

한국 제주도 남동부해역에서 첫 출현한 성대과(양볼락아목), *Lepidotrigla longifaciata* 자어의 분자동정 및 형태기재

장재훈 · 지환성¹ · 유효재² · 김진구*

국립부경대학교 수산생명과학부 자원생물학전공, ¹국립수산과학원 수산자원연구부 연근해자원과,
²국립수산과학원 수산자원연구센터

Molecular Identification and Morphological Description of Larva of the Previously Unrecorded Species *Lepidotrigla longifaciata* (Scopaenoidei: Triglidae) from the Southeastern Sea of Jeju Island of Korea by Jae-hoon Jang, Hwan-Sung Ji¹, Hyo-Jae Yu² and Jin-Koo Kim* (Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea; ¹Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea; ²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea)

ABSTRACT In May 2020, a single larval specimen (5.14 mm in total length) was collected from the southeastern sea of Jeju Island of Korea using bongo net. The specimen was identified as *Lepidotrigla longifaciata* based on mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I sequences. The morphological traits of the *L. longifaciata* larva are as follows: a long snout, a large mouth, large fan-shaped pectoral fins, and black melanophores scattered on the abdominal cavity and nape. We propose the new Korean name 'Gin-meo-ri-dal-jae' for this species, which was first discovered in Korea.

Key words: COI, first record, Korea, larva, *Lepidotrigla longifaciata*, Triglidae

서 론

양볼락아목(Scopaenoidei)에 속하는 성대과(Triglidae) 어류는 열대 및 온대 해역의 대륙붕에서 수심 500 m까지 서식하는 전장 45 cm 미만의 저서성 어류이다(Olim and Borges, 2006; Kim and Song, 2015; Froese and Pauly, 2024). 성대과 어류는 전 세계적으로 9속 132종, 일본에는 3속 20종, 우리나라에는 3속 11종이 보고되어 있다(Motomura, 2020; MABIK, 2023; Fricke *et al.*, 2024). 성대과 어류는 성어 시기에 머리가 골질판으로 둘러싸여 있고 입은 머리 아래쪽에 위치하며 매우 큰 가슴지느러미를 가지는데 하단부의 3개 연조는 분리되어 있다(Umeyoshi and Naoki, 2013; Nelson *et al.*, 2016). 성대과 어류는 자치어 시기에 공통적으로 오리 부리처럼 생긴 큰 입과, 부채 모양으로 생긴 큰 가슴지느러미를 가진다(Okiyama,

2014). 성대과 어류의 자치어 형태에 관한 연구는 Mito (1963)에 의해 수행되었으나 성대(*Chelidonichthys spinosus*) 자치어를 제외하면 대부분 미동정종으로 처리되어(Okiyama, 2014) 성대과 자치어의 정확한 종 분류가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 제주도 주변 해역에서 처음 채집된 성대과 자어 1종의 형태 및 분자 정보를 상세히 기술하고 새로운 국명을 제안하고자 한다.

재료 및 방법

1. 채집

본 연구에서 사용된 성대과 자어 1개체는 2020년 5월 제주도 남동부 해역에서 국립수산과학원 시험조사선에 의해 붓고 넷(망구 80 cm, 망목 330 μ m)로 채집되었다(Fig. 1). 자어는 채집 즉시 10% 해수-포르말린 수용액으로 30분간 고정하고 세척 후, 99% 에탄올 용액으로 치환하여 보관했다. 부

저자 직위: 장재훈(대학원생), 지환성(연구사), 유효재(연구사), 김진구(교수)
*Corresponding author: Jin-Koo Kim Tel: 82-51-629-5927,
Fax: 82-51-629-5931, E-mail: taengko@hanmail.net



Fig. 1. Sampling area for *Lepidotrigla longifaciata* larva.

경대학교로 운반된 자치어는 PKUI 1141 (이후 NIFS_FRRC_I_00267) 번호를 부여받아 분석에 이용되었다.

2. 형태분석

형태분석을 통한 종 동정은 Okiyama (2014)와 Leis and Carson-Ewart (2000)을 따랐다. 계수형질은 가슴지느러미(pectoral fin rays, P₁)와 근절(myomere), 계측형질은 전장(total length, TL), 척색장(notochord length, NL), 항문전장(preanus length), 두장(head length), 가슴지느러미전장(prepectoral fin length), 체고(body depth), 안경(eye diameter), 문장(snout length)을 입체 해부현미경(SZH16, Olympus, Tokyo, Japan)을 사용해 0.01 mm까지 측정하였다. 이후 계측값은 척색장 또는 두장에 대한 백분율(%)로 환산해서 나타내었다(Table 1).

3. 분자분석

Total genomic DNA는 자치어의 오른쪽 눈알을 적출한 후 DNA 추출 키트를 이용하여 추출하였다. 연쇄증합효소반응(polymerase chain reaction, PCR)은 이전에 보고된 Ivanova *et al.* (2007)의 VF2_t1 (5'-TGT AAA ACG ACG GCC AGT CAA CCA ACC ACA AAG ACA TTG GCA C-3')과 FR1d_t1 (5'-CAG GAA ACA GCT ATG ACA CCT CAG GGT GTC CGA ARA AYC ARA A-3') 프라이머를 이용하여 미토콘드리아 DNA의 COI 영역을 대상으로 진행하였다. 사용된 PCR 조건은 다음과 같다: [Initial denaturation 94~95°C, 4~5분; PCR reaction 35 cycles (Denaturation 94°C, 30초; Annealing 50~52°C, 30~45초; Extension 72°C 30~45초), Final extension 72°C, 7분, Infinite hold 4°C]. PCR을 통해 얻은 산물에

Table 1. Proportional measurements and counts of *Lepidotrigla longifaciata* larva

Characters	PKUI 1141
Number of specimen	1
Total length (TL)	5.14
Notochord length (NL)	5.00
Measurements (% of NL)	
Preanus length	44.29
Head length (HL)	26.88
Predorsal fin length	-
Prepectoral fin length	33.14
Prepelvic fin length	-
Preanal fin length	-
Body depth	22.35
Caudal peduncle depth	-
Measurements (% of HL)	
Eye diameter	41.92
Snout length	47.28
Counts	
Dorsal fin rays	-
Anal fin rays	-
Pectoral fin rays	14
Pelvic fin rays	-
Myomeres	34

서 ABI PRISM 3730XL Analyzer (Applied Biosystems Inc., USA)에서 ABI BigDye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit v3.1 (Applied Biosystem Inc., USA)를 통해 염기서열을 얻었다. 염기서열은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 Clustal W (Thompson *et al.*, 1994)을 이용하여 정렬하였다. 유전거리는 MEGA XI (Tamura *et al.*, 2021)를 사용하여 Kimura 2-parameter (Kimura, 1980)로 계산하였다. 정확한 종을 확정짓기 위해 Neighbor joining (NJ) tree를 작성하였고 bootstrap은 1,000번 수행하였다. 종을 확정짓기 위해 NCBI에 등재된 성대 (*Chelidonichthys spinosus*, HM180502), 꼬마달재 (*Lepidotrigla guentheri*, ON398636), 쌍뿔달재 (*L. alata*, MZ442599), 히메성대 (*L. hime*, NC046763), 밑성대 (*Pterygotrigla hemisticta*, OQ385690)를 사용했고, 일본에서 대여받은 *L. longifaciata* 성어의 근육시료 (KAUM 100525)를 사용했으며 외집단으로 뿔횃대 (*Enophrys diceraus*, NC022147)를 사용하였다.

결 과

Lepidotrigla longifaciata Yatou, 1981
(New Korean name: Gin-meo-ri-dal-jae)



Fig. 2. Photograph (A) and drawing (B) of the *Lepidotrigla longifaciata* larva (PKUI 1141, 5.14 mm TL). Scale bars indicate 1 mm.

Lepidotrigla longifaciata Yatou, 1981: 263 (type locality: Tosa Bay, Japan); Ochiai and Yatou, 1984: 334 (Japan); Yatou, 1985: 579 (Japan); Richards, 1992: 62 (Indo-West Pacific); Umeyoshi and Naoki, 2013: 725 (Japan).

1. 관찰표본

표본번호 PKUI 1141, 1개체, 전장 5.14 mm, 척색장 5.00 mm, 제주도 남동부 해역 (32°59.09'N, 127°40.25'E), 2020년 5월, 붕고네트로 채집.

2. 기재

체고는 척색장의 22.35%로 몸은 가늘고 길었다. 항문전장은 척색장의 44.29%로 항문은 몸의 중앙보다 앞쪽에 치우쳐 있었다. 문장은 두장의 47.28%로 주둥이가 매우 큰 편이었다. 머리의 등쪽 가장자리는 S자 형태로 완만하게 휘어져 있었다. 입은 매우 커서 위턱의 뒤끝이 동공의 중앙에 닿아 있었다. 아래턱은 등쪽으로 심하게 한번 꺾여 있었다. 눈은 적당히 크고 머리 중앙에 위치하였다. 눈의 바로 앞쪽에 1개의 큰 콧구멍이 있었다. 머리와 새개부에는 아직 가시가 관찰되지 않았다. 가슴지느러미 기저는 매우 길어 하단부가 복강 중앙까지 뻗어 있고 가슴지느러미 뒤끝은 항문 너머로 뻗어 있었다. 가슴지느러미(14개)를 제외한 나머지 지느러미는 아직 관찰되지 않았다. 근절 수는 34개였다 (Table 1, Fig. 2).

3. 흑색소포

머리에는 흑색소포가 드물게 산재하였다. 머리의 이낭(Otic capsule) 부위에 다양한 크기의 점상 흑색소포가 산재하고 눈 뒤쪽 내부에 2개의 큰 점상 흑색소포가 나타났다. 꼬리 부위에는 전혀 흑색소포가 없지만, 꼬리 말단 근처의 배쪽에 1개의 점상 흑색소포가 나타났다. 목덜미와 복강에는 전체적으로 작은 흑색소포들이 두꺼운 띠처럼 산재하였다. 목덜미에는 작은 점상의 흑색소포와 큰 성상의 흑색소포가 불규칙적으로 산재하였다. 복강은 점상, 성상의 흑색소포가 항문까지 전체적으로 산재하였다. 가슴지느러미 기저에는 성상의 흑색소포가 나타났다 (Fig. 2).

4. 분포

한국 제주도 남동부 해역 (본 연구), 남일본 (Umeyoshi and Naoki, 2013), 동중국해 (Yatou, 1981).

5. 분자분석

본 연구에서 사용한 성대과 자어 1개체의 미토콘드리아 DNA COI 염기서열 477 bp는 미국국립생물정보센터 (NCBI)에 등록하였다 (등록번호: PP203291). 관찰한 자어의 염기서열은 NCBI에 등록된 성대과 5종 (*Chelidonicichthys spinosus*, *Lepidotrigla alata*, *Lepidotrigla hime*, *Lepidotrigla gentheri*, *Pterygotrigla hemisticta*) 및 일본에서 대어한 달재속 1종 (*L.*

Table 2. Mean genetic distances among 6 species of Triglidae based on mtDNA COI sequences

	1	2	3	4	5	6	7
1. PKUI 1141							
2. <i>L. longifaciata</i> (KAUM100525)	0.00%						
3. <i>L. alata</i> (MZ442599)	6.47%	6.47%					
4. <i>L. guentheri</i> (ON398636)	5.60%	5.60%	6.05%				
5. <i>L. hime</i> (NC046763)	2.37%	2.37%	7.40%	5.82%			
6. <i>P. hemisticta</i> (OQ385690)	16.56%	16.56%	16.00%	15.26%	18.51%		
7. <i>C. spinosus</i> (HM180502)	14.14%	14.14%	14.92%	12.41%	13.34%	19.68%	
8. <i>E. diceraus</i> (NC022147)	26.07%	26.07%	25.42%	24.04%	25.17%	24.92%	22.00%

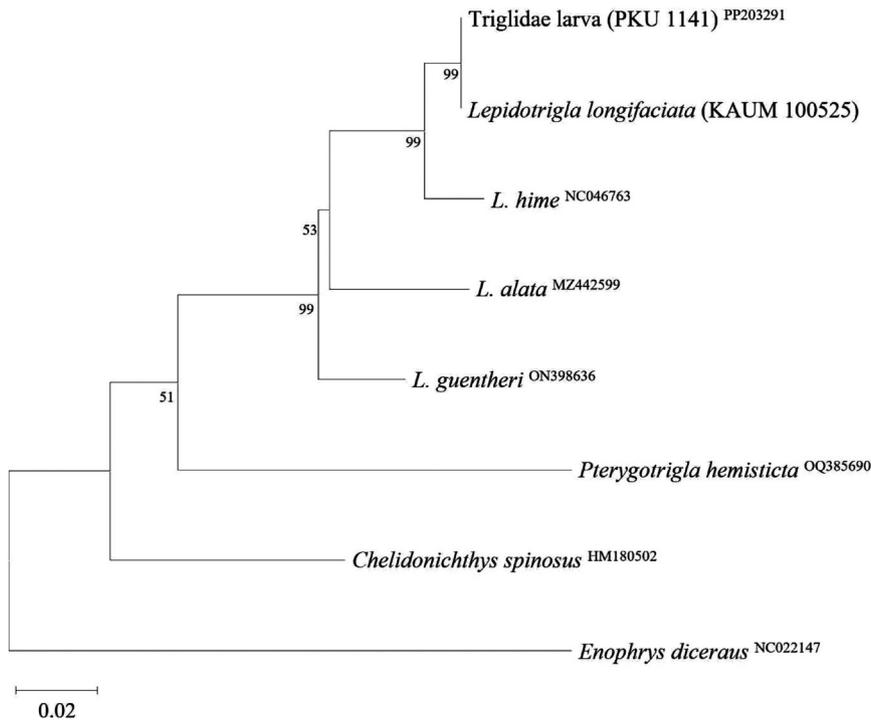


Fig. 3. Neighbor joining tree constructed by mitochondrial DNA COI sequences among *Lepidotrigla longifaciata* and 6 Triglidae spp., and *Enophrys diceraus* was chosen as an outgroup. Scale bar indicates genetic distance of 0.02. Parenthesis and superscript indicate voucher number and NCBI registration number, respectively.

*longifaciata*의 염기서열과 비교한 결과, *L. longifaciata*와 100% 일치하였다(Fig. 3). 자어는 *L. longifaciata*에 이어 히메 성대(*L. hime*, NC046763)와 가깝게 유집되었으며($d=2.37\%$), 그 뒤를 이어 꼬마달재(*L. guentheri*, ON398636)와 가깝게 유집되었다($d=5.60\%$). 한편 자어는 성대 및 밑성대와 각각 14.14%, 16.56%로 매우 큰 차이를 보였다(Table 2, Fig. 3).

고찰

2020년 5월 제주도 남동부 해역에서 채집된 성대와 자어 1

개체를 대상으로 분자분석을 수행한 결과, 우리나라에서 아직 보고된 적 없는 *Lepidotrigla longifaciata*로 확인되었다(Fig. 2). *L. longifaciata*의 경우 국내외적으로 자어 연구가 전무한 실정이다. 일본의 경우 성대(*C. spinosus*)를 제외한 대부분의 성대와 자치어들이 미동정종(sp.)으로 처리되고 있어(Okiyama, 2014), 성대와 자치어의 정확한 종 분류가 시급한 실정이다. 본 연구에서 사용한 성대와 자어를 다른 달재속(*Lepidotrigla*) 자어들과 비교했을때 오리 부리처럼 생긴 입, 부채 모양의 큰 가슴지느러미를 비롯하여 전체적인 체형에서 매우 유사하였다(Okiyama, 2014). 그러나 목덜미와 복강에 전체적으로 크고 작은 흑색소포가 나타나는 점에서 다른 달재

속 자어와 차이를 보였다 (Fig. 2; Okiyama, 2014). Okiyama (2014)가 보고한 *Lepidotrigla* sp.1 전기자어(4.5 mm SL)의 경우 *L. longifaciata*와 달리 꼬리의 등쪽 및 배쪽에 점 모양 또는 별 모양의 흑색소포를 가져 잘 구분되었으며, *Lepidotrigla* sp.2 (9.5 mm SL), *Lepidotrigla* sp.3 (8.8 mm SL)의 경우 모두 치어인 점에서 직접적인 비교가 어려웠다. 다른 속이지만 성대 (*C. spinosus*)의 경우 전기자어(4.2 mm TL)부터 치어(11.8 mm SL)에 이르기까지 몸과 꼬리에 흑색소포가 진하게 고루 분포하는 점에서 (Okiyama, 2014) *L. longifaciata*와 잘 구분되었다.

본 연구에서 사용된 *L. longifaciata* 자어는 제주도 남동부 해역에서 채집되었는데 (Fig. 1), 이는 본종의 성어가 제주도 해역을 산란장 또는 성육장으로 이용할 수 있음을 시사한다. 이전 연구에 따르면 *L. longifaciata* 성어는 동중국해의 대륙붕 가장자리를 따라 수심 180~310 m까지 분포하는 것으로 알려져 있었다 (Yatou, 1981). 따라서 최근 한반도 주변해역의 빠른 수온 상승 (Jung *et al.*, 2013)을 고려하면 본종이 제주도 주변 해역에서 서식할 가능성도 배제할 수 없다. 이처럼 수온 상승에 따른 해양어류의 산란장 또는 성육장 복상 연구는 한반도 주변해역의 종다양성 또는 생태계 변화를 예측하는 데 중요한 단서를 제공해 줄 것이다.

요 약

2020년 5월 제주도 남동부 해역에서 붕고네트로 성대과 자어 1개체 (전장 5.14 mm)가 채집되었다. 본종은 mtDNA COI 염기서열 분석을 통해 우리나라에서 처음 보고되는 달재속 1 미기록종, *Lepidotrigla longifaciata*로 확인되었다. 본종의 전기자어의 형태적 특징은 긴 주둥이, 큰 입, 부채 모양의 큰 가슴지느러미를 가지며, 흑색소포는 복강과 목덜미에만 관찰되었다. 우리나라에서 처음 발견된 본종의 신국명으로 ‘긴머리 달재’를 제안한다.

사 사

표본 채집에 도움을 주신 국립수산물과학원 시험조사선 직원, 비교 표본을 대여해 주신 가고시마대학교 Motomura 교수, 그리고 본 논문을 세심하게 검토해 주신 두 심사위원께 감사드립니다. 본 연구는 국립수산물과학원 근해어업자원조사 (R2024001) 및 국립해양생물자원관 ‘해양생명자원 기탁등록 보존기관 운영 (2024)’ 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Fricke, R., W.N. Eschmeyer and R. Van der Laan. 2024. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, reference. <http://research.archive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcat/main.asp>. Electronic version accessed 06. Feb. 2024.
- Froese, R. and D. Pauly. 2024. FishBase. Scorpaenoidei. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=154247> on 25. Feb. 2024.
- Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp. Ser.*, 41: 95-98. https://doi.org/10.14601/PHYTOPATHOL_MEDITERR-14998u1.29.
- Ivanova, N.V., T.S. Zemlak, R.H. Hanner and P.D.N. Hebert. 2007. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding. *Mol. Ecol. Notes*, 7: 544-548. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01748.x>.
- Jung, S.G., S.M. Ha and H.N. Na. 2013. Multi-decadal in fish communities Jeju Island in relation to climatic change. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 186-194. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0186>.
- Kim, J.S. and C.B. Song. 2015. First record of the antrorse spined gurnard *Pterygotrigla multiocellata* (Triglidae, Scorpaeniformes) from Korea. *Fish. Aquat. Sci.*, 18: 283-286. <https://doi.org/10.5657/FAS.2015.0283>.
- 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>.
- Leis, J.M. and B.M. Carson-Ewart. 2000. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: An identification guide to marine fish larvae. Brill, Sydney, Australia, Vol 2, 850pp.
- MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2023. National List of Marine Species. Namu Press, Seocheon, Korea, 147pp.
- Mito, S. 1963. Pelagic fish eggs from Japanese waters - VIII. Cottina. *Japan. J. Ichthyol.*, 11: 65-79.
- Motomura, H. 2020. List of Japan's all fish species. Current standard Japanese and scientific names of all fish species recorded from Japanese waters. Kagoshima Univ. Mus., Kagoshima, Japan, 560pp.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and V.H. Wilson. 2016. Fishes of the World, 5th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, U.S.A., 770pp.
- Ochiai, A. and T. Yatou. 1984. Family Triglidae. In: Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino (eds.), *The Fishes of the Japanese Archipelago*, 1st ed. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, pp. 333-334.
- Okiyama, M. 2014. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, pp. 636-640.
- Olim, S. and T.C. Borges. 2006. Weight-length relationships for

- eight species of the family Triglidae discarded on the south coast of Portugal. *J. Appl. Ichthyol.*, 22: 257-259. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00644.x>.
- Richards, W.J. 1992. Comments on the genus *Lepidotrigla* (pisces: Triglidae) with descriptions of two new species from the Indian and Pacific oceans. *Bull. Mar. Sci.*, 51: 45-65.
- Tamura, K., G. Stecher and S. Kumar. 2021. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.*, 38: 3022-3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.
- Thompson, J.D., D.G. Higgins and T.J. Gibson. 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>.
- Umeyoshi, Y. and Y. Naoki. 2013. Family Triglidae. In: Nakabo, T. (ed.), *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*, 3rd ed. Tokai Univ. Press, Kanagawa, Japan, pp. 720-726.
- Yatou, T. 1981. A new triglid fish, *Lepidotrigla longifaciata*, from Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 28: 263-266. <https://doi.org/10.11369/jji1950.28.263>.
- Yatou, T. 1985. *Lepidotrigla longifaciata*. In: Okamura, O. (ed.), *Fishes of the Okinawa Trough and the adjacent waters. The intensive research of unexploited fishery resources on continental slopes*. Japan Fish. Res. Conserv. Associ., Tokyo, Japan, Vol II, pp. 576-577.