, 두장에 대한 체고의 백분비(%)가 36.4%인 반면 본 개체는 43.6%로 7.2%의 차이를 보였고, 두장(HL)에 대한 주둥이 길이에서도 원기재는 21.1%, 본 개체는 19.4%로 약간 차이를 보였다(Table 1). 척추골수는 원기재 및 Chiu et al. (2013)에 기록된 등지느러미앞-뒷지느러미앞 척추골수[6-78 in Jordan and Snyder (1901) vs. 7-76 in Chiu et al. (2013)]와 전체 척추골수[155 in Jordan and Snyder (1901) vs. 158 in Chiu et al. (2013)]에서 미세한 차이를 보였으나 Nakabo (2013)의 척추골수와는 잘 일치하였다. 본 개체는 Nakabo (2013)의 가슴지느러미 기초수[15-17 in Nakabo (2013) vs. 15 in present study] 및 항문전 측선공수[82-83 in Nakabo (2013) vs. 82-83 in present study]는 잘 일치하였다(Table 1). 본 종은 까치물뱀속 어류 중 *O. polyophthalmus*와 가장 유사하나, 척추골수(152-155 in *O. erabo* vs. 147-149 in *O. polyophthalmus*), 항문전 측선공수(82-83 in *O. erabo* vs. 73-74 in *O. polyophthalmus*)와 반문 중앙의 흰 점의 유무(반문의 중앙에 흰 점이 없다 in *O. erabo* vs. 반문의 중앙에 흰 점이 있다 in *O. polyophthalmus*) 등에서 잘 구별된다. 국내 보고된 까치물뱀속 어류 4종과 비교하면, 본 종은 몸에 갈색의 원형 또는 타원형의 반점을 가지는 반면, 나머지 4종은 가지지 않아 체색에서 잘 구분된다(Ji and Kim, 2011). 미토콘드리아 DNA COI 염기서열을 비교한 결과 *O. erabo*와 1.7%의 유전적 차이를 보였는데, 1088종의 다양한 어류를 대상으로 mtDNA COI 염기서열을 비교 분석한 Ward (2009)에 의하면 중간 유전적 차이를 2%로 보아 본 연구에서 1.7% 차이는 종내 변이가 아닌가 사료된다.

사 사

본 연구는 해양수산부(Ministry of Oceans and Fisheries) 산하, 국립해양생물자원관(Marine Biodiversity Institute of Korea; 2019M001001)의 예산 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Chiu YC, Lin J and Chen HM. 2013. One new record genus and three new record species of snake eels (Ophichthidae: Anguilliformes) from Taiwan. J Mar Sci Technol 21, 201-206. <http://doi.org/10.6119/JMST-013-1220-10>.
- Eschmeyer WN and Fong JD. 2018. Species by family/subfamily. World Wide Web electronic publication. Retrieved from researcharchive.calacademy.org on Apr 25, 2018.
- Froese R and Pauly D. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. Retrieved from www.fishbase.org on May 30, 2019.
- Golani D and Bogorodsky SV. 2010. The fishes of the Red Sea-reappraisal and updated checklist. Zootaxa 2463, 1-135.
- 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.
- Hatooka K. 2002. Ophichthidae. In: Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Nakabo T, ed. Tokai University Press, Kanagawa, Japan, 215-225.
- Hibino Y, McCosker JE and Tashiro F. 2019. Four new deepwater *Ophichthus* (Anguilliformes: Ophichthidae) from Japan with a redescription of *Ophichthus pallens* (Richardson 1848). Ichthyol Res 66, 289-306. <https://doi.org/10.1007/s10228-018-00677-3>.
- Ho HC, Smith DG, McCosker JE, Hibino Y, Loh KH, Tighe KA and Shao KT. 2015. Annotated checklist of eels (orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes) from Taiwan. Zootaxa 4060, 140-189. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4060.1.16>.
- Ji HS and Kim JK. 2011. Taxonomic review of the snake-eels family Ophichthidae (Anguilliformes) from Korea. Korean J Ichthyol 23, 46-60.
- Jordan DS and Snyder JO. 1901. A review of the apodal fishes or eels of Japan, with descriptions of nineteen new species. Proc US Natl Mus 23, 837-890.
- 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.
- 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>.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2018. National List of Marine Species. Namu Press, Seochon, Korea.
- Masuda H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The fishes of the Japanese archipelago. Tokai University Press, Kanagawa, Japan.
- McCosker JE. 1977. The osteology, classification, and relationships of the eel family Ophichthidae. Proc Calif Acad Sci 41, 1-123.
- McCosker JE. 2010. Deepwater Indo-Pacific species of the

- snake eel genus *Ophichthus* (Anguilliformes: Ophichthidae), with the description of nine new species. *Zootaxa* 2505, 1-39.
- McCosker JE and Peter NP. 2018. Snake eels of the genus *Ophichthus* (Anguilliformes: Ophichthidae) from Myanmar (Indian Ocean) with the description of two new species. *Zootaxa* 4526, 71-83. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4526.1.5>.
- McCosker JE, Böhlke EB and Böhlke JE. 1989. Fishes of the western north Atlantic. Mem Sears Foundation Mar Res, Yale Univ 1, 298.
- McCosker JE, Ide S and Eudo H. 2012. Three new species of ophichthid eels (Anguilliformes: Ophichthidae) from Japan. *Bull Natl Mus Nat Sci A*, 1-16.
- Mohapatra A, Ray D, Mohanty SR and Mishra SS. 2018. *Ophichthus johnmccoskeri* sp. nov. (Anguilliformes: Ophichthidae): a new snake eel from Indian waters, Bay of Bengal. *Zootaxa* 4462, 251-256. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4462.2.7>
- Nakabo T. 2013. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species, 3rd ed. Tokai Univ Press, Kanagawa, Japan, 2428.
- 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., 386.
- Shen SC. 1990. Synopsis of fishes of Taiwan. SMC Publishing Inc., Taipei, Taiwan, 116-118.
- Tang WQ and Zhang CG. 2004. A taxonomic study on snake eel family Ophichthidae in China with the review of Ophichthidae (Pisces, Anguilliformes). *J Shanghai Ocean Univ* 13, 16-22.
- 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.
- War RD. 2009. DNA barcode divergence among species and genera of birds and fishes. *Mol Ecol Res* 9, 1077-1085.
- 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>.