

01 2025.02
Vol. 20

수중과학기술

UNDERWATER

Science & Technology



ATLANTS 김동식 박사, 군산대학교 김지현 교수 제공

The Korean Society of Underwater Science & Technology (KOSUST)

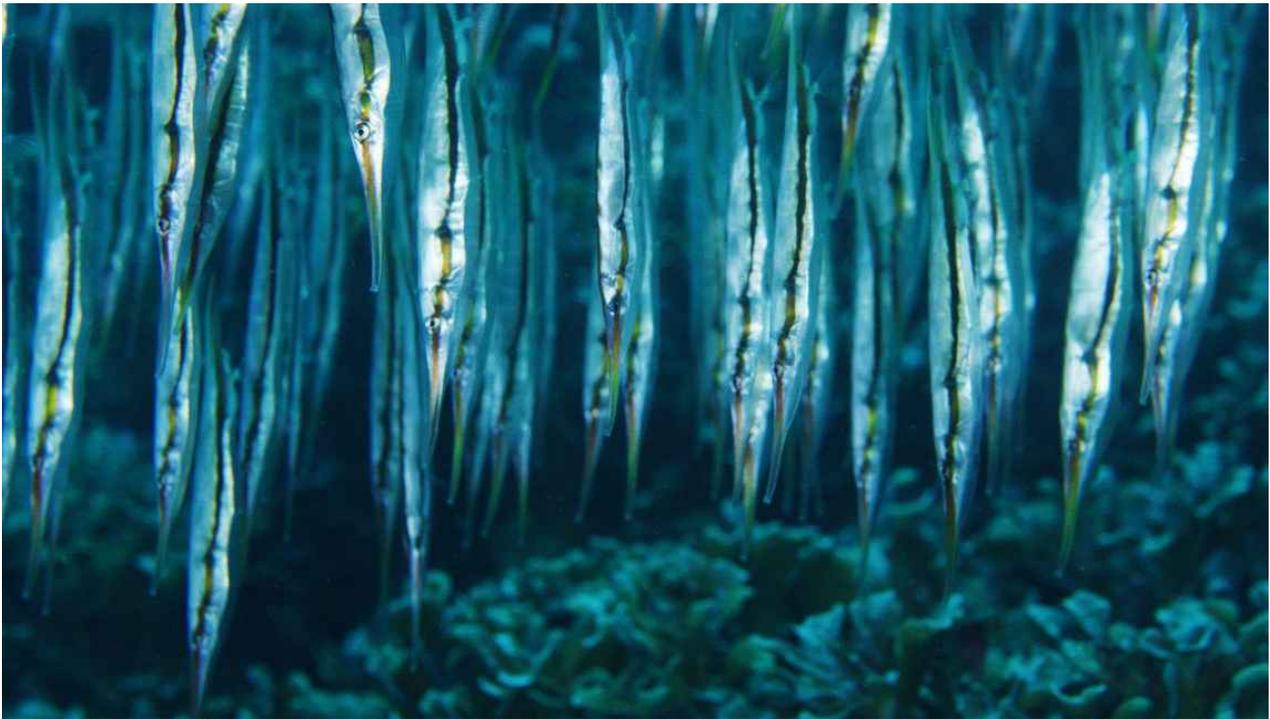
- **Honorary advisor** : Byungdoo Lee(Korea Underwater Association), Jong Geel Je(Institute of Fisheries Resources Ecology),
Jung-Goo Myoung(Institute of Fisheries Resources Ecology)
- **President** : Pil Soon Jang(SEATECH CO., LTD)
- **Vice President** : Ji-Hyun Kim(Kunsan National University), Jae Ick Chae(Interocean Co., Ltd.)
- **Secretary** : Hyeong-Geun Pyo(Korea Scientific Diving Institute Co., Ltd.)
- **Director**
Dongsik Kim(ATLANTIS Production), Yeung Hoon Kim(Chungnam Marine Science High School), Chang Mo Kim(Busan Underwater Association), Hyung-Wook Do(T. K LEPORTS), Jun Sang Jung(Seoul Commercial Diving Academy), Chang-Ho Jung(Korea Scientific Diving Institute Co., Ltd.), Kyung-Hee Cho(Bluemarine), Sung Ki Lee(Passnet)
- **Auditors** : Sang Hack Choi(Seamorning Co., Ltd.), Soon-Tae Yoon(DOCUKOREA)

Underwater Science & Technology Editorial Board

- **Editorial Advisers** : Pil Soon Jang(SEATECH CO., LTD), Jong Geel Je(City and Nature Institute),
Jung-Goo Myoung(Institute of Fisheries Resources Ecology), Ji-Hyun Kim(Kunsan National University)
- **Executive Managing Editors** : Pil Soon Jang(SEATECH CO., LTD), Hyun-Gwan Lee(Chonnam National University)
- **Editors-in-Chief** : Dong-Ha Nam(Chonnam National University), Chungoo Park(Chonnam National University)
- **Executive Secretary** : Eun-Hee Kim(Kunsan National University)
- **Subject Editors** : Jong Geel Je(City and Nature Institute), Jung-Goo Myoung(Institute of Fisheries Resources Ecology),
Ji-Hyun Kim(Kunsan National University), Byung-Jik Kim(National Institute of Biological Resources),
Won-Gi Min(Korea Institute of Ocean Science & Technology), Young Jin Oh(Ministry of Oceans and Fisheries),
Hyun-Gwan Lee(Chonnam National University), Chungoo Park(Chonnam National University),
Dong-Ha Nam(Chonnam National University), Dongsik Kim(ATLANTIS), Chang-Ho Jung(CMAS KOREA)

● Subject	Subcommittee-in-charge	Editorial Board Member
Diving	Dongsik Kim	Yeung Hoon Kim
Occupational Environment	Hyun-Wook Do	Mu Youl Kim
Communication	Chang-Ho Jung	Kyung-Hee Cho, Kwang Sig Shin
Focus-on	Jooyoun Park	Sang Jun Kim
Photo · Picture · Book	Chang Mo Kim	Bi Kim, Eun-Hee Kim, Manuk Lee
Education	Won Jin Choi	Sanguk Kim, Dong Lip Jang
PR · Business	Sang Hack Choi	Soon-Tae Yoon, Young Su Han, Jung-Suk Oh
Data Archive	Seong-Heon Kim	Jin Young Moon, Kwang-Hyun Cho
Project · Cooperation	Yong-Soo Gang	Hyeong-Geun Pyo
Art · Design	Kwang-Hyun Cho	
AWARD	Editorial Advisers	
Diving Engineering ·	Editorial Advisers ·	Jun Kang, Sung Ki Lee, Dong Lip Jang, Won Jin Choi
Diving Medicine ·	Editorial Board Members ·	
Diving Archeology ·	Subject Editors	
Marine Environment ·		
Underwater/Marine Data Science ·		
Underwater/Marine AI ·		
Marine Biology ·		
Marine Physics ·		
Marine Chemistry · etc		

수중과학기술
Underwater Science & Technology
제 20권 제 1호 2025년 2월



▮ Razorfish *Aeoliscus strigatus* (ATLANTIS 김동식 박사 제공)

SECTION A - CONTENTS

- ▮ 망둑어목 청황문절과에 속하는 한국 첫 기록종 어류, *Ptereleotris microlepis* ▮ 김병직, 안정현, 김상길 ▮ 1 - 7
- ▮ 2023년 삼척 연안바다목장 수산자원량 추정 연구 ▮ 김광복, 최상학, 강준 ▮ 8 - 22

- ▮ *Ptereleotris microlepis*, a new record of the Blue gudgeon (Gobiiformes: Microdesmidae) from Korea
▮ Byung-Jik Kim, Jung-Hyun An, Sang-Kil Kim ▮ 1 - 7
- ▮ A study on the estimation of fisheries resources at Samcheok marine ranching area in 2023
▮ Gwang Bok Kim, Sang Hack Choi, Kang Jun ▮ 8 - 22

망둑어목 청황문절과에 속하는 한국 첫 기록종 어류, *Pt. microleips*

김병직^{1*}, 안정현¹, 김상길²

¹국립생물자원과 생물다양성연구부

²패디다이빙교육센터 굿다이버

Ptereleotris microlepis, a new record of the Blue gudgeon (Gobiiformes: Microdesmidae) from Korea

Byung-Jik Kim^{1*}, Jung-Hyun An¹, Sang-Kil Kim²

¹Biodiversity Research Department, National Institute of Biological Resources, Incheon Republic of Korea, 22689

²PADI 5 Star IDC Center, Good Diver, Jeju, Republic of Korea, 63558



요약

제주도 남부 연안역에서 채집된 3개체(표준체장 56.5~83.7mm)의 표본을 근거로 망둑어목(Gobiiformes) 청황문절과(Microdesmidae)에 속하는 *Ptereleotris microlepis*를 한국 첫 기록종으로 보고한다. 이 종은 등지느러미 기조수 VI-I, 25~27, 뒷지느러미 기조수 I, 25~26, 가슴지느러미 기조수 22~24, 새파수 27~29이며, 고정 후 가슴지느러미 기저에 폭좁은 흑색띠가 있는 점이 특징이다. 신선할 때 꼬리지느러미가 노랑색인 점에서 신한국명 '노랑꼬리청황문절'을 제안한다.

주제어: *Ptereleotris microlepis*; 한국첫기록종; 형태 기재; 제주도; 청황문절과

Abstract

Based on three specimens (56.5~83.7 mm SL) collected from the southern coastal waters of Jeju Island, *Ptereleotris microlepis* is described as the first record from Korea. It is characterized by having a dorsal fin with VI-I, 25~27 rays, anal fin with I, 25~26 rays, pectoral fin with 22~24 rays, 27~29 gill rakers, and a blackish thin band on pectoral fin base after preservation. We propose a new Korean name, "No-rang-ggo-ri-cheong-hwang-mun-jeol", for the species referring to having a yellowish caudal fin when fresh.

Keywords: *Ptereleotris microlepis*; new Korean record; description; Jeju Island; Microdesmidae

1. Introduction

Recently Im et al. (2023) reported the Blackfin dartfish¹, *Ptereleotris evides* (Jordan and Hubbs 1925)² as a new record from Korea based on a single juvenile specimen collected at a tidal pool located at the southern coast of Jeju Island, Korea. Because three dartfishes (Microdesmidae) comprising *Parioglossus dotui* Tomiyama 1958,³

Pterogobius hanae (Jordan and Snyder 1901),⁴ and *Pt. heteroptera* (Bleeker 1855)⁵ have been recognized as indigenous species of Korea to date (Kim et al. 2005; NIBR 2019),⁶⁻⁷ *Pt. evides* was the fourth dartfish from Korea. From the first half of the year 2021, the authors are involving the citizen participation activities to clarify the fishfauna around the Seopseom Island, located in

*Corresponding author(s): Byung-Jik Kim, E-mail: kimbyungjik@gmail.com, Tel: +82-32-590-7037

Received August 20, 2024

Revised December 5, 2024

Accepted December 11, 2024

Published February 15, 2025

the southern coast of Jeju-do, Korea, collaborating with regional SCUBA divers, namely Fish Class Jeju operated by Jeju Good diver. During this underwater survey, three *Ptereleotris* species including above two species except for *Pa. dotui* as well as an unrecorded dartfish from Korea were observed in the subtidal zone of the island. The unrecorded dartfish was hovering in small groups above the rocky or sandy bottoms at a depth of 10~18 m of the island. It was characterized by having an elongate and slightly compressed, pale bluish gray body with well separated pelvic fins. After examination of external morphological features of three specimens collected, they were identified as *Pt. microlepis* (Bleeker 1856)⁸ which is widely distributed from Red Sea and Indo-Pacific (Randall and Hoese 1985; Fricke et al. 2024),⁹⁻¹⁰ except for the Korean waters until now. We, therefore, report *Pt. microlepis* as the first record from Korea on the basis of these scientific materials collected from the southern coastal waters of Jeju-do Island with a detailed morphological description in this work

2. Materials and Methods

The fish specimens were collected using a combination of a hand net and a barrier net (1×3 m, mesh size 8 mm) with SCUBA gear at a depth of 15 m on the sandy bottom of the southern coastal waters of Jeju-do Island, Korea on October, 2021 and November, 2023. They were anesthetised with MS-222 in the field according to the guideline of the Animal Research Ethics Regulations of the National Institute of Biological Resources, Korea (NIBR), fixed with 10% formalin solution, and transferred into 75 % ethyl alcohol for long-term preservation. Counts and measurements are those of Randall and Hoese

(1985).⁹ Vertebral count was taken from radiograph. The specimens examined are deposited in the fish collection of the NIBR, Korea as voucher.

3. Results and Discussion

Ptereleotris microlepis (Bleeker, 1856)

[New Korean name: No-rang-ggo-ri-cheong-hwang-mun-jeol]

(Fig. 1; Table 1)

Eleotris microlepis Bleeker 1856: 102 (type locality : Banda Islands, Molucca Islands, Indonesia).⁸

Ptereleotris microlepis: Yoshino in Masuda et al. 1984: 246 (Japan); Randall and Hoese 1985: 22 (Indo-Pacific); Randall and Goren 1993: 28 (Maldives); Akihito et al. 2013: 1548 (Chiba, Kanagawa, Wakayama, Tokushima, Kochi prefectures, Yakushima, Ryukyu Islands, Japan); Hayashi and Shiratori 2003: 205 (Izu Peninsula, Kochi Prefecture, Ryukyu Islands, Japan); Senou et al. 2004: 506, photos (Sawara Bay, Izu Peninsula, Kii Peninsula, Kochi Prefecture, Amami Oshima Island, Okinawa Islands, Yaeyama Islands, Miyako Islands, Japan); Fujiwara et al. 2020: 38, fig. 5J (Kagoshima, Japan); Low 2021: 1 (Singapore).^{9, 11, 12-17}

Materials examined. NIBR-P0000092854~92855, 2 specimens, 56.5 mm in standard length (SL), 63.5 mm SL, 8 October 2021, 15 m depth, off Bomok-dong, Seogwipo-si, Jeju-do, Korea; NIBR-P0000112801, 1 specimen, 83.7 SL, 9 November 2023, 15 m depth, off Bomok-dong, Seogwipo-si, Jeju-do, Korea.



Fig. 1. *Ptereleotris microlepis* (NIBR-P0000112801, 83.7 mm SL) collected from the southern coastal waters of Jejudo Island, Korea. A, fresh specimen; B, preserved specimen.

1. Description.

Dorsal fin rays VI-I, 25~27; anal fin rays I, 25~26; pectoral fin rays 22~24; pelvic fin rays, I, 4; branched caudal fin rays 7+6; gill rakers 6~7+21~22=27~29, one at angle included in lower arm; longitudinal scale rows ca. 168¹; vertebrae 26. Proportion of percentage in SL: body depth 14.7~16.8 (mean 15.7); body width 9.7~10.6 (10.0); head length 19.7~21.8 (20.8); snout length 5.3~5.7 (5.5); upper jaw length 7.2~7.6 (7.4), its posterior tip reaching anterior margin of orbit; eye diameter 4.5~5.1 (4.9); interorbital width 5.4~6.0

(5.7); predorsal length 25.2~28.0 (26.2); preanal length 53.3~54.7 (53.8); caudal peduncle length 10.3~10.6 (10.5); caudal peduncle depth 10.4~10.9(10.6); length of first dorsal spine

6.5~10.1 (8.1); length of longest dorsal soft ray 12.0~18.9 (15.4); base of first dorsal fin 22.2~22.5 (22.3); base of second dorsal fin 41.9~45.6 (43.3); length of anal spine 6.5~6.9 (6.7); length of longest anal soft ray 11.3~14.5 (12.7); base of anal fin 38.2~40.1 (39.0); caudal fin length 21.4~32.5 (25.5); length of longest caudal filament 21.4~32.1 (25.8); pectoral fin length 15.4~16.2 (16.0); pelvic fin length 17.0~22.3 (18.8). Superscript means the number of specimen examined.

Body elongate and compressed. Snout short. No barbel on chin. Mouth oblique, lower jaw

Table 1. Comparison of major counts and measurements of *Pterelotris microlepis*.

	Present study	Bleeker (1856)	Randall and Hoese (1985)
Locality	Korea (Jejudo Island)	Banda, Indonesia	Red Sea and Indo-Pacific
Standard length (mm, SL)	56.5~83.7 (n=3)	68.0 (n=1)	20.0~90.0 (n=411)
Counts			
Dorsal fin rays	VI-I, 25~27	VI-I, 27~28	VI-I, 25~29
Anal fin rays	I, 25~26	I, 27~28	I, 24~27
Pectoral fin rays	22~24	23	21~24
Gill rakers	6~7+21~22	-	6~7+19~23
Measurements			
Body depth in SL	4.5~5.1	-	5.5~7.0
Fifth dorsal spine in head length	1.0~1.8	-	1.1~1.4
Barbel on chin	Absent	-	Absent
Black narrow band of pectoral fin	Present	-	Present

projecting than upper jaw, upper jaw with an outer row of stout, recurved canine teeth and an inner band of villiform teeth; vomerine teeth present or absent; no teeth on palatines or tongue; nostrils in front of upper part of orbit, anterior one short membranous tube, posterior one small opening without rim. Eye moderate, interorbital region rather broad and round. Dorsal fins double, both fins nearly separated, second dorsal higher than first dorsal fin, all spines, thin and curved posteriorly. Second dorsal and anal fins opposite, their bases longer (about five times) than distance from end of each fin to base of caudal fin. Anal fin slightly elevated anteriorly. Pectoral fin rather short, broadly round, its posterior tip not reaching a vertical at origin of sixth dorsal spine. Pelvic fin moderately long and separated. Caudal fin emarginate, both lobes slightly prolonged as filament in adult, upper part longer than lower.

Small scales on nape extending forward to about midway between upper end of gill opening and posterior end of orbit; scales on body cycloid, small, embedded, and close-set. Cephalic sensory system as follows: anterior oculoscapular canal with B', D, E, F, and H'. D singular, between

interorbitals; preopercular canal with M' and O'.

Color when fresh. Head bluish dorsally and greyish ventrally with polished short blue lines or irregular spots. Anterior half of body bluish, posterior half of body dark yellowish brown; many pale yellowish vertical lines on body. Upper

half of first dorsal fin yellowish red with a reddish dorsal margin, lower part with bluish and yellowish longitudinal lines. Second dorsal fin pale orangish yellow with a reddish dorsal margin; fin rays orangish and irregular orangish speckles on each fin membranes. Pectoral fin transparent with a blackish band sandwiched by bluish lines at lower base; pectoral base pale orangish. Pelvic fin pale orangish. Anal fin pale orangish with a light blue and a orangish lines along its base. Caudal fin dark yellowish, its dorsal margin reddish and several orangish radials from caudal peduncle to posterior part of caudal fin.

Color after preservation. Head and body nearly uniformly pale beige. All fins same as body color except for pectoral fin with a thin blackish line at lower base.

2. Distribution

Known from Red Sea and Indo-West Pacific, *i.e.*, South Africa, East Africa, Persian Gulf and Madagascar east to Hawaiian Islands, Line Islands and Tuamotu Archipelago, north to Korea (Jejudo Island) and Chiba Prefecture, Japan, south to

Western Australia, New South Wales, New Caledonia and Tonga (Masuda et al. 1984; Randall and Hoese 1985; Senou et al. 2004; Akihito et al. 2013; Fricke et al. 2024; present study for Korea).^{9-11, 13, 15}

3. Ecological notes

According to the unpublished survey data by the Fish Class Jeju of Jeju Good diver, the species was observed several to dozens of individuals swimming in small groups over rocky or sandy bottoms at the depth of 5~18m in the subtidal zone of northern Seopseom Island, Jeju-do, Korea since 2021 (mainly observed consecutively from September to January).

4. Remarks

Because the specimens collected from the southern coastal waters of Jejudo Island, Korea is characterized by having an elongate compressed body with two dorsal fins separated, emarginated caudal fin, and well-separated pelvic fins as well as hovering behavior and bluish gray body colour when alive in underwater, it was readily identified as a member of the genus *Ptereleotris* belongs to family Microdesmidae. In the genus *Ptereleotris*, totally 21 valid species have been recognized worldwide (Froese and Pauly 2022)¹⁸ and about half of them (at least 11 species) from the northwestern Pacific including Korea, Japan, and Taiwan (Kim et al. 2005; Shen and Wu 2011;

Akihito et al. 2013).^{6, 13, 19} The present specimens were well accordance with morphological characteristics of *Pt. microlepis* by Randall and Hoese (1985)⁹ with some exceptions as well as the original description of *Eleotris microlepis* Bleeker in having no barbel on chin, no filamentous ray on both caudal lobes, and a prominent black band on pectoral fin base. We, therefore, the present specimens collected from the southern coastal waters of Jejudo Island, Korea identified as *Pt. microlepis* finally (Table 1).

From Korea, totally three species consisting of *Pt. evides*, *Pt. hanae*, and *Pt. heteroptera* have been recognized as indigenous species from Korea in the genus *Ptereleotris* to date (Yoo et al. 1995; Kim et al. 2005; Im et al. 2023).^{1,6,21} The present species was, therefore, the fourth species in the genus as well as the first record from Korea. Kim et al. (2009) listed two darfishes of *Pt. hanae* and *Pt. heteroptera* in the checklist of fishes in Jejudo Island, Korea²⁰, however, the record of the latter was based on the Yoo et al. (1995)'s underwater photograph which was taken in the off Jejudo, Korea lacking any detailed information of the occurrence in the Island.²¹ The species was included subsequently in the National species list of Korea (NIBR 2019; MABIK 2022),^{7,22} there is no additional report to confirm its inhabitation in the coastal waters of Korea yet. Although we did not provide the scientific evidence based on specimen to confirm the occurrence of the species around the Jejudo Island in the present study, *Pt. heteroptera* was observed intermittently in the subtidal zone of the Seopseom Island, Korea during late autumn to winter (pers. observ.). It is needed to confirm the taxonomical reality of the *Pt. heteroptera* based on the scientific specimen collected from the Korean waters. According to the unpublished survey data

by Fish Class Jeju, *Pt. evides* was also observed firstly early November, 2021 at the subtidal zone of the Seopseom Island, Jeju-do, Korea.

Ptereleotris microlepis is similar to *Pt. hanae* in external appearance, however the former is easily differentiated from the latter by no filamentous caudal ray in adult (vs. two or three filamentous ray for *Pt. hanae*), a yellowish caudal fin (vs. pale bluish), a thin blackish band on pectoral base (vs. none), and also from *Pt. evides* by grayish blue color of body (vs. bluish black), a yellowish caudal fin (vs. marginally dark) when fresh or alive. A new Korean name, “No-rang-ggo-ri-cheon-hwang-mun-jeon”, is proposed named after its yellowish caudal fin when fresh or alive.

Acknowledgements

This work was supported by a grant from the National Institute of Biological Resources, funded by the Ministry of Environment of the Republic of Korea (NIBR No. 201501117).

References

1. Im MY, Kwun HJ, Kim JK. (2023) First record of *Ptereleotris evides* (Gobiiformes: Microdesmidae) from the southern Jeju Island, Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Science, 56: 569-574.
2. Jordan DS, Hubbs CL. (1925) Record of fishes obtained by David Starr Jordan in Japan, 1922. Memoirs of the Carnegie Museum, 10: 93-304.
3. Tomiyama I, Abe, T. (1958) Figures and descriptions of the fishes of Japan (a continuation of Dr. Shigeo Tanaka's work). Tokyo, Japan.
4. Jordan DS, Snyder JO. (1901) A review of the gobioid fishes of Japan, with descriptions of twenty-one new species. Proceedings of the United States National Museum, 24: 33-132.
5. Bleeker P. (1855) Negende bijdrage tot de kennis der ichthyologische fauna van Borneo. Zoetwatervisschen van Pontianak en Bandjermasin. Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië, 9: 415-430.
6. Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ, Kim JH. (2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publishing, Seoul, Korea.
7. NIBR (National Institute of Biological Resources, Korea) (2019) National species list of Korea. Vertebrates-Invertebrates-Protozoans. NIBR, Incheon, Korea .
8. Bleeker P. (1856) Vijfde bijdrage tot de kennis der ichthyologische fauna van de Banda-eilanden. Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië, 11: 93-110.
9. Randall JE, Hoese DF. (1985) Revision of the Indo-Pacific dartfishes, genus *Ptereleotris* (Perciformes: Gobioidei). Indo-Pacific Fishes, (7): 1-36.
10. Fricke R, Eschmeyer WN, Van der Laan R. Editors. (2024) Eschmeyer's Catalog of fishes: genera, species, references. researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp), version (09/01/2024).
11. Masuda, H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T, Yoshino T. (1984) The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, Tokyo, Japan.
12. Randall JE, Goren M. (1993) A review of the gobioid fishes of the Maldives. Ichthyological Bulletin, (58): 1-37.
13. Akihito P, Samamoto K, Ikeda Y, Aizawa M. (2013) Gobioidei. In: Nakabo T, editor, Fishes of Japan with pictorial keys to the species, Third edition. Tokai University Press, Tokyo. pp 1347-1608.
14. Hayashi M, Shiratori T. (2003) Gobies of Japanese waters. TBS Britanica, Tokyo, Japan.
15. Senou H, Yano K, Suzuki T, Shibukawa K. (2004) A photographic guide to the gobioid fishes of Japan. Heibonsha, Tokyo, Japan.
16. Fujiwara K, Uehara K, Matsuoka M, Wibowo K, Motomura M. (2020) First records of 50 fish species from Okinoerabu Island, the Amami Islands, Kagoshima, Japan. Ichthy, Natural History of Fishes of Japan, 3: 30-40.
17. Low JKY. (2021) Biodiversity record: new record of the dartfish, *Ptereleotris microlepis*, in Singapore. Nature in Singapore, 14: e2021028.
18. Froese R, Pauly D. Editors. (2022) FishBase. World Wide Web electronic publication.

www.fishbase.org, version (02/2022).

19. Shen C-S, Wu G-I. (2011) Fishes of Taiwan. National Museum of Marine Biology and Aquarium, Taiwan, Marine Biology Museum Encyclopedia series 11.
20. Kim BJ, Kim IS, Nakaya K, Yabe M, Choi Y, Imamura H. (2009) Checklist of the fishes from Jeju Island, Korea. Bulletin of Fisheries Sciences of the Hokkaido University, Japan, 59: 7-36.
21. Yoo JM, Kim S, Lee EK, Kim WS, Myoung CS, Lee SM. (1995) Marine Fishes around Cheju Island. Hyunamsa, Seoul, Korea.
22. MABIK (National Marine Biodiversity Institute of Korea) (2022) National list of marine species. I. Marine vertebrates. MABIK, Secheon, Korea.

김 병 직(Byung-Jik Kim)



- 국립생물자원관 환경연구관
- 국립생물자원관 기후·환경생물연구과
- 전공분야
-어류 형태 및 계통분류

- 한국수중과학회 수중과학기술 편집위원회 분과위원장

2023년 삼척 연안바다목장 수산자원량 추정 연구

김광복^{1*}, 최상학², 강준³

¹한국수산자원공단 동해본부

²주)씨모닝

³서울교통공사

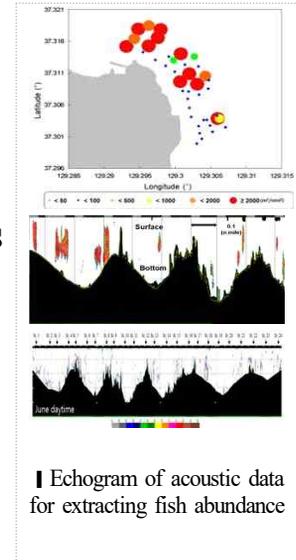
A study on the estimation of fisheries resources at Samcheok marine ranching area in 2023

Gwang Bok Kim^{1*}, Sang Hack Choi¹, Kang Jun²

¹East Sea Branch Ecological Restoration Division, Korea Fisheries Resources Agency, Pohang-si, 37602 Republic of Korea

²Seamorning Engineering Co. Ltd, Seoul, 06716 Republic of Korea

³346, Cheonho-daero, Seongdong-gu, Seoul 04806, Republic of Korea



Echogram of acoustic data for extracting fish abundance

요약

우리나라의 바다목장은 수산자원의 회복과 효율적인 관리를 목적으로 통영을 시작으로 전국 각 해역에 생성되었다. 수산자원을 효율적으로 관리하려면 바다목장의 정확한 상태를 파악해야 하고, 이를 위해 우선 수산자원의 현존량을 파악하고자 하였다. 수산자원의 현존량을 파악하는 방법은 여러 가지가 있으며, 그 중 어구 조사는 종 명확성은 있으나 많은 조사 시간이 필요하고, 넓은 해역의 일부 정점만 조사가 가능하므로 정량적인 조사가 어렵지만, 수중음향 조사는 단시간에 넓은 해역에 서식하고 있는 어류의 시·공간적인 분포 및 현존량을 평가할 수 있어 수산 선진국에서 많이 이용되고 있는 방법이다. 수중음향 조사기법은 조사해역의 우점 어류의 음향산란강도(Target strength, TS)와 현장조사를 통한 체적후방산란강도 (Volume back scattering strength SV)를 기반으로 수산자원 현존량을 파악할 수 있다. 본 조사에서는 어구를 이용하여 어종을 파악하고, 수중음향 조사기법을 이용하여 연안 바다목장에 서식하는 수산자원의 어류의 밀도 및 현존량을 파악하였다.

주제어: 삼척, 수산자원의 회복, 수중음향, 현존량, 음향산란강도, 어류

Abstract

Korea's marine ranches have been established in various coastal areas, starting with Tongyeong, with the aim of restoring and efficiently managing fishery resources. Effective management of the fishery can only be carried out if the exact status of the marine ranch is known. There are a number of different methods used to estimate the abundance of fishery resources. Of these, fishing gear surveys provide species specificity but require a lot of survey time, and quantitative surveys are difficult because only a few stations can be surveyed over a large area. On the other hand, hydroacoustic surveys are widely used in developed fisheries. They can estimate the spatial and temporal distribution and abundance of fish over large areas in a short time. Hydroacoustic surveys can estimate the abundance of fishery resources based on the target strength (TS) of dominant species in the survey area and the volume backscattering strength (SV) obtained from field surveys. In this study, fish species were identified using fishing gear and distribution and abundance of fish were estimated using hydroacoustic surveys at Ullueng coastal marine ranching area.

Keywords: Recovery of Fisheries Resources, Hydroacoustic, Abundance, Target strength, Fish

1. 서론

우리나라의 연안은 무분별한 해안개발, 양식어업의 증

가, 자원 남획, 어장 오염에 따른 평균 어획량은 점차 감소하였고, 1982년 UN의 200해리 배타적경제수역 (EEZ) 협

*Corresponding author(s): Gwang Bok Kim, E-mail: kkbog72@navwr.com, Tel: +82-010-3884-9422

Received November 5, 2024

Revised February 5, 2025

Accepted February 12, 2025

Published February 15, 2025

정 확대로 인하여 어장은 축소되었다 (MIFFAF, 2008). 바다목장 사업과 수산자원 관리 사업은 2001년 통영을 기점으로 전국 각 해역별 맞춤형 바다목장 생성으로 동해 울진군에는 관광형 바다목장, 남해 여수에는 다도해형 바다목장, 서해 태안에는 갯벌형 바다목장 그리고 제주도엔 관광 체험형 바다목장 해역을 시범바다목장으로 지정하고 조성하였으며, 그 결과를 바탕으로 전국 각 해역별 특성에 적합한 바다목장 모델을 개발하고 조성하여 관리하고 있다 (Lee et al., 2012).

앞서 선행된 시범 바다목장의 노하우를 바탕으로 수산자원자의 회복과 효율적인 관리를 위한 목표를 가지고 정부에서는 2006년부터 연안바다목장 사업을 통하여 지속적인 생산력을 유지를 위한 바다목장 조성 사업을 추진하고 있으며, 2011년에는 수산자원관리공단이 설립되어 바다숲 사업을 기반으로 포괄적인 수산자원관리사업을 전담하고 있다 (Lee and Kang, 1994).:Kim et al., 2011

바다목장에 정확한 상태를 평가하고 진단하여 효율적인 수산자원 관리를 수행하기 위해서는 서식하는 수산자원의 현존량을 정확하게 조사해야 된다. 수산자원의 현존량을 조사하는 방법에는 자망, 통발 및 조망등과 같은 어구를 이용한 조사방법, 잠수부 또는 CCTV를 이용한 수중 카메라 촬영법 그리고 어군탐지기를 이용한 방법 등이 있다 (강 등, 2008).

조사어구를 이용한 방법은 종을 명확하게 규명할 수 있는 장점이 존재하나 환경적 영향에 따라 어구를 설치하는데 어려움이 존재하고 전체 해역을 조사하는 것은 시간적, 경제적 어려움이 존재하며. 잠수부 및 CCTV 등을 활용하여 직접 촬영하는 조사 방법은 현장의 수질, 수심의 한계성 및 어류의 회피본능 자극 등을 이유로 정량적인 데이터 수집에 대한 어려움이 따르나, 수중음향 조사기법은 상대적으로 짧은 시간동안 넓은 해역 전 수층을 조사할 수 있다 (Hwang et al., MIFFAF, 2008 2004;Oh et al., 2010). 수중음향 조사기법은 조사해역의 우점어류의 음향 산란강도 (Target strength, TS)와 현장조사를 통하여 얻어지는 체적산란강도 (Volume back scattering strength, SV)를 기반으로 수산자원 현존량을 파악할 수 있으며, 이 조사방법은 이미 노르웨이, 캐나다 등 여러 선진국에서 널리 사용되는 기법 중의 하나로써, 수산자원을 평가하는 도구로써 활발하게 사용되고 있다 (Ohshimo, 2004; Kang et al., 2008).

따라서, 본 연구에서는 연안바다목장이 조성된 삼척 연안바다목장 해역에서 수중음향을 이용하여 서식하는 어류의 분포 및 현존량을 파악하여 어민의 소득 증대 및 지속가능한 어업의 활용 방안으로 사용하고자한다

2. 재료 및 방법

1) 조사해역 및 조사선 설계

본 조사는 음향을 이용하여 연안바다목장이 조성된 강원도 삼척 바다목장해역에 서식하는 어류의 분포 밀도 및 현존량을 파악하였다.(Fig. 1)조사일자는 1차는 2023년 06월 14일, 2차는 2023년 08월 27일, 3차는2023년 11월 02일 총 3회 수행되었다. 조사 면적에 따라 조사 라인을 설정하였고, 조사해역 범위 내에서 Algen.(1983)의 DOC (Degree of coverage)의 식 (1)을 이용하여 설정하여 조사하였다.

$$DOC = \frac{N}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, N은 조사 정선의 길이, A는 조사해역의 면적이다. 조사정선의 길이는 약 7.52 km이고 조사면적은 약 0.86 km²이었다. DOC의 값이 6이하가 되지 않도록 하고 수평으로 평행하게 하여 조사선을 설정하여 각 해역별로 주, 야간 각 1회씩 정선 조사를 실시하였다.

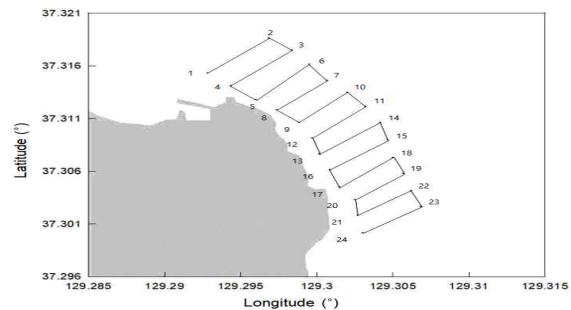


Fig. 1. Acoustic transect lines for hydroacoustic survey at Samcheok marine ranching area, Korea

2) 조사 시스템 및 자료 처리 방법

음향을 이용한 바다목장 현장조사는 과학어군탐지기

split beam 방식의 120 kHz 주파수를 사용하여 음향 데이터를 수집하였다 (EK-60, Simrad, Norway). 어군탐지기는 크게 3가지 부분으로 분류되는데 송수파기 (Transducer 38&120kHz), 표시기 (sens p560, Samsung, Korea), 제어기 (GPT 38&120kHz) 부분으로 분류된다. 송수파기 부분은 지지대를 이용하여 선박의 현측에 부착하여 조사하였다 (Fig. 2).

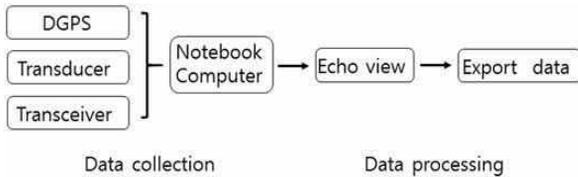


Fig. 2. System configuration used for hydroacoustic survey at samcheok marine ranching area, Korea

음향조사 특성상 선박이 항주 중 발생하는 기포의 영향을 많이 받기 때문에 수면에서 1.5~2 m 아래에 설치하였고, 선속은 5~6 knots 유지하며 조사를 실시하였다. 음향자료 수집 시 어초와 해저부분의 탐지능력을 높이기 위하여 음파의 펄스폭을 0.512 m/s 설정하였고, 펄스 반복주기는 1초로 설정하여 데이터를 취득하고, 표시부에서 실시간으로 확인하며 하드디스크에 저장하였다. 현장 좌표는 정확성 높이기 위해 DGPS (DGPS, Samyoung, Korea)를 사용하여 음향데이터와 같이 하드디스크에 저장하였다.(Fig. 3).

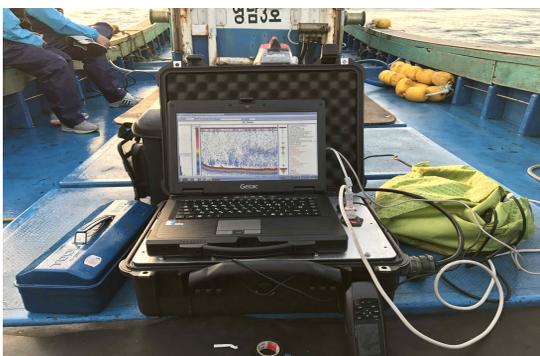


Fig. 3. Hydroacoustic systems used for the fieldwork

이와 같이 수집된 음향자료는 음향데이터 분석소프트웨어 EchoView version 8 (Myriax)를 이용하여 분석하였

다. 수면.0 m 해저면 부분을 제거한 다음 0.1 n.mile 의 EDSU (Elementry Distance Sampling Unit) 간격으로 추출하여 적분값 으로 표현된 면적산란계수 (Nautical Area Scattering Coefficient, NASC, m²/n.mile²) 값으로 나타내어 표현하였다. (Fig. 4).

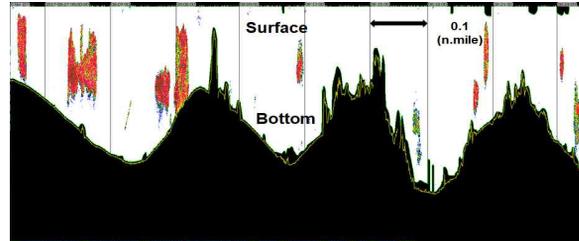


Fig. 4. Echogram of acoustic data for extracting fish abundance

가. 수산자원의 현존량 추정법

본 연구의 목적인 과학어탐을 이용하여 각 조사 해역별 어류의 현존량을 파악하는데 있기 때문에 현장에서 수집한 체적산란강도 (Volume backscattering strength, SV)의 데이터를 0.1 n.mile 간격으로 적분하여 NASC 값으로 변환하여 이용하였다. 변환하는 관계식은 식 (2)와 같이 나타내었다.

$$NASC = 4\pi 1852^2 \int_{r_1}^{r_2} Svd r \dots \dots \dots (2)$$

과학어군탐지기에서 탐지 되는 각 개체의 TS값과 현장에서 수집된 데이터의 변환 값인 NASC값을 역으로 계산하면 어군의 밀도 (ρ , g/m³)를 산정할 수 있다 (McClatchie et al. 2003; Simmonds and MacLennan. 2005). 여기서, 대상 어류의 체장 (L, cm)에 따른 TS와 후방산란단면적은 각각 식 (4)와 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$NASC = \rho \cdot TS \dots \dots \dots (3)$$

$$TS = 20 \cdot \log_{10}(L) + TS_{cm} \dots \dots \dots (4)$$

$$\sigma = 4\pi 10^{\left(\frac{10}{TS}\right)} \dots \dots \dots (5)$$

서식하는 어류의 체장 (L, cm) 및 체중 (w, g) 관계식은

다음 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega = aL^b \dots\dots\dots(6)$$

따라서, 조사해역에 분포하는 어류의 밀도ρ를 구하는 식은 식 (4), (5)의 값에 의하여 식 (7)을 분석하여 조사해역의 밀도를 파악할 수 있다.

$$\rho = \left(\frac{NASC}{\sigma}\right) \cdot \omega = aL^b / 4\pi 10^{\left(\frac{10}{7S}\right)} \cdot NASC \dots (7)$$

그리고, 어군의 밀도(ρ)는 식 (7) 와 같이 0.1 n.mile간격으로 적분값인 NASC를 어군의 TS (σ) 값을 나눈 다음 어체의 중량 (ω)를 곱하여 값을 구한다. 그리고, 식 (7)의 우변에서는 NASC를 제외한 나머지 부분은 어류의 TS의 특성과 체장-체중을 고려한 부분으로 음향자료로부터 밀도를 계산하는 변환계수 (Conversion factor CF)로 각 해역별 계산된 변환계수로 나타낸다.

펄스에코법을 사용하는 과학어군탐지기로 수중생물을 탐지할 때, 이 펄스와 음향 빔의 지향각으로 정의되는 수중의 공간적 범위 내에 포함되는 모든 에코신호는 하나의 레벨로 수신된다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이 에코적분법은 음향신호가 개체어의 에코이든 어군의 에코이든 상관없이 적분하게 되므로, 과학어군탐지기에 수신되는 에코신호에는 여러 어종이 포함되어 있다할지라도, 이를 각각 어종에 대해 분리할 수 없는 경우가 대부분이다. 그러나, 조사해역에 대하여 어종들의 분포 특성이 어획조사 위치와 동일한 특성을 가진다고 가정할 수 있다면, 어획조사로부터 얻은 어종들의 구성비와 각 대상어종의 음향산란 특성을 고려하여, 음향적분의 값을 각 어종별로 배분할 수 있다. 어종에 의한 면적산란계수를 NASC라 하면, 그 값은 다음의 식 (8)로 추정된다.

$$NASC_i = \frac{w_i < \sigma_i > NASC}{\sum_{k=1}^n w_k < \sigma_k >} \dots\dots\dots(8)$$

여기서, NASC는 전체해역에 대한 면적산란계수, n은 어획된 어종의 수, w_i는 어종 i의 어획비율, < σ_i >는 어종 i의 평균 음향산란 단면적을 나타낸다.

$$B = A \cdot \rho \dots\dots\dots (9)$$

식 (9)로 조사해역의 어군 평균 밀도 (ρ)를 구한 후, 조사해역의 면적 (A, m²)을 곱하여 어류의 현존량을 계산 하였다 (Jolly and Hampton, 1990).

3. 결과 및 고찰

가. 음향조사 결과

1). 2023년 06월 14일 주간에 어류의 수직분포

삼척 해역에서 주간에 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 5)와 같이 나타내었다. 가로축은 시간과 정점의 변화를 세로축은 수심의 변화를 나타내었다. 그림 아래의 스케일 바는 어류의 강도를 나타내었다. 어류의 강도가 높아질수록 빨간색으로 낮을수록 회색으로 나타난다. 조사해역의 수심 분포는 3~40 m였고, 조사해역의 전 수층에서 긴 띠와 같은 형태의 어군이 많이 나타났고, St. 5~8, St. 17~18, St. 20~24, 정점의 중층에서 중·소형 어군이 분포 하여 나타났다.

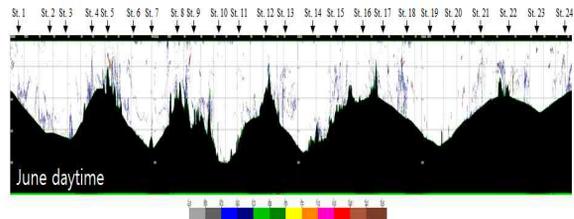


Fig. 5. Vertical distribution of fish during the daytime of June 14, 2023.

2). 2023년 06월 14일 주간에 어류의 시·공간적 분포

주간 시·공간적 분포 특성을 파악하기 위하여 해수면에서 해저면까지 전체 조사라인을 0.1 n.mile의 EDSU마다 적분하여 얻은 NASC값으로 어류의 분포를 나타내었고, “+”표시는 어초가 설치된 위치를 표시하여 (Fig. 6)와 같이 나타내었다. NASC값은 어류의 음향학적 밀도를 표시하는 것으로 (50 m²/nmi²미만, 100 m²/nmi²미만, 500 m²/nmi²미만, 1000 m²/nmi²미만, 2000 m²/nmi²미만, 2000 m²/nmi²이상)을 기준으로 분류 하여 표시하였고 원의 크기 및 색깔별로 그 값의 크기를 표시 하였다. 주간 어류의 밀도는 조사해역에서 아래쪽으로 많은 분포를 하였고, 조사해역에서 대부분 강한 어군의 강도가 나타났다 .

전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 24%, 100 m²/nmi²미만은 15% , 500 m²/nmi²미만은 32%, 1000 m²/nmi²미만은 15%, 2000 m²/nmi²미만은 7%, 2000 m²/nmi²이상은 7%로 나타났다. 대부분의 어류 밀도는 32%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

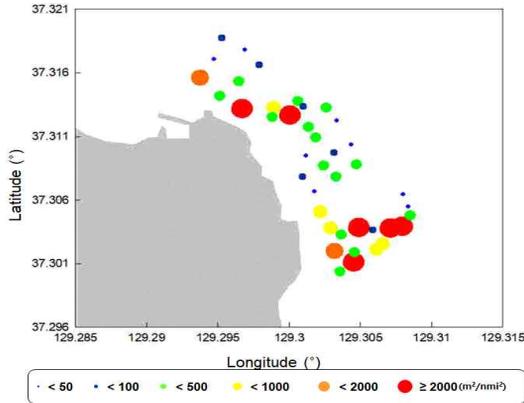


Fig. 6. Temporal and spatial distribution of fish during the daytime on June 14

3). 2023년 06월 14일 주간(2)에 어류의 수직분포

해당 조사해역에는 어구와 정치망이 분포가 상당히 많아 주간조사를 시행하였을 때 센서 고정지그가 파손되는 어려움을 있어 해당해역의 어구위치 파악 및 암초위치파악을 위하여 2023년 06월 14일은 주간 조사를 2회 실시 하였다. 주간(2) 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 7)과 같이 나타내었다. St. 1정점에서 표층가까이 강한 어군이 관측되었고, St. 5~7까지에서 강한 어군이 탐지 되었고, St. 19~20, 21, 22, 23정점에서 중·소형 어군이 나타났다. 조사해역의 전 수층에서 어군이 탐지됨을 알 수 있었다.

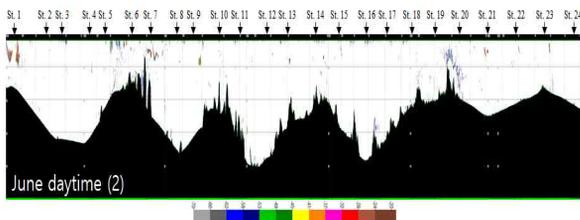


Fig. 7. Vertical distribution of fish during the daytime(2) on June 14

4). 2023년 06월 14일 주간(2)에 어류의 시·공간적 분포

야간의 시·공간적 분포는 (Fig. 8)에 나타내었으며 조사해역에 윗부분에서 강한 어군이 나타났다. 전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 39%, 100 m²/nmi²미만은 17% , 500 m²/nmi²미만은 31%, 1000 m²/nmi²미만은 3%, 2000 m²/nmi²미만은 5%, 2000 m²/nmi²이상은 5% 로 나타났다. 대부분의 어류 밀도는 39%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

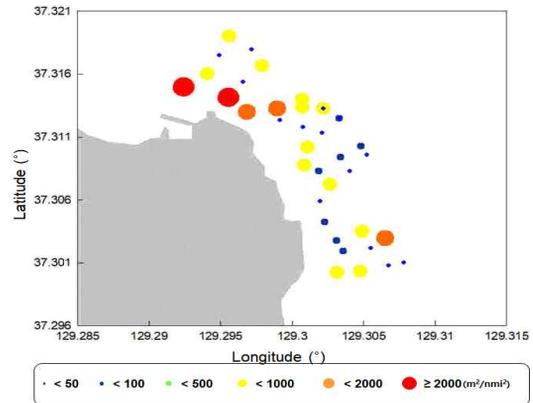


Fig. 8. Temporal and spatial distribution of fish during the daytime(2) on June 14

5). 2023년 08월 27일 주간에 어류의 수직분포

주간에 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 9)과 같이 나타내었다. 전 수층에서 강한 어군의 분포를 나타내었으며, St. 1~5, St. 11~15 정점에서 강한 패치형태의 어군이 나타났고 그 외 해역에서도 각 개체별 및 중·소형의 어군이 많이 나타났다.

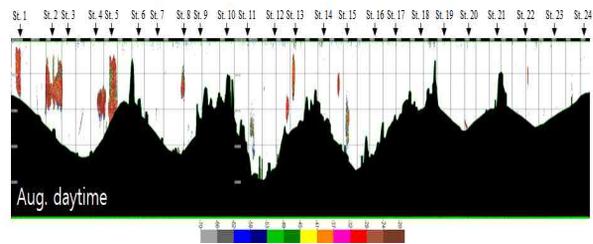


Fig. 9. Vertical distribution of fish during the daytime on August 27

6). 2023년 08월 27일 주간에 어류의 시·공간적 분포

주간의 공간적 분포는 (Fig. 10)에 나타내었으며 조사해역에서 대부분에서 약한 어류의 강도가 나타났다. 전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 61%, 500 m²/nmi²미만은 10% , 1000 m²/nmi²미만은 2%, 2000 m²/nmi²미만은 7%, 2000 m²/nmi²이상은 20% 으로 나타났다. 대부분의 어류 밀도는 61%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

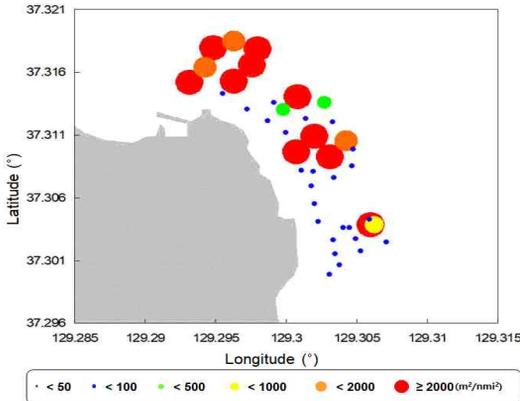


Fig. 10. Temporal and spatial distribution of fish during the daytime on August 27

7). 2023년 08월 27일 야간에 어류의 수직분포

야간에 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 11)과 같이 나타내었다. 긴 패치형태의 강한 어군이 St.1~3까지 분포되어 있으며, St.13~14, St.21에 중·저층에 긴 패치 형태의 강하고 긴 어군이 분포하고 있다.

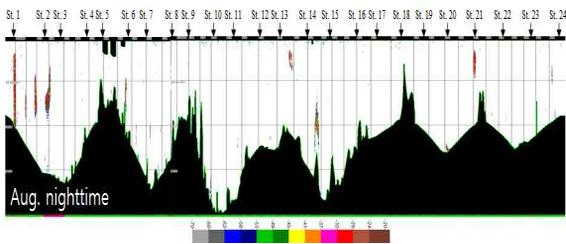


Fig. 11. Vertical distribution of fish during the nighttime on August 27

8). 2023년 08월 27일 야간에 어류의 사·공간적 분포

야간의 사·공간적 분포는 (Fig. 12)에 나타내었으며 조

사해역의 위쪽에서 강한 어군의 반응이 나타났으며, 해역의 아래쪽에서도 강한반응이 나타났다. 전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 77%, 1000 m²/nmi²미만은 5% , 2000 m²/nmi²미만은 3%, 2000 m²/nmi²이상은 15%로 나타났다. 대부분의 어류 밀도는 77%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

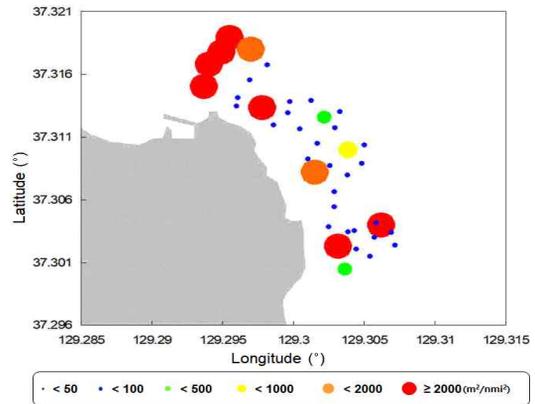


Fig. 12. Temporal and spatial distribution of fish during the nighttime on August 27

9). 2023년 11월 02일 주간에 어류의 수직분포

주간에 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 13)와 같이 나타내었다. 조사해역의 St.2, St.5~6, St.11, St.12~13, St.15~16, St.19저층에서 패치형태의 중·소형의 강한 어군이 나타났고, 중·저층에서 각 개체어로 분포하였다.

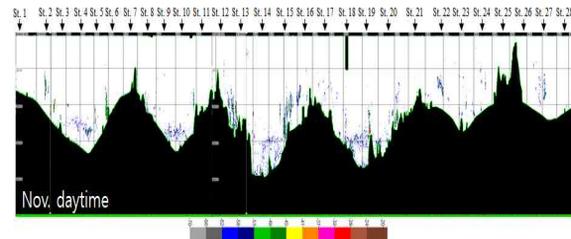


Fig. 13. Vertical distribution of fish during the daytime on November 2,

10) 2023년 11월 02일 주간에 어류의 사·공간적 분포

주간의 공간적 분포는 (Fig. 14)에 나타내었으며 조사해역에서 대부분에서 약한 어류의 강도가 나타났고 전체 조사해역에서 각 개체어 및 중·소형어군의 형태로 분포되어

있다. 전체 해역에서 전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 88%, 100 m²/nmi²미만은 9%, 500 m²/nmi²미만은 3%로 나타났다. 대부분의 어류 밀도는 88%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

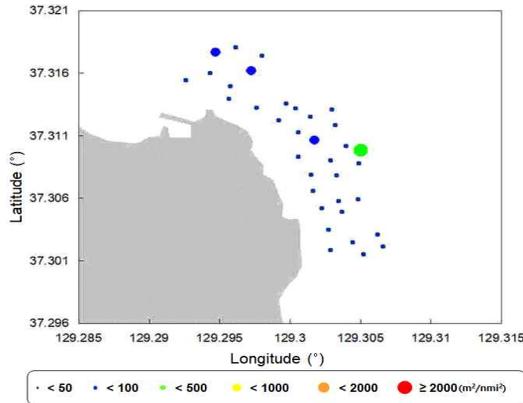


Fig. 14. Temporal and spatial distribution of fish during the daytime on November 2

11). 2023년 11월 02일 야간에 어류의 수직분포

야간에 조사한 어류의 수직 분포를 (Fig. 15)와 같이 나타내었다. 조사해역 전 수층에서 각 개체별로 어군이 분포하는 것이 보였고, 조사해역 저층 St.3~5, St.9~10, St.17~19, St. 20~25 까지 강도가 강한 어군이 나타났다.

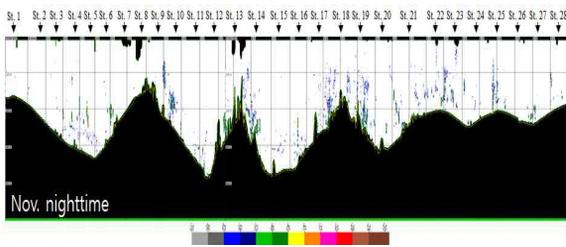


Fig. 15. Vertical distribution of fish during the nighttime on November 2.

12). 2023년 11월 02일 야간에 어류의 시·공간적 분포

야간의 시·공간적 분포는 (Fig. 16)에 나타내었으며 조사해역에서 대부분에서 약한 어류의 강도가 나타났고, 소형 어군의 형태로 분포하였다. 전체 NASC값 중 50 m²/nmi²미만은 94%, 100 m²/nmi²미만은 3%, 500 m²/nmi²미만은 3%로 대부분의 어류 밀도는 94%를 차지한 50 m²/nmi²미만 이었다.

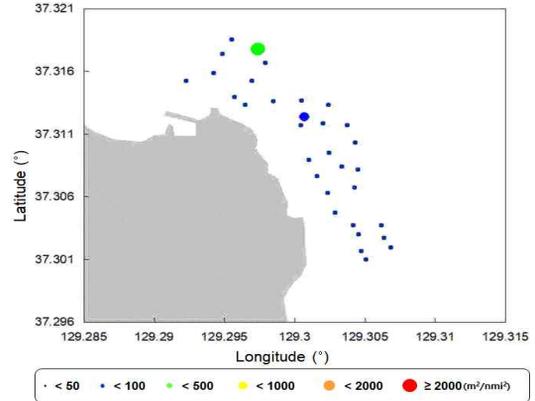


Fig. 16. Temporal and spatial distribution of fish during the nighttime on November 2.

나. 어구를 이용한 어획조사 결과

음향을 이용하여 조사해역에 서식하는 어류의 현존량을 평가하기 위해서는 그 해역에서 서식하는 어종의 구성비, 체장-체중정보 등 어종의 생물학적 정보가 필요하다. 본 해역에서 어획조사는 한국수산자원관리공단에서 통발, 자망을 이용하여 어획하였다. 삼척해역의 어획 조사는 6월, 8월, 11월에 어획 조사가 이루어졌다.

6월에 어획된 어류는 (Fig. 17)과 같이 나타내었다. 어획된 종은 참가자미(*Pleuronectes herzensteini*), 쥐노래미(*Hexagrammostakii*), 조피볼락(*Trachurus japonicus*), 솜뱅이(*Sebastiscus marmoratus*), 성대(*Chelidonichthys spinus*), 삼세기(*Hemitripterus villosus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 볼락(*Sebastes inermis*), 문치가자미(*Limanda yokohamae*), 무늬횃대(*Furcina osimae*), 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*), 돌가자미(*Karejus bicoloratus*), 대구횃대(*Gymnocanthus herzensteini*), 노래미(*Hexagrammos agrammus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 등이 였으며 우점 어류로는 음향으로 탐지가 어려운 저서어류를 제외하고 말쥐치, 조피볼락, 쥐노래미 로 나타내었다.

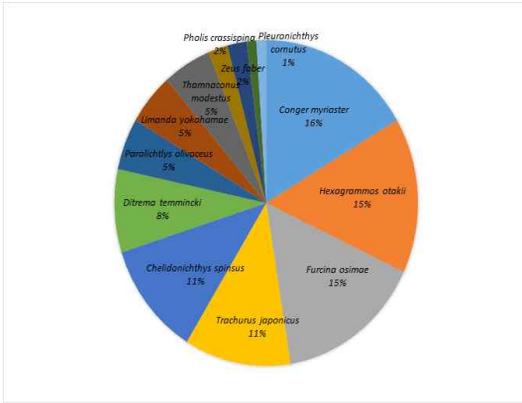


Fig. 17. Species composition of fish caught by gillnets and traps at samcheok marine ranching area, Korea. (a) June,

8월에 어획 정보는 (Fig. 18)과 같이 나타내었다. 어획된 종은 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 조피볼락(*Trachurus japonicus*), 성대(*Chelidonichthys spinus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 베도라치(*Pholis crassispina*), 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*), 무늬횡대(*Furcina osimae*), 망상어(*Ditrema temmincki*), 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 도다리(*Pleuronichthys cornutus*), 노래미(*Hexagrammos agrammus*), 달고기(*Zeus faber*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 등이 어획되었으며 음향으로 탐지가 어려운 저서어류를 제외하고 망상어, 조피볼락, 쥐노래미로 나타내었다..

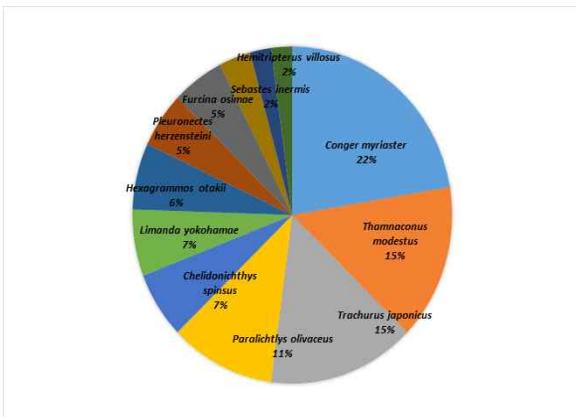


Fig. 18. Species composition of fish caught by gillnets and traps at samcheok marine ranching area, Korea. (b) August

11월의 어획 정보는 (Fig. 19)와 같이 나타내었다. 어획된 종은 흑대기(*Paraplagusia japonica*), 참가자미

(*Pleuronectes herzensteini*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*), 성대(*Chelidonichthys spinus*), 빨간횡대(*Alcichthysalpicornis*), 붕장어(*Conger myriaster*), 볼락(*Sebastes inermis*), 방어(*Seriola quinqueradiata*), 민달고기(*Zenopsisnebulosa*), 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*), 망상어(*Ditrema temmincki*), 말쥐치(*Thamnaconusmodestus*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 돌가자미(*Karejus bicoloratus*), 달고기(*Zeus faber*), 전갱이(*Trachurus japonicus*) 등이 어획되었으며, 음향으로 탐지가 어려운 저서어류를 제외하고 말쥐치, 성대전갱이로 나타내었다.

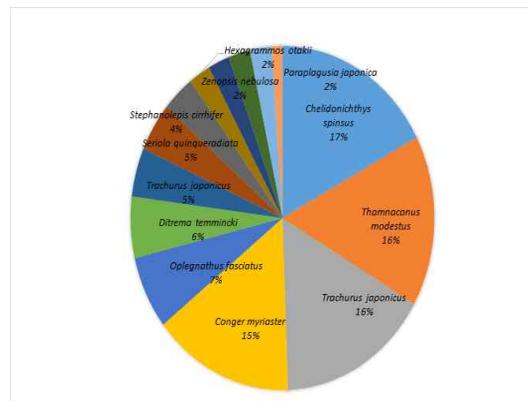


Fig. 19. Species composition of fish caught by gillnets and traps at samcheok marine ranching area, Korea. (c) November

6월에 우점종인 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 조피볼락(*Trachurus japonicus*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 체장-체중 관계식 및 체장-체중의 분포를(Fig. 20, 21, 22, 23, 24, 25)에 나타내었다. 말쥐치의 체장-체중 관계식은 $w = 0.0508L^{2.5845}$ ($R^2 = 0.7691$) 평균체장은 24.8 cm 평균체중은 205.8 kg 이었다.

조 피 볼 락 의 체 장 - 체 중 관 계 식 은 $w = 0.0525L^{2.6534}$ ($R^2 = 0.9868$) 평균체장은 21.7 cm 평균체중은 193.6 kg이었다. 쥐노래미의 체장체중관계식은 $w = 0.0033L^{3.3677}$ ($R^2 = 0.9976$) 평균체장은

36.15 cm 평균체중은 613.6 kg로 나타났다.

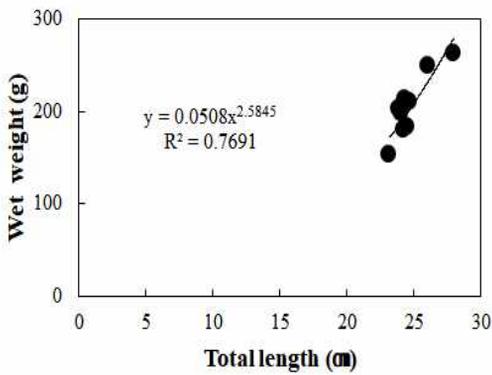


Fig. 20. Length and weight relation of dominant species on June 2023. (a) *Thamnaconus modestus*

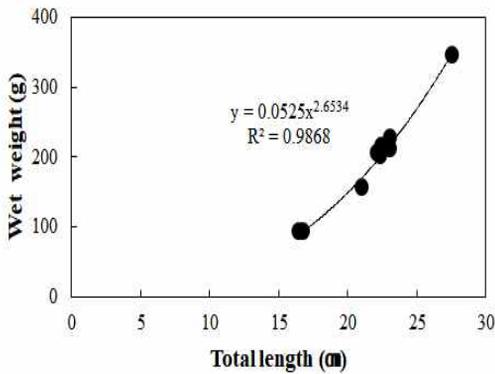


Fig. 21. Length and weight relation of dominant species on June 2023. (b) *Sebastes schlegelii*

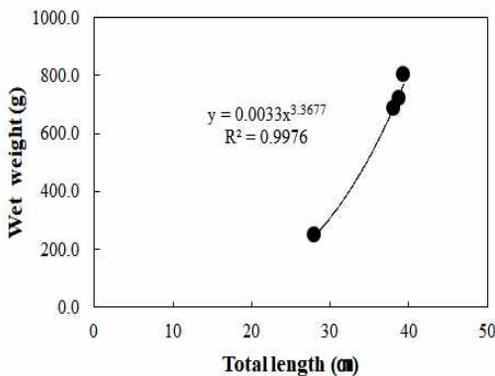


Fig. 22. Length and weight relation of dominant species on June 2023. (c) *Hexagrammos otakii*

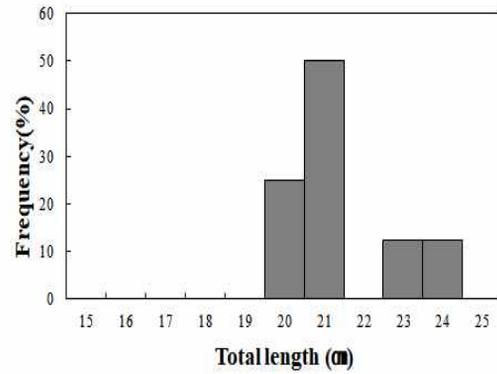


Fig. 23. Length frequency of dominant species on June 2023. (a) *Thamnaconus modestus*

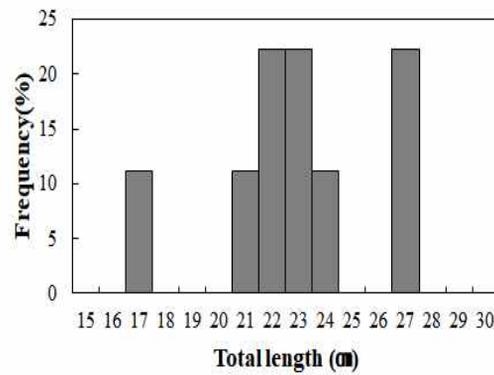


Fig. 24. Length frequency of dominant species on June 2023. (b) *Sebastes schlegelii*

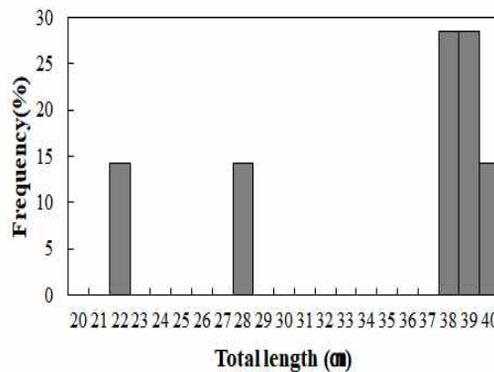


Fig. 25. Length frequency of dominant species on June 2023. (c) *Hexagrammos otakii*

8월에 우점종인 망상어(*Ditrema temmincki*), 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 체장-체중 관계식 및 체장-체중의 분포를 (Fig..

26, 27, 28, 29, 30, 31)에 나타내었다. 망상어의 체장-체중 관계식은 $w = 0.4694L^{2.0142}$ ($R^2 = 0.9742$) 평균체장은 23.8 cm 평균체중은 280.6 kg이었다. 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*)의 체장-체중 관계식은 $w = 0.2897L^{2.1845}$ ($R^2 = 0.9127$) 평균체장은 25.5cm 평균체중은 351.5 kg이었다. 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 체장-체중 관계식은 $w = 0.0186L^{2.8963}$ ($R^2 = 0.9174$) 평균체장은 33.1 cm 평균체중은 510.5 kg로 나타났다.

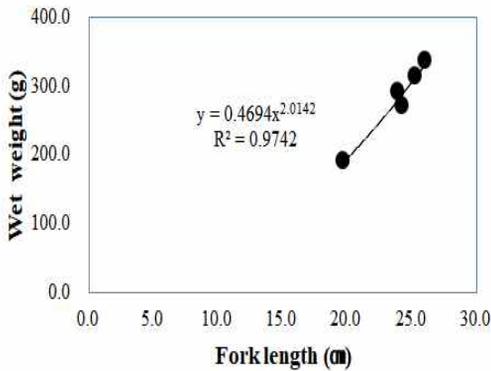


Fig. 26. Length and weight relation of dominant species on August 2023. (a) *Ditrema temmincki*

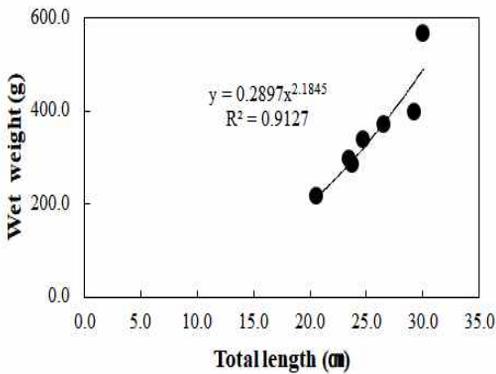


Fig. 27. Length and weight relation of dominant species on August 2023. (b) *Sebastes schlegelii*

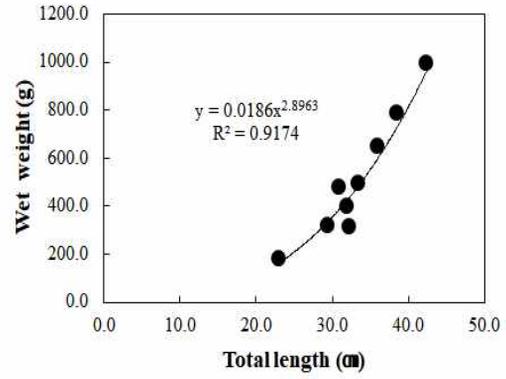


Fig. 28. Length and weight relation of dominant species on August 2023. (c) *Hexagrammos otakii*.

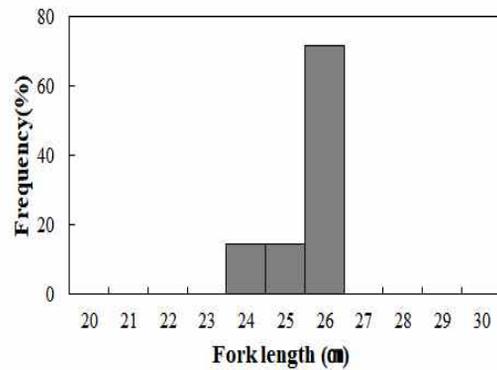


Fig. 29. Length frequency of dominant species on August 2023. (a) *Ditrema temmincki*

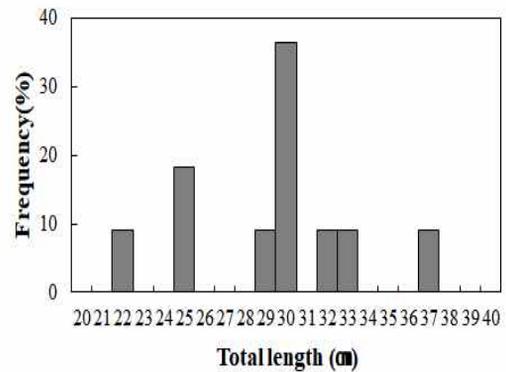


Fig. 30. Length frequency of dominant species on August 2023. (b) *Sebastes schlegelii*

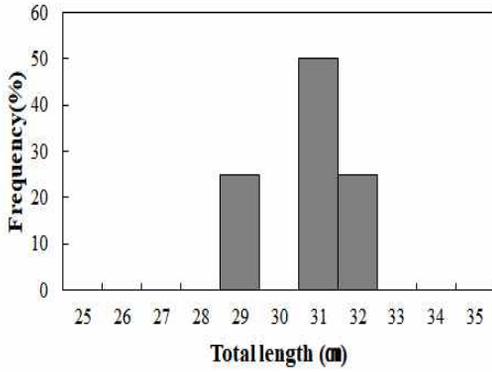


Fig. 31. Length frequency of dominant species on August 2023 (c) *Hexagrammos otakii*

11월에 우점종인 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 성대(*Chelidonichthys spinusus*), 전갱이(*Trachurus japonicus*)의 체장-체중 관계식 및 체장-체중의 분포를 (Fig. 32, 33, 34, 35, 36, 37)에 나타내었다. 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)의 체장-체중 관계식은 $w = 0.192L^{2.1696}$ ($R^2 = 0.7307$) 평균체장은 22.5cm 평균체중은 166.4 kg이었다. 성대(*Chelidonichthys spinusus*)의 체장-체중 관계식은 $w = 0.0004L^{4.1792}$ ($R^2 = 0.624$) 평균체장은 26.3cm 평균체중은 372.7 kg이었다. 전갱이(*Trachurus japonicus*)의 체장-체중 관계식은 $w = 0.2069L^{2.0639}$ ($R^2 = 0.7001$) 평균체장은 19.4cm 평균체중은 95.6 kg로 나타났다.

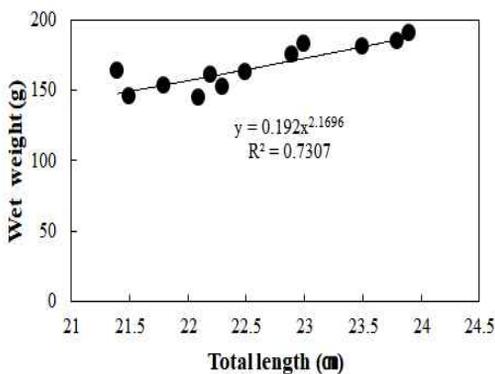


Fig. 32. Length and weight relation of dominant species on November 2023. (a) *Thamnaconus modestus*

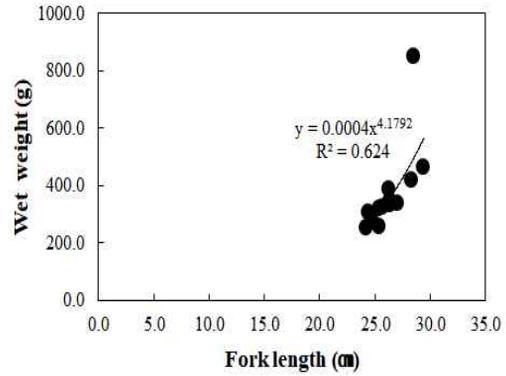


Fig. 33. Length and weight relation of dominant species on November 2023. b) *Schelidonichthys spinusus*

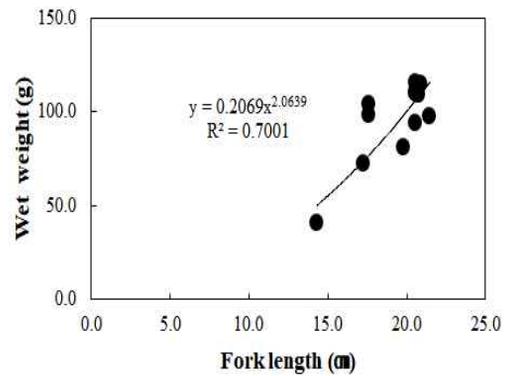


Fig. 33. Length and weight relation of dominant species on November 2023. (c) *Trachurus japonicus*

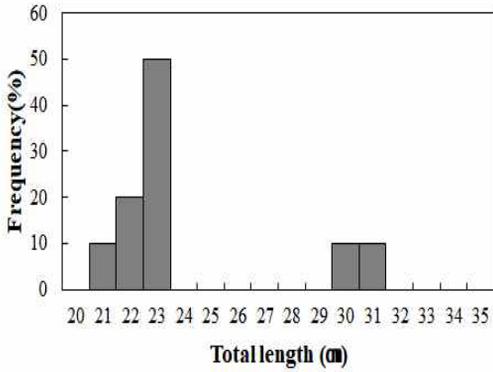


Fig. 35. Length frequency of dominant species on November 2023. (a) *Thamnaconus modestus*.

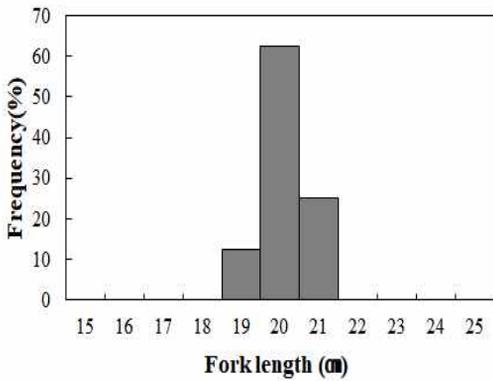


Fig. 36. Length frequency of dominant species on November 2023. (b) *Ditrema temminckii*

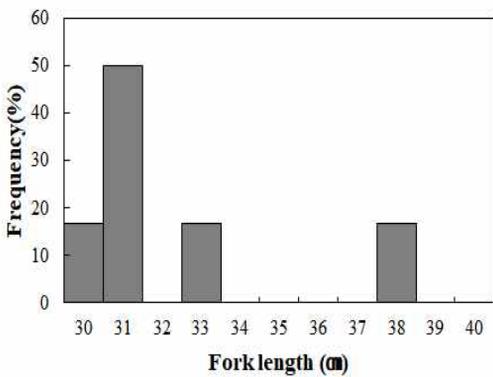


Fig. 37. Length frequency of dominant species on November 2023. (c) *Trachurus japonicus*

다. 삼척 바다목장해역 우점 어류의 음향산란특성

수산자원 현존량을 추정하기 위해서는 어종의 음향산란강도(Target strength TS)가 꼭 필요하다. 음향산란강도 연구가 많이 진행되고 있지만 아직 상당히 부족한 편이다. 본 연구에서는 선행된 음향산란강도 연구를 인용하여 결과 분석을 실시하였다. 삼척 바다목장 해역에서 어획된 우점어종의 음향산란강도를 (Table 1)과 같이 나타내었다. 음향산란강도의 선행 연구 결과가 없는 삼척 바다목장해역의 우점어종인 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)는 일반 경골어류의 120kHz 값을 적용하였고, 망상어(*Ditrema temminckii*)는 선행 연구결과가 없어 비슷한 체형을 가진 감성돔의 연구결과를 인용하였다.

Table 1 Target strength of dominant species at Samcheok marine ranching area, Korea

어 종 (학명)		음향산란강도 (TS)	참고문헌
June 2023	(<i>Thamnaconus modestus</i>)	20log(L) - 72.0	Lee et al., 2014
	(<i>Sebastes schlegelii</i>)	20log(L) - 66.9	Mun et al., 2005
	(<i>Hexagrammos otakii</i>)	20log(L) - 72.2	Lee et al., 2012
August 2023	(<i>Ditrema temminckii</i>)	20log(L) - 69.7	Kang et al., 2001
	(<i>Sebastes schlegelii</i>)	20log(L) - 66.9	Mun et al., 2005
	(<i>Hexagrammos otakii</i>)	20log(L) - 72.2	Lee et al., 2014
November 2023	(<i>Thamnaconus modestus</i>)	20log(L) - 72.0	Lee et al., 2014
	(<i>Trachurus japonicus</i>)	20log(L) - 66.7	Hwang et al., 2015
	(<i>Chelidonichthys spinosus</i>)	20log(L) - 70.3	Lee et al., 2010

라. 삼척 바다목장해역에서 어류의 현존량

음향데이터를 이용하여 삼척 바다목장해역의 현존량 추정한 결과는 (Table 2) 와 같다. 삼척바다목장 조사해역의 면적은 $0.89 \times 10^{10} m^2$ 이었다. 6월 주간예 Transect 6에서 $52.8 n^2/nm^2$ 으로 가장 낮았고, Transect 3에서 $1608.4 n^2/nm^2$ 으로 가장 높았다. 6월 야간에 Transect 12에서 $0.6 n^2/nm^2$ 으로 가장 낮았고, Transect 1에서 $3819.7 n^2/nm^2$ 으로 가장 높았다. 8월 주간예 Transect 2에서 $21410.5 n^2/nm^2$ 으로 가장 낮았고, Transect 10에서 $0.01 n^2/nm^2$ 으로 가장 높았다. 8월 야간에 Transect 11

에서 0.002 n²/nm²으로 가장 낮았고. Transect 1에서 15970.5 n²/nm²으로 가장 높았다. 11월 주간에 Transect 12에서 0.7 n²/nm²으로 가장 낮았고, Transect 8에서 49.4 n²/nm²으로 가장 높았다. 11월 야간에 Transect 12에서 8.3 n²/nm²으로 가장 낮았고, Transect 2에서 61.5 n²/nm²으로 가장 높았다.

음향산란강도를 이용하여 우점어류의 평균 밀도 및 현존량을 (Table 3)에 나타내었다. 6월 주간에 평균 밀도는 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 5.3 g/m², 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 2.2g/m², 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 7.8 g/m²이었다. 6월 야간에 평균 밀도는 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 7.1 g/m², 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 2.9g/m², 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 10.3 g/m²이었다. 8월 주간에 평균 밀도는 망상어(*Ditrema temmincki*) 60.4 g/m², 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 76.9 g/m², 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 55.1 g/m²이었다. 8월 야간에 평균 밀도는 망상어(*Ditrema temmincki*) 27.8 g/m², 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 35.3 g/m², 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 25.3 g/m²이었다. 11월 주간에 평균 밀도는 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 0.2 g/m², 전갱이(*Trachurus japonicus*) 0.1 g/m², 성대(*Chelidonichthys spinsus*) 0.3 g/m²이었다. 11월 야간에 평균 밀도는 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 0.3 g/m², 전갱이(*Trachurus japonicus*) 0.6 g/m², 성대(*Chelidonichthys spinsus*) 1.2 g/m²이었다.

6월의 현존량은 주간에 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 6.6 ton, 조피볼락 (*Trachurus japonicus*) 8.5 ton, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 35.2 ton이었고 야간의 현존량은 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 8.7 ton, 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 11.2 ton, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 46.4 ton이었다. 총합은 주간에 50.3 ton 야간에 66.3 ton이었다. 8월의 현존량은 주간에 망상어(*Ditrema temmincki*) 47.1 ton, 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 480.6 ton, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 240.3 ton이었고 야간의 현존량은 망상어 188.5 ton, 조피볼락(*Trachurus japonicus*) 220.9 ton, 방어(*Seriola quinqueradiata*) 110.4 ton이었다. 총합은 주간에 768.0 ton 야간에 519.8 ton이었다.

11월의 현존량은 주간에 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 0.2ton, 전갱이(*Trachurus japonicus*) 0.1 ton, 성대(*Chelidonichthys spinsus*) 0.3 ton이었고 야간의 현존량은 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 0.4 ton, 전갱이(*Trachurus japonicus*) 0.7 ton, 성대 1.3 ton이었다. 총합은 주간에 0.6 ton 야간에 2.4 ton이었다.

본 조사는 삼척 연안바다목장이 조성된 해역에서 수중 음향을 이용하여 6월, 8월, 11월 주·야간 어류의 시공간 분포 및 현존량을 추정하였다. 음향 조사 결과의 에코그램을 보면 표층, 중층에 주로 어군이 분포하였다. 그러나 어획자료는 주로 저서 어종이 분포하는 것을 알 수 있었다. 우점어종은 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 조피볼락(*Trachurus japonicus*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 등 저층어류였고 중층 어류이고 무리를 이루는 전갱이의 경우 어획량이 많지 않았다. 이는 중층 어류의 분포를 명확하게 알 수 없는 것을 보였다. 전 수층의 어류를 파악할 수 있는 어구의 개량이 필요하다. 그리고 어류의 현존량을 추정하는 것에 대한 중요한 요건 중 하나인 어류의 음향산란강도 역시 더 많은 연구가 필요하다.

Table 2. Total biomass of the fish estimated by hydroacoustic survey at Samcheok marine ranching area, Korea

Transect	Station	June 2023				August 2023				November 2023			
		Daytime		Nighttime		Daytime		Nighttime		Daytime		Nighttime	
		ni	NASC	ni	NASC	ni	NASC	ni	NASC	ni	NASC	ni	NASC
1	1-2	4	187.6	4	3819.7	4	16535.2	4	15970.5	4	29.1	4	10.6
2	3-4	3	151.6	4	786.5	4	21410.5	5	308.7	4	26.0	2	61.5
3	5-6	4	1608.4	4	688.4	3	728.0	4	1092.5	2	19.6	2	16.0
4	7-8	3	826.2	3	80.0	3	39.8	2	0.009	2	5.2	4	14.7
5	9-10	3	88.9	3	52.3	3	89.6	2	4.7	3	29.4	4	31.8
6	11-12	5	52.8	2	198.9	4	2159.8	3	0.1	3	26.5	3	27.2
7	13-14	3	87.8	3	53.8	4	1760.7	4	377.8	3	7.8	3	21.1
8	15-16	2	703.9	4	55.1	4	0.06	3	0.01	4	49.4	2	21.3
9	17-18	4	1061.6	3	554.3	3	597.8	4	0.01	2	5.6	2	22.4
10	19-20	4	526.3	2	168.0	3	0.01	3	1969.1	3	7.2	2	20.5
11	21-22	4	605.1	2	57.3	2	212.9	3	0.002	3	3.7	2	15.0
12	23-24	2	933.9	2	0.6	4	0.1	3	14.2	2	0.7	2	8.3
		$\sum_{i=1}^N n_i$		41	36	41	40	35	32				
		Survey area (A, m ²)		0.86×10 ⁷									
		Estimated Biomass (B, ton)		50.3	66.4	768.0	520.0	2.2	2.4				
		Coefficient of variation (CV, %)		18	34	26	37	13	9				

Table 3. Total biomass of dominant species estimated by Target strength at Samcheok marine ranching area, Korea

어종	Conversion factor	NASC partitioning	Mean density		Biomass (ton)	
			(ρ , g/m ³)			
			Day	Night	Day	Night
(<i>Thamnaconus modestus</i>)	0.111816698	0.122635195	5.3	7.1	6.6	8.7
(<i>Sebastes schlegelii</i>)	0.045839441	0.386273057	2.2	2.9	8.5	11.1
(<i>Hexagrammos otakii</i>)	0.163063	0.448734057	7.8	10.3	35.1	46.4
(<i>Ditrema temminckii</i>)	0.167408548	0.077876789	60.4	27.8	47.1	188.
(<i>Sebastes schlegelii</i>)	0.212990813	0.624535752	76.9	35.3	480.	220.
(<i>Hexagrammos otakii</i>)	0.152599	0.435880884	55.1	25.3	240.	110.
(<i>Thamnaconus modestus</i>)	0.120972951	0.183205299	0.2	0.3	0.2	0.4
(<i>Trachurus japonicus</i>)	0.068574744	0.566879765	0.1	0.6	0.1	0.7
(<i>Chelidonichthys spinosus</i>)	0.177138	0.393320877	0.3	1.2	0.3	1.3

참고문헌

1. Aglen 1983. Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to survey grid density applied. *FAO Fish. Rep.*, 300, 293-298.
2. Hwang DJ, Park JS and Lee YW. 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37 (2), 249-254.
3. Hwang KS, Yoon EA, Lee KH, Lee HB and Hwang DJ. 2015. Multifrequency acoustic scattering characteristics of jack mackerel by KRM model. *J Korean Soc Fish Technol*, 51(3), 424-431.
4. Hwang BK, Lee YW, Jo HS, Oh JK and Kang MH. 2015. Visual census and hydro-acoustic survey of demersal fish aggregations in Ulju small scale marine ranching area (MRA), Korea. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology* Vol. 51(1), 16-25.
5. Jolly GM and Hampton I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47(7), 1282-1291.
6. KANG D, HWANG D, MUKA, T, IIDA K and LEE K. 2004. Acoustic target strength of live Japanese common squid (*Todarodes pacifica*) for applying biomass estimation. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(4), 345-353.
7. Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo JT and Myoung JG. 2008. Hydroacoustic survey of spatio-temporal distribution of demersal fish aggregations near the west coast of Jeju Island, Korea. *Ocean and Polar Research*, 30(2), 181-191.
8. Kim HY, Hwang BK, Lee YW, Shin HO, Kwon JN and Lee KH. 2011. Hydro-acoustic survey on fish distribution and aggregated fish at artificial reefs in marine ranching area, *Journal of the Korean society of Fisheries Technology*, 47(2), 139-145.
9. Lee DJ. 2012. Fish length dependence of target strength for black porgy and fat greenling at two frequencies of 70 and 120kHz. *Journal of the Korean society of Fisheries Technology*, 48(2), 137-146.
10. Lee DJ. 2010. Fish length dependence of target strength for striped beakperch, bluefin searobin and konoshiro gizzard shad caught in the artificial reef ground of Yongho Man, Busan. *Journal of the Korean society of Fisheries Technology*, 46(3), 239-247.
11. Lee JW and Kang YS. 1994. Variation of fish community and fish density on artificial reefs. *J Kor Soc Fish Tech* 27(5), 535-538.
12. Lee JB, Oh TY, Yeon IJ, Kim BY, Shin HO, Hwang BK, Lee KH and Lee YW. 2012. Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju. *Journal of the Korean society of Fisheries Technology* 48(2), 128-136.
13. MIFFAF. 2009. Studies on the development of marine ranching program 2008 in the East West and Jeju coast of Korea. pp3.
14. McClatchie S, GJ Macaulay and RF Coombs. 2003. A requiem for the use 20 log 10 Length for acoustic target strength with special reference to deep-sea fishes. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 419-428.
15. Mun JH, Lee DJ, Shin HI and Lee YW. 2006. Fish length dependence of target strength for black rockfish, goldeye rockfish at 70kHz and 120kHz. *Journal of the Korean society of Fisheries Technology*, 42(1), 30-37.
16. Oh TY, Cha HG, Chang DS, Hwang CH, Nam YJ, Kwak SN and Son MH. 2010. Seasonal variation na species composition of fishes communities in artificial unit at marine ranching area in the coastal waters off Jeju island. *Journal of the Korean society of Fisheries Technology* 46(2), 139-147.
17. Ohshimo S. 2004. Spatial distribution and biomass of pelagic fish in the East China Sea in summer, based on acoustic surveys from 1997

to 2001. Fish . Sci, 70 . 389-400.

18. Simmonds EJ and DN MacLennan. 2005. Fisheries Acoustics, 2nd ed. Blackwell Science Ltd, Oxford. 437 p.

김광복



- 현 한국수산자원공단 동해본부
- 군산대 해양생물학 석사
- 부경대 생태공학과 박사 수료
- 현 한국수중과학회 정회원

- 현 한국수산자원공단 동해본부
- 현 한국수중과학회 정회원

최상학



- 주)씨모닝 대표
- 군산대 해양생물공학 재학

- 주)씨모닝 대표
- 현 한국수중과학회 정회원

강 준



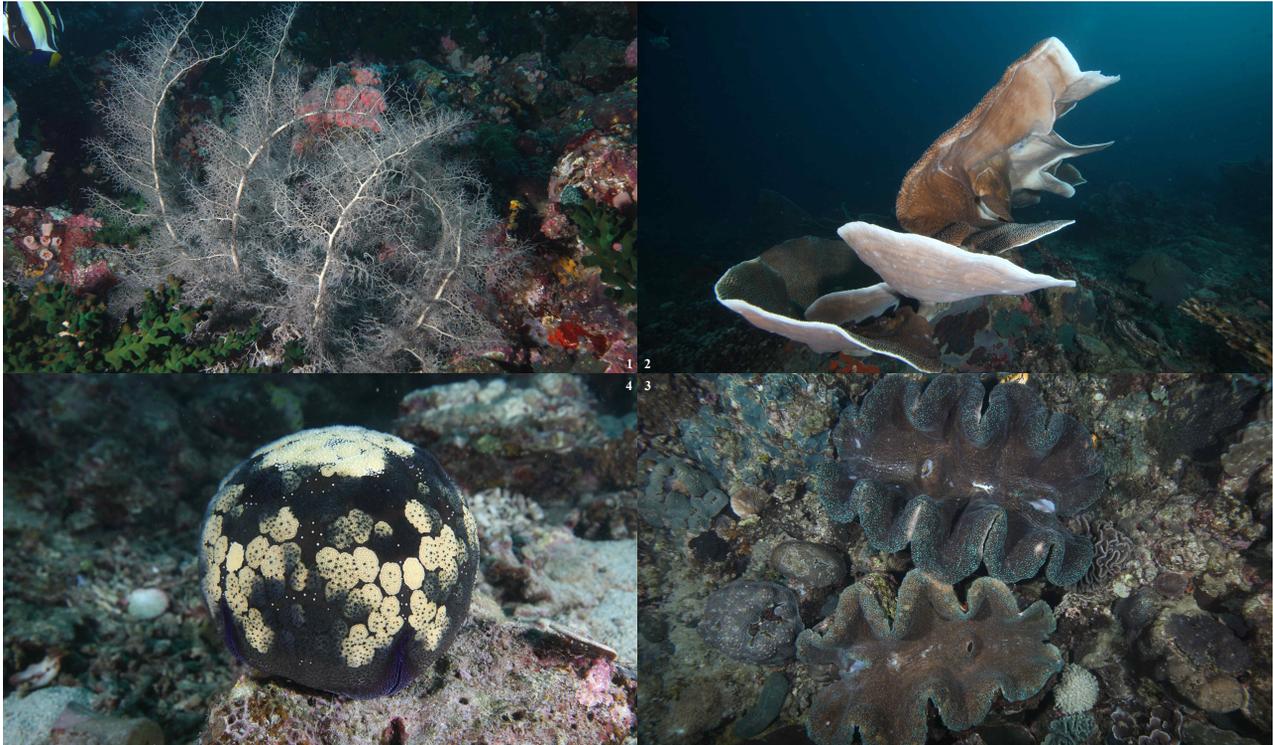
- 현 서울교통공사
- 군산대 해양생물학 석사
- 군산대 해양생물공학 박사 수료
- 현 한국수중과학회 정회원

- 서울교통공사 재직
- 현 한국수중과학회 정회원

수중과학기술

Underwater Science & Technology

제 20권 제 1호 2025년 2월



1. *Astroboa nuda*, 2. *Turbinaria retiformis*, 3. *Tridacna gigas*, 4. *Culcita novaeguineae* (군산대학교 김지현 교수 제공)

SECTION B - CONTENTS

1. 꺾지(*Coreoperca herzi*)의 산란장을 이용하여 탁란기생을 하는 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*) | 김동식 | 23 - 31

1. *Pseudopungtungia nigra* Brood parasite of *Coreoperca herzi* Defense *pungtungia*
| Dongsik Kim | 23 - 31

꺼지(*Coreoperca herzi*)의 산란장을 이용하여 탁란기생을 하는 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)

김동식^{1*}

¹Atlantis Production



Pseudopungtungia nigra Brood parasite of *Coreoprca herzi* Defense pungtungia

Dongsik Kim^{1*}

¹Atlantis Production

Coreoperca herzi
(위, 꺼지)

Pseudopungtungia nigra
(아래, 감돌고기)

요약

본 연구는 한국 하천에 서식하는 꺼지(*Coreoperca herzi*)의 산란 과정과 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)의 탁란으로부터 알을 보호하는 부성행동, 그리고 감돌고기가 꺼지의 산란장에 알을 낳는 생활사 전략을 제시하고자 한다.

주제어: *Ptereleotris microlepis*; 한국척기목종; 형태 기재; 제주도; 청황문절과

Abstract

This study aims to present the spawning process of the Korean freshwater fish, *Coreoperca herzi*, which inhabits Korean rivers, the defensive strategy of using its paternal love to prevent brood parasites from the *Pseudopungtungia nigra*, and the very unique and detailed strategic process of *Pseudopungtungia nigra* to lay eggs in the *Coreoperca herzi*'s spawning grounds.

Keywords: *Coreoperca herzi*new; *Pseudopungtungia nigra*; spawning; brood parasites

1. 서론

어류의 번식전략은 환경과 여러 가지 요인에 따라서 다양하게 나타난다. 그 중 우리나라 민물고기 번식전략은 여러 가지 형태이지만 바닷물고기와 다르게 크게 두 종류의 형태로 번식을 한다. 수중바닥에 묻거나 암반에 알을 붙이 형태로 대부분 번식을 한다. 땅속에 알을 묻는 형태의 번식의 과정을 보면 암컷 한 마리에 여러 마리의 수컷이 수정을 한다. 이것은 한 번에 많은 알을 수정하기 위한 번식전략이다. 한편 암반에 알을 붙이는 형태의 번식과정을 보면 수컷이 여러 마리의 암컷의 알을 받고 수컷이 지킨다. (Moyle and Cech, 2004; Dawkins, 2006). 이런 형태는 수컷이 건강만 하다면 부화 성공률

이 상당히 높다. 그밖에 수초에 붙이거나 다른 개체를 숙주로 이용하거나 다른 산란장에 탁란을 하는 형태로 번식전략을 쓰기도 한다. 그러나 약 80%의 어류는 암수 모두 자손을 양육하지 않는다.(Gross and Shine, 1981).

어류의 번식전략은 알과 자치어의 보호하지 않는 형태(nonguarders), 보호하는 형태(guarders) 품는 형태(bearers)로 구분 할 수 있다.(Balon, 1975; Balon, 1984). 또 다른 종의 산란장을 이용하는 번식전략도 있다. (Kramer and Smith, 1960; Hunter and Wisby, 1961; Hunter and Hasler, 1965; McKaye, 1981; Goff, 1984; sato, 1986; Baba *et al.*, 1990; Johnston and Page,

*Corresponding author(s): Dong-Sik Kim, E-mail: atlantis-21@hanmail.net, Tel: +82-10-3727-4289

Received March 7, 2024

Revised January 23, 2025

Accepted January 24, 2025

Published February 15, 2025

1992; Fletcher, 1993; Stauffer and William, 2010), 이러한 번식전략을 탁란(brood parasitism)이라고 한다. 우리나라 민물고기 중 감돌기속(*Pseudopungtungia*) 어류 2종이 꺾지(*C. herzi*) 산란장에 탁란 하는 것으로 보고되었다.(Kim *et al.*, 2004; 이 등, 2005. Lee, 2011.) 따라서 감돌고기 2종과 돌고기 1종 포함 3종이 탁란을 하는 것으로 알려져 있다. 그 중 우리나라 한국고유종인 감돌고기는 오르지 한국고유종인 꺾지 산란장에 탁란 하는 번식과정, 꺾지 산란과정, 감돌고기의 탁란을 방어하기 위해서 꺾지의 방어전략, 감돌고기의 탁란을 위한 번식전략, 그리고 부화에서 독립까지 제시 하고자 한다.

2. 재료 및 방법

1) 연구장소 및 조사기간

본 연구는 전라북도 진안군 주천면 주양리 (Fig.1)에 위치한 금강 지류인 주자천 상류(N 35° 58' 47", E 127° 22' 57")에 위치한 감돌고기 와 꺾지 연구(Fig. 2-A)하였다. 조사기간은 2014년 5월 3일~6월 20일(49일), 2019년 5월 5일~5월 31일(27일), 2020년 5월 6일~6월 11일(36일) 2024년 5월 2일~16일(15일) 6월 1일~4일(4일)조사하였다.

감돌고기(Fig. 2-B)는 우리나라 금강, 만경강, 웅천천에만 분포하는 한국고유종이고 (김 등, 2005; 환경부, 2005b), 환경부 지정 멸종위기 야생동물 · 식물 1급에 해당하는 종이다(환경부, 2005a). 본 종은 주로 수서곤충을 섭식하며(김, 1997), 산란시기는 5월~7월이다. 꺾지의 산란시기도 5월~7월이며 주로 어류를 섭식한다. 이런 꺾지 산란장에 탁란(Brood parasitism)을 한다(Kim *et al.*, 2004; 이 등, 2005. Lee, 2011.).

2) 조사 방법

조사방법은 (Fig. 3-A)으로 실시하고, 관찰 카메라 설치 (Fig. 3-B)하여 야간을 제외한 아침 6시부터 저녁 6시까지 12시간을 녹화여 정밀분석을 하였으면 직접 잠수로 비디오키메라를 설치 이용하여 보다 더 넓은 행동반경과 산란장 주변 그리고 감돌고기의 산란장 침입 전 행동 꺾지의 산란장 방어기술, 감돌고기 탁란 그리고 꺾지의 산란장 지키기, 부화, 그리고 독립까지 관찰 하였다.

3) 사용 장비

산란장 4 구역(Fig. 4)을 선정하여 주변과 산란 시 산란장 내부의 감돌고기와 꺾지의 행동은 5D Mark II, 5D Mark III Canon; E-M1, Olympus; Z-1, Z-100 Sony; 5K Epic; 8K Helium RED; 사용 하였으며 고정 카메라로는 FDR-AX700, Sony; Go-Pro 7, Go-Pro 9; 사용하여 지속적으로 행동을 관찰하였으며 프리뷰를 통해서 정확한 행동과 패턴을 파악하여 기록 하였으며 중요한 부분은 사진으로 캡처하여 논문에 제시 하였다.

3. 결과 및 고찰

꺾지는 한국고유종이며 우리나라 하천에 서식 하며 육식성 어종이다. 대부분 5월 초에 산란을 시작 하는데 수심 1~2.5m 큰 바위틈의 깊이가 30~50cm, 높이는 15~30cm이다. 바위 천장부분이 알을 붙이기 좋게 평평한 곳을 택한다. 수컷이 2~5일정도 자리를 잡은 다음 바위틈 천장 부분을 청소를 한다. 그러는 동안 암컷은 주변에서 대기하고 있다가 수컷이 암컷을 데려와서 알을 낳는데 바로 낳지 못하고 수컷이 20~40분 동안 서로 몸을 자극하면 암컷은 5~10회 정도 알을 붙일 바위에 대고서 연습을 몇 번 한다(Fig. 5). 그리고 알을 붙일 때는 산란관을 좌우로 흔들면서 3~5개 알을 아래위로 붙이면서 옆으로 길게 한번에 100~300개 알 붙인다. 그 후 수컷이 알에 바로 방정하여 수정을 시킨다. 대부분 암컷은 한번 정도 산란을 하고 산란장을 이탈 하지만 개체가 큰 암컷은 두 번 정도 알을 붙이기도 하며 상당히 많은 양을 붙인다. 이시기 수온은 평균 18도이다. 첫 번째 산란을 하고 나면 이 때부터 감돌고기가 산란장 주변에 모여 들기 시작 하며 5~30마리 정도 모이면 산란장 입구로 다가서 꺾지 산란장을 침입을 시작한다. 감돌고기의 전략도 대단하다. 암 수가 뒤 석여서 꺾지 산란장 주변에서 먹이 활동을 하다가 암컷 감돌고기가 퍼스트 펽건처럼 한 마리가 행동을 개시하면 바로 뒤를 따라서 꺾지 산란장으로 침입하며, 바로 꺾지가 몰아내면 철수하고 이런 방법을 20회 이상을 실시한다. 이 전략은 꺾지의 힘을 빼기 위한 것으로 보이고 간혹 감돌고기 한 마리가 희생이 되기도 한다. 그러나 꺾지도 되도록 겁을 주고 쫓는 형태를 갖는다. 또 만약 입속으로 삼키게 되면 대부분 뱉어낸다. 이런 행동은 부화해도 한다.

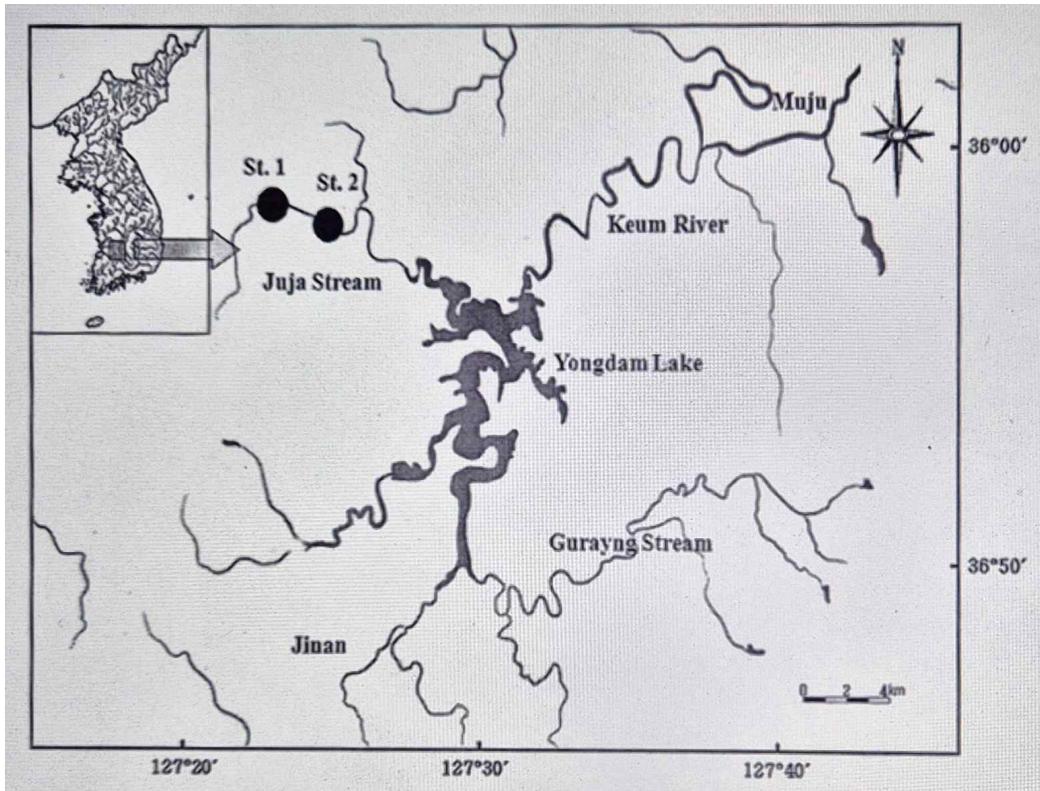


Fig. 1. St. 1; St. 2, Daebul-ri, Jucheon-myeon, Jinan-gun, Jeollabuk-do

A



B



Fig. 2. A: *Coreoperca herzi*; B: *Pseudopungtungia nigra*

24년도 조사 결과는 단 한 번도 삼키지는 않았다. 이런 행동은 이번 연구 결과 각각 산란장에서 1~2회 관찰 되었다. 총 10회로 감돌고기의 산란장을 침입하는 모든 어종은 같은 형태로 뺨어 내거나 쫓는 방식을 택한다. 배속에 넣게 되면 움직임이 둔해지기 때문에 되도록 쫓는 전략을 쓰

는 듯하다. 감돌고기는 꺽지가 힘이 빠져 지치거나 감돌고기를 먹어서 더 이상 사냥 못 하는 틈을 타서 꺽지 산란장을 공략한다. 처음에는 대부분 두 개조로 나누워서 한번 침입했다가 꺽지의 힘이 남아 있을 경우 순차적으로 양 옆 쪽으로 들어가서 꺽지 알 부근에 알을 붙인다(Fig. 6).

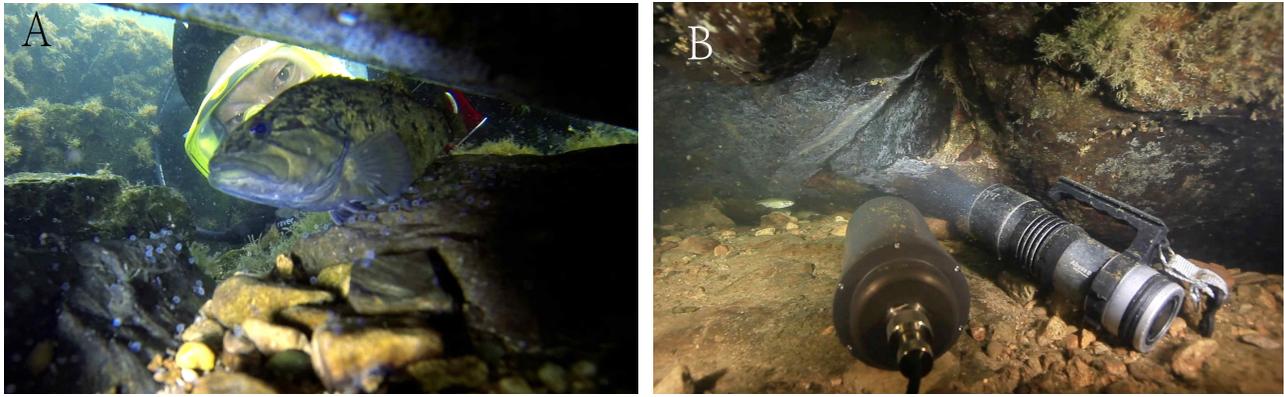


Fig. 3. A: *Coreoperca herzi*; B: Camera setting

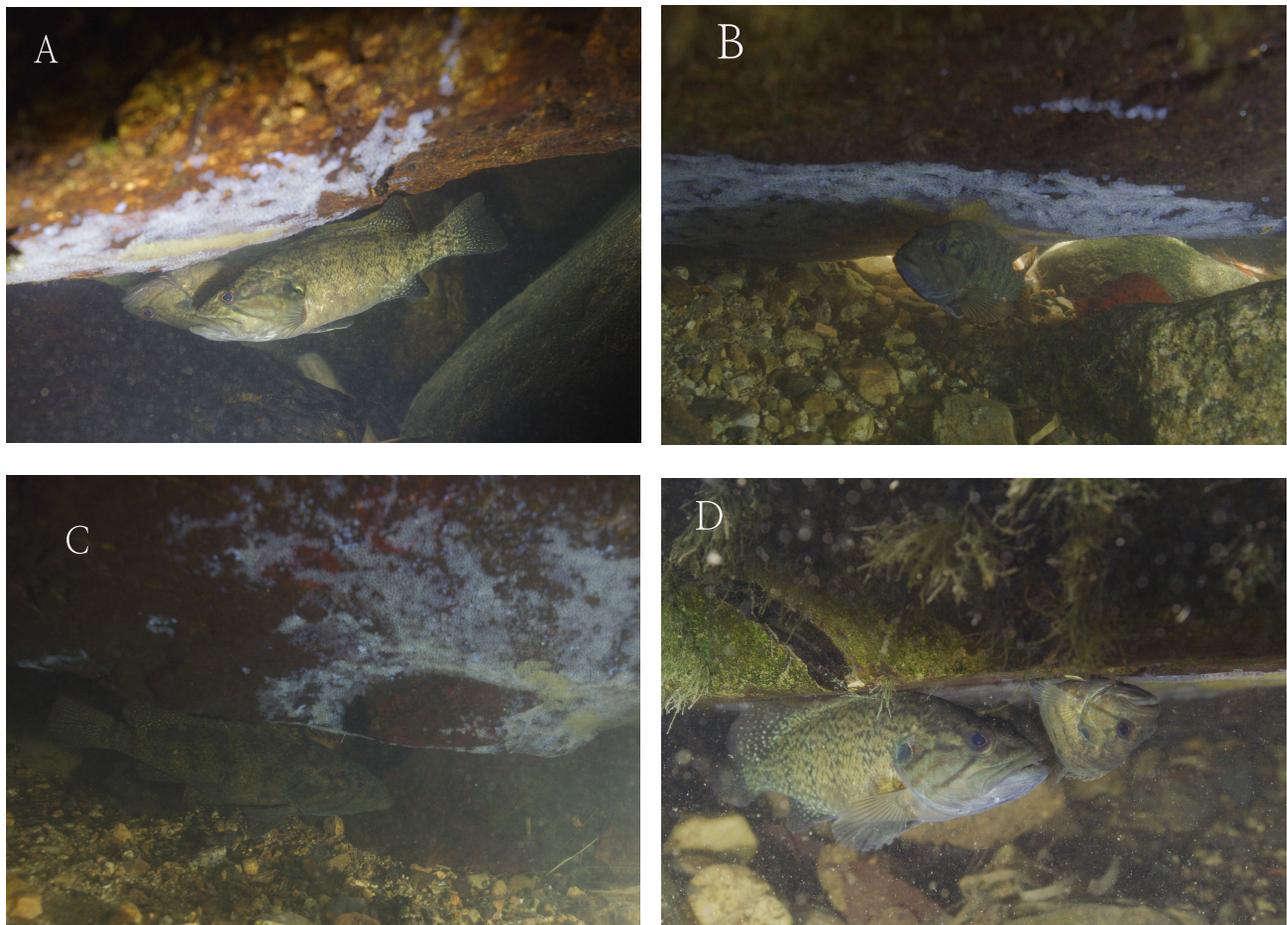


Fig.4. *Coreoperca herzi* spawning ground

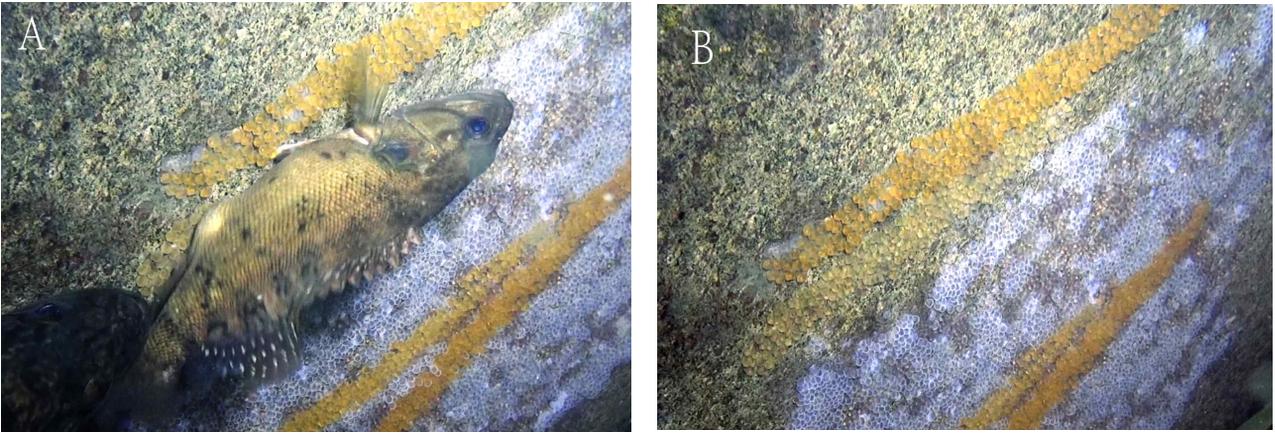


Fig. 5. A: *Coreoperca herzi* Spawning; B: *Coreoperca herzi*/*Pseudopungtungia nigra* egg



Fig. 6. *Coreoperca herzi* cast away after hunting



Fig. 7. *Pseudopungtungia nigra* brood parasitism

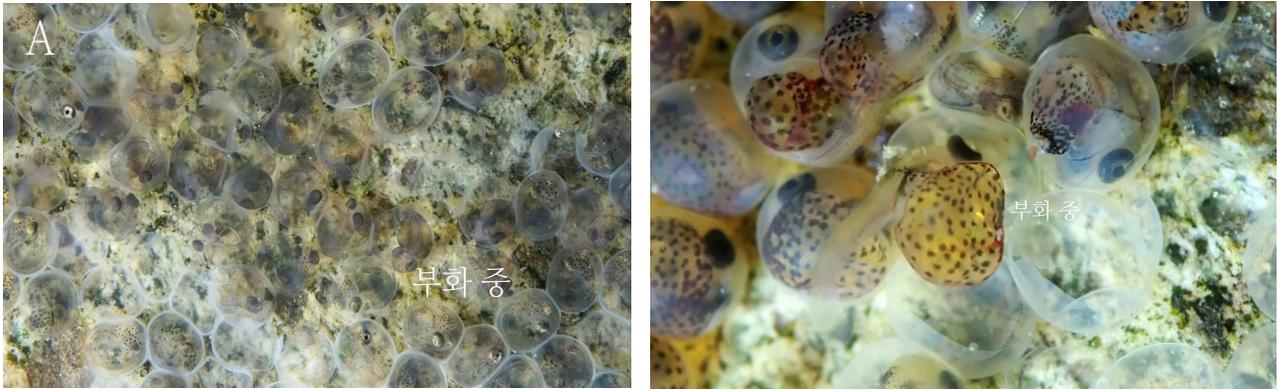


Fig. 8. A: *Pseudopungtungia nigra* hatch; B: *Coreoperca herzi* hatch



Fig. 9. *Coreoperca herzi* and *Pseudopungtungia nigra* juvenile fish

다만 처음에는 꺼지의 기세에 조금 알을 붙이다가 꺼지가 포기 하는 순간 20마리 이상의 감돌고기가 집단 알을 붙이고 방정하기 때문에 산란장안은 뿌연 하다(Fig. 7). 이 지경이 될 때쯤이면 꺼지는 그냥 망연자실 상태로 보고 만있다. 산란을 마친 감돌고기가 산란장을 떠나고 나면 꺼지는 산란장 주변에 있는 암컷을 바로 데려와서 다시 산란을 한다. 이렇게 수컷은 최대한으로 많은 암컷을 불러 들려서 많은 알을 확보 하려고 노력 하지만 이번 연구에서는

2~3마리가 전부였다. 다시 꺼지가 산란을 하면 또 다시 감돌고기가 찾아와서 첫 번째 방법으로 다시 탁란을 실시한다. 꺼지는 두 번 정도 알을 붙이는 암컷 덕분에 많은 알이 있으나 상대적으로 보면 산란장은 감돌고기 알이 80%를 차지하기도 한다(Fig. 5). 그리고 개체수가 많은 감돌고기는 꺼지 산란장 천장에 알을 붙일 장소가 없으면 바닥에도 알을 붙이고 나간다(Fig. 7). 그 후 꺼지는 산란장 알을 주둥이로 이물질 제거하고 아가미로 산소공급을 하고

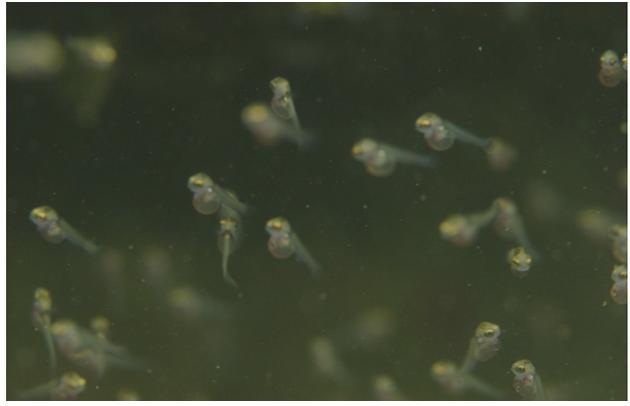
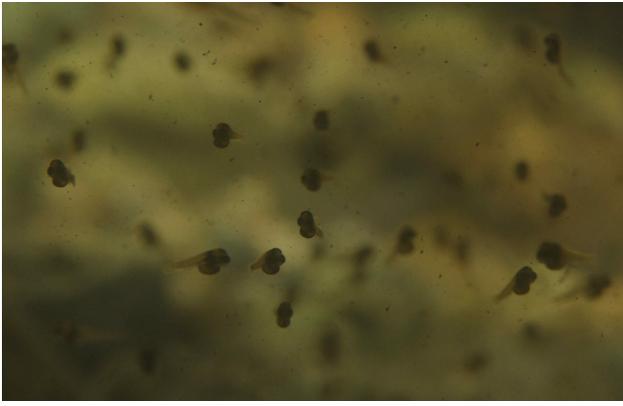


Fig. 10. *Pseudopungtungia nigra* juvenile fish



Fig. 11. A. *Pseudopungtungia nigra* egg; B. Eggs that did not hatch

다른 침입자를 방어 하면서 정성껏 알을 보살핀다. 꺾지 알의 부화는 수온이 19~20도인 경우 14일에 부화를 하고 17~18도인 경우는 21일에 부화를 하기도 했다(Fig. 8). 감돌고기 알은 꺾지 알 보다 1~3일 먼저 부화는 되지만 바로 산란장을 떠나지는 않고 뭉쳐서 산란장 밑에서 꺾지로부터 보호를 받는다. 그리고 꺾지 알이 부화해 따로따로 뭉쳐서 있으며 꺾지 치어가 난황이 없어지기 전에 감돌고기 치어는 바로 사라진다(Fig. 9, 10). 꺾지 치어는 난황이 없어지기 시작하면 바로 산란장을 떠나지만 뭉쳐서 수컷 꺾지의 보호 아래 사냥술을 스스로 배우 운다. 꺾지 치어는 사냥을 할 때 흩어져 단독 생활을 한다. 그러나 감돌고기 알이 꺾지 알보다 먼저 부화하기에 그 기간이 넘어 갈 경우는 그 꺾지 산란장에 더 이상 알을 붙이지 않는 다고 알고 있었으나 24년도 조사에서는 결과로는 상대적으로 꺾지 산란장이 2곳이고 감돌고기 개체수는 상당히 많아서 인지 꺾지 산란장에 5일차에도 집단으로 탁란을 하는데 감돌

고기가 꺾지알을 먹으면서 알 낳을 자리를 확보하기도 한다. 이렇게 탁란한 알은 꺾지알이 부화 후에도 부화를 못하고 붙어 있으나 꺾지가 없는 산란장은 서서히 다슬기가 다가와서 공격을 당한다(Fig. 11. A) 그리고 산소공급도 못 받고 기타 이물질에 노출 되어 99%가 죽은 알이고 1%만 부화를 한다(Fig. 11. B). 꺾지는 수온이 17도 이하로 내려가면 바위틈에서 숨어 지내며 산란은 하지 않는다. 마찬가지로 감돌고기 역시 낮은 수온에서는 바위틈에 숨어서 서식한다.

감사의 글

본 연구에 협조 해주신 KBS, MBC 자연다큐멘터리 팀, 이흥원박사님, 조성장소장님, 김슬기기자님께도 감사드립니다. 늘 촬영에 협조해주는 주천면 양현길사장님께도 감사드립니다.

참고문헌

1. Baba, R. Nagata, Y. and Yamagishi, S. 1990. Brood parasitism and egg robbing among three freshwater fish. *Anim. Behav.* 40(4): 776-778.
2. Brooke, M. de L. and N.B. Davies. 1987. Recent changes in host usage by cuckoos *Cuculus oenanthes* in Britain. *J. Anim. Ecol.* 56: 873-883.
3. Brooke, M. de L. and N.B. Davies. 1988. Egg mimicry by cuckoos *Cuculus oenanthes* in relation to discrimination by host. *Nature* 335: 630-632.
4. Fletcher, d.E. 1993. Nest association of the dusky shiners (*Notropis cummingsae*) and redbreast sunfish (*Lepomis auritus*), a potentially parasitic relationship. *Copeia* 100391): 159-167.
5. Goff, g.P. 1984. Brood care of longnose gar (*Lepisosteus osseus*) by smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*). *Copeia* 1984: 149-152.
6. Gross, m.R. and R. Shine. 1981. Parental care and mode of fertilization in ectothermic vertebrates. *Evolution* 35: 775-793.
7. Hunter, J.R. and A.d. Hasler. 1965. Spawning association of the redbreast shiner, *Notropis umbratilis*, and the green sunfish, *Lepomis cyanellus*. *Copeia* 1965(3): 265-281.
8. Hunter, J.R. and W.j. Wisby. 1961. Utilization of the nests of green sunfish (*Lepomis cyanellus*) by the redbreast shiner (*Notropis umbratilis*). *Copeia* 1961(1): 113-115.
9. Jeon, S.R. and K.C. Choi. 1980. A new cyprinid fish, *Pseudopungtungia tenuicorpus* from Korea. *Kor. J. Zool.*, 23(1): 41-47.
10. Johnston, C.E. 1994. The benefit to some minnows of spawning in the nests of other species *Environmental Biology of Fishes* 40: 213-218.
11. Johnston, C.E. and Page, L.m. 1992. The evolution of complex reproduction strategies in North American minnow (Cyprinidae). In *Systematics, Historical Ecology, and North American Freshwater Fishes* (Mayden, R. L., ed.). Stanford University Press, Stanford, pp600-621.
12. Kawanabe, H., N. Mizuno, K. Hosoya, A. Sakurai, T. Ohtsuka, T. Taguchi and K. Yano. 2001. *Freshwater fishes of Japan*. Yama-Kei publishers, Tokyo. 719 pp.
13. Kilner R.M. 2006. The evolution of egg colour and patterning in birds. *Biol. Rev.* 81: 383-406.
14. Kramer, R.H. and L.L. Smith. jr. 1960. Utilization of the nests of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, by golden shiners, *Notemigonus crysoleucas*. *Copeia* 1960(1) : 73-75.
15. Krebs, J.R and N.B. Davies. 1993. *An introduction to behavioural ecology* (Third edition). Blackwell Science, London, 420 pp.
16. Krebs, J.R and N.B. Davies. 2001. *Behavioural Ecology: An evolutionary approach* (fourth ed.). Blackwell Science, London. 456 pp.
17. Mayden, R.L. and Simons, A.m. 2002. Crevice spawning behavior in *Dornda dichroma*, with comments on the evolution of spawning modes in North American shiner (Teleostei: Cyprinidae). *Review in Fish Biology and Fisheries* 12: 327-337 pp.
18. McKaye, K.r. 1981. Natural selection and the evolution of interspecific brood care in fishes. in: *Natural selection and social behavior*. r.d. Alexander and D. W. Tinkle (eds.). Chiron Press, New york : pp.173-183.
19. Minckley, w.L. 1959. *Fishes of the Big Blue River Basin, Kansas*. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 11, 401-442.
20. Moyle, P.b. and Cech, J.J. 2004. *Fishes - An introduction to ichthyology* (fifth edition). Prentice Hall. New Jersey, 657pp.
21. Pflieger, W.L. 1975. *The fishes of Missouri*. Missouri Department of Conservation. 372 pp.
22. Potts, G.W. and R.J. Wootton. 1984. *Fish reproduction: Strategies and tactics*. Academic Press, London. 410 pp.
23. Song, h.b. H.M. Baek. 2005. Population ecology of common freshwater goby *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. *Korean J. Inhtyol.* 17(3): 195-204. (in Korea)
24. Stauffer jr, J.r. and William f.L. 2010. Brood Parasitism of a Bagrid catfish (*Bagrus meridionalis*) by a Clariid Catfish (*Bathyclarias niasensis*) in Lake Malawi, Africa. *Copeia* 2010(1): 71-74.
25. 채병수, 송호복, 박종영, 조광현, 조성장, 김익수. 2019. *야외원색도감 한국의 민물고기*. 서울. LG상록재단. 333 pp.
26. 김익수, 박종영. 2002. *한국의 민물고기*. 교학사. 서울. 465 pp.
27. 김익수, 이흥원, 최승호. 2004. 금강 상류의 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*와 돌고기 *Pungtungia herzi*의 섭식생태. 2004. 수산관련학회 공동학술대회 발표요집. 429-430.
28. 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. *한국어류대도감*. 교학사. 서울. 615 pp.

29. 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교육부. 629 pp.
30. 이흥원. 2005. 금강 상류에 서식하는 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*의 섭식 및 산란생태. 전북대학교 대학원 석사학위 논문. 54 pp.
31. 이흥원. 2011. 감돌고기속 (*Pseudopungtungia*)과 돌고기속 (*Pungtungia*) 어류의 변식전략. 군산대학교 대학원 박사논문. 132 pp.
32. 전상린. 1977. 한국산 감돌고기의 생태에 관한 연구. 한국육수학회지. 1091-2) : 33-46.
33. 환경부. 2005b. 한국 고유생물종 도감. 환경부 자연보전국 자연자원과, 458 pp.

김동식 (Dongsik Kim)



- 아트랜티스 프로덕션
- 수중촬영감독
- 이학박사
- 전공분야
 - 독도어류

활동 [Underwater producer of photographer(U/W DoP)]

- BBC, South Korea
- NBC, Haenyeo
- NGC, Wild Korea
- KBS, Hidden Earth
- MBC, DMZ The Wild
- SBS, Whales and I
- Cinematography Awards (수상)
- New York, Best Underwater Cinematography
- European, Best Underwater Cinematography
- Asian, Best Underwater Cinematography
- Canadian, Best Underwater Cinematography
- 60th Baeksang Arts Awards Award for Arts

수중과학기술 제 20권 제 1호

인 쇄	2025년 2월 15일
발 행	2025년 2월 16일
발행인	장필순
편집인	남동하, 박춘구
발행처	(사)한국수중과학회

한국수중과학회 학회사무국 주소

(46936) 부산광역시 사상구 모라로 22, 부산벤처타워 1509 시텍
www.kosust.or.kr

수중과학기술 투고규정

(1997년 1월 1일 제정)
(2023년 6월 3일 개정)

제1조(논문의 투고)

- ① 투고자격은 한국수중과학회(이하 본 학회라 함) 회원뿐만 아니라 전 세계 어느 나라의 연구자에게도 부여한다.
- ② 원고는 다른 공개간행물에 발표되지 않았거나, 발표 예정이 없어야 하며, 본 학회지의 원고집필규정에 따라 작성한 파일을 본 학회 내 온라인 논문투고시스템을 통해 제출한다.
- ③ 원고의 접수는 본 학회 웹사이트를 통해 수시로 하며, 본 학회 편집위원회가 온라인 논문접수를 확인한 날을 접수일로 한다.

제2조(논문의 게재)

- ① 본 학회지는 수중과학기술학 및 관련 분야 전반의 논문(Article)을 게재한다. 논문의 형식은 Research Paper, Q/A, Letter, Comments, Notes, Communication, Review 등으로 편집위원회의 검토를 받은 원고에 한해 게재할 수 있다.

제3조(연구출판윤리 및 저작권 양도)

- ① 저자는 본 학회지의 연구윤리규정을 준수해야 하며, 인간을 대상으로 하는 연구, 동물을 대상으로 하는 연구는 소속기관의 동물실험 윤리 또는 생명윤리에 대한 심의를 받았다는 사실을 재료 및 방법에 표기해야 한다. 또한 개인정보를 활용하는 설문조사 등의 연구는 조사과정 중 '정보활용에 관한 개인 동의'를 얻었다는 사실을 재료 및 방법에 표기해야 한다.
- ② 논문게재 승인과 더불어 저자는 저작권을 본 학회에 양도해야 한다. 저작권 이양동의서에 서명함으로써 본 학회지에 게재되는 논문의 저작권은 본 학회에 귀속된다. 단, 저자(들)의 요청 시 학회에 투고한 내용을 이용할 수 있도록 본 학회가 승인할 수 있다.
- ③ 윤리서약 및 저작권 이양 동의서는 본 학회 홈페이지에서 다운로드 받은 후 교신저자의 서명과 함께 최종논문 투고 시 제출한다.

제4조(저자 점검표)

논문의 제1저자(또는 교신저자)는 논문 투고 전에 저자 점검표에 따라 논문이 작성되었는지 확인해야 한다. 저자 점검표는 온라인 논문 제출 시 본 학회의 온라인 논문투고 시스템에서 제공된다.

제5조(젠더혁신 정책의 반영)

본 학회지에 게재되는 원고는 젠더혁신 정책에서 추천하는 가이드라인(<http://gister.re.kr/>)을 준수하여야 한다.

- ① 연구의 설계와 자료의 수집 및 분석, 결과의 해석 과정에서 가능하면 대상 생물의 성별 특성을 충분히 고려하고 반영한다.
- ② 실험용 동물일 경우에도 수용시설 구축이나 실험 설계 및 진행 과정에서 젠더 편향이 일어나지 않도록 대상 생물의 성별 특성을 충분히 고려하여 반영한다.
- ③ 대상 생물의 성별 특성을 알지 못할 경우, 그 이유를 논문 원고에 충분히 설명해야 한다.

제6조(기타)

- ① 논문은 표, 그림을 포함하여 국문 6면(영문 6면)을 기준으로 한다.
- ② 본 학회지는 매년 1회(12월 31일) 발행함을 원칙으로 하되 점진적으로 매년 2회(6월 30일, 12월 31일) 발행함을 목표로 한다.

부칙 1) 이 규정은 2023년 6월 3일부터 시행한다.

수중과학기술 심사규정

(1997년 1월 1일 제정)

(2023년 6월 3일 개정)

제1조(근거)

본 규정은 한국수중과학회(이하 본 학회라 함) 투고규정에 의거한 투고논문 심사규정이다.

제2조(목적)

본 학회지의 우수한 논문을 선별하고 심사진행 과정의 공정성과 투명성을 제고하기 위한 지침이다.

제3조(논문의 접수)

본 학회의 규정에 맞는 원고를 접수하며 본 학회의 규정에 부합하지 않는 경우 저자에게 반송하고 수정을 요구할 수 있다. 논문접수 후 편집위원회의 검토가 완료되면 접수 확정과 함께 주저자와 교신저자에게 논문이 접수되었음을 통보한다.

제4조(논문의 심사)

- ① 본 학회의 편집위원회가 접수한 논문은 편집위원장이 관련 전문분야의 분야별 분과위원장을 지정하고 분야별 분과위원장은 2인의 심사위원을 선정한다.
- ② 편집위원회는 선정된 심사위원을 저자에게 밝히지 않으며, 저자의 소속과 이름을 밝히지 않는 상태로 심사위원에게 심사를 의뢰한다.
- ③ 심사위원은 본 학회의 온라인 투고시스템 상의 소정의 양식에 따라 심사의견을 작성하고 심사를 의뢰한 날로부터 2주일 이내에 편집위원회에 제출하여야 한다.
- ④ 논문의 심사결과는 게재 가능, 수정 후 게재(Major revision/Minor revision), 수정 후 재심, 게재 불가의 4 등급으로 평가하며 심사결과는 편집위원회 사무국에서 심사위원의 소속과 이름을 밝히지 않고 저자에게 통보한다.

제5조(논문의 채택과 게재)

- ① 투고된 원고는 심사위원의 심사결과에 따라 편집위원회에서 게재 여부를 최종 결정한다. ② 논문의 채택
가. 심사위원 2명이 “게재 가능”으로 평가한 논문은 게재된다.
나. 심사위원 2명이 “수정 후 게재(Major revision/Minor revision)”로 평가한 논문은 저자에게 수정을 요구하고 수정된 원고를 심사위원에게 심사를 재의뢰하거나 편집위원회에서 확인 후 게재 여부를 결정할 수 있다.
다. 논문심사 과정에서 ‘수정 후 재심’으로 2회 이상 판정 시에는 ‘게재 불가’로 판정하며, 투고자가 논문심사 결과에 대해 6개월 이상 회신하지 않으면 ‘게재 불가’로 판정할 수 있다.

- 라. 심사위원 1명이 게재 불가로 평가한 논문은 제3의 심사위원을 선정, 심사를 의뢰할 수 있으며, 심사결과를 종합적으로 판단하여 편집위원회에서 게재여부를 결정할 수 있다.
 - 마. 심사위원 2명이 “게재 불가”로 평가한 논문은 게재하지 않는다.
 - 바. 편집위원회는 심사위원과 편집위원회가 요구한 사항에 대한 저자의 수정 여부를 확인하고 수정이 미흡할 경우 논문게재를 보류할 수 있다.
- ③ 논문의 게재순서는 심사가 완료된 논문의 게재승인 일자를 기준으로 한다. 단, 학회지의 게재순서 및 각 호의 게재논문 편수는 편집위원회에서 결정할 수 있다.

제6조(게재 거부된 논문에 대한 재심사)

게재 거부된 논문의 저자는 이의 부당성에 대해 편집위원회에 서면으로 재심을 청구할 수 있으며, 편집위원회는 저자가 청구한 부당성에 대한 근거를 토대로 재심 여부를 결정하여 이 결과를 저자에게 통보한다.

제7조(기타)

본 규정에 명시되지 않은 사항은 편집위원회의 의견을 받아 편집위원장이 결정한다.

부칙 1) 이 규정은 2023년 6월 3일부터 시행한다.

한국수중과학회 수중과학기술 연구윤리규정

(1997년 1월 1일 제정)
(2023년 6월 3일 개정)

제1장 총칙

제1조(목적)

이 규정은 한국수중과학회(이하 본 학회라 함)의 연구윤리 확립을 목적으로 한다.

제2조(적용대상)

이 규정은 본 학회에서 발간하는 학술지에 기고하거나 학회 주최의 학술대회에서 발표하는 모든 연구자에 대하여 적용한다.

제2장 연구 관련 윤리규정

제1절 저자 윤리규정

제3조(저자의 정의)

저자는 다음의 네 가지 기준을 모두 충족해야 한다.

- 연구의 개념이나 설계, 연구 자료의 획득, 분석, 또는 해석에 상당한 기여를 한 자
- 중요한 학술적 내용에 대해 초안 작업을 하거나 비판적으로 수정을 가한 자
- 출판될 원고에 최종적으로 승인을 한 자
- 연구의 정확성 또는 진실성과 관련된 의문이 있는 경우 적절히 조사되고 해결되도록 연구의 모든 사항에 대해 책임을 지는 자

제4조(연구부정행위 금지)

저자는 연구 설계, 자료 분석, 결과 해석 등 모든 연구 과정에서 연구부정행위가 발생하지 않도록 하며, 연구부정행위의 범위는 다음과 같다.

- 위조는 존재하지 않는 자료 또는 연구 결과 등을 허위로 만들어 내는 행위를 말한다.

- ② 변조는 연구 재료·장비·과정 등을 인위적으로 조작하거나 자료를 임의로 변형·삭제함으로써 연구내용 또는 결과를 왜곡하는 행위를 말한다.
- ③ 표절은 타인의 아이디어, 연구내용·결과 등을 정당한 승인 또는 인용 없이 도용하는 행위를 말한다.
- ④ 부당한 논문 저자 표시는 연구내용 또는 결과에 대하여 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 한 사람에게 정당한 이유 없이 논문 저자 자격을 부여하지 않거나, 과학적·기술적 공헌 또는 기여를 하지 않은 자에게 감사의 표시 또는 예우 등을 이유로 논문 저자 자격을 부여하는 행위를 말한다.
- ⑤ 부당한 중복게재는 저자가 자신의 이전 연구 결과와 동일 또는 실질적으로 유사한 저작물을 출처표시 없이 게재한 후, 별도의 연구업적으로 인정받는 경우 부당한 이익을 얻는 행위를 말한다.
- ⑥ 연구부정행위에 대한 조사 방해 행위는 본인 또는 타인의 연구부정행위에 대한 조사를 고의로 방해하거나 제보자에게 위해를 가하는 행위를 말한다.
- ⑦ 그 밖에 해당 학문 분야에서 통상적으로 용인되는 범위를 심각하게 벗어나는 행위도 이에 해당할 수 있다.

제5조(출판 업적의 명기)

- ① 저자는 자신이 실제로 행하거나 공헌한 연구에 대해서만 저자로서의 책임을 지며, 또한 업적으로 인정받는다.
- ② 논문이나 기타 출판 업적의 저자(역자)나 저자의 순서는 상대적 지위에 관계없이 연구에 기여한 정도에 따라 공정하게 반영하여야 한다.

제6조(연구물의 중복 투고 및 게재 혹은 이중 출판 금지)

저자는 국내외를 막론하고 이전에 출판된 자신의 연구물(게재 예정이거나 심사 중인 연구물 포함)을 새로운 연구물인 것처럼 출판(투고)하거나 출판을 시도하지 않는다.

제7조(인용 및 참고 표시)

- ① 공개된 학술 자료를 인용할 경우에는 정확하게 기술하도록 노력해야 하고, 상식에 속하는 자료가 아닌 한 반드시 그 출처를 명확히 밝혀야 한다.
- ② 다른 사람의 글을 인용하거나 아이디어를 차용할 경우에는 반드시 본문이나 각주를 통해 인용 및 참고 여부를 밝혀야 하며, 이러한 표기를 통해 어떤 부분이 선행연구의 결과이고 어떤 부분이 본인의 독창적인 생각·주장·해석인지를 독자가 알 수 있도록 해야 한다.

제8조(생명 존중 의무)

- ① 연구 과정에서 다루어지는 생명체(인간, 동물)에 대한 인도주의적 생명 존중 의무를 다하여야 한다.
- ② 생명윤리 관련 설문 및 실험이 필요한 논문은 생명윤리에 부합하는 조치를 포함해야 한다.

제2절 편집위원 윤리규정

제9조(책임)

편집위원은 투고된 논문의 게재 여부를 결정하는 책임을 지며, 저자의 인격과 학자로서의 독립성을 존중해야 한다.

제10조(공정한 취급)

편집위원은 투고된 논문을 저자의 성별, 나이, 소속기관은 물론이고 어떤 선입견이나 사적인 친분과 무관하게 오로지 투고 규정에 근거하여 공정하게 취급하여야 한다.

제11조(공정한 심사의뢰)

편집위원은 투고된 논문의 평가를 해당 분야의 전문적 지식과 공정한 판단 능력을 지닌 심사위원에게 의뢰해야 한다. 심사의뢰 시에는 저자와 지나치게 친분이 있거나 지나치게 적대적인 심사위원을 피함으로써 가능한 한 객관적인 평가가 이루어질 수 있도록 노력한다.

제12조(비밀 유지)

편집위원은 투고된 논문의 게재 여부가 결정될 때까지는 심사위원 이외의 사람에게 저자에 대한 사항이나 논문의 내용을 공개해서는 안 된다.

제3절 심사위원 윤리규정

제13조(성실한 심사)

심사위원은 학술지의 편집위원(회)이 의뢰하는 논문을 심사 규정이 정한 기간 내에 성실하게 평가하고 그 결과를 편집위원(회)에게 통보해 주어야 한다. 만약 자신이 논문의 내용을 평가하기에 적합자가 아니라고 판단될 경우에는 편집위원(회)에게 지체 없이 그 사실을 통보한다.

제14조(공정한 심사)

심사위원은 논문을 개인적인 학술적 신념이나 저자와의 사적인 친분 관계를 떠나 객관적 기준에 의해 공정하게 평가하여야 한다. 충분한 근거를 명시하지 않거나, 본인의 관점이나 해석과 다르다는 이유로 게재를 불허해서는 안 된다.

제15조(저자에 대한 존중)

심사위원은 전문 지식인으로서의 저자의 인격과 독립성을 존중하여야 한다. 평가 의견서에는 논문에 대한 자신의

판단을 밝히되 보완이 필요하다고 생각되는 부분에 대해서는 그 이유도 상세하게 설명해야 한다.

제16조(비밀 유지)

심사위원은 심사 대상 논문에 대한 비밀을 지켜야 한다.

제3장 윤리위원회

제17조(윤리위원회의 구성과 의결)

- ① 윤리위원회는 위원 5인 이상으로 구성하며, 위원장은 편집위원장이 겸한다. 위원은 위원장의 추천을 받아 본 학회 회장이 임명한다.
- ② 당해 사건과 직·간접적인 이해관계가 있는 회원은 윤리위원에서 제외된다.
- ③ 윤리위원회는 재적 위원 2/3 이상의 찬성으로 의결한다.

제18조(윤리위원회의 권한)

윤리위원회는 윤리규정 위반으로 보고된 사안에 대하여 제보자, 피조사자, 증인, 참고인 및 증거자료 등을 기준으로 조사를 실시한 후, 위반으로 보고된 사안이 사실로 판정된 경우에는 본 학회 회장에게 적절한 제재 조치를 건의할 수 있다.

제19조(피조사자 협조 의무)

윤리규정 위반으로 보고된 회원은 윤리위원회에서 행하는 조사에 협조해야 한다. 이 조사에 협조하지 않는 것은 그 자체로 윤리규정 위반이 된다.

제20조(소명 기회 보장)

윤리위원회는 윤리규정 위반으로 보고된 회원에게 충분한 소명 기회를 주어야 한다.

제21조(피조사자 신원 보호)

윤리규정 위반에 대해 본 학회의 최종적인 결정이 내려질 때까지 윤리위원은 해당 회원의 신원을 외부에 공개해서는 안 된다.

제22조(징계 절차 및 내용)

윤리위원회의 제재 건의가 있을 경우, 본 학회 회장은 이사회를 소집하여 제재의 내용을 최종적으로 결정한다. 제재의 내용은 위반행위의 경·중에 따라 당해 논문의 게재 불허 또는 발표 불허, 이미 게재 또는 발표된 경우 소급

적 무효화, 투고 제한, 회원 자격 정지나 자격 박탈 등의 징계를 할 수 있고, 그 사실을 소속기관을 포함한 대외에 공표할 수 있다.

제4장 보 칙

제23조(규정의 개정)

연구윤리규정은 이사회회의 의결로 개정한다.

부칙 1) 이 규정은 2023년 6월 3일부터 효력이 발생한다.

수중과학기술 원고집필규정

(1997년 1월 1일 제정)
(2023년 6월 3일 개정)

1. 원고는 한글(HWP) 혹은 Microsoft Word를 이용하여 한글 또는 영문으로 A4용지에 작성한다. 한국수중과학회(이하 본 학회라 함) 웹사이트(www.kosust.or.kr) 내 온라인 논문투고시스템에서 제공하는 샘플을 원고 작성 시 활용한다.
2. 신규논문의 경우, 저자 정보가 삭제된 심사용 원고와 본 학회의 온라인 논문투고시스템에서 제공하는 KCI 논문 유사도 검사를 거친 후, 첨부파일(원고 등)을 온라인 논문투고시스템을 통해 투고한다.
3. 본 학회 편집위원회의 심사과정을 통한 수정논문은 심사위원의 심사의견에 대한 답변서를 반드시 함께 제출해야 한다. 게재가 승인된 논문의 경우, 최종논문 제출 시 교신저자의 윤리서약 및 저작권 이양 동의서를 첨부하여 제출한다.
4. 국문 원고는 한글 사용을 권장하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 뜻이 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다.
5. 학술용어는 학회 제정 학술용어를 사용하며 학명 등 이탤릭체로 인쇄할 부분은 이탤릭체로 표기한다. 고유명사의 영문 표기는 교육부 최근 안(2008년)을 원칙으로 한다.
6. 원고의 작성체계는 국문 원고의 경우 제목, 저자명, 소속을 국문으로 기술하고, 이어서 영문으로 반복한 후 영문 Abstract, Keywords, 국문 요약, 주요어, 서론, 연구 방법, 결과, 고찰(결과 및 고찰), 감사의 글, 참고 문헌 순으로 한다. 영문 원고의 경우 제목, 저자명, 소속을 영문으로 표기하고 이어서 국문으로 반복한 후 Abstract, Keywords, 국문 요약, 주요어, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (Results and Discussion), Acknowledgements, References의 순으로 작성한다.
7. 제목은 간결하고 집약적으로 논문의 내용을 표현하며, 제목의 첫 시작은 대문자로 한다.
8. 저자명은 국문 및 영문으로 2인 이상일 때는 (,)로 연결한다. 저자가 복수이고 소속기관이 다를 경우 저자 이름 끝 상단에 (1, 2, 3)를 순서대로 붙이고, 교신저자는 저자의 오른쪽 상단에 *로 표시한다. 저자와 교신저자는 영문으로 소속기관과 주소를 밝히고 교신저자는 연락처(E-mail, 전화번호)를 표기하도록 하며, 저자의 소속기관 앞에 같은 번호를 붙여 구별한다. 사사는 감사의 글에서 밝힌다.
9. Abstract는 논문의 주요 성과를 구체적으로 알 수 있는 핵심적인 내용을 간략하게 담아 기술하고, 300단어를 넘지 않도록 하며, 줄 바꿈 없이 1문단으로 작성한다. 주요어(Keywords)는 한글과 영문으로 각각 5개 이내로 작성하며, 한글 주요어는 한글 자모음 순으로 배열하여 총 30자 내외, 영문 주요어는 총 50자 내외로 첫 글자를 대문자로 작성하여(학명 예외) 알파벳순으로 배열한다.

10. 생물의 영문명 작성 시 각 단어의 첫 시작은 대문자로 표기하며 특정 종이 아닌 여러 개체 또는 여러 종의 무리를 표시할 때에는 소문자로 표기한다. 예) Korean Mussel (*Mytilus coruscus*), mussels.
11. 표와 그림은 영문으로 작성하는 것을 원칙으로 하며, 표의 제목은 상단에, 그림의 제목은 하단에 기술한다. 모든 표와 그림에는 아라비아숫자로 일련번호를 표시하여야 한다. 예) Table 1. 또는 Fig. 1.
12. 논문의 본문에서 문헌 인용 시 숫자(윗첨자)를 표기하며, 복수의 번호는 (,)로 연결한다.
13. 참고문헌 목록의 작성은 본문에 인용된 것에 한하며, 본문의 인용 숫자와 함께 영문으로 표기하고, 알파벳순으로 배열하되 다음의 작성 요령을 따른다.

인용문헌 배열 및 기재(예)

1) 학술지 논문

Nam D, Park C, Kim J. (2023) Title. Nature 10(1): 00-00.

Nam D, Park C, Kim J. (2023) Title. Nature. DOI:00.0000/s000000.

2) 학위논문

Park C. (2023) Title. PhD Dissertation. Chonnam National University, Korea.

3) 도서

Lee H, Kim J. (2023) Title. 2nd edition. KOSUST Press, Busan, Korea. p.000-000.

Lee H, Kim J. (2023) Title. 2nd edition. KOSUST Press, Busan, Korea.

4) 웹사이트

The Korean Society of Underwater Science & Technology (2023) <http://www.kosust.or.kr>.

14. 기타 세부 사항은 본 학회지의 원고투고형식(Manuscript Format)에 따른다.

부칙 1) 이 규정은 2023년 6월 3일부터 시행한다.

윤리서약 및 저작권 이양 동의서

논문제목: _____

1. 이 논문은 [한국수중과학회] 연구윤리 규정을 준수하여 작성되었으며, 저자는 원고 내용에 대한 공적인 책임을 질 것입니다.
2. 저자는 모든 연구행위(연구수행, 결과의 보고 및 발표 등)를 정직하게 수행했으며, 연구 목적과 내용에 대해 객관적이고 정확하게 기술하고, 연구 결과를 임의로 변형, 삭제 및 추가하지 않았습니다. 또한 연구 결과에 있어서 표절, 중복게재, 위조, 변조 등 연구의 부정행위가 없었음을 밝힙니다.
3. 이 논문의 판권 및 게재 소유권은 [한국수중과학회]에 있습니다. 저자는 [Underwater Science & Technology (수중과학기술)]에 투고된 논문이 한국수중과학회 웹사이트(www.kosust.or.kr)에 전문으로 게재되는 것에 동의합니다.

소속: _____

성명: _____

서명: _____

수중과학기술 저자 점검표

투고논문 원고 사전점검 결과 원고가 저자 점검표의 내용과 일치하지 않거나 미흡할 경우 접수하지 않습니다. 다음의 각 항목을 확인하고 \checkmark 표시를 하십시오.

논문제목: _____

원고는 한국수중과학회지(이하 본 학회지라 함)에서 제시하는 원고 작성 샘플을 이용하여 작성되었다.

원고는 본 학회지 투고 양식에 의거해 작성하였다.

윤리서약 및 저작권 이양 동의서

- 최종논문 제출 시 교신저자가 서명한 윤리서약 및 저작권 이양 동의서를 첨부하였다.

초록

- 영문초록은 연구 배경, 방법, 결과, 결론을 포함하여 300단어 이내의 한 문단으로 작성하였다.
- 주요어(Keywords)는 제목에 포함되지 않는 용어로 하고, 국문은 30자 내외로, 영문은 50자 내외로 하였다.
- 주요어는 한글 자-모음순으로 배열하였고, Keywords는 알파벳순으로 배열하여 첫글자를 대문자로 표기하였다.

인용문헌

- 국내 문헌과 외국문헌 모두 영어로 표기하였으며 본문의 인용번호(1, 2, 3) 순으로 작성하였다.
- 모든 인용 문헌은 반드시 본문에 인용된 것만을 표기하였다.

표

- 각 표의 제목은 캡션을 달아 표 상단에 표기하였으며 모두 영어로 작성하였다.
- 표의 제목은 간결하게 작성하였다.
- 표에 사용된 약어는 표에서는 위 첨자 처리를 하고 캡션에 따로 설명하였다.
- 표는 자체로 충분히 이해할 수 있고, 본문이나 그림의 자료를 중복하여 나열하지 않았다.
- 표에 제시한 결과가 정확한지 점검하였고, 본문에서 제시한 값과 동일한지 확인하였다.

그림

- 각 그림의 제목은 캡션을 달아 그림 하단에 표기하였으며 모두 영어로 작성하였다.
- 그림이나 사진은 인쇄과정에서 축소되더라도 영향을 받지 않을 정도로 충분히 크고 명료하게 작성하였다.

저자는 이상의 점검을 모두 마쳤으며 이 점검표를 원고와 함께 보냅니다.

____년 ____월 ____일

교신저자 서명: _____

수중과학기술 논문심사 평가서

한국수중과학회지(이하 본 학회지라 함) 게재를 위한 논문심사는 규정에 따라 비공개로 진행되며, 심사 논평은 대상 논문의 저자에게 전달됩니다. 논문심사의 비공개 원칙을 준수하기 위하여 본 심사평가서와 심사 논평에는 심사자의 성명과 인적 사항을 표기하지 않습니다. 심사 진행 시 아래 논문심사 평가사항에 따라 본 학회지의 온라인 심사 시스템에서 객관적이고 공정한 평가가 진행됩니다. 본 학회지 온라인 심사 시스템에서 각 심사자들은 각 항목에 부합하는 배점에 따라 심사결과를 본 학회 편집위원회(온라인 투고 시스템)에 보고합니다. 이후 편집위원장(편집위원회)이 최종 논문심사결과를 판정합니다.

논문심사 평가사항		
1	제목	1) 학회지 게재의 적합성
		2) 논문 제목의 설정, 내용표현 간결성, 명확성, 타당성
		3) 국·영문 제목의 일치성
2	요약	1) 국·영문 요약의 구성, 내용의 충실성
		2) 주요서 선정의 타당성
3	체제	1) 논문 체제의 적절성
4	서론	1) 연구의 필요성 서술
		2) 연구 목적의 명확성
		3) 연구결과의 기대효과
5	연구사	1) 문헌 고찰의 충실성
		2) 기존 연구와의 논리적 연결성
		3) 가설 도출 근거의 논리적 타당성
6	연구방법	1) 연구대상지 선정과 분석방법의 타당성
		2) 자료 수집방법과 분석정차 및 분석원리 적용의 타당성
7	결과 및 고찰	1) 연구경과에 대한 외적 타당서, 통계적 신뢰성
		2) 연구결과의 구체적, 체계적 요약
		3) 연구결과의 학문적, 실천적, 방법론적 시사점 제시
		4) 내용설명과 결과분석의 타당성
		5) 결론 도출의 논리성과 과학적 타당성
8	형식 및 문체	1) 인용문헌의 학회규정에의 적합성
		2) 본문 내 인용문헌과 인용문헌의 일치성
		3) 전체문장의 논리성, 일관성, 통일성
		4) 문장 표현의 간결성, 정확한 어휘 사용
		5) 오탈자 어법 문제
9	그림 및 표	1) 그림의 선명도 및 인지도(방위, 스케일, 지명)
		2) 표 형식, 출처
		3) 영문 작성의 적합성
심사결과		<input type="checkbox"/> 게재 가능 <input type="checkbox"/> Minor Revision <input type="checkbox"/> Major Revision <input type="checkbox"/> 수정 후 재심 <input type="checkbox"/> 게재 불가

세부 심사 평가 배점은 본 학회지 온라인 심사 시스템에서 심사자에게 객관적이고 공정하게 가이드라인 제시

수중과학기술 논문표절 예방프로그램

한국수중과학회지(이하 본 학회지라 함)는 모든 투고논문에 대하여 논문표절 예방프로그램을 활용하여 논문표절 유사도 검사를 시행합니다. 본 학회지는 투고논문의 논문표절 여부를 사전에 파악하여 학회지의 공정성과 투명성을 확보하고 있습니다. 논문 투고시 본 학회지 온라인 심사 시스템에서 논문표절예방프로그램(예, CopyKiller, 한국연구재단 KCI 문헌유사도 검사서비스) 유사도검사 결과를 확인할 수 있으며, 유사도 결과에 따라 논문표절 가능성이 있을 경우 편집위원회에서 투고논문을 접수하지 않을 수 있습니다.

※ 국문논문은 CopyKiller, 영문논문은 Turnitin 프로그램 검사
<www.kosust.or.kr; 전남대학교>

KCI (Korea Citation Index; 한국학술지 인용색인) 등록 및
한국연구재단 KCI (Korea Citation Index) 문헌유사도 검사 서비스 활용

Instruction for Authors

This instruction provides style and formatting information for each specific article type. Our journal ([Underwater Science & Technology](#)) has several research article types (e.g., Insights, Archives, Research, Letters, Q & A, etc.)

These articles should include all sections as follows: Title page, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (or Results and Discussion), Conclusions, Declarations, References, List of figure legends.

Title page. The Title page should present a title that includes, if appropriate, the study design list the full names and institutional addresses for all authors, contact information for the corresponding author(s) (association, address, and email address)

Abstract. The Abstract should not exceed 300 words. Please minimize the use of abbreviations and do not cite references in the abstract. The abstract must include the context and purpose of the study (background), the main findings (results), and a brief summary and potential implications (conclusions). Keywords should include 3 to 8 keywords representing the main content of the article.

Introduction. The Introduction section should introduce the background of the study, its aims, a summary of the existing literature, why this study was necessary, and the purposes of the present study.

Materials and Methods. The methods section should include: the aim, design and setting of the study the characteristics of participants or description of materials a clear description of all processes, interventions, and comparisons. If abbreviations are used in the text, they should be defined in the text at first use, and a list of abbreviations can be provided.

Results. This should include the findings of the study including, if appropriate, results of statistical analysis which must be included either in the text or as tables and figures.

Discussion. This section should discuss the implications of the findings in context of existing research and highlight limitations of the study. Structuring manuscript with **Results & Discussion** can be allowed in an article.

Conclusions. This should summarize the main conclusions and provide an explanation of the importance and implications of the study to the field.

Acknowledgements. Please acknowledge anyone who contributed towards the article who does not meet the criteria for authorship including anyone who provided professional writing services or

materials. Authors should obtain permission to acknowledge from all those mentioned in the Acknowledgements section.

Authors' information (optional). You may choose to use this section to include any relevant information about the author(s) that may aid the reader's interpretation of the article, and understand the standpoint of the author(s). This may include details about the authors' qualifications, current positions they hold at institutions or societies, or any other relevant background information. Please refer to authors using their initials. Note this section should not be used to describe any competing interests.

References. Examples are shown below.

- Article within a journal

Nam D, Park C, Kim J. (2023) Title. Nature 10(1): 00-00.

- Article within a journal by DOI

Nam D, Park C, Kim J. (2023) Title. Nature. DOI:00.0000/s0000000.

-Book chapter, or an article within a book

Lee H, Kim J. (2023) Title. 2nd edition. KOSUST Press, Busan, Korea. p.000-000.

- Complete book, authored

Lee H, Kim J. (2023) Title. 2nd edition. KOSUST Press, Busan, Korea.

- Online database

The Korean Society of Underwater Science & Technology (2023) <http://www.kosust.or.kr>.

Preparing your manuscript

For your main manuscript, you should submit your text with following guidelines:

- Use our journal manuscript format/template
(downloaded from our journal website <http://www.kosust.or.kr>).
- Include line and page numbering
- Use SI units: Please ensure that all special characters used are embedded in the text,
- otherwise, they will be lost during conversion to PDF
- Do not use page breaks in your manuscript

File formats. The following word processor file formats are acceptable for the main manuscript document:

- Hangul (HWP) or Microsoft word (DOC, DOCX)
- Use our journal manuscript format/template
(downloaded from our journal website <http://www.kosust.or.kr>).

For editors and reviewers to accurately evaluate your manuscript, you need to ensure the English in your manuscript good enough to be understood to the general readers.

Preparing your figures and tables

Figures. When preparing figures, please follow the formatting instructions below.

Figures should be numbered in the order they are first mentioned in the text (i.e. Fig. 1., Fig. 2., etc.), and be uploaded in this order. Multi-panel figures (those with parts a, b, c, d etc.) should be submitted as a single composite file that contains all parts of the figure. Figure titles and legends should be provided in the main manuscript.

Individual figure files should not exceed 10 MB. If a suitable format is chosen, this file size is adequate for extremely high quality figures. Please note that it is the responsibility of the author(s) to obtain permission from the copyright holder to reproduce figures (or tables) that have previously been published elsewhere. In order for all figures to be open access, authors must have permission from the rights holder if they wish to include images that have been published elsewhere. Permission should be indicated in the figure legend, and the original source included in the reference list.

Figure file types. We accept the following file formats for figures:

- PDF (suitable for diagrams and/or images)
- PowerPoint (suitable for diagrams and/or images, figures must be a single page)
- TIFF (suitable for images)
- JPEG (suitable for photographic images, less suitable for graphical images)
- BMP (suitable for images)

Figure size and resolution. Figures are resized during publication of the final full text and PDF versions to conform to our journal's standard dimensions

Tables. When preparing tables, please follow the formatting instructions below.

Tables should be numbered and cited in the text in sequence using Arabic numerals (i.e. Table 1, Table 2 etc.). Tables less than one A4 or Letter page in length can be placed in the appropriate location within the manuscript.

Table titles should be included above the table, and legends should be included underneath the table. Color and shading may not be used. Parts of the table can be highlighted using superscript, numbering, lettering, symbols or bold text, the meaning of which should be explained in a table legend.

Preparing additional files. As the length and quantity of data is not restricted for our journal, authors can provide datasets, tables, movies, or other information as additional files. All Additional files will be published along with the accepted article.

학회 임원

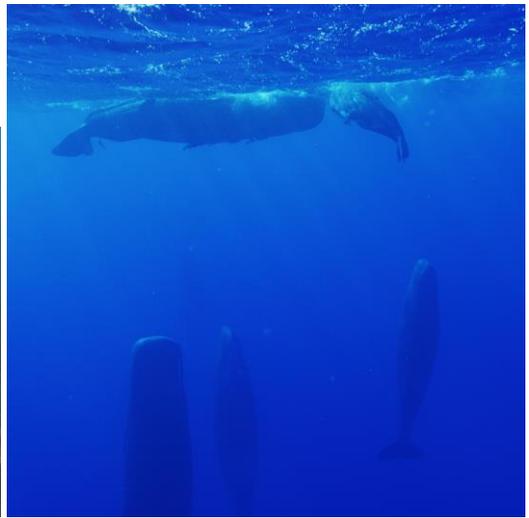
- **고문** : 이병두(대한수중핀수영협회), 제종길(도시인 숲), 명정구(해양과학기술원)
- **회장** : 장필순(㈜씨텍)
- **부회장** : 김지현(군산대학교), 채재익(㈜인터오션)
- **총무이사** : 표형근(㈜한국과학잠수연구소)
- **이사**
김동식(ATLANTIS Production), 김영훈(충남해양과학고등학교), 김창모(부산시수중핀수영협회), 도현욱(T. K 레포츠), 정준상(서울산업잠수학원), 정창호(㈜한국과학잠수연구소), 조경희(해성), 이성기(서울메트로)
- **감사** : 최상학(씨모닝), 윤순태(다큐코리아)

논문지 편집위원

- **편집자문** : 장필순(㈜씨텍), 제종길(도시인 숲), 명정구(해양과학기술원), 김지현(군산대학교)
- **경영위원장** : 장필순(㈜씨텍), 이현관(전남대학교)
- **편집위원장** : 남동하(전남대학교), 박춘구(전남대학교)
- **편집국장** : 김은희(군산대학교)
- **분과위원장** : 제종길(도시인 숲), 명정구(해양과학기술원), 김지현(군산대학교), 김병직(국립생물자원관), 민원기(한국해양과학기술원), 오영진(해양수산부), 이현관(전남대학교), 박춘구(전남대학교), 남동하(전남대학교), 김동식(아트랜티스), 정창호(CMAS KOREA)

세부분과	분과 책임위원	분과 실무위원
수중 잠수	김동식	김영훈
직업 환경	도현욱	김무열
커뮤니케이션	정창호	조경희, 신광식
시선집중 · 조명	박주연	김상준
사진 · 그림 · 서적	김창모	김비, 김은희, 이만욱
교육	최원진	김상욱, 장동립
홍보 · 사업 · 교류	최상학	윤순태, 한영수, 오정석
데이터 아카이브	김성현	문진영, 조광현
기획 · 대외협력	강용수	표형근
디자인	조광현	
AWARD	자문단	사무국
잠수공학 · 잠수의학 · 수중고고학 · 해양환경 · 수중/해양데이터사이언스 · 수중/해양 인공지능 · 해양생물 · 해양물리 · 해양화학 · 기타	자문단 · 분과 (책임 · 실무)위원 · 분과위원장	강준, 이성기, 장동립, 최원진

수중과학기술
UNDERWATER
Science & Technology



ATLANTIS 김동식 박사, 군산대학교 김지현 교수 제공