

# 한국 제주도에서 채집된 후기자어에 의한 매통이과(Synodontidae) 1미기록종, *Synodus kaianus* (Günther, 1880)

최시원 · 김진구\*

부경대학교 수산생명과학부 자원생물학전공

## First Record of Lizardfish, *Synodus kaianus* (Synodontidae) Based on Postflexion Larva Collected from Jeju Island, Korea

Si-Won Choi and Jin-Koo Kim\*

Division of Fisheries and Life Sciences, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

Unidentified postflexion larva (18.57 mm in standard length, SL), belonging to the family Synodontidae was collected from Jeju Island, Korea, in November 2019. Molecular analysis revealed that the unidentified larva was identical to *Synodus kaianus* adults in mtDNA cytochrome c oxidase subunit I region (Kimura-2-parameter distance,  $d=0.006$ ), and was different from the close species *S. macrops* ( $d=0.220$ ). The postflexion larva of *S. kaianus* has the following morphological features: regularly distributed seven peritoneal pigment spots along the alimentary canal; and, intensively distributed stellate melanophores at the middle of the base of caudal fin and behind the last anal fin ray. The postflexion larva of *S. kaianus* differed from that of *S. macrops* in snout length and size of peritoneal pigment spots. This is the first record of *S. kaianus* in Korea, and we suggest the Korean name “Ka-i-ya-kkoch-dong-myeol” for *S. kaianus*, according to Lee et al. (1999).

Keywords: *Synodus kaianus*, Synodontidae, New record, Postflexion larva, Korea

### 서론

홍메치목(Aulopiformes)에 속하는 매통이과(Synodontidae) 어류는 열대, 아열대 해역의 대륙붕에서 대륙사면 상부까지 널리 분포하는 저서성 어류로(Maile et al., 2020) 현재, 전세계적으로 4속 83종(Fricke et al., 2022), 일본에 4속 23종(Nakabo, 2013), 국내에 4속 10종(MABIK, 2021)이 보고되어 있다. 매통이과 어류는 어류와 갑각류를 섭식하는 배복 포식자로서 중요한 생태적 지위를 차지하고(Golani, 1993), 대부분 봄과 여름에 부유성 난을 산란하는 것으로 알려져 있다(Donaldson, 1990; Esposito et al., 2009). 우리나라에서는 매통이과 어류를 어묵 재료로 사용하는 것 외에 상업적으로 잘 이용하지 않으나(Ryu et al., 2014), 중국과 일본 및 일부 중동 국가에서는 물천구(*Harpadon nehereus*)와 일부 매통이류(*Saurida* spp.)를 상업적으로 중요한 어종으로 취급하고 있다(Sakai, 2009; Kalhor et al., 2013; He et al., 2019).

매통이과 어류는 성어 시기에는 배지느러미의 길이, 구개치(palatine teeth)의 개수, 비늘의 분포 등이 중요한 중간 분류키이다(Norman, 1935; Russell, 1999; Nakabo, 2013). 그러나 매통이과 어류의 자치어 시기에는 근절(myomere)의 개수, 복강의 흑색소포 등이 중간 분류키로 이용된다(Ozawa, 1986; Okiyama, 2014). 국내 매통이과 성어를 대상으로 꽃동멸속(*Synodus*) 2미기록종(*S. hoshinonis*, *S. fuscus*) (Choi et al., 2003; Choi, 2012), 한국산 매통이속(*Saurida*) 어류의 분류학적 재검토(Yeo and Kim, 2018) 등의 연구가 있으며, 자치어에 대한 연구로는 현재까지 총 4속 6종에 대한 간단한 형태기재만 있다(Kim et al., 2011; Ji et al., 2020). 본 연구는 2019년 11월 우리나라 제주도 동부 해역에서 처음 채집된 매통이과 후기자어 1개체를 대상으로 분자분석을 통해 정확한 종 동정을 실시하고, 자어기의 상세한 형태 특징 및 근연종과의 형태 차이를 제시하였다.

\*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.2022.0189>

Korean J Fish Aquat Sci 55(2), 189-194, April 2022

Received 3 March 2022; Revised 24 March 2022; Accepted 11 April 2022

저자 직위: 최시원(대학원생), 김진구(교수)

## 재료 및 방법

### 채집

본 연구에서 채집된 매둥이과 자어 1개체는 2019년 11월에 제주도 서귀포시 성산읍 동부 해역에서 RN80네트(망구 80 cm, 망목 330  $\mu\text{m}$ )를 이용하여 채집되었다(Fig. 1). 채집된 시료는 현장에서 즉시 99% 에틸알콜 용액에 보존하였으며, 부경대학교(Pukyong National University, PKU)로 운반 후 정밀 동정하였다. 최종적으로 시료는 국립해양생물자원관(National Marine Biodiversity Institute of Korea, MABIK)에 등록 및 보관하였다.

### 형태분석

자어의 부위별 용어와 명칭은 Ozawa (1986), Kim et al. (2011)와 Okiyama (2014)을 참고하였고 계수형질 6개[등지느러미(dorsal fin rays), 뒷지느러미(anal-fin rays), 가슴지느러미(pectoral fin rays), 배지느러미(pelvic fin rays), 꼬리지느러미(caudal fin rays), 복강 흑색소포(peritoneal pigment spots)]와 계측형질 13개[전장(total length), 체장(standard length, SL), 항문전장(preanus length), 체고(greatest body depth), 미병고(caudal peduncle depth), 두장(head length), 안경(orbit diameter), 문장(snout length), 등지느러미 기점 거리(predorsal fin length), 가슴지느러미 기점 거리(prepectoral length), 배지느러미 기점 거리(prepelvic length), 뒷지느러미 기점 거리(preanal fin length), 복강 흑색소포 직경(peritoneal pigment spots diameter)]를 측정하였다. 외부형태는 입체 해부현미경(SZH16; Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하고, 현미경용 사진 촬영장치(Active measure program, Mosaic 2.0; Fuzhou Tucson Photonics, Fuzhou, China)를 이용하여 0.01 mm까지 측정 한 뒤 스케치하였다. 측정값은 체장과 두장 및 안경에 대한 비율 값(%)으로 변환하여 나타냈다.

### 분자분석

수다꽃동멸과 미동정된 매둥이과 자어 각각 1개체의 total DNA는 오른쪽 눈알로부터 제조사의 protocol을 따라, DNA extraction kit (Bioneer, Dajeon, Korea)를 이용하여 추출하였다. 추출된 total DNA는 PCR (polymerase chain reaction) 실험 전까지  $-18^{\circ}\text{C}$ 에 냉동 보관하였다. Mitochondrial DNA (mtDNA) Cytochrome oxidase subunit I (COI) 영역의 증폭을 위해 FishF2 (5'-TCG ACT AAT CAT AAA GAT ATC GGC AC-3')와 FishR2 (5'-ACT TCA GGG TGA CCG AAG AAT CAG AA-3') primer를 이용하였다(Ward et al., 2005). PCR은 10X PCR buffer 2  $\mu\text{L}$ , 2.5 mM dNTP 1.6  $\mu\text{L}$ , F-primer 0.5  $\mu\text{L}$ , R-primer 0.5  $\mu\text{L}$ , Ex Taq polymerase 0.1  $\mu\text{L}$ , 3차증류수 13.3  $\mu\text{L}$ 를 섞은 PCR mixture에 total DNA 2  $\mu\text{L}$ 를 첨가하여 20  $\mu\text{L}$  volume을 맞춘 후 thermal cycler (MJ mini PCT-1148;

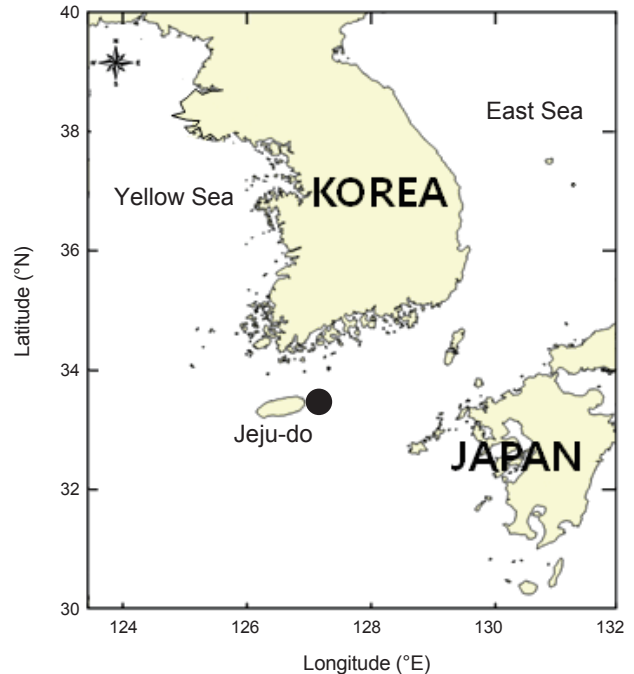


Fig. 1. Map showing the sampling area of postflexion larva of *Synodus kaianus*.

Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 다음과 같은 조건에서 수행하였다[Initial denaturation  $95^{\circ}\text{C}$ 에서 5분; PCR reaction 35 cycles (denaturation  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 30초, annealing  $54^{\circ}\text{C}$ 에서 45초, extension  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 1분), final extension  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 7분]. 반응이 완료된 PCR products로부터 염기서열은 ABI 3730XL sequencer (Applied Biosystems Inc., Waltham, MA, USA)에서 ABI bigdye terminator cycle sequencing ready reaction kit v3.1 (Applied Biosystems Inc.)를 이용해 얻어졌다. 얻어진 염기서열은 National Center for Biotechnology Information (NCBI)에 등록하여 등록번호를 부여받았다(MABIK PI00058308, OM756752; PKUI 993, OM756753). 또한, MtDNA COI 염기서열은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 clustal W (Thompson et al., 1994)를 이용하여 정렬하였다. 유전거리는 MEGA 6 프로그램(Tamura et al., 2013)을 이용하여 Kimura-2-parameter model (Kimura, 1980)로 계산하고 근린결합수(neighbor joining tree)는 1,000번의 bootstrap을 수행하여 작성하였다. 근린결합수 내에서 염기서열을 비교하기 위해 NCBI에 등록된 *Synodus kaianus* (MW287660), 수다꽃동멸 (*Synodus macrops*, MW287662), 꽃동멸 (*Synodus variegatus*, AY524977), 주홍꽃동멸 (*Synodus hoshinonis*, MK777116), 히메치 (*Hime japonica*, KU199129)의 mtDNA COI영역 염기서열을 사용하였다.

**결 과**

*Synodus kaianus* (Günther, 1880) (Table 1; Fig. 2A)

(Korean name: Ka-i-ya-kkoch-dong-myeol)

*Saurus kaianus* Günther, 1880: 50 (type locality; Kai Islands, Indonesia)

*Synodus kaianus*: Cressey, 1981: 25 (Arafura Sea; Western Australia, Australia; South China Sea; Kumanonada Sea and Tosa Bay, southern Japan; Hawaiian Islands); Waples and Randall, 1988: 197 (Hawaii); Lee et al., 1999: 84 (East China Sea); Hutchins, 2001: 20 (Western Australia); Shinohara et al., 2001: 300 (Japan); Nakabo, 2002: 357 (Japan); Mundy, 2005: 201 (Hawaii); Shinohara et al., 2005: 409 (East China Sea); Nakabo, 2013: 419 (Japan); Larson et al., 2013: 47 (Northern Territory, Australia); Ho et al., 2016: 141 (New Caledonia)

**관찰 표본**

표본번호 MABIK PI00058308 (이전번호, PKU 62957), 18.57 mm SL, 2019년 11월, 제주특별자치도 서귀포시 성산읍, RN80 네트.

**비교 표본**

수다꽃동멸, 표본번호 PKUI 993, 19.93 mm SL, 2019년 11월, 제주특별자치도 서귀포시 성산읍, RN80 네트.

**형태 기재**

매통이과 자어 1개체의 계수 및 계측형질은 Table 1에 나타났다. 본 개체는 척색말단(notochord tip) 굴곡이 완료되었고 하미축골(hypural)이 발달하였으며 등지느러미 연조가 정수에 달하지 못하여 후기자어 시기에 해당되었다. 체형은 가늘고 길며 체고는 낮고 항문은 몸의 중앙보다 뒤에 위치하였다(항문장은 체장의 79.7%). 전뇌부(forebrain)와 중뇌부(midbrain) 및 후뇌부(hindbrain)의 경계는 명확하였다. 눈은 크고 원형에 가까우며 직경은 문장과 거의 일치하고 주둥이 끝은 다소 뾰족하였다. 윗턱은 아래턱보다 돌출되어 있고, 주상악골(maxillary)의 후단은 눈의 중앙에 도달하며, 눈의 앞쪽으로 두 쌍의 비공(nasal pore)이 있었다. 소화관을 따라 7개의 원형에 가까운 복강 흑색소포(peritoneal pigment spots)가 일정한 간격을 두고 열을 이루고 모든 복강 흑색소포의 직경은 안경의 65%를 넘지 않았다. 견대(pectoral girdle)의 기부 앞에 제1 복강 흑색소포가 위치하고 제2 복강 흑색소포는 가슴지느러미 연조의 끝보다 뒤에 위치하며 요대(pelvic girdle) 원기 뒤에 제3 복강 흑색소포가 존재하였다. 뒷지느러미 마지막 연조 뒤에 작고 짙은 방사상 흑색소포가 존재하며, 꼬리지느러미 기저 중앙에는 밀집된 상태로 연조를 따라 흑색소포가 분포하였다. 지느러미는 모두 연조로 이루어져 있고 등지느러미 원기는 발달하기 시작했으나 육안으로는 관찰

이 어려웠다. 가슴지느러미, 뒷지느러미 및 꼬리지느러미 주연조(principal caudal ray)는 정수에 도달하였으며 꼬리지느러미 상, 하부 부속연조(procurrent caudal ray)가 출현하기 시작하였다(Table 1, Table 2, Fig. 2A, 2B).

**분자 분석**

매통이과 후기자어 1개체의 분자동정을 위해 mtDNA COI 영역을 증폭하여 520 bp의 염기서열을 확보하였다. 확보한 염기서열을NCBI에 등록된 꽃동멸속 4종 및 외집단의 염기서열과 비교 분석하였다. 그 결과, 매통이과 후기자어 1개체는 *Syno-*

Table 1. Measurements and counts of *Synodus kaianus* and *S. macrops*

	<i>S. kaianus</i>	<i>S. macrops</i>
	MABIK PI00058308	PKUI 993
Stage	Postflexion	Postflexion
Total length (mm)	20.29	21.32
Standard length (SL, mm)	18.57	19.93
Counts		
Dorsal fin rays	Bud	Bud
Anal fin rays	10	10
Pectoral fin rays	11	12
Pelvic fin rays	Bud	Bud
Caudal fin rays	2+10,10+2	5+10,9+5
Measurements (% of SL)		
Preanus length	79.7	77.5
Head length (HL)	13.9	16.4
Predorsal fin length	-	-
Prepectoral length	15.3	16.8
Prepelvic length	29.8	28.7
Preanal fin length	80.3	78.8
Body depth	5.5	6.7
Caudal peduncle depth	3.2	4.2
Measurements (% of HL)		
Eye diameter (ED)	32.1	30.8
Snout length	30.1	22.5
Measurements (% of ED)		
1 <sup>st</sup> peritoneal pigment spot diameter	51.9	56.6
2 <sup>nd</sup> peritoneal pigment spot diameter	44.8	61.7
3 <sup>rd</sup> peritoneal pigment spot diameter	47.4	77.7
4 <sup>th</sup> peritoneal pigment spot diameter	57.1	78.6
5 <sup>th</sup> peritoneal pigment spot diameter	64.9	81.7
6 <sup>th</sup> peritoneal pigment spot diameter	63.5	83
7 <sup>th</sup> peritoneal pigment spot diameter	63.5	77.8

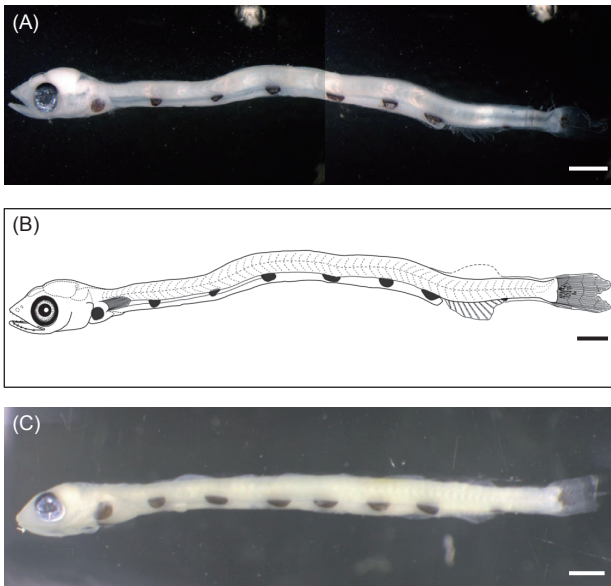


Fig. 2. Photo (A) and illustration (B) of postflexion larva of *Synodus kaianus* (MABIK PI00058308, 18.57 mm SL), photo (C) of postflexion larva of *S. macrops* (PKUI 993, 19.93 mm SL). Scale bars=1.0 mm.

*S. kaianus* 성어와 유전거리 0.006으로 거의 일치하였다. 그 다음으로 *S. macrops*와 유전거리 0.22, *S. variegatus*와 유전거리 0.249 그리고 *S. hoshinonis*와 유전거리 0.255로 유집되었고 외집단 *Hime japonica*와는 유전거리 0.277로 가장 멀리 유집되었다(Fig. 3).

**분포**

한국 제주도 동부 해역(본 연구), 일본(Cressey, 1981; Shinohara et al., 2001), 호주 서부 및 북부(Hutchins, 2001; Larson et al., 2013), 하와이(Mundy, 2005), 뉴칼레도니아(Ho et al., 2016), 동중국해(Shinohara et al., 2005), 남중국해(Cressey,

Table 2. Comparison of peritoneal pigment spots of postflexion larval stage of *Synodus* and *Trachinocephalus* species in North-west Pacific

Species		Number of pigment spots
<i>Synodus kaianus</i>	Present study	7
<i>S. macrops</i>		7
<i>S. fuscus</i>		>10
<i>S. dermatogenys</i>	Ozawa (1986)	>10
<i>Trachinocephalus myops</i>		6

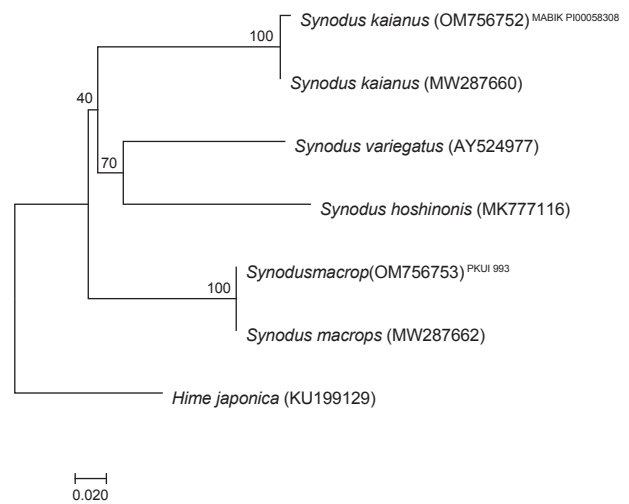


Fig. 3. Neighbor joining tree based on partial mitochondrial DNA COI sequences, showing the relationships among four *Synodus* species and one outgroup *Hime japonica*. The tree was constructed using the kimura 2-parameter model and 1,000 bootstrap replications. The superscripts indicate NCBI registration number and voucher specimen number, respectively. The bottom bar indicates a genetic distance of 0.02.

1981) 등의 인도-태평양 해역에 넓게 분포하며 조하대부터 수심 326 m까지의 해저바닥에 서식한다(Mundy, 2005).

**고찰**

2019년 11월 제주도 동부 해역에서 채집된 자어 1개체는 형태분석 결과, 가늘고 긴 체형에 몸의 후반에 위치하는 항문과 소화관을 따라 존재하는 큰 원형 복강 흑색소포열 및 미부 배쪽면의 흑색소포를 가져 매통이과에 속하였다. 또한, 자어 1개체는 꼬리지느러미 기저부에 흑색소포를 가지고, 배지느러미 원기 뒤에 제3 복강 흑색소포를 가지는 점에서 꽃동멸속(*Synodus*)으로 분류되었다. 분자분석을 수행한 결과, 자어는 *S. kaianus* 성어와 COI영역에서 0.6% 차이를 나타내었다. COI 영역에서 2% 이내의 차이는 종내 변이로 간주되므로(Ward, 2009), 본 종은 형태 및 분자 연구 결과에 따라 우리나라에서 처음 보고되는 꽃동멸속 미기록종인 *S. kaianus*로 동정되었다. *S. kaianus*는 일본의 Kumanonada Sea, Tosa Bay, Hyuganada Sea와 동중국해에서 보고되었고 최근에는 Suruga Bay에서 첫 보고가 있었다(Nakabo, 2013; Iwatsuki et al., 2017; Hata and Nakae, 2021).

본 연구에서 *S. kaianus* 후기자어는 동속의 근연종인 수다꽃동멸(*S. macrops*) 후기자어(PKUI 993)와 체형, 계측형질 및 지느러미의 형성에서 유사한 특징을 보였고 특히 복강 흑색소포가 7개로 같았다(Table 2). 하지만 체장에 대한 문장의 비율값



(MABIK PI00058308, *S. kaianus*, 30.1%; PKUI 993, *S. macrops*, 22.5%)과 안경에 대한 복강 흑색소포 직경의 평균 비율값 (MABIK PI00058308, *S. kaianus*, 56.1%; PKUI 993, *S. macrops*, 69.5%)에서 잘 구분되었다(Table 1).

북서태평양의 매퉁이과 자치어에 대한 Ozawa (1986)의 연구에 의하면, 소화관을 따라 길게 열을 이루며 존재하는 원형의 흑색소포 개수가 매퉁이과 자치어의 주요 식별형질로 알려져 왔다. Ozawa (1986)는 황매퉁이속(*Treachincephalus*), 꽃동멸속(*Synodus*) 및 매퉁이속(*Saurida*)의 3속이 자치어 시기에 항문 전 막지느러미(preanal finfold)에 의해 구분된다고 주장하였다. 즉, 항문 전 막지느러미가 황매퉁이속과 꽃동멸속에는 있지만, 매퉁이속에는 없다. 한편, 황매퉁이속과 꽃동멸속은 복강 흑색소포 개수로 구분되는데 황매퉁이속은 6개 이하인 반면 꽃동멸속은 7개 이상을 가진다(Ozawa, 1986). 꽃동멸속(*Synodus*)의 중간 주요 분류형질에는 복강 흑색소포 개수와 복부 근절(abdominal myomere) 개수가 있는데, 7개의 복강 흑색소포를 가진 꽃동멸속 자치어에는 수다꽃동멸(*S. macrops*)이 있고 모래꽃동멸(*S. fuscus*)와 *S. dermatogenys*는 10개 이상의 복강 흑색소포를 가져 이 2종에 대해서는 복부근절의 개수(*S. fuscus*, 41-43개; *S. dermatogenys*, 47-53개)가 중간 형태적 차이로 알려져 있다(Table 2; Ozawa, 1986; Okiyama, 2014). 그러나, 본 연구에서 *S. kaianus* 역시 수다꽃동멸과 마찬가지로 7개의 복강 흑색소포를 가져 꽃동멸속 내 중간 분류형질로는 부적합해 보인다. 본 연구에서는 수다꽃동멸 후기자치어와 *S. kaianus* 후기자치어를 구분하는 식별형질로 문장과 복강 흑색소포의 직경을 새롭게 제안한다. 즉, 후기자치어에 *S. kaianus*는 문장이 두장의 30%, 복강 흑색소포의 직경이 안경의 44-64%인 반면, 수다꽃동멸은 문장이 두장의 22%, 복강 흑색소포의 직경이 안경의 56-83%이다. 이처럼 초기생활사 단계에서 유사한 형태를 가진 종들을 분자동정 없이 형태만으로 동정할 경우 오동정 사례를 발생시켜 종의 시공간적 분포 밀도를 왜곡하고 나아가 종의 전체 생활사를 이해하는데 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Puncher et al., 2015). 따라서 최근까지 매퉁이과 자치어의 주요 분류형질로 사용되어온 복강의 흑색소포(Ozawa, 1986; Okiyama, 2014)는 속 수준에서 충분히 사용가능한 분류형질로 보이나, 종 수준에서의 분류형질에 대해서 세심한 재검토가 필요할 것으로 사료된다.

Lee et al. (1999)에 의하면 동중국해산 *S. kaianus*성어를 형태 기재하면서 *S. kaianus*의 근연종인 수다꽃동멸과는 윗턱과 아래턱의 상대적인 위치로 구분할 수 있다고 하였다(*S. kaianus*는 윗턱의 앞 끝이 아래턱보다 돌출됨 vs 수다꽃동멸은 윗턱과 아래턱의 앞 끝이 동일함). *S. kaianus*의 국명으로 Lee et al. (1999)이 처음 제안한 “카이야꽃동멸”을 따를 것을 제안한다.

## 사 사

이 논문은 2022년 국립해양생물자원관(2022M01100)의 재

원으로 수행된 연구입니다. 논문을 세심하게 검토해주신 심사위원께 감사드립니다.

## References

- Choi Y, Oh JK and Ra HK. 2003. Fish fauna of the Southern Coastal Waters in Jeju-do, Korea. Korean J Ichthyol 15, 120-126.
- Choi Y. 2012. First record of the lizardfishes, *Synodus fuscus* (Synodontidae, Aulopiformes) from Korea. Korean J Ichthyol 24, 311-313.
- Cressey R. 1981. Revision of Indo-west Pacific lizardfishes of the genus *Synodus* (Pisces: Synodontidae). Smithsonian Contrib Zool 342, 1-53. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.342>.
- Donaldson TJ. 1990. Lek-like courtship by males, and multiple spawnings by females of *Synodus dermatogenys* (Synodontidae). Jpn J Ichthyol 37, 292-301. <https://doi.org/10.11369/jji1950.37.292>.
- Esposito V, Battaglia P, Castriota L, Finio MG, Scotti G and Andaloro F. 2009. Diet of Atlantic lizardfish, *Synodus saurus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Synodontidae) in the central Mediterranean Sea. Sci Mar 73, 369-376. <https://doi.org/10.3989/scimar.2009.73n2369>.
- Fricke R, Eschmeyer WN and Fong JD. 2022. Eschmeyer's catalog of fishes: genera/species by family/subfamily. San Francisco (California Academy of Sciences). Retrieved from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> on Apr 5, 2022.
- Golani D. 1993. The biology of the Red Sea migrant, *Saurida undosquamis* in the Mediterranean and comparison with the indigenous confamilial *Synodus saurus* (Teleostei: Synodontidae). Hydrobiologia 271, 109-117. <https://doi.org/10.1007/BF00007547>.
- Günther A. 1880. Report on the shore fishes procured during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1873-1876. In: Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873-76. Thomson CW, Murray J, Nares GS, Thomson FT, eds. Zool 1, 1-82.
- 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.
- Hata H and Nakae M. 2021. First record of the lizardfish *Synodus kaianus* (Teleostei: Aulopiformes: Synodontidae) from Suruga Bay, Japan. Biogeography 23, 25-29. <https://doi.org/10.11358/bioge0.23.25>.
- He X, Li J, Shen, C, Shi Y, Feng C, Guo J, Yan Y and Kang B. 2019. Length-weight relationship and population dynamics of bombay duck (*Harpadon nehereus*) in the Min River Estuary, East China Sea. Thalassas 35, 253-261. <https://doi.org/10.1007/s41208-018-0117-7>.
- Ho HC, Chen JP and Shao KT. 2016. A new species of the liz-

- ardfish genus *Synodus* (Aulopiformes: Synodontidae) from the western Pacific Ocean. *Zootaxa* 4162, 134-142. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4162.1.6>.
- Hutchins JB. 2001. Checklist of the fishes of Western Australia. *Rec West Aust Mus Suppl* 63, 9-50. <https://doi.org/10.18195/issn.0313-122x.63.2001.009-050>.
- Iwatsuki Y, Nagino H, Tanaka F, Wada H, Tanahara K, Wada M, Tanaka H, Hidaka K and Kimura S. 2017. Annotated checklist of marine and freshwater fishes in the Hyuga Nada Area, southwestern Japan. *Bull Grad Sch Biores Mie Univ* 4, 27-55.
- Ji HS, Yu HJ, Kim JK, Kim DN, Kim ST, Kim JN, Kim HJ, Mun SY, Oh TY, Yu JT, Yun EA, Lee SG, Lee HW, Lee HB, Lim YJ, Jung JM, Choi JH and Hwang GS. 2020. Fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 66-73.
- Kalhor MA, Liu Q, Memon KH, Chang MS and Jatt AN. 2013. Estimation of maximum sustainable yield of Bombay Duck, *Harpodon nehereus* fishery in Pakistan using the CEDA and ASPIC packages. *Pakistan J Zool* 45, 1757-1764.
- Kim JK, Ryu JH, Kim S, Lee DW, Choi KH, Oh TY, Hwang KS, Kim JN, Kwun HJ, Ji HS and Oh JN. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 66-73.
- 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>.
- Larson HK, Williams RS and Hammer MP. 2013. An annotated checklist of the fishes of the Northern Territory, Australia. *Zootaxa* 3696, 1-293. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3696.1.1>.
- Lee JU, Kim YU, Park YC, Moon DY, Kim JB and Kim JK. 1999. Fishes of the Pacific ocean. Hangeul Graphic, Busan, Korea, 252.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2021. National list of marine species. Namu Press, Seocheon, Korea, 23-24.
- Maile AJ, May ZA, DeArmon ES, Martin RP and Davis MP. 2020. Marine habitat transitions and body-shape evolution in lizardfishes and their allies (Aulopiformes). *Copeia* 108, 820-832. <https://doi.org/10.1643/CG-19-300>.
- Mundy BC. 2005. Checklist of the fishes of Hawaiian Archipelago. *Bishop Mus Bull Zool* 6, 1-704.
- Nakabo T. 2002. Synodontidae. In: *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*, 2nd ed. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 351-358.
- Nakabo T. 2013. Synodontidae. In: *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*, 3rd ed. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 412-420.
- Norman JR. 1935. A revision of the lizardfishes of the genera *Synodus*, *Trachinocephalus*, and *Saurida*. *Proc Zool Soc Lond* 105, 99-136. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1935.tb06233.x>.
- Okiyama M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan, 4rd ed. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 271-279.
- Ozawa T. 1986. Japanese synodontid larvae. In: Ozawa T, ed. *Studies on the oceanic ichthyoplankton in the western north Pacific*. Kyusyu University Press, Fukuoka, Japan, 98-111.
- Puncher GN, Arrizabalaga H, Alemany F, Cariani A, Oray IK, Karakulak FS, Basilone G, Cuttitta A, Mazzola S and Tinti F. 2015. Molecular identification of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, Scombridae) larvae and development of a DNA character based identification key for mediterranean scombrids. *PLoS One* 10, 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130407>.
- Russell BC. 1999. Synodontidae. In: *The living marine resources of the Western Central Pacific*. Carpenter KE and Niem WH, eds. FAO, Rome, Italy, 1928-1945.
- Ryu HS, Choi ND and Lee SY. 2014. Food quality and shelf-life of Korean commercial fried Kamaboko. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 211-219. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0211>.
- Sakai T. 2009. Study on the fisheries biology of lizardfishes, *Saurida umeyoshii* in the East China Sea and *Saurida elongata* in Tsushima Korea Strait. *Bull Fish Res Agency* 28, 1-45.
- Shinohara G, Endo H, Matsuura K, Machida Y and Honda H. 2001. Annotated checklist of the deepwater fishes form Tosa Bay, Japan. *Nat Sci Mus Monogr* 20, 283-343.
- 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. *Mono Nati Sci Mus Tokyo* 29, 385-452.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipowski A and Kumar S. 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Mol Biol Evol* 30, 2725-2729. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst197>.
- 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>.
- Waples RS and Randall JE. 1988. A revision of the Hawaiian lizardfishes of the genus *Synodus*, with descriptions of four new species. *Pac Sci* 42, 178-213.
- 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>.
- Ward RD. 2009. DNA barcode divergence among species and genera of birds and fishes. *Mol Ecol Resour* 9, 1077-1085. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2009.02541.x>.
- Yeo MY and Kim JK. 2018. Taxonomic review of the genus *Saurida* (Aulopiformes: Synodontidae) from Korea. *Korean J Ichthyol* 30, 205-216.