

02 2026.08
Vol. 21

수중과학기술
UNDERWATER
Science & Technology



김남길, 김지현 교수 제공

SEATECH

해양·지상 기상관측 전문기업

더 정확한 관측, 더 안전한 미래를 만듭니다



해양기상부이

3, 6m 해양기상부이
대한민국 최다 실적



부유식 라이다 시스템

아시아 최초
Stage 3 달성



자동기상관측시스템

실시간 통합 관측망 구축

OUR SERVICES



전 공정 자체 수행

설계부터 제작, 설치, 검사까지
전 공정을 100% 자체 수행



유지보수 품질 관리

전국 해양·지상 관측망의
안정적 운영 지원



데이터 모니터링 및 분석

정확한 기상 데이터를 기반으로
신뢰할 수 있는 솔루션 제공

CONTACT US

☎ 051-775-2200

✉ sales@sea-tech.kr

📍 부산시 사상구 모라로 22,
부산벤처타워 1509호

SEATECH

목 차

수 중 과 학 기 술

제21권 2호

2026년 8월

논 문

박형섭 · 김남길

삼척 연안에 분포하는 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)의 생장특성
1-15

김지현

독도의 생물상: 미역, 매퓌리, 쥐치
17-19

김동식

독도 연안의 어류 서식환경과 분포
II. 동도 연안 해역
21-58

(故)김도현

중국의 "남해 1호"와 수중 침몰선 전체 발굴-II
59-95

한국수중과학회지

CONTENTS

UNDERWATER SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOL. 21(2)

Aug. 2026

Article

Hyoung-Seop Park and Nam-Gil Kim

Growth Characteristics of *Phyllospadix iwatensis* at Samcheok
in the coastal water of Samchoek, East Sea, Korea

1-15

Ji-Hyun Kim

Biota of Dokdo: *Undaria pinnatifida*, *Ceratostoma roriflumum*
and *Stephanolepis crirhifer*

17-19

Dong-Sik Kim

Habitat Characteristics and Distribution of Fish in the Coastal Area
of Dokdo, Korea II. Dongdo coastal area

21-58

the late Do-Hyun Kim

Underwater Excavation of "Nanhai No.1" in China
and Total Excavations of the Sunken Shipwrecks-II

59-95

**THE KOREAN SOCIETY OF UNDERWATER
SCIENCE AND TECHNOLOGY**

삼척 연안에 분포하는 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)의 생장특성

박형섭¹ · 김남길^{*2}

경상국립대학교 · 한국수산증양식기술사협회

Growth Characteristics of *Phyllospadix iwatensis* at Samcheok in the coastal water of Samchoek, East Sea, Korea

Hyoung-Seop Park¹ and Nam-Gil Kim^{*2}

¹Department of Marine Biology and Aquaculture/Gyeongsang National University,
Tongyeong 53064, Republic of Korea

^{*2}Korea Professional Aquaculture Engineering Association,
Tongyeong 53017, Republic of Korea

Phyllospadix iwatensis is a surfgrass species distributed along rocky coastlines in East Asia. I investigated the variation of morphological features, density, biomass and characteristics of reproductive shoot on *P. iwatensis*. These species was monitored and collected bimonthly over the course of a year in the coastal water of Samcheok, from October 2021 to August 2022. Morphological features, biomass and density significantly showed seasonal variation on *P. iwatensis* ($p < 0.001$). In this study, the results showed that surfgrasses exhibited a growth pattern with higher values in spring and early summer, but lower values in winter. Pronounced seasonal variations were observed in the aboveground leaf length and width, rhizome length and width, leaf density, and biomass. The observed reproductive shoot had average dimensions of 4.2 cm in length, 0.5 cm in width, and 2.9 cm in thickness. The length of the reproductive shoot ranged from 3.9 to 4.6 cm, the width ranged from 0.5 to 0.6 cm, and the thickness ranged from 2.8 to 3.1 cm. In the study area, female flowers were observed, but male flowers were not observed. Fruits were found up to the 4 stage out of a total of 5 stages of maturity. Water temperature and light intensity were identified as crucial factors influencing the form and growth of surfgrasses, and the growth characteristics of surfgrasses in the study area were similar to those of temperate seagrass.

Key words: *Phyllospadix iwatensis*, Growth Characteristics, Samcheok, East sea

Running title: 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)의 생장특성

*Corresponding author: ngkim@gnu.ac.kr

서론

잘피(Seagrass)는 다년생 해산현화식물로 남극을 제외한 전 세계 연안에 5과, 12속, 60여종이 분포하고 있으며, 우리나라 연안에는 총 10 종이 자생하고 있는데, 거머리말속(*Zostera*) 6종, 새우말속(*Phyllospadix*) 2종, 줄말속(*Rupia*) 1종, 해호말속(*Halophila*) 1종이 자생하고 있다(Larkum et al., 2006; Short et al., 2007). 이 중에서 새우말속에 속하는 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)은 한국 동해안과 서해안, 중국의 산둥반도, 일본 북태평양 연안에 주로 분포하며, 파도와 조류가 잔잔한 연성 저질에 분포하는 대부분의 잘피와는 달리, 파도와 조류가 강한 고에너지 해안의 경성암반지대 표면에 단단히 부착하여 서식하는 말잘피속(*Phyllospadix*) 해초(seagrass)이다(Kuo and Den Hartog, 2001; Green and short, 2003).

새우말은 피자식물문(Magnoliophyta) 백합강(Liliopsida) 나자스말목(Najadales) 거머리말과(Zosteraceae) 새우말속에 속하는 다년생 초본류로 조간대 하부부터 수심 약 8 m의 조하대까지 분포한다(Hwang, 2015). 새우말의 형태적인 특징으로 지상부의 잎은 5개의 잎맥을 가진다. 정단부는 둥글거나 약간 오목 하며, 잎의 첨단부에는 Fin cell이 존재한다. 잎은 150 cm 까지 성장하고 너비는 2-5 mm의 좁은 잎을 가진다. 지하부는 지하경(rhizome)에 한 쌍의 뿌리를 가지고, 절간(internode)마다 잎이 자라며, 절간은 황색에서 갈색의 섬유질로 덮여 있다. 생식지(reproductive shoot)는 한 개의 불염포(spathe)와 육수화서(spadix)로 구성되어 있으며, 길이는 1.5-5 cm까지 성장한다. 육수화서에는 6-14개의 수술(anther) 혹은 8-12개 암술(pistil)이 형성되며, 열매의 너비는 4-5 mm이며, 길이는 2.5-3 mm이다. 새우말은 대체로 자웅이주이지만 드물게 자웅동주의 개체가 출현한다(Den Hartog, 1970; Kuo and Den Hartog, 2001; Hwang, 2015). 새우말은 일반적으로 지하부의 지하경에 의한 영양생식(vegetative reproduction)으로 번식하지만, 특정 환경조건에서는 지상부에서 종자(seed)를 생산하는 유성생식(sexual reproduction)으로도 번식할 수 있다(Philips et al., 1983; Orth et al., 1994; Ackerman, 2006; Waycott et al., 2006).

해초 군락지는 연안생태계에서 높은 생산성을 나타내며, 해양과 하구생태계에서 다양한 해양생물들에게 섭이장, 산란장, 보육장을 제공한다(Turner, 1983; Hoshikawa et al., 2000; Green and Short, 2003). 뿐만 아니라 해초는 파력을 분산하고 저질을 고정하여, 해안을 침식으로부터 보호한다. 또한, 뛰어난 생물학적 환경 정화능력을 통해 수질을 개선하고, 탄소를 뿌리에 고정하여 맹그로브숲(mangrove forest), 염습지(salt marsh)와 함께 블루카본을 생산하고 저장하는 기능을 하는 가장 중요한 천해생태계 가운데 하나로 인식된다(Gibbs 1902; Lee and Dunton, 1997; Lee and Dunton, 1999; Duarte, 2002; Orth et al., 2006; Mcleod et al., 2011). 이러한 생태적 중요성으로 인하여 세계 각 연안에 서식하는 많은 종의 해초류가 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Natural Resources, IUCN)의 적색목록(red list)에 등재되어 있다. 전 세계 연안의 해초군락지는 태풍, 허리케인, 지진, 초식동물의 섭식압과 같은 자연적인 요인과, 연안매립, 생활하수 유입으로 인한 부영양화, 어업, 준설 등과 같은 인위적인 요인으로 인하여 훼손되거나 소멸되어 그 안위가 위협받고 있다(Short and Wyllie-Echeverria, 1996; Erftemeijer and Lewis 2006; Waycott et al., 2009).

국내에서 진행된 새우말에 관한 연구는 동해에 서식하는 새우말의 성장특성에 관한 연구(Park et al., 2018), 해상사고로 인한 유류유출 후 새우말 개체군 변동에 관한 연구(Ahn

et al., 2019), 새우말에서 분리한 루테올린 7-황산염의 항멜라닌 생성 효과에 대한 연구(Kwak et al., 2016), 새우말속의 형태와 분포에 관한 연구(Shin et al., 1993), 새우말속 복원을 위한 고정형 틀을 이용한 이식에 대한 연구(Hwang 2015)가 수행되었다. 그러나 새우말은 IUCN 적색 목록에 기재된 종임에도 불구하고 파도가 심하여 접근하기 어려운 암반지대에 서식하여, 조류가 완만한 내만 지역의 해초류에 비하여 생태학적 자료는 부족한 실정이다.

이 연구는 동해 중부의 암반해안에 서식하는 새우말의 형태적 특징 변화, 생체량의 변화, 생식지 형성시기, 개화, 열매형성 등의 생리, 생태학적 특징들을 조사하여 새우말 자원의 관리와 보존에 필요한 기초생태학적 자료를 축적할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 생태학적 연구

1) 조사시기 및 지역

이 연구는 2021년 10월부터 2022년 8월까지 격월로 강원특별자치도 삼척 연안의 조하대 암반에 분포하는 새우말을 대상으로 수행되었다(Fig. 1). 이 지역은 수심 6 m의 경성암반지대로 새우말 군락이 홍조류군락이 우점하는 조건에서 패치식으로 드문드문 분포하고 있는 생태를 가진다(Fig. 2).

2) 조사지역 환경

조사지역의 수온과 염분은 기상청과 국립해양조사원의 실시간 해양관측정보시스템 및 국립수산물학원의 실시간 해양환경어장정보시스템 자료를 이용하였다.

3) 시료 채집

실험에 사용한 시료는 skin diving을 통하여 채집하였다. 새우말은 10 × 10 cm 방형구를 무작위로 던진 후 Knife를 이용하여 방형구 내에 존재하는 모든 지상부와 지하부를 일괄적으로 채집하였다. 채집 시 지하경 손실을 최소화하여 채집하였으며, 방형구 외측으로 이어지는 지하경은 절단하여 채집하였다.

4) 외부 형태학적 특징 분석

채집된 새우말의 격월변화에 따른 형태적 특징 변화를 관찰하기 위하여 영양지의 지상부인 잎(leaf), 엽초(sheath)의 길이와 너비를 측정하였고, 지하부인 지하경의 절간과 뿌리(root)의 길이를 측정하였다. 생식지의 형성시기에는 길이와 너비와 폭을 측정하였다. 열매와 생식지의 생육단계는 해양수산부(2019)의 방법을 활용하여 구분하였다(Table 1).

5) 생물량 분석

10 × 10 cm 방형구로 채집한 시료는 여과해수를 이용해 부착생물과 모래를 깨끗이 제거하였다. 이후 탈수기를 이용하여 시료의 수분을 최대한 제거 하였으며, 스핀지를 이용해 표면의 수분을 모두 제거한 후, 메틀러(mettler) 전자저울을 이용해 습중량을 0.1 g까지 측정하였다.

측정된 생물량은 평방미터당 생물량(g wet weight $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)으로 환산하였고, 잎의 밀도를 추정하기 위해 방형구 내에 출현하는 모든 잎의 수를 계수하여 평방미터당 잎의 수(leaf $\cdot \text{m}^{-2}$)로 환산하였다.

6) 통계분석

격월 변화에 따른 새우말의 형태학적 특징의 변화는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시해 통계 분석하였으며, 유의적 차이가 발견된 경우 Duncan의 사후분석을 통해 유의성을 검증하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS Windows program (Release 20.0, SPSS INC., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

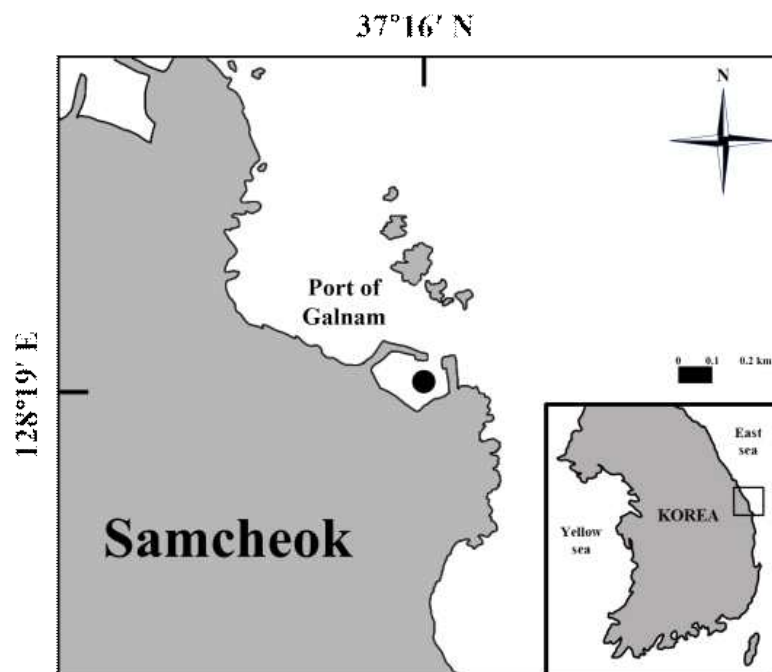


Fig. 1. A map showing collecting site in the coastal water of samcheok, East sea, Korea.

Table 1. Maturation stage of the flowers inside the spathes (해양수산부, 2019)

	Maturation stage	Annual average (Value range)
Flowering and fruiting	A	Light green, pistil attached to the fruit
	B	Light green, pistil has fallen off
	C	Partially brown
	D	Mostly brown
	F	Fully matured and deep brown

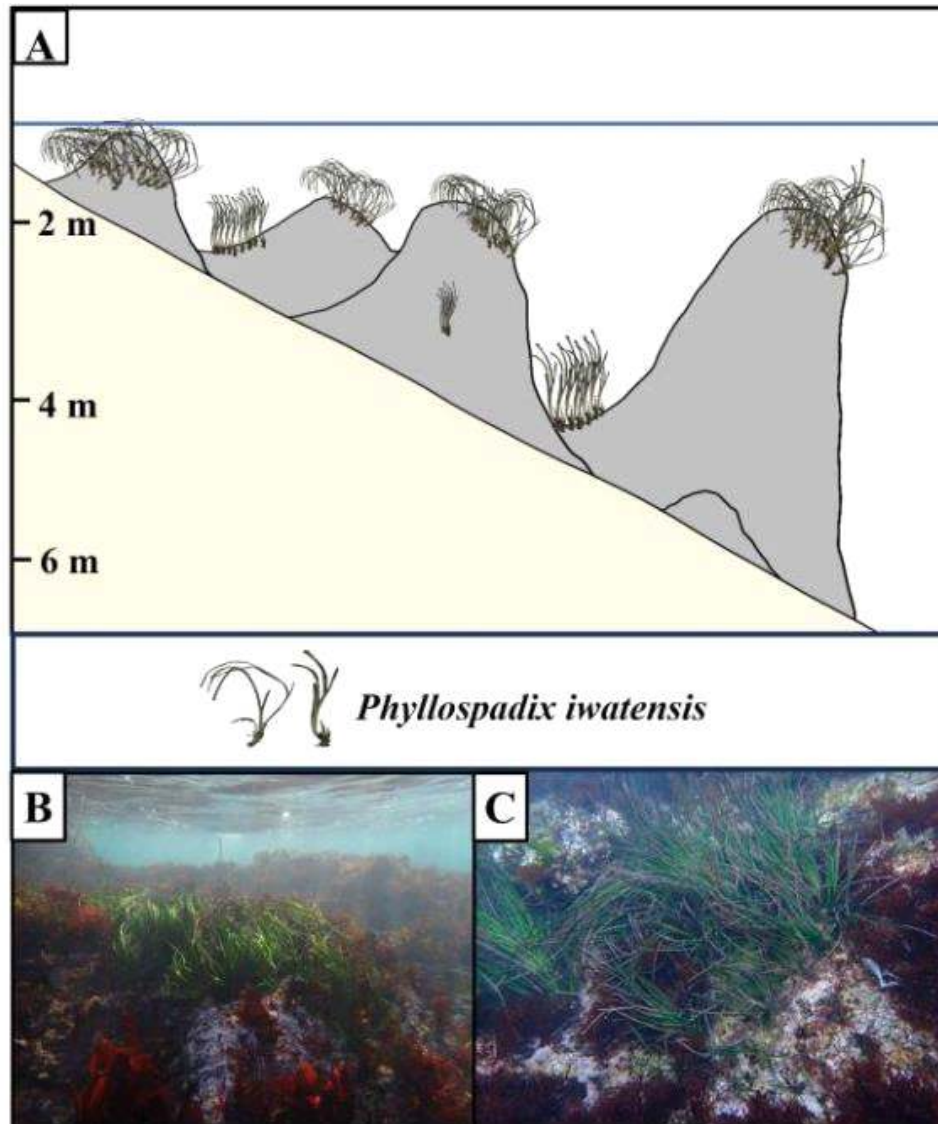


Fig. 2. Depth-specific distribution characteristic of surfgrasses in study area: A, Depth distribution of surfgrasses in study area; B, *Phyllospadix iwatensis* in 1 m depth; C, *Phyllospadix iwatensis* in 5 m depth.

결 과

1. 해양환경

1) 수온과 염분

조사지역인 삼척연안의 수온과 염분은 Fig. 3과 같다. 월 평균 최고 수온은 2022년 8월에 $23.9 \pm 2.25^{\circ}\text{C}$ 로 나타났으며, 월 평균 최저 수온은 2월에 $10.8 \pm 0.99^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 월 평균 최고 염분은 4월에 33.8 ± 0.13 psu로 나타났으며, 월 평균 최저 염분은 2021년 10월에 31.8 ± 0.32 psu로 나타났다.

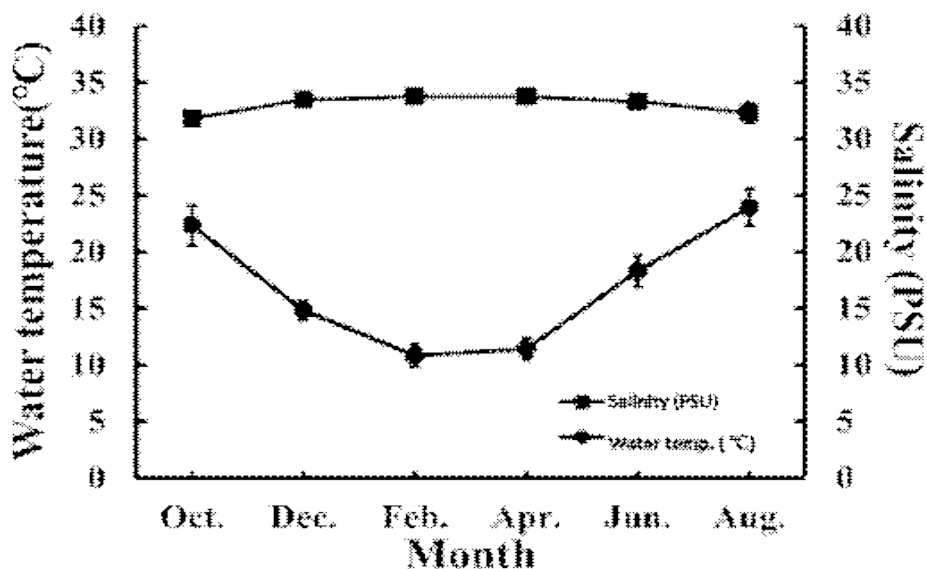


Fig. 3. Water and salinity temperature measured in the coastal water of samcheok, East sea, Korea.

Table 2. Mean values and ranges of features of *Phyllospadix iwatensis* in the coastal water of samcheok, East sea, Korea.

	Annual average (Value range)
	<i>Phyllospadix iwatensis</i>
Leaf density (leaf m ⁻²)	2,446.7 (1,279.8 - 3,157.0)
Biomass (g wet weight m ⁻²)	2,177.5 (836.35 - 3,969.9)
Leaf length (cm)	46.1 (23.2 - 75.1)
Sheath length (cm)	8.5 (4.3 - 11.9)
Sheath width (cm)	0.34 (0.29 - 0.37)
Leaf width (cm)	0.3 (0.27 - 0.32)
Root length (mm)	1.67 (1.05 - 2.31)
Internode length (cm)	0.3 (0.29 - 0.3)
Spadix length (cm)	4.2 (3.9 - 4.6)
Spadix width (cm)	0.5 (0.5 - 0.6)
Spadix thickness (mm)	2.9 (2.8 - 3.1)
Number of leaves	3.68 (3.16 - 4.08)

2. 격월 별 형태학적 변화

격월별 새우말의 형태학적 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 새우말의 지상부(잎과 엽초)의 길이는 2021년 12월부터 증가하기 시작해 6월에 최대로 성장하여 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 잎의 연평균 너비는 0.3 cm로 나타났으며, 잎의 너비는 6월에 0.32 ± 0.04 cm로 최대값을, 10월에 0.27 ± 0.05 cm로 최소값을 보였다(Fig. 4A, Table 2). 또한, 잎의 연평균 길이는 46.1 cm로 나타났으며, 잎의 길이는 6월에 11.94 ± 2.03 cm로 최대값을,

10월에 4.30 ± 1.47 cm로 최소값을 보였다(Fig. 4B, Table 2). 잎의 연평균 수는 3.68개로 나타났으며, 잎의 수는 4월에 4.08 ± 0.65 개로 최대값을, 10월에 3.16 ± 0.97 개로 최소값을 보였다(Fig. 4C, Table 2). 엽초의 연평균 길이는 8.57 cm로 나타났으며, 엽초의 길이는 6월에 11.94 ± 2.03 cm로 최대값을, 10월에 4.30 ± 1.47 cm로 최소값을 보였다(Fig. 5A, Table 2). 엽초의 연평균 너비는 0.34 cm로 나타났으며, 엽초의 너비는 6월과 8월에 0.37 ± 0.05 cm로 최대값을, 10월에 0.29 ± 0.06 cm로 최소값을 보였다(Fig. 5B, Table 2). 새우말의 지하부(뿌리, 절간)의 길이는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 뿌리의 연평균 길이는 1.67 cm로 나타났으며, 뿌리의 길이는 4월에 2.31 ± 0.53 cm로 최대값을, 10월에 1.05 ± 0.48 cm로 최소값을 보였다(Fig. 6A, Table 2). 또한, 절간의 연평균 길이는 0.3 cm로 나타났다. 절간의 길이는 10월에 0.314 ± 0.18 cm로 최대값을, 2월에 0.29 ± 0.17 cm로 최소값을 보였다(Fig. 6B, Table 2).

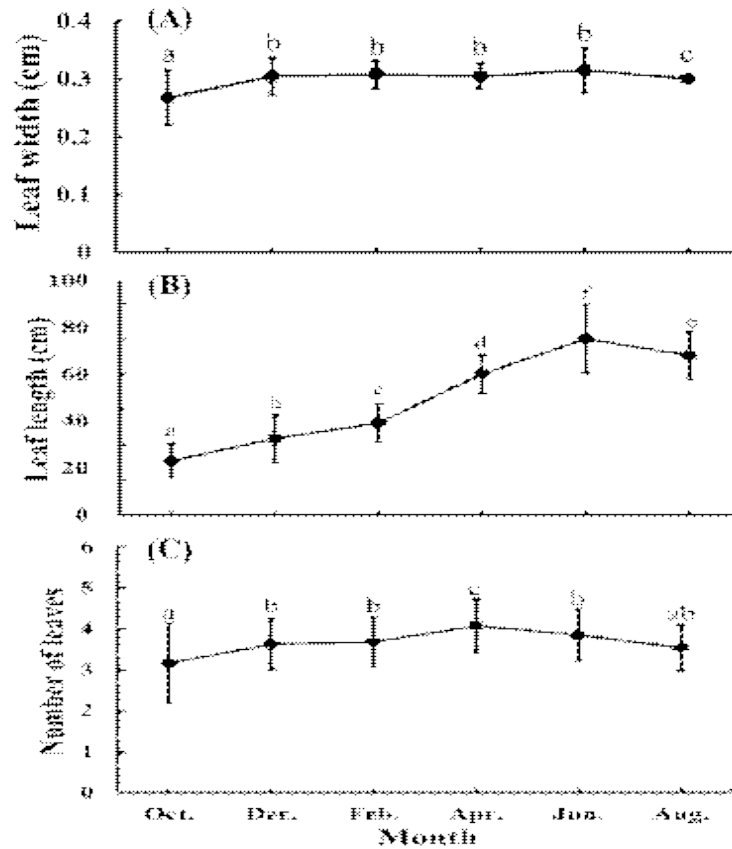


Fig. 4. Bimonthly variation in above ground dimensions of *Phyllospadix iwatensis* in the coastal water of samcheok from October 2021 to August 2022: (A) leaf width, (B) leaf length, (C) number of leaves. Data are means 95% confidence intervals. Different letters above bars indicate significant differences ($p < 0.05$).

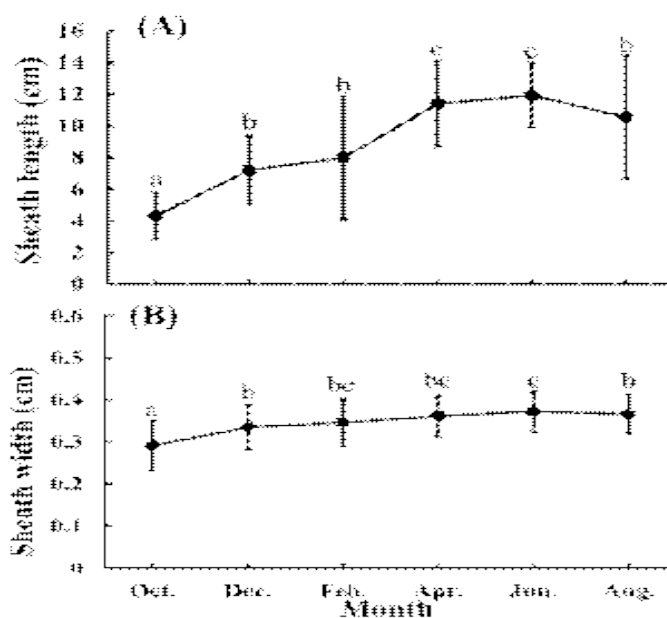


Fig. 5. Bimonthly variation in above ground dimensions of *Phyllospadix iwatensis* in the coastal water of Samcheok from October 2021 to August 2022: (A) sheath length, (B) sheath width. Data are means 95% confidence intervals. Different letters above bars indicate significant differences ($p < 0.05$).

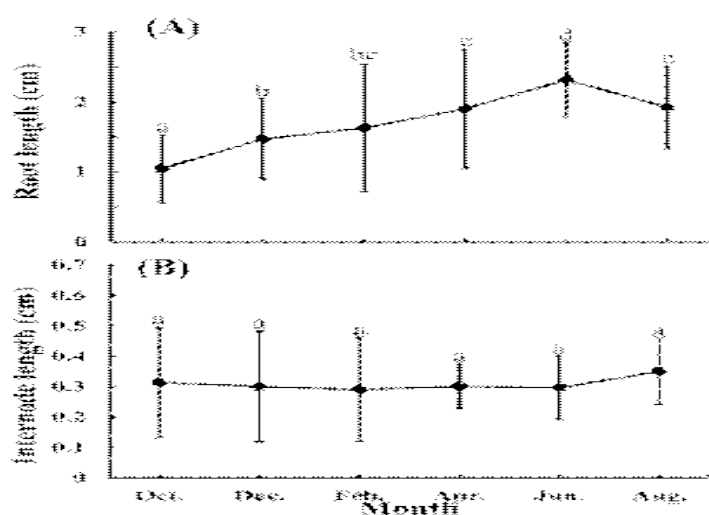


Fig. 6. Bimonthly variation in below ground dimensions of *Phyllospadix iwatensis* in the coastal water of Samcheok from October 2021 to August 2022: (A) root length, (B) internode length. Data are means 95% confidence intervals. Different letters above bars indicate significant differences ($p < 0.05$).

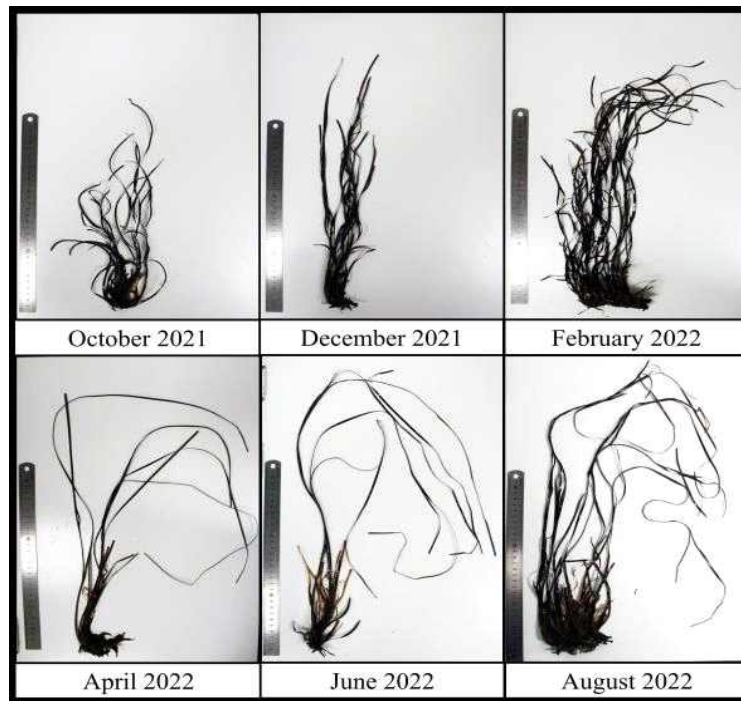


Fig. 7. Bimonthly variation in morphological features on *Phyllospadix iwatensis*.

3. 생물량과 잎의 밀도 변화

새우말의 생물량은 12월부터 증가하기 시작해 6월까지 증가하고, 8월부터 감소하여 10월에는 최소값을 보였다. 잎의 밀도는 12월부터 증가하여 6월까지 증가하고, 8월부터 감소하는 경향을 보여 10월에 최소값을 보였다.

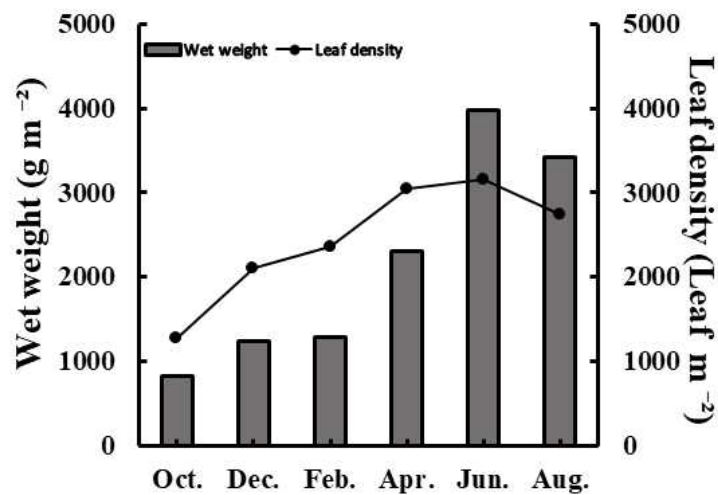


Fig. 8. Bimonthly variation in leaf density and wet weight of *Phyllospadix iwatensis*.

새우말의 연평균 생물량은 $2,177.53 \text{ gw.w.m}^{-2}$ 의 범위를 보였으며, 6월에 $3,969.95 \text{ gw.w.m}^{-2}$ 로 최대값을, 10월에 $836.35 \text{ gw.w.m}^{-2}$ 로 최소값을 보였다(Fig. 8, Table 2). 잎의 밀도는 $2,446.0 \text{ leaf m}^{-2}$ 의 범위를 보였으며, 6월에 $3,157.0 \text{ leaf m}^{-2}$ 로 최대값을 10월에 $1,279.0 \text{ leaf m}^{-2}$ 로 최소값을 보였다(Fig. 8, Table 2).

4. 생식지의 형태학적 특징과 육수화서의 성숙 단계

4-1) 새우말 생식지의 형태학적 특징

새우말의 생식지는 4월($11.4 \pm 0.94^\circ\text{C}$)과 6월($18.3 \pm 1.38^\circ\text{C}$)에 관찰되었고, 이후에는 관찰되지 않았다. 출현기간 동안 관찰된 생식지의 길이, 너비, 두께의 평균은 각각 4.2 ± 0.14 , 0.5 ± 0.01 , $2.9 \pm 0.03 \text{ cm}$ 로 나타났다. 생식지의 길이는 4월에 $4.6 \pm 0.60 \text{ cm}$ 로 최대값을 6월에 $3.9 \pm 0.30 \text{ cm}$ 로 최소값을 보였다(Fig. 9A). 생식지의 너비는 2022년 6월에 $0.6 \pm 0.1 \text{ cm}$ 로 최대값을, 4월에 $0.5 \pm 0.07 \text{ cm}$ 로 최소값을 보였다(Fig. 9B). 생식지의 두께는 6월에 $3.1 \pm 0.7 \text{ cm}$ 로 최대값을, 4월에 $2.8 \pm 0.62 \text{ cm}$ 로 최소값을 보였다(Fig. 9C). 생식지의 밀도는 6월에 $135.0 \text{ leaf m}^{-2}$ 로 최대값을 4월에 70 leaf m^{-2} 로 최소값을 보였다(Fig. 9C).

4-2) 새우말 생식지의 성숙과 특징 변화

새우말의 성숙과정은 Fig. 10 과 같다. 새우말의 생식지는 4 월부터 출현하여 A-B 단계가 관찰되었고, 6 월에는 A-D 단계까지 관찰되었다. 이후 8 월에는 생식지가 관찰되지 않았다.

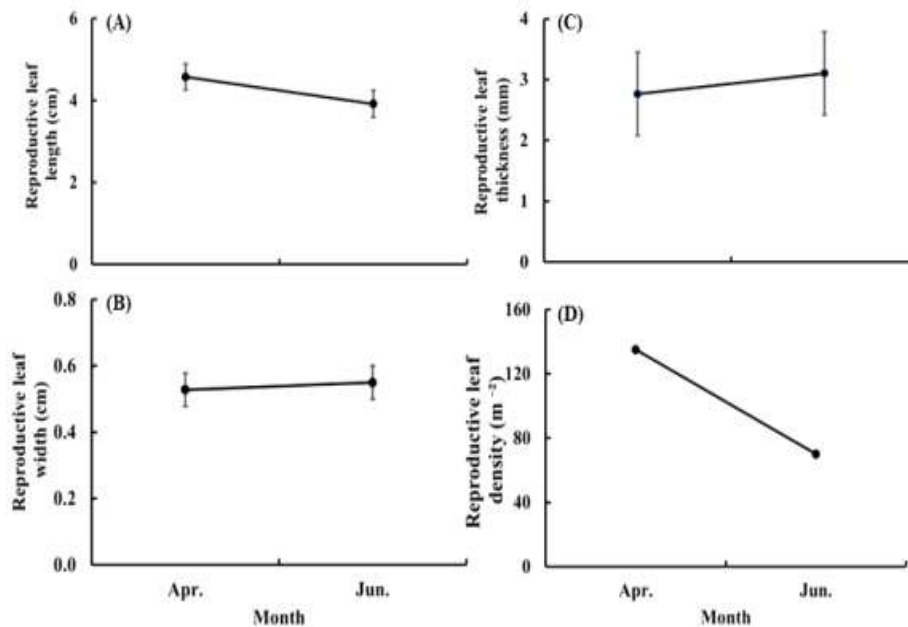


Fig. 9. Bimonthly variation in dimensions reproductive shoots of *Phyllospadix iwatensis*. in the costal water of Samcheok from April 2022 to June 2022: (A) reproductive length, (B) reproductive leaf width, (C) reproductive thickness, (D) reproductive density.



Fig. 10. Variation in maturation stage, spathe development of *Phyllospadix iwatensis*: (A) maturation stage A, (A-1) side view of spathe on maturation stage A, (B) maturation stage B, (B-2) side view of spathe on maturation stage B, (C) side view of spathe on maturation stage C, (C-3) side view of spathe on maturation stage C, (D) maturation stage D, (D-4) side view of spathe on maturation stage D.

고찰

1. 생태학적 연구

1) 격월 변화에 따른 새우말의 형태학적 변화

삼척연안에 분포하는 새우말의 생장은 겨울부터 봄까지 완만히 성장하고 초봄부터 여름까지 급격히 성장하였으며, 이후 성장이 급격하게 감소하는 성장 특성을 보였다. 이러한 결과는 11.5-26.0°C에서 성장하는 온대해초종의 특징과 일치하였다(Lee et al. 2007). 잎의 개수에 관한 결과로는, 삼척연안에 분포하는 새우말 개체군은 연평균 3.6개의 잎을 가지는 것으로 나타났다. 이는 일본 지바(Chiba)현 초시(Chosi)연안의 새우말 개체군이 연평균 2.75개의 잎을 가진 것과 비교된다(Tohru et al., 1995). 한편, 고성 연안의 새우말 개체군은 연평균 5.1개의 잎을 가진 것으로 보고되어(Kim et al., 2018), 고성 연안의 새우말 개체군이 삼척과 초시 연안의 새우말 개체군보다 더 많은 잎을 가지는 것으로 나타났다(Tohru et al., 1995). 이러한 결과는 고성 새우말 개체군은 2-6미터의 비교적 깊은 수심에서 서식하는 반면, 삼척과 초시 연안의 새우말 개체군은 각각 0.3-1미터와 1미터의 더 얕은 수심에서 서식하기 때문에 얕은 수심으로 인해 삼척과 초시연안의 새우말 개체군이 간조 시 공기 중에 노출되어 조간대의 고광량과 고온에 영향을 받았을 것으로 판단된다.

삼척연안 새우말의 잎의 길이는 연평균 49.7±9.7 cm로 나타났으며, 이는 고성연안 새우말의 연평균(50.2±2.9 cm)과 비교했을 때, 삼척연안 새우말이 계절에 따른 형태적 변화가 더 큰 것이 확인되었다.(Kim et al., 2018). 잎 너비는 연평균 0.3±0.03 cm로, 고성연안 새우말의 연평균 잎 너비(0.3±0.01 cm)와 동일하였다(Kim et al., 2018). 또한, 연평균 엽초 길이와 너비는 각각 8.57±2.69 cm, 0.34±0.05 cm로 나타났고, 고성연안의 새우말(Kim et al., 2018)은 연평균은 각각 9.2±0.67 cm, 0.38±0.01 cm로 나타나, 삼척연안 새우말이 계절 변동에 따른 형태적 변화가 더 큰 것으로 판단된다. 서식지의 광량과 수온은 식물의 형태에 영향을 주는 것으로 보고되었는데(Smith et al., 1997), 삼척연안의 새우말의 형태적 변화가 더 큰 것은 간조시에 공기 중에 노출되는 서식지의 환경으로 인한 결과로 판단된다.

2) 생물량 변동과 잎의 밀도

삼척연안 새우말의 생물량은 겨울에 생물량이 증가하기 시작하여 6월에 최대값을, 10월(22.4°C)에 최소값을 보였으며, 고성연안 새우말의 생물량은 5월(13.0°C)에 최대값(1,691.3±64.0 g DW m⁻²)을, 9월(23.0°C)에 최소값(1,367.4±46.2 g DW m⁻²)을 보여 두 지역에 유사한 경향을 보였다(Kim et al., 2018). 또한, Kanamori et al., (2004)에 의하면 일본의 아케시(Akkeshi Bay)만 새우말의 생물량은 6월에 최대값을 보인 후 점차 감소하여 1월에 최소값을 보여 유사한 경향을 보였다. 삼척연안 새우말의 잎의 밀도는 1,279-3,157 leaf m⁻²의 범위를 보인 반면, 고성연안 새우말의 잎의 밀도는 1,900-2,600 leaf m⁻²의 범위를 보여 삼척연안 새우말이 고성연안 새우말보다 계절적 변동을 뚜렷하게 나타내는 것으로 판단되었다. Kim et al. (2018)은 우리나라에 서식하는 새우말의 최적 성장수온을 12.0-13.0°C로 보고하였으며, 이를 바탕으로 삼척연안의 겨울과 봄의 평균 수온은 12.8°C로 삼척 새우말의 생물량과 잎의 밀도의 증가는 수온과 관련이 있는 것으로 판단된다.

이번 연구와 다른 지역에서 이루어진 선행 연구와 비교했을 때, 위도가 유사한 지역들에서는 해초류의 성장, 밀도, 생물량 등은 소폭의 차이를 보였으나 계절 변화에 따른 경향은 일관된 패턴이 관찰되었다. 계절에 따른 형태변동이 선행 연구에 비하여 눈에 띄는 편차가 있는 것은 간조 시 노출유무와 관계가 있는 것으로 판단된다.

3) 생식지의 특징 변화

삼척연안 새우말의 생식지는 4월(11.4°C)에 출현하여 최대값을 보였으며, 8월(23.9°C) 이후에는 탈락하여 관찰되지 않았다. 고성연안 새우말의 생식지는 4월에 최대값을 나타냈으며, 이후 7월까지 출현하여 삼척연안 새우말과 유사한 경향을 보였다(Kim et al., 2018). 이번 연구에서는 암꽃만이 관찰되었으며, 초시 연안에서 5년간 진행된 연구에서도 암꽃만이 관찰되었다고 보고되었다(Tohru et al., 1995). 새우말속은 얕은 수심에선 암꽃의 비율이 증가하고 깊은 수심에서는 수꽃의 비율이 증가하는 것으로 보고된 바 있다(William, 1995). 이는 초시연안과 삼척연안의 새우말이 1 m 이내의 얕은 수심에서 서식하여 암꽃의 비율이 높게 나타난 것으로 판단되었다.

삼척연안 새우말 화지의 밀도는 135.0 shoot m⁻²로 측정되었으며, 이는 고성 연안 새우말이 보인 475.0 shoot m⁻² 최대밀도에 비해 약 3분의 1정도 낮은 밀도를 나타내는 것으로 관찰되었다. 일반적인 잘피의 경우에는 지하경에 탄소를 저장하며, 저장했던 탄소를 생식지 형성에 활용한다. 반면, 말잘피는 지하경과 뿌리에 탄소를 저장하는 것보다는 강한 파도로부터 암반에 강하게 부착하는 기능에 중점을 두는 것으로 보고되었다(Marba et al., 2002; Hasegawa et al., 2005). 삼척의 새우말은 영양기관이 다른 연구지역의 비해 수치가 작게 나타났지만, 생물량의 변동은 큰 폭으로 증가하는 것이 관찰되었다. 이는 삼척의 새우말이 암반에 부착하는 것 이외에도 생물량 증가에 상당한 양의 저장된 탄소를 소비하고 있으며, 그 결과 생식지형성에 적은 에너지가 할당되는 것으로 판단된다. 4월에 형성된 새우말의 생식지는 시간이 지남에 따라 길이가 줄어들고 두께는 증가하는 경향을 보였다. 이는 수온이 상승함에 따라 생식지의 상부에 위치한 잎이 탈락하고, 동시에 불염포 내에서 열매가 점차 성숙해가면서 생식지의 두께가 늘어나는 것으로 판단된다.

요 약

이 연구는 삼척연안에 분포하는 새우말을 대상으로 2021년 10월부터 2022년 8월까지 skin diving을 통하여 수행되었다. 이상의 연구 결과 새우말은 봄과 초여름에 높은 값을, 겨울에는 낮은 값을 나타내는 성장특성을 보였다. 지상부의 잎의 길이와 너비, 엽초의 길이와 폭, 잎의 밀도, 생물량에서 확인한 계절적 변동이 관찰되었다. 연 평균 수온은 15.5℃로 10.8-23.9℃의 범위를 보였다. 잎의 길이는 4.39-11.94 cm의 범위를 보였으며, 연 평균 길이는 46.1 cm였다. 잎의 너비는 0.27-0.32 cm의 범위를 보였으며, 연 평균 너비는 0.3 cm였다. 잎의 수는 3.16-4.08개의 범위를 보였으며, 연 평균 수는 3.68개였다. 뿌리의 길이는 1.05-2.31 cm의 범위를 보였으며, 연 평균 길이는 1.67 cm였다. 절간의 길이는 0.29-0.314의 범위를 보였으며, 연 평균 길이는 0.3 cm이었다. 생물량은 836.35-3,969.95 g w.w.m⁻²의 범위를 보였으며, 연 평균은 2,177.53 g w.w.m⁻²이었다. 잎의 연 평균 밀도는 2,446.0 leaf m⁻²로 1,279.0-3,157.0 leaf m⁻²의 범위를 보였다. 새우말의 생식지는 4월부터 6월까지 출현하였고 8월에는 관찰되지 않았다. 출현기간 동안 관찰된 생식지의 길이와 너비, 두께의 평균은 각각 4.2, 0.5, 2.9 cm로 생식지의 길이는 3.9-4.6 cm, 생식지의 너비는 0.5-0.6 cm, 생식지의 두께는 2.8-3.1 mm의 범위를 보였다. 연구지역에서 암꽃은 관찰되었지만 수꽃은 되지 않았다, 열매는 총 5단계의 성숙과정 중 4단계의 열매까지 발견되었다. 수온과 광량은 새우말의 형태와 성장에 있어 중요한 요소이며, 연구지역의 새우말은 온대갈피의 성장특성과 유사하였다.

참고문헌

- Ackerman, J.D. 2006. Sexual reproduction of seagrasses: Pollination in the marine context. In Larkum, A.W.D., Orth, R.J., and Duarte, C.M. (Eds.), Seagrasses: Biology, ecology and conservation. Springer. p. 89-109.
- Barber, B.J. and Behrens, P.J. 1985. Effects of elevated temperature on seasonal in situ leaf productivity of *Thalassia testudinum* Banks ex König and *Syringodium filiforme* Kützting. Aquat. Bot. 22, 61-69.
- Duarte, C.M. 2002. The future of seagrass meadows. Environ. Conserv., 29, 192-206.
- Ertfemeijer, P.L.A. and Lewis III, R.R.R. 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. Mar. Poll. Bull. 52, 1553-1572.
- Gibbs, R.E. 1902. *Phyllospadix* as a beach-builder. The American naturalist 36, 101-109.
- Hoshikawa, H., Tajima, K., Kawai, T., and Ohtsuki, T. 2000. Spawning bed selection by Pacific herring (*Clupea pallasii*) at Atsuta, Hokkaido, Japan. In proceedings of the symposium Herring 2000: Expectations for a New Millennium. 199-226.
- Hossain, Md. F. and Mukai, H. 2000. Importance of nutrients (N, P, and NO₃⁺ NO₂) in growth of the surfgrass, *Phyllospadix iwatensis* Makino. Benthos Res. 55, 23-35.
- Kanamori, M., Goshima, S. and Mukai, H. 2004. Seasonal variation in host utilization of epiphytic *Lacuna* species in mixed algal and surfgrass stands in Japan. Mar. Ecol. 25, 51-69.
- Kim, J.H., Kim, J.H., Kim, G.Y. and Park, J.I. 2018. Growth dynamics of the surfgrass, *Phyllospadix iwatensis* on the eastern coast of Korea. The sea 23, 192-203.

- Kuo, J. and Den Hartog, C. 2001. Seagrass taxonomy and identification key. *Global seagrass research methods* 33, 31-58.
- Larkum, A.W., Orth, R.J., Duarte, C.M., Waycott, M., Procaccini, G., Les, D.H. and Reusch, T.B. 2006. Seagrass evolution, ecology and conservation: a genetic perspective. *Seagrasses: Biol. Ecol. Conser.* 25-50.
- Lee, K.S., and Dunton, K.H. 1999. Inorganic nitrogen acquisition in the seagrass *Thalassia testudinum*: development of a whole-plant nitrogen budget. *Limnol. Oceanogr.* 44, 1204-1215.
- Lee, K.S., Park, S.R. and Kim, Y.K. 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 350, 144-175.
- Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M., and Silliman, B.R. 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in eco and the environment* 9, 552-560.
- Orth, R.J., Luckenbach, M. and Moore, K.A. 1994. Seed dispersal in a marine macrophyte: implications for colonization and restoration. *Ecology* 75, 1927-1939.
- Orth, R.J., Carruthers, T.J.B., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Olyarnik, S., Short, F.T., Waycott, M. and Williams, S.L. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience* 56, 987-996.
- Peralta, G., Brun, F.G., Hernández, I., Vergara, J.J. and Pérez-Lloréns, J.L. 2005. Morphometric variations as acclimation mechanisms in *Zostera noltii* beds. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 347-356.
- Phillips, R.C., McMillan, C. and Bridges, K.W. 1983. Phenology of eelgrass, *Zostera marina* L., along latitudinal gradients in North America. *Aquat. Bot.* 15, 145-156.
- Ramírez-García, P., Terrados, J., Ramos, F., Lot, A., Ocaña, D. and Duarte, C.M. 2002. Distribution and nutrient limitation of surfgrass, *Phyllospadix scouleri* and *Phyllospadix torreyi*, along the Pacific coast of Baja California (Mexico). *Aquat. Bot.* 74, 121-131.
- Shin, H.C., Oh, Y.S. and Choi, H.K. 1993. Taxonomic examination of Korean seagrasses 1-Morphology and distribution of the genus *Phyllospadix* (Zosteraceae). *Kor. J. Plant Tax.* 23, 189-199.
- Short, F.T. 1987. Effects of sediment nutrients on seagrasses: Literature review and mesocosm experiment. *Aquat. Bot.* 27, 41-57.
- Short, F.T., Wyllie-Echeverria, S. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.* 23, 17-27.
- Short, F., Carruthers, T., Dennison, W. and Waycott, M. 2007. Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Jour. Experi. Mar. Biol. Ecol.* 350, 3-20.
- Smith, W.K., Vogelmann, T.C., DeLucia, E.H., Bell, D.T. and Shepherd, K.A. 1997. Leaf form and photosynthesis. *Bioscience* 47, 785-793.
- Turner, T. 1983. Complexity of early and middle successional stages in a rocky intertidal surfgrass community. *Oecologia* 60, 56-65.
- Van Tussenbroek, B.I. 1995. *Thalassia testudinum* leaf dynamics in a Mexican Caribbean coral reef lagoon. *Mar. Biol.* 122, 33-40.

- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T. and Williams, S.L. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106, 12377-12381.
- Williams, S.L. 1995. Surfgrass (*Phyllospadix torreyi*) reproduction: reproductive phenology, resource allocation, and male rarity. *Ecology* 76, 1953-1970.
- Yabe, T., Ikusima, I. and Tsuchiya, T. 1995. Production and population ecology of *Phyllospadix iwatensis* Makino. I. leaf growth and biomass in an intertidal zone. *Ecol. Res.* 10, 291-299.
- Zhan, J., Cheng, R., Hou, X., Wang, H., Zhang, P., Kang, B. and Li, W. 2022. Feasibility of surfgrass *Phyllospadix iwatensis* transplantation along the rocky coasts of Shandong peninsula, China. *J. Ocean Univ. China* 21, 1575-1584.
- 황규호. 2015. 고정형 틀을 이용한 한국산 새우말류(*Phyllospadix* spp.) 이식에 대한 연구. 부경대학교 박사학위논문 pp. 100.
- 해양수산부. 2019. 갯녹음 치유를 위한 말잘피 종묘 대량 생산 기술 개발 최종 보고서, pp. 170.

독도의 생물상: 미역, 매퓌리, 쥐치

김지현*

군산대학교 해양생물자원학과 독도해양생태연구실

Biota of Dokdo: *Undaria pinnatifida*, *Ceratostoma rorifluum* and *Stephanolepis crirhifer*

Ji-Hyun Kim*

Dokdo Marine Life Ecology Institute, Department of Marine Biology
Kunsan National University, Kunsan, 54150, Korea

The waters around Dokdo are a unique marine ecosystem where the warm Tsushima Current meets the cool North Korean Cold Current, creating a rich confluence of marine life. This study is part of an ongoing island ecosystem survey, continuously reporting research results from the past 20 years to collect vital baseline data on Dokdo's marine aquatic biota. In this particular report, we focus on ecological data for three species: 1) *Undaria pinnatifida*, 2) *Ceratostoma rorifluum*, 3) *Stephanolepis crirhifer*. Dokdo's marine ecosystem is a treasure trove of biodiversity, and these baseline data will be invaluable for future research on the conservation and management of this precious habitat.

Key words: Biota, *Undaria pinnatifida*, *Ceratostoma rorifluum*, *Stephanolepis crirhifer*, Dokdo

Running title: 독도의 생물상

*Corresponding author: uwpkim@hanmail.com

서론

독도는 1982년에 천연기념물 제 336호로 지정되었으며, 1997년에 "독도 등 도서지역 생태계보전에 관한 특별법"에 의해 특정도서로 지정되었다. 또한, 1999년에는 독도천연보호구역으로 지정되어 보호 및 관리되고 있다. 독도는 행정구역상 경상북도 울릉군 울릉읍에 속하고, 울릉도와는 87.4km 거리가 떨어져 있고, 동도와 서도 및 부속도서 89개로 이루어져 있으며, 총 면적은 187,554m²이다.

독도의 지질은 화산활동에 의해 형성되어 있고, 이러한 화산활동과 오랜 기간의 침식 및 퇴적작용으로 독특한 지형 및 지질을 형성하고 있다. 독도 주변 해역의 경우에 쓰시마 난류와 북한 한류가 만나 다양한 생물들이 서식하는 해양생태계를 제공하고 있다.

본 연구는 섬생태계 조사의 일환으로 지난 20여 년간 수행한 연구결과 중 일부이다. 본 연구에서는 독도의 수중해양생태계에서 확인한 1) 미역속 미역(*Undaria pinnatifida*), 2) 매퓌리속 매퓌리(*Ceratostoma rorifluum*), 3) 쥐치속 쥐치(*Stephanolepis crirhifer*)에 대한 조사 기록을 보고하고자 한다. 이러한 독도 해양생태계의 생물상에 대한 연구결과는 독도의 보전적 가치를 발굴하여 생물주권을 확보하고 향후 독도 해양생태계의 보전과 관리를 위한 귀중한 기초자료로써 의미가 있을 것이다.

재료 및 방법

본 연구는 2016년 9월에 경상북도 울릉군 울릉읍 독도(37° 14'26.08" N, 131°52'10.04" E)의 선착장, 가제바위 주변 수중에서 해양생물 조사를 실시하였으며, 스쿠버 다이빙 촬영장비를 활용하여 해양생물을 촬영하였다. 종의 동정은 Kim (2014a; 2014b)를 참고로 하여 정리 하였다.

3. 결과 및 고찰

독도의 수중해양 생태계에서 다음의 종을 확인하여 보고하고자 한다.

1) 미역(*Undaria pinnatifida*)



Fig. 1. *Undaria pinnatifida* growing on the rocky bed of Dokdo's pier.

미역은 2016년 6월 독도 서도의 선착장 부근 암반에서 서식을 확인하여 촬영하였다(Fig. 1). 이 종은 독도 연안 조하대에 서식하는 만 일년생의 다시마목 미역과 갈조류로 1~2m 까지 성장한다. 사진은 가을, 겨울동안 성장한 엽상체가 여름이 되면서 엽상부와 줄기부가 잎녹음으로 유실되고, 부착기와 기부에 남은 포자엽(미역귀)만 남은 고사 직전의 엽상체이다. 미역의 생식기관인 이 포자엽에서 유주자가 방출된 후 암, 수 배우체(gamete)로 발아하고 이후 암배우체의 생란기(oogonium)에 정자가 접합되어 수정된 후, 미역의 종자라고 할 수 있는 아포체(young sporophyte)로 자란 후 다시 미역의 성엽체로 성장하는 생활사를 가진다.

2) 매퓌리(*Ceratostoma rorifluum*)

매퓌리는 2016년 6월 독도 서도의 선착장 수중환경에서 서식을 확인하여 촬영하였다 (Fig. 2). 이 종은 조간대 하부에서부터 조하대 얕은 수심 암반에 서식한다. 껍데기 두껍고 단단하며, 껍데기 꼭지부가 높게 솟아있다. 나뭇잎은 칠층이며 각 나뭇잎은 약하게 부풀어있고, 나뭇잎간 경계



Fig. 2. *Ceratostoma rorifluum* on the rocky bed of Dokdo's pier.

면은 명확하지 않다. 이 종은 야생성이며 식용종으로 매운맛이 나기 때문에 맵사리라는 이름이 붙었다.

3) 쥐치(*Stephanolepis crirhifer*)

쥐치는 2016년 6월 독도 동도의 가제바위 수중환경에서 서식을 확인하여 촬영하였다(Fig. 3). 이 종은 독도 연안 암초 지역에 서식한다. 입은 작지만 탐식성이 강하여 발달한 앞니로 해조류, 소형갯지렁이, 새우, 게, 조갯살 등을 잘라 먹는다. 피부는 얇은 가죽처럼 까칠까칠하다. 횡감으로 인기가 있으며, 물 밖으로 나오면 ‘찍찍’하는 쥐소리를 낸다고 하여 쥐고기라고 불리게 되었다고 한다.



Fig. 2. *Stephanolepis crirhifer* observed in the underwater environment of Dokdo's Gajebawi.

참고문헌

- Kim J.H. 2014a. 아! 독도아리랑. PRaide. 77-185.
Kim J.H. 2014b. 아! 독도112. PRaide. 79.

독도 연안의 어류 서식환경과 분포
II. 동도 연안 해역

김동식*

아트랜티스

**Habitat Characteristics and Distribution of Fish in
the Coastal Area of Dokdo, Korea**
II. Dongdo coastal area

Dong-Sik Kim*

Atlantis, Hauro Street 292, Bucheon 14576, Korea

Dokdo is an island located in the easternmost part of South Korea, and is historically, geographically, economically, and strategically, a very important island. Geographically located in a region of the East Sea where cold and warm currents intersect. Cold currents from North Korea branches off from the Liancourt currents and flows into Dokdo during the winter months. During the summer this area is affected by the East Korean warm currents branching off from the Kuroshio warm currents in the Tsushima Straits moving northward. Although the diversity of various fish species and marine life are remarkably diverse and widely distributed in this area, prior studies and research regarding fish and marine life in this area have been scarce and limited due to the poor accessibility to the Island itself. However, in this current research spanning a period of a decade and thousand plus diving expeditions the fish and marine life inhabiting the underwater environment in this vast area was thoroughly researched and documented with a total of 1,013 logged diving expeditions. 907 daytime research dives and 206 nighttime research dives were conducted in a period of 269 days between 2005 and 2015. The dives were conducted from a total of 10 entry points either on Dongdo (East Island) and Seodo (West Island) of Dokdo. The results of this research clearly states the different characteristics of the underwater habitats at the 10 diving points, including Women Divers' Rock, water depths at the underwater habitats were in a range of 5 to 42 meters and the habitats were mostly rock bottom, sand beds, and gravel for the areas where marine algae such as sweet laver (seaweed) and sea oak grew. The fish species identified during the study period comprised of 142 species in 105 genera in 57 families in 15 orders. Among them, fish in the order Perciformes were the most frequently seen with 88 species in 64 genera in 31 families accounting for 61.97% of all

species. This was followed by 8 species in the family Labridae and 7 species in the family Pomacentridae. Fish of the order Scorpaeniformes were 19 species in 12 genera in 4 families (13.38%). Among them, fish in the family Scirpaenidae are the largest in the number of species at 12. The next most common fish order was Tetraodontiformes comprising 12 species in 8 genera in 4 families (8.45%), followed by the order Beloniformes comprising 3 species of 3 families (2.11%), and the order Beryciformes comprising 3 species in 3 families (2.11%). The fish distribution in this area was a quite different from that of the fish found in Uljin Coast, in the East Sea located on the same latitude as Dokdo. Rather the fish species inhabiting Dokdo was similar to the ichthyofaunal found in Jeju-do (Island), Hongdo in Gyeongsangnam-do, and Ulleungdo (Island) and Wangdol-Reef in Gyeongsangbuk-do. Fish in the coast of Dokdo and those in the coast of Jeju-do were compared. According to the results, among 142 species of fish that appeared around Dokdo 140 species (98.59%) were identical to the fish that appeared around Jeju-do while two species; *Pleurogrammus azonus* which is a temperate species fish species and *Astrabe Fasciata* which is an unrecorded species did not appear around Jeju-do. On the other hand, fish in the coast of Uljin in the East Sea showed a different distribution pattern from that of fish species found on Dokdo. This considered attributable to the fact that whereas the coast of the East Sea is affected by cold currents flowing south from North Korea in the summer, the coast and sea surrounding Dokdo remains warmer for a longer time the by East Korean warm currents branching from the Kuroshio warm currents flowing northward.

Among the 142 species of fish identified during this research period, a total of 40 species in 37 genera in 28 families in 10 orders had not been identified in previous studies. Among these orders, the order Perciformes showed the largest number of species with 25 species in 18 families followed by the family Gobiidae with 3 species, the family Serranidae with 2 species, and the family Apogonidae with 2 specie. All these fish species appear in the waters of Jeju-do too. Therefore, the fish species distribution in the coast of Dokdo is thought to be affected more by the East Korean warm current branching from Kuroshio warm currents compared to the coasts of Uljin in Gyeongsangbuk-do and Yangyang in Gangwon-do on similar latitudes. Consequently, changes in ichthyofauna in which subtropical fish continuously increase are expected in the coast of Dokdo as with the coast of Jeju-do. In addition, ichthyofauna in the coast of Dokdo in winter and that in deep sea area around Dokdo are assumed to show similar ichthyofauna to that of the East Sea Coast. Meanwhile, among the fish collected, 1 specie in the family Gobiidae was identified as *Astrabe fasciata* which is an unrecorded species that has not been reported in South Korea and it was named after Dokdo as Dok-do-eal-look-mang-duk as a national name. This species is only 5 cm long in total length for fully grown adult fish. This species was reported as a new species in 1988 in Japan, but never found in Korea until this research. This fish lives underneath stones in rocky areas. This species is easily distinguishable from other similar species in the family Gobiidae with its skin protruding above the eye and the narrow vertical stripe pattern in front of the pectoral fin.

Key words: Fish, Habitat Characteristics, Distribution, Dongdo, Dokdo

Running title: 독도의 어류 서식환경과 분포(동도)

*Corresponding author: atlantis-21@hanmail.net

서 론

독도는 신생대 3기인 460~250만 년 전에 해저 2,000 m에서 솟은 용암이 굳어져 형성되었으며, 울릉도 동남향 87.4 km 떨어진 우리나라 가장 동쪽 섬으로 북위 37도 14분 26.8초, 동경 131도 52분 10.4초에 위치하고 있다. 행정구역상 주소는 경상북도 울릉군 울릉읍 독도리 산 1~96 (101필지)이고, 총 면적은 187,453 m로 섬 자체가 1982년 11월 16일 “천연기념물 제336호”로 지정되었다. 또한 1990년 8월에는 건설부 고시로 [국토의 계획 및 이용에 관한 법률]에 의한 “자연환경보전지역”으로 지정되었고, 2000년 9월에는 환경부 고시로 [독도 등 도서지역의 생태계 보전에 관한 특별법]에 의한 “특정도서”로 지정된 섬이며, 동도와 서도 2개의 바위섬과 큰가제바위를 비롯하여 모두 89개의 부속도서와 작은 바위들로 이루어져 있다. 독도는 역사적으로 뿐만 아니라 지리적, 경제적으로 중요한 섬으로서 주변해역은 동해의 오징어 어장을 형성하고 있고, 전복과 해삼, 미역 등 많은 수산자원을 보유하고 있다. 또한 독도로부터 남서쪽 약 90 km 떨어진 울릉분지서는 미래에너지 자원인 메탄수산물(Gas-Hydrate)로 추정되는 퇴적층이 발견되기도 하였다(환경부, 2011).

독도 해역의 기후는 난류의 영향을 받는 전형적인 해양성 기후로 연평균 기온은 12 °C이며 1월 평균 1 °C, 8월 평균 기온이 23 °C로 비교적 따뜻하다. 연평균 풍속은 4.3 m/s로 여름에는 남서풍, 겨울에는 북동풍이 우세하고, 1년 강우일수는 150일로 흐린 날이 160일 이상이다. 연평균 강수량은 1,240 mm,이고 지질구조는 화산암으로 지하수의 저장이 어려우며, 강한 해풍과 척박한 토질로 인하여 식물이 자라기 힘든 환경조건이다. 이 중 갯이갈매기와 바다제비와 같은 해양성 조류의 집단번식지로서 뿐만 아니라 우리나라 생물의 기원과 분포를 연구하는데 중요한 섬이며, 제주도와 함께 우리나라 연근해 어류 분포 연구에도 중요한 섬이다. 해류는 겨울철에 북쪽의 리만한류에서 갈라진 북한한류가 남하하고, 여름철에는 남쪽의 쿠로시오난류가 쓰시마에서 갈라져 올라온 동한난류의 영향권에 놓이는 해역으로 한류와 난류가 교차되는 곳이기도 하다(명, 2002; 환경부, 2011). 즉, 이 해역 어류 분포에 직접적인 영향을 미치는 쿠로시오 난류는 우리나라 동해안으로 유입된 동한난류와 북쪽에서 내려오는 북한한류가 만나는 곳이다. 이 중 동해안을 따라 북상하는 동한난류는 2월과 6월 그리고 10월에 강하게 발생하며, 8월에는 대부분의 해류가 일본 방향으로 흐르기 때문에 한국의 동해안을 따라 올라가는 동한난류는 약화된다. 이로 인해 동해안에는 여름철에도 북한한류의 영향을 받아 냉수대가 형성된다. 동한난류와 북한한류가 만나는 경계를 조정수역이라 하며, 조정수역의 위치는 난류가 강한 여름에는 북상하고, 한류가 강한 겨울에는 남하한다. 이렇게 복잡한 해류의 영향으로 동해 연안과 독도 해역의 어류 분포는 다른 양상을 보이고 있다(김, 2011). 즉 독도연안의 어류 분포는 같은 위도 상에 있는 동해연안보다도 오히려 제주도의 어류상과 비슷한 분포 양상을 나타낸다(김, 2012).

독도의 생물상에 관한 연구는 식물을 비롯하여 곤충과 조류, 그리고 일부 해양생물에

대해 환경부 과제를 중심으로 지속적으로 이루어져 왔으나, 어류에 대해서는 상업적 가치가 있는 일부 종외에는 그 동안 조사가 미흡하였고, 단지 울릉도를 포함한 독도어류 조사 기록이 일부 있을 뿐이다(서울대학교 환경계획연구소, 2003). 이처럼 독도연안 어류에 대한 연구는 접근성과 수중 조사장비 운반 등의 어려움이 수반되기 때문에 매우 제한적이었다.

독도의 생물상 연구는 1960년대 해조류 조사를 시작으로 각 분야의 연구가 수행되었으며(강, 1968), 1990년대 들어서는 어구를 사용한 채집과 잠수조사가 병행되어 이루어졌다(명, 1997). 특히 스킨스쿠버에 의한 독도 주변 해역 어류상에 대한 연구는 최근에 이루어졌으며, 그 연구 결과로는 명(2002)의 “독도주변 어류상”과 김(2012)의 “독도주변 어류상”, 국토해양부(2013)등이 있고, 모두 어류목록으로 제시되었다. 그럼에도 불구하고 최근 기후 온난화에 따른 한반도 연근해 어류의 분포가 변하고 있는 시점에서 아직까지 독도연안의 어류상 변동을 비교할 수 있는 어류의 분포 및 세부적인 연구 자료는 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 우리나라 최동단에 위치한 독도연안의 어류에 대해 다이빙 조사를 통해 어류상 및 서식처 특성을 밝히는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

이 연구를 위하여 독도연안의 동도와 서도에 10개 조사정점을 선정하여 2005년부터 2015년까지 269일간 조사를 실시하였으며, 총 조사일수는 324일 가운데 잠수조사는 269일이다(Table 1).

총 324일 중 잠수조사는 269일 실시하였으며, 주간조사는 1일 3회 실시 하였다. 주간 잠수조사는 807회 실시했고, 야간 잠수조사는 206회 실시하여 총 잠수조사는 1,013회였다. 1회 잠수조사 시간은 평균 40분으로 총 잠수조사 시간은 약 675시간이었다.

수중촬영은 수중비디오카메라(HVR Z1 HD, Sony; D90 Nikon; 5D Mark II, 5D Mark III Canon; E-MI, Olympus; 4K Z100 Sony; 5K Epic; Red)와 수중카메라(D90, D700, D810, Nikon; 5D Mark II, 5D Mark III Canon; E-MI, Olympus)를 이용하였고, 필요에 따라 뜰망(망목 1×1mm)과 낚시 및 통발을 이용하여 채집하는 방법을 병행하였다. 채집된 어류는 10% 포르말린 액에 고정한 후 실험실로 운반하여 동정하였다. 비디오촬영 영상은 정확한 동정을 위해 사진으로 캡처한 후 수중사진과 함께, 최 등,(2002), 김 등,(2005), Nakabo (2002)와 Musuda et al. (1984)에 따라 동정하였으며, 분류체계는 Nelson (2006)에 따랐다. 수중촬영 본으로 조사된 어종은 중 수준까지 동정이 가능한 종에 한해서 목록에 포함시켰으며, 이 조사에서 채집된 표본은 군산대학교 해양생물공학과 표본실에 보관하였다.

Table 1. Period of the underwater and total research in this study.

Year	Months and days	Total research	Underwater research
2005	05/26 ~ 07/30	66	60
2008	10/08 ~ 10/14	7	7
2009	05/11 ~ 09/21	134	100
	10/26 ~ 11/19	25	21
2010	04/04 ~ 05/02	28	23
2012	05/25 ~ 06/02	8	8
	09/26 ~ 10/25	30	24
2013	09/15 ~ 09/21	7	7
2014	07/21 ~ 07/24	4	4
	08/28 ~ 08/30	3	3
	09/15 ~ 09/21	7	7
2015	08/31 ~ 09/04	5	5
Total		324	269

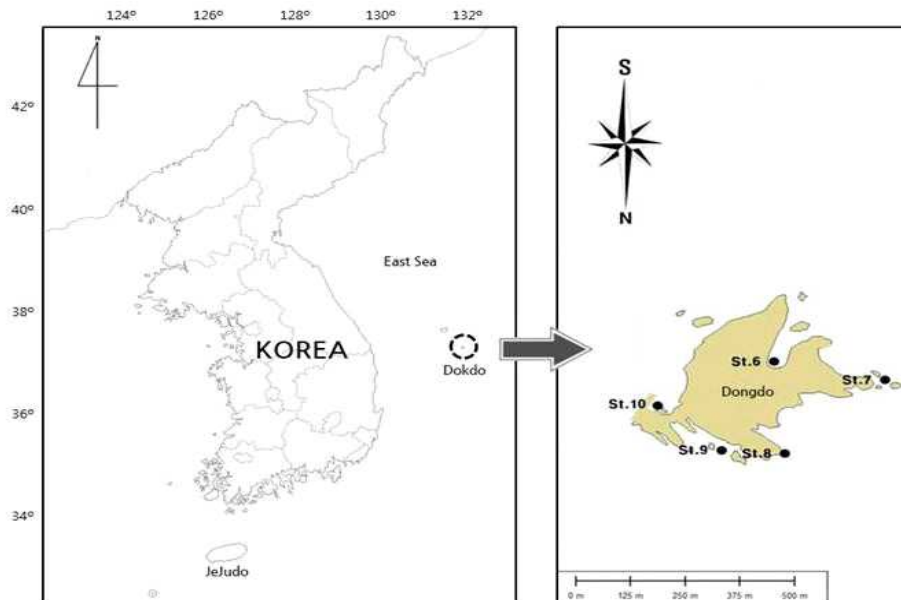


Fig. 1. Map showing the sites of Dongdo in Dokdo, Korea. St. 6, Cheonjanggul; St. 7, Dongripmunbawi; St. 8, Jeonchabawi; St. 9, Haenyeobawi; St. 10, Dongdo wharf.

결 과

6) 천장굴

이 정점은 동도의 분화구로 깊이는 약 100 m이고, 천장굴 내부에는 바깥쪽으로 연결된 큰 아치형 동굴과 수중동굴이 있다(Fig. 1. St. 6). 수중동굴은 남쪽 방향으로 연결되었으며, 파도가 높지 않고 외부로부터 빛이 직접 들어오지 않기 때문에 해조류 서식밀도가 다른 조사 지점에 비해 낮은 곳이다. 천장굴 수중지형은 작은 자갈과 모래이고, 수중 동굴은 전체적으로 동도와 연결된 암반으로 이루어져 있다(Fig. 2). 동굴 주변 수중의 암반에는 미역이 서식하고, 빛이 충분히 유입되는 낮은 수심 대는 감태와 대황등의 해조류가 밀생하고 있다. 천장굴 부근에서 조사된 어종은 총 6목 27과 60종이며, 농어목의 놀래기과가 7종, 동갈돔과, 전갱이과, 망둑어과 어류가 각각 4종씩 출현하였고, 황줄감정어과는 3종이 확인되었다(Table 1). 암반 바닥에서는 볼락과 개볼락, 용치놀래기가 주로 조사되었고, 여름철에는 홍바리(*Epinephelus fasciatus*)와 노랑거북복(*Ostracion cubicus*)이 자주 확인되었으며, 파랑이 없고 조류가 약해서 다양한 유어들이 집단을 이루고 있다. 모래바닥에서는 비단망둑(*Istigobius hoshinonis*)이 연중 확인되었고, 이 밖에 연중 서식하는 어종은 놀래기와 황놀래기, 전갱이, 망상어, 인상어 등이다.

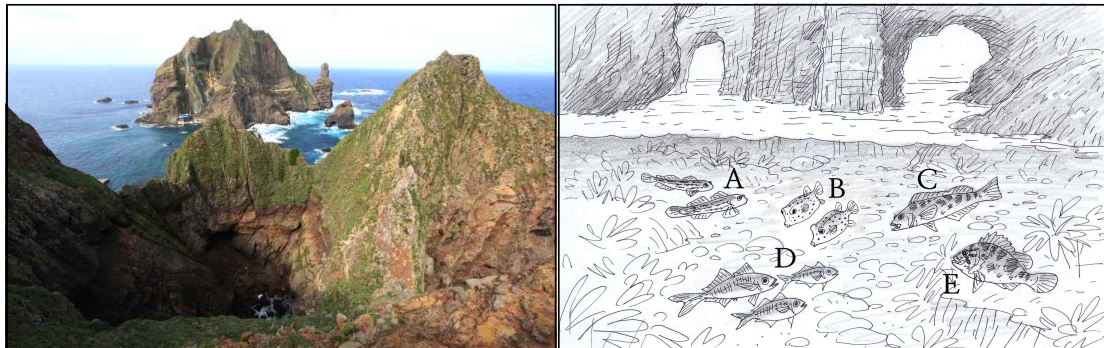


Fig. 2. Photograph (left) and illustration (right) of Cheonjanggul. (A, *Istigobius hoshinonis*; B, *Ostracion cubicus*; C, *Hexagrammos otakii*; D, *Trachurus japonicus*; E, *Sebastes pachycephalus*).

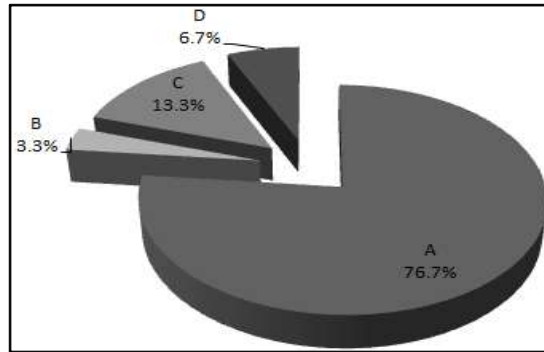


Fig. 3. Ratio of the number of fish species observed from habitats of Cheonjanggul. station A, Rocky bed with marine algae; B, Sand bottom; C, Rocky bed covered with marine algae; D, surface and mid water layer.

이 정점에서 2005년부터 2015년까지 하계 및 추계에 확인된 어류는 총 6목 27과 60종이다 (Table 1). 이 중 춘계 2010년 4월 4일부터 30일까지 조사된 어종은 총 3목 12과 28종이다 (Table 2).

이 정점에서는 쏨뱅이목의 양볼락과 어류가 5종, 농어목의 놀래기과 3종, 망상어과가 3종 순으로 확인되었다(Table 1). 표층과 중층에 서식하는 농어목 전갱이과 어류는 4종, 추계 때 유어가 확인되었던 동갈돔과는 4종순으로 감소하였다(Fig. 4, 5).

Table 1. Fish species observed from the Cheonjanggul of Dokdo, Korea.

		Year								
No	Species	2005	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	
1	<i>Engraulis japonicus</i>	+	+	+		+	+	+	+	
2	<i>Konosirus Punctatus</i>	+						+		
3	<i>Plotosus lineatus</i>			+						
4	<i>Strongylura anastomella</i>			+						
5	<i>Collabis saira</i>			+						
6	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
7	<i>Sebastes inermis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
8	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
9	<i>Sebastes schlegelii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	<i>Sebastes zonatus</i>	+		+	+	+	+	+	+	
11	<i>Sebastiscus marmoratus</i>			+				+	+	
12	<i>Platycephalus indicus</i>			+		+				
13	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
14	<i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
15	<i>Epinephelus fasciatus</i>	+		+		+	+	+	+	
16	<i>Apogon doederleini</i>	+		+		+	+			
17	<i>Apogon endekataenia</i>					+	+	+	+	
18	<i>Apogon notatus</i>	+	+		+		+	+	+	
19	<i>Apogon semilineatus</i>			+		+	+	+	+	
20	<i>Seriola dumerili</i>	+	+	+		+	+	+	+	
21	<i>Seriola lalandi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
22	<i>Seriola quinqueradiata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
23	<i>Trachurus japonicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
24	<i>Parupeneus spilurus</i>	+		+				+		
25	<i>Upeneus japonicus</i>			+				+		
26	<i>Girella melanichthys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
27	<i>Girella punctata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
28	<i>Mictocanthus strigatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
29	<i>Chaetodon modestus</i>						+			
30	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>			+	+	+	+	+	+	
31	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
32	<i>Ditrema temminckii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
33	<i>Ditrema viridis</i>					+	+	+	+	
34	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
35	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	+		+		+	+	+	+	
36	<i>Chromis notatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
37	<i>Pomacentrus coelestis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
38	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
39	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
40	<i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
41	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	

Table 1. continued

42 <i>Pteragogus flagellifer</i>	+		+				+	+
43 <i>Semicossyphus reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
44 <i>Stethojulis interrupta</i>			+		+			+
45 <i>Dictyosoma burgeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
46 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>			+	+	+	+	+	+
47 <i>Enneapterygius theostomus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
48 <i>Springerichthys balturus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
49 <i>Entomacrodus stellifer</i>			+			+	+	
50 <i>Petroscirtes breviceps</i>		+	+		+	+	+	+
51 <i>Lepadichthys frenatus</i>							+	
52 <i>Istigobius campbelli</i>			+		+	+	+	+
53 <i>Lstigobius hoshinonis</i>							+	
54 <i>Pterogobius zonoleucus</i>			+		+	+	+	+
55 <i>Trimma grammistes</i>	+		+				+	+
56 <i>Siganus fuscescens</i>			+				+	
57 <i>Sphyræna japonica</i>					+	+	+	+
58 <i>Rudanrius ercodes</i>			+		+			+
59 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
60 <i>Ostracion cubicus</i>			+		+	+	+	
Total	37	30	52	30	45	45	52	46

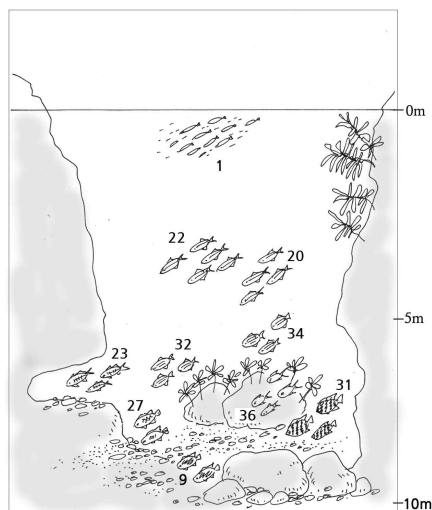


Fig. 4. Fish distribution and habitat condition in the Cheonjanggul aspect of fish from July to November, see table 1. for the species number.

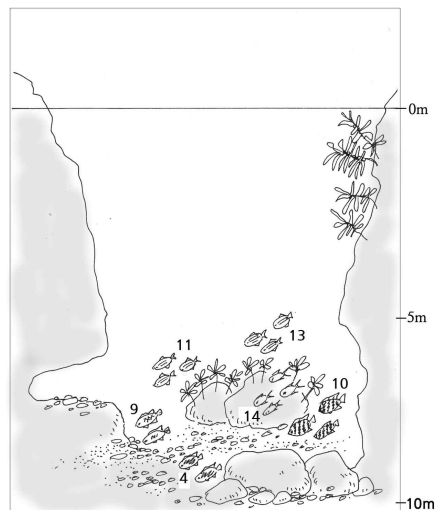


Fig. 5. Fish distribution and habitat condition in the Cheonjanggul. aspect of fish (April, 2010). see table 2 for the species number.

Table 2. Fish species observed at Cheonjanggul of Dokdo, Korea. (April. 2010).

No	Species	Apr. 4~30, 2010
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+
2	<i>Sebastes inermis</i>	+
3	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+
4	<i>Sebastes schlegelii</i>	+
5	<i>Sebastes zonatus</i>	+
6	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+
7	<i>Hexagrammos otakii</i>	+
8	<i>Girella melanichthys</i>	+
9	<i>Girella punctata</i>	+
10	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+
11	<i>Ditrema temminckii</i>	+
12	<i>Ditrema viridis</i>	+
13	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+
14	<i>Chromis notatus</i>	+
15	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+
16	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+
17	<i>Labroides dimidiatus</i>	+
18	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+
19	<i>Pteragogus flagellifer</i>	+
20	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	+
21	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+
22	<i>Enneapterygius theostomus</i>	+
23	<i>Springerichthys bapturnus</i>	+
24	<i>Entomacrodus stellifer</i>	+
25	<i>Petroscirtes breviceps</i>	+
26	<i>Istigobius hoshinonis</i>	+
27	<i>Pterogobius zonoleucus</i>	+
28	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+

이 정점의 하계 및 추계(연안 수온 20℃ 이상)와 춘계(연안 수온 17℃ 이하)의 출현어종을 비교해보면, 추계에는 온대어종이 21종(35%), 열대어종 24종(40%), 아열대어종 15종(25%)이었고(Fig. 6. A), 춘계에는 온대어종이 14종(50%), 열대어종이 7종(25%), 아열대어종이 7종(25%)이었다(Fig. 6. B).

7) 독립문 바위

이 정점은 동도의 남쪽 끝에 위치하며 동도와 연결된 아치형의 큰 동굴이다(Fig. 1. St. 7). 독립문 바위 앞쪽으로는 3개의 바위가 돌출되어 있으며, 이 바위 사이로 협곡이 형성되어 강한

조류가 발생하는 곳이다. 수중에는 육상으로 들어나지 않는 많은 바위가 있으며, 특히 바위와 바위 사이에 갈라진 틈이 많이 있다.

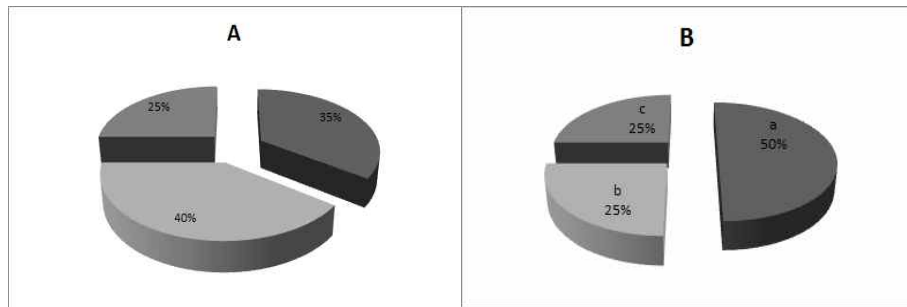


Fig. 6. Composition of fish species observed around Cheonjanggul of Dokdo, Korea from July to November. (A); and April. (B). a, temperate species; b, tropical species; c, subtropical species; d, deep-water species.

조사 평균 수심은 20 m이며 최대수심은 35 m이다(Fig. 7). 수심이 얇은 바위지역에는 미역이, 수심이 깊은 곳은 감태와 대황 등의 해조류가 밀생하고 있으며, 바위의 상층부는 옥덩굴로 덮여 있다. 대형 암반의 하부에는 부채빨산호와 곤봉바다딸기가 서식한다. 독립문바위 연안에서 조사된 어종은 총 11목 38과 88종이며, 출현종수는 쏨뱅이목의 양볼락과 어류가 11종, 농어목의 놀래기과 7종, 전갱이과 6종, 청베도라치과(Blenniidae) 5종, 동갈돔과 4종 등의 순이었다(Table 3). 암반바닥은 돌돔과 벵에돔, 개볼락이 주로 서식하며, 모래바닥에는 금줄촉수(*Parupeneus ciliatus*)와 두줄촉수(*Parupeneus spilurus*), 검은줄촉수(*Upeneus tragula*)가 확인되었다. 수온이 낮은 봄철에는 달고기(*Zeus faber*)가 많이 확인되었으며, 수온이 높은 여름철에는 중층에 서식하는 참치방어와 방어, 부시리가 많이 확인되었다(Fig. 7. A). 지형적으로 이 연안은 암반바닥에 서식하는 어류의 좋은 서식환경 조건을 잘 갖추었고, 양볼락과와 놀래기과 어종들이 많이 분포하는 것으로 확인되었으며, 여름철에 표층과 중층에 서식하는 전갱이과가 많이 조사되었다. 이 정점에 연중 확인된 어류는 벵에돔과 개볼락, 자리돔, 기타 놀래기과 어류이다.

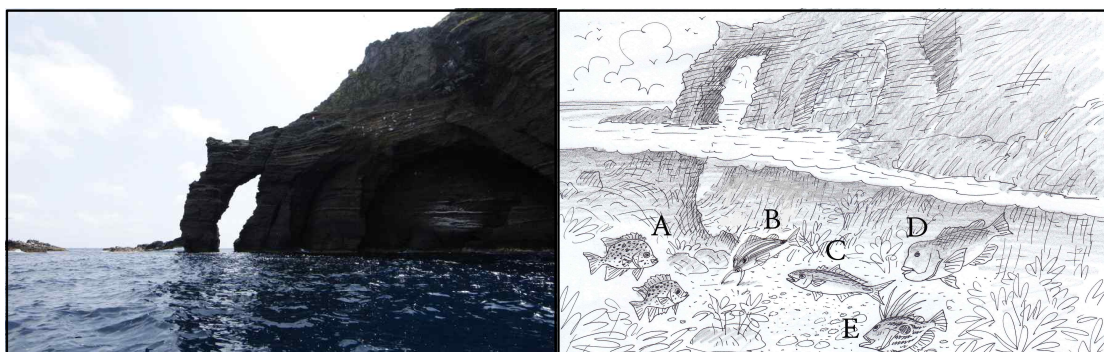


Fig. 7. Photograph (left) and illustration (right) of Dokripmunbawi. (A, *Oplegnathus punctatus*; B, *Parupeneus spilurus*; C, *Seriola quinqueradiata*; D, *Semicossyphus reticulatus*. E. *Zeus faber*).

이 정점에서는 암반바닥에 62종(69.3%), 모래바닥에 7종(8.0%), 해조류 숲에 6종(6.8%) 표층과 중층에 14종 (15.9%)의 어류가 분포하였다(Fig. 8). 이 정점에서 2005년부터 2015년까지 하계 및 추계에 확인된 어류는 총 11목 38과 88종이다(Table 3). 이 중 춘계인 2010년 4월 4일부터 30일까지 조사 된 어종은 총 5목 20과 46종으로 주로 솜뱅이목의 양볼락과 어류가 6종, 농어목의 놀래기과 6종, 청배도라치과가 4종 순이었다(Table 4). 표층과 중층에 서식하는 농어목의 전갱이과 어류는 6종, 추계 때 유어가 확인 되었던 동갈돔과는 4종순으로 감소하였다(Fig. 9, 10).

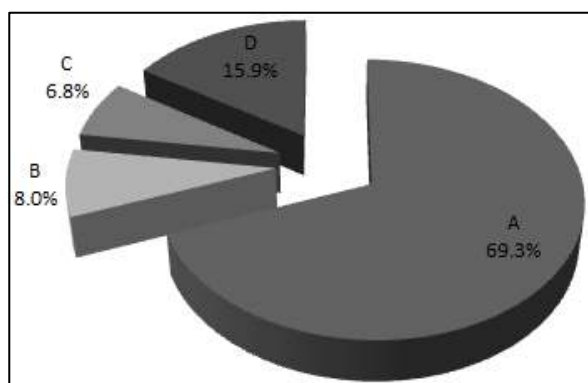


Fig. 8. Ratio of the number of fish species observed from habitats of Dokripmunbawi. station A, Rocky bed with marine algae; B, Sand bottom; C, Rocky bed covered with marine algae; D, surface and mid water layer.

Table 3. Fish species observed from the Dogripmunbawi of Dokdo, Korea.

No	Species	Year							
		2005	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015
1	<i>Engraulis japonicus</i>			+		+	+	+	+
2	<i>Spratelloides gracilis</i>							+	+
3	<i>Plotosus lineatus</i>			+					
4	<i>Iso flosmaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
5	<i>Strongylura anastomella</i>	+		+		+	+	+	+
6	<i>Monocentris japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
7	<i>Zeus faber</i>			+	+	+			
8	<i>Dorrryrhamp japonicus</i>					+			
9	<i>Fistularia petimba</i>			+		+	+	+	+
10	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
11	<i>Sebastes hubbsi</i>			+		+	+	+	+
12	<i>Sebastes inermis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
13	<i>Sebastes longispinis</i>					+	+	+	+
14	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
15	<i>Sebastes schlegelii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
16	<i>Sebastes thompsoni</i>	+		+	+	+	+	+	+
17	<i>Sebastes zonatus</i>	+		+	+	+	+	+	+
18	<i>Sebastes vulpes</i>	+		+		+	+	+	+

Table 3. continued

19 <i>Sebastiscus marmoratus</i>				+				+	+
20 <i>Hexagrammos agrammus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21 <i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22 <i>Pseudoblennius marmoratus</i>			+		+	+	+	+	+
23 <i>Vellitor centropomus</i>	+		+		+	+	+	+	+
24 <i>Lateolabrax japonicus</i>					+				
25 <i>Epinephelus akaara</i>			+		+	+	+	+	+
26 <i>Epinephelus fasciatus</i>	+		+	+	+	+	+	+	+
27 <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	+		+		+	+	+	+	+
28 <i>Apogon doederleini</i>			+		+	+	+	+	+
29 <i>Apogon endekataenia</i>			+				+	+	+
30 <i>Apogon notatus</i>			+		+	+	+	+	+
31 <i>Apogon semilineatus</i>			+		+	+	+	+	+
32 <i>Carangoides orthogrammus</i>	+		+		+	+	+	+	+
33 <i>Elagatis bipinnulata</i>			+		+	+	+	+	+
34 <i>Seriola dumerili</i>			+		+	+	+	+	+
35 <i>Seriola lalandi</i>	+		+		+	+	+	+	+
36 <i>Seriola quinqueradiata</i>	+	+	+		+	+	+	+	+
37 <i>Trachurus japonicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
38 <i>Pagrus major</i>	+		+	+					
39 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	+		+	+					
40 <i>Parupeneus ciliatus</i>	+		+				+	+	+
41 <i>Parupeneus spilurus</i>	+		+				+	+	+
42 <i>Upeneus tragula</i>						+			
43 <i>Girella melanichthys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
44 <i>Girella punctata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
45 <i>Mictocanthus strigatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
46 <i>Chaetodon modestus</i>						+			
47 <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>			+	+	+	+	+	+	+
48 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
49 <i>Oplegnathus punctatus</i>	+		+	+	+	+	+	+	+
50 <i>Goniistius quadricornis</i>						+			
51 <i>Goniistius zonatus</i>	+	+	+		+	+	+	+	+
52 <i>Ditrema emminckii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
53 <i>Ditrema viridis</i>					+	+	+	+	+
54 <i>Neoditrema ransonnetii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
55 <i>Chromis notatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
56 <i>Pomacentrus coelestis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
57 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
58 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
59 <i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
60 <i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
61 <i>Pteragogus flagellifer</i>	+		+				+	+	+
62 <i>Semicossyphus reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
63 <i>Stethojulis interrupta</i>			+		+				+
64 <i>Dictyosoma burgeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
65 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>			+	+	+	+	+	+	+
66 <i>Enneapterygius theostomus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
67 <i>Springerichthys bapturnus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 3. continued

68 <i>Neoclinus bryope</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
69 <i>Entomacrodus stellifer</i>			+			+	+	
70 <i>Omobranchus elegans</i>	+		+		+	+	+	+
71 <i>Petroscirtes breviceps</i>		+	+		+	+	+	+
72 <i>Parablennius yatabei</i>							+	+
73 <i>Petroscirtes variabilis</i>			+					
74 <i>Repomucenus beniteguri</i>			+		+		+	
75 <i>Pterogobius elapoides</i>	+		+		+		+	+
76 <i>Pterogobius zacalles</i>			+		+	+	+	+
77 <i>Pterogobius zonoleucus</i>			+		+	+	+	+
78 <i>Sagamia geneionema</i>			+		+	+	+	+
79 <i>Trimma grammistes</i>	+		+				+	+
80 <i>Sphyaena japonica</i>					+	+	+	+
81 <i>Scomber japonicus</i>			+					+
82 <i>Psenes pellucidus</i>							+	
83 <i>Paralichthys olivaceus</i>	+		+		+		+	+
84 <i>Rudanrius ercodes</i>			+		+			+
85 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
86 <i>Thamnaconus modestus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
87 <i>Takifugu niphobles</i>							+	
88 <i>Takifugu pardalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Total	50	32	76	38	69	65	75	74

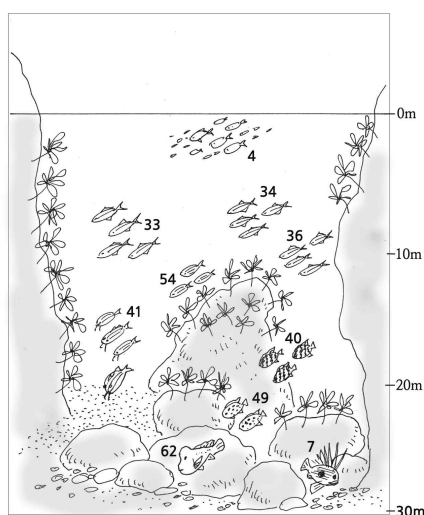


Fig. 9. Fish distribution and habitat condition in the Dogripmunbawi aspect of fish from July to November, see table 3 for the species number.

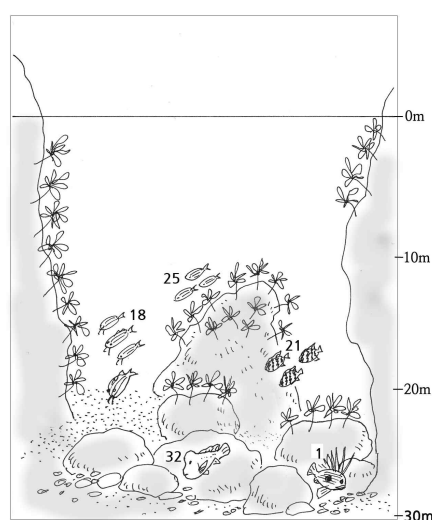


Fig. 10. Fish distribution and habitat condition in the Dogripmunbawi aspect of fish (April, 2010). see table 4 for the species number.

이 정점의 하계 및 추계(연안 수온 20℃ 이상)와 춘계(연안 수온 17℃ 이하)의 출현어종을 비교해보면, 추계에는 온대어종이 37종(42%), 열대어종 32종(36%), 아열대

어종 18종(21%), 심해어종 1종(1%)이었고(Fig. 11. A), 춘계에는 온대어종이 29종(62%), 열대어종이 9종(19%), 아열대어종이 9종(19%)이었다(Fig. 11. B).

Table 4. Fish species observed at Dogripmunbawi of Dokdo, Korea (April. 2010).

No	Species	Apr. 4 ~ 30, 2010
1	<i>Zeus faber</i>	+
2	<i>Dorirhamph japonicus</i>	+
3	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+
4	<i>Sebastes hubbsi</i>	+
5	<i>Sebastes inermis</i>	+
6	<i>Sebastes iongispinis</i>	+
7	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+
8	<i>Sebastes schlegelii</i>	+
9	<i>Sebastes thompsoni</i>	+
10	<i>Sebastes zonatus</i>	+
11	<i>Sebastes vulpes</i>	+
12	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+
13	<i>Hexagrammos otakii</i>	+
14	<i>Pseudoblennius marmoratus</i>	+
15	<i>Vellitor centropomus</i>	+
16	<i>Pagrus major</i>	+
17	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	+
18	<i>Parupeneus spilurus</i>	+
19	<i>Girella melanichthys</i>	+
20	<i>Girella punctata</i>	+
21	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+
22	<i>Goniistius zonatus</i>	+
23	<i>Ditrema temminckii</i>	+
24	<i>Ditrema viridis</i>	+
25	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+
26	<i>Chromis notatus</i>	+
27	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+
28	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+
29	<i>Labroides dimidiatus</i>	+
30	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+
31	<i>Pteragogus flagellifer</i>	+
32	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	+
33	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+
34	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	+
35	<i>Springerichthys bapturnus</i>	+
36	<i>Neoclinus bryope</i>	+
37	<i>Entomacrodus stellifer</i>	+
38	<i>Petroscirtes breviceps</i>	+
39	<i>Parablennius yatabei</i>	+
40	<i>Petroscirtes variabilis</i>	+
41	<i>Pterogobius zacalles</i>	+
42	<i>Pterogobius zonoleucus</i>	+
43	<i>Sagamia geneionema</i>	+
44	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+
45	<i>Takifugu niphobles</i>	+
46	<i>Takifugu pardalis</i>	+

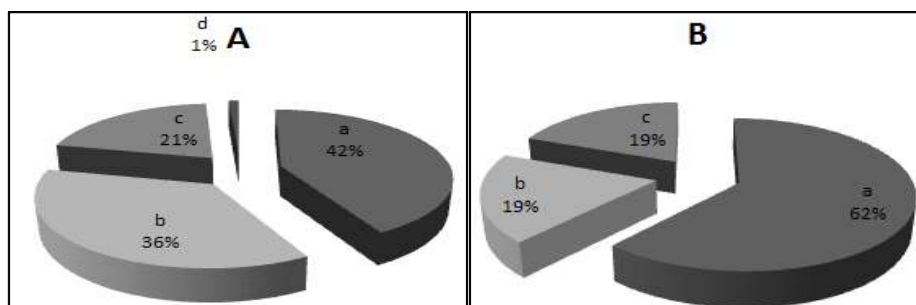


Fig. 11. Composition of fish species observed around Dogripmunbawi of Dokdo, Korea from July to November. (A); and April. (B). a, temperate species; b, tropical species; c, subtropical species; d, deep-water species.

8) 전차바위

이 정점은 동도 남쪽의 독도망향정 바로 아래에 위치하고 있으며, 바위모양이 전차 모양이어서 붙여진 곳이다(Fig. 1. St. 8). 동도에서 남동쪽으로 파랑이 심하고 조류도 강하게 흐르는 곳이며, 수중 지형은 계단식으로 이루어져 있다. 아래쪽으로는 15 m 정도의 평평한 지형을 유지하면서 서서히 수심이 깊어지다가 최대 수심 42 m로 급격히 절벽을 이루며 수심이 깊어진다. 절벽 사이에는 크고 작은 바위틈이 잘 발달 되어있고, 어류가 서식하기 좋은 작은 동굴들이 많이 분포하고 있다(Fig. 12). 얕은 수심에는 감태와 대황 군락이 형성되어 있고, 수심이 깊은 곳은 추계에도 수온이 20℃를 넘지 못한다. 전차바위 연안에서 조사된 어종은 총 11목 34과 75종이며, 출현 어종은 쏨뱅이목의 양볼락과 어류가 11종, 농어목의 놀래기와 7종, 전갱이과 6종, 청베도라치과 5종, 동갈돔과가 4종순이었다(Table 5, 6). 이번 연구에서 확인된 새로운 어종은 세동가리돔(*Chaetodon modestus*)과 육동가리돔(*Evistias acutirostris*)이다. 암반 바닥에는 돌돔과 뽕에돔, 개볼락이 서식하고, 해조류 숲에는 망상어와 인상어가 분포하고 있다. 여름철에는 표충과 중충 어류인 자리돔과 참치방어, 방어, 잿방어 부시리가 많이 확인되었고, 이 정점에서 연중 확인된 어종은 개볼락과 뽕에돔, 망상어, 인상어 등이다.

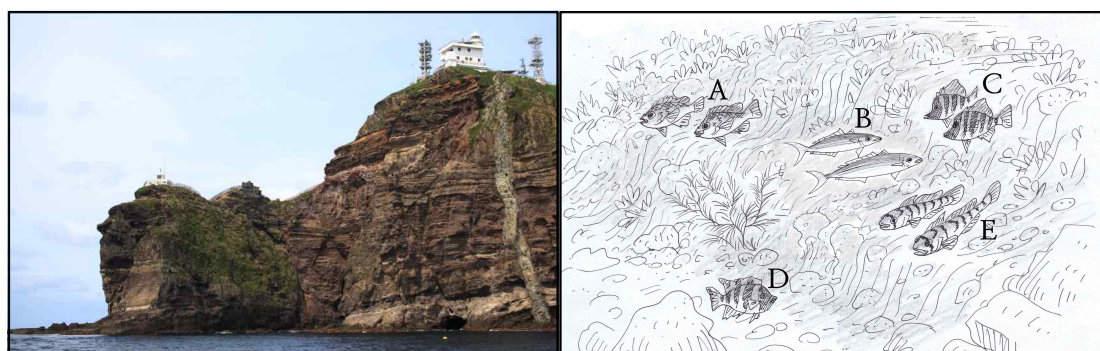


Fig. 12. Photograph (left) and illustration (right) of Jeonchabawi (A, *Sebastes inermis*; B, *Elagatis bipinnulata*; C, *Evistias acutirostris*; D, *Oplegnathus fasciatus*; E, *Pterogobius zacalles*).

이 정점에서는 암반바닥에 53종(67.1%), 모래바닥에 6종(7.6%), 해조류 숲에 8종(10.1%) 표층과 중층에서 12종(15.2%)의 어류가 분포하였다(Fig. 13).

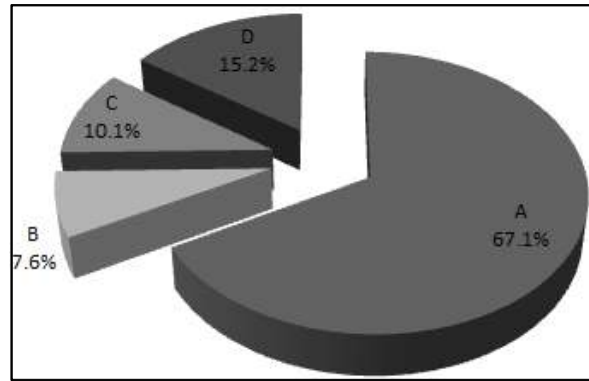


Fig. 13. Ratio of the number of fish species observed from habitats of Jeonchabawi. station A, Rocky bed with marine algae; B, Sand bottom; C, Rocky bed covered with marine algae; D, surface and mid water layer

이 정점에서 2005년부터 2015년까지 하계 및 추계에 확인된 어류는 총 11목 34과 75종이다(Table 5). 이 중 춘계인 2010년 4월 4일부터 30일까지 조사된 어종은 총 3목 16과 36종으로 쏨뱅이목의 양불락과 어류가 9종, 농어목의 놀래기과 5종, 망상어과 3종순으로 확인되었다(Table 6). 표층과 중층에 서식하는 농어목 전갱이과 어류는 6종, 추계 때 유어가 확인되었던 동갈돔과는 4종순으로 감소하였다(Fig. 14, 15).

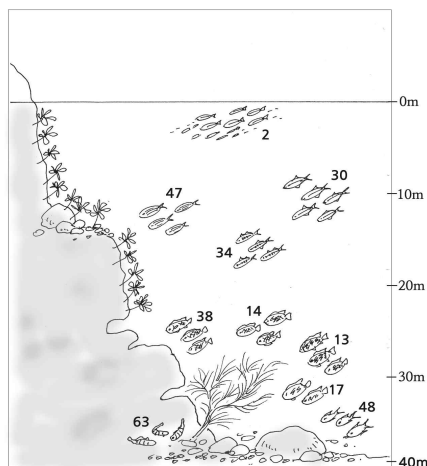


Fig. 14. Fish distribution and habitat condition in the Jeonchabawi aspect of fish from July to November, see table 5 for the species number.

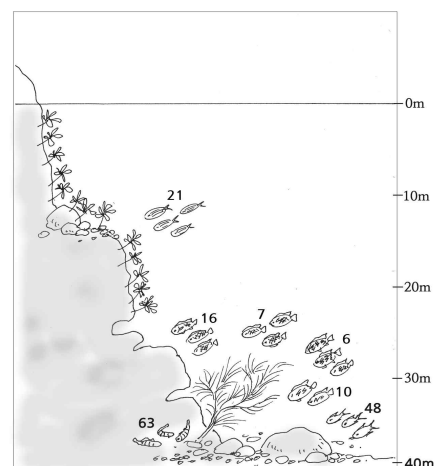


Fig. 15. Fish distribution and habitat condition in the Jeonchabawi. aspect of fish (April, 2010), see table 6 for the species number.

Table 5. Fish species observed from the Jeonchabawi of Dokdo, Korea.

No	Species	Year	2005	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015
1	<i>Engraulis japonicus</i>		+		+		+	+	+	+
2	<i>Spratelloides gracilis</i>								+	+
3	<i>Plotosus lineatus</i>				+					
4	<i>Trachipterus ishikawae</i>				+					
5	<i>Iso flosmaris</i>						+	+	+	
6	<i>Strongylura anastomella</i>		+		+		+	+	+	
7	<i>Zeus faber</i>				+	+	+			
8	<i>Fistularia petimba</i>				+		+	+	+	+
9	<i>Hypodytes rubripinnis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
10	<i>Sebastes hubbsi</i>						+	+	+	+
11	<i>Sebastes inermis</i>		+	+	+		+	+	+	
12	<i>Sebastes longispinis</i>						+	+	+	+
13	<i>Sebastes pachycephalus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
14	<i>Sebastes schlegelii</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
15	<i>Sebastesthompsoni</i>				+		+	+	+	+
16	<i>Sebastes zonatus</i>		+		+	+	+	+	+	+
17	<i>Sebastes vulpes</i>						+	+	+	+
18	<i>Sebastiscus marmoratus</i>				+				+	
19	<i>Hexagrammos agrammus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
20	<i>Hexagrammos otakii</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
21	<i>Pseudoblennius marmoratus</i>						+	+	+	+
22	<i>Vellitor centropomus</i>		+		+		+	+	+	+
23	<i>Epinephelus fasciatus</i>		+		+		+	+	+	
24	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		+		+		+	+	+	+
25	<i>Apogon doederleini</i>				+		+	+	+	+
26	<i>Apogon endekataenia</i>								+	+
27	<i>Apogon notatus</i>				+		+	+	+	+
28	<i>Apogon semilineatus</i>				+		+	+	+	+
29	<i>Carangoides orthogrammus</i>		+		+		+	+	+	+
30	<i>Elagatis bipinnulata</i>						+	+	+	+
31	<i>Seriola dumerili</i>				+		+	+	+	+
32	<i>Seriola lalandi</i>		+		+		+	+	+	+
33	<i>Seriola quinqueradiata</i>		+	+	+		+	+	+	+
34	<i>Trachurus japonicus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
35	<i>Parupeneus ciliatus</i>		+		+				+	+
36	<i>Parupeneus spilurus</i>								+	+
37	<i>Girella melanichthys</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
38	<i>Girella punctata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
39	<i>Mictocanthus strigatus</i>		+	+	+		+	+	+	+
40	<i>Chaetodon modestus</i>							+		
41	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>				+		+	+	+	+
42	<i>Evistias acutirostris</i>								+	
43	<i>Oplegnathus fasciatus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
44	<i>Goniistius zonatus</i>		+	+	+		+	+	+	+
45	<i>Ditrema temminckii</i>		+	+	+	+	+	+	+	+
46	<i>Ditrema viridis</i>						+	+	+	+

Table 5. continued

47 <i>Neoditrema ransonnetii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
48 <i>Chromis notatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
49 <i>Pomacentrus coelestis</i>	+	+	+		+	+	+	+
50 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
51 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
52 <i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+		+	+	+	+
53 <i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
54 <i>Pteragogus flagellifer</i>	+		+				+	+
55 <i>Semicossyphus reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
56 <i>Stethojulis interrupta</i>			+		+			
57 <i>Dictyosoma burgeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
58 <i>Enneapterygius theostomus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
59 <i>Springerichthys bapturnus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
60 <i>Neoclinus bryope</i>			+		+	+	+	
61 <i>Omobranchius elegans</i>	+		+		+	+	+	+
62 <i>Parablennius yatabei</i>							+	
63 <i>Pterogobius zacalles</i>			+		+	+	+	+
64 <i>Sagamia geneionema</i>			+		+	+	+	+
65 <i>Trimmag rammistes</i>	+		+				+	
66 <i>Sphyræna japonica</i>					+	+	+	+
67 <i>Scomber japonicus</i>			+		+			
68 <i>Psenes pellucidus</i>					+	+	+	+
69 <i>Paralichthys olivaceus</i>					+		+	+
70 <i>Paramonacanthus japonicus</i>					+		+	+
71 <i>Rudanrius ercodes</i>			+		+			+
72 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
73 <i>Thamnaconus modestus</i>	+	+	+		+	+	+	+
74 <i>Takifugu niphobles</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
75 <i>Takifugu pardalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Total	41	29	58	24	63	68	60	58

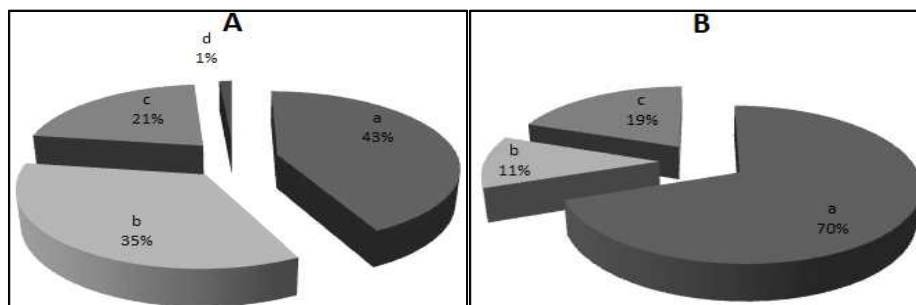


Fig. 16. Composition of fish species observed around Jeonchabawi of Dokdo, Korea from July to November. (A); and April. (B). a, temperate species; b, tropical species; c, subtropical species; d, deep-water species.

이 정점의 하계 및 추계(연안 수온 20℃ 이상)와 춘계(연안 수온 17℃ 이하)의 어종을 비교

해보면, 추계에는 온대어종이 32종(43%), 열대어종 26종(35%), 아열대어종 16종(21%), 심해어종 1종(1%)이었고(Fig. 16. A), 춘계에는 온대어종이 25종(70%), 열대어종이 4종(11%), 아열대어종이 7종(19%)이었다(Fig. 16. B).

Table 6. Fish species observed at Jeonchabawi of Dokdo, Korea. (April. 2010).

No	Species	Apr. 4 ~ 30, 2010
1	<i>Zeus faber</i>	+
2	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+
3	<i>Sebastes hubbsi</i>	+
4	<i>Sebastes inermis</i>	+
5	<i>Sebastes longispinis</i>	+
6	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+
7	<i>Sebastes schlegelii</i>	+
8	<i>Sebastes thompsoni</i>	+
9	<i>Sebastes zonatus</i>	+
10	<i>Sebastes vulpes</i>	+
11	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+
12	<i>Hexagrammos otakii</i>	+
13	<i>Pseudoblennius marmoratus</i>	+
14	<i>Vellitor centropomus</i>	+
15	<i>Girella melanichthys</i>	+
16	<i>Girella punctata</i>	+
17	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+
18	<i>Goniistius zonatus</i>	+
19	<i>Ditrema temminckii</i>	+
20	<i>Ditrema viridis</i>	+
21	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+
22	<i>Chromis notatus</i>	+
23	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+
24	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+
25	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+
26	<i>Pteragogus flagellifer</i>	+
27	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	+
28	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+
29	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	+
30	<i>Springerichthys bapturnus</i>	+
31	<i>Neoclinus bryope</i>	+
32	<i>Parablennius yatabei</i>	+
33	<i>Pterogobius zacalles</i>	+
34	<i>Sagamia geneionema</i>	+
35	<i>Rudarius ercodes</i>	+
36	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+

9) 해녀바위

이 정점은 동도의 선박 접안지에서 120 m 떨어진 곳에 위치하며, 동도와는 약 20 m 거리에 있다(Fig. 1. St. 9). 수심은 12~20 m이며 바닥은 모래와 자갈, 크고 작은 바위 등으로 다

양하게 이루어져 있다. 해조류는 감태와 대황이 동도 절벽에만 주로 분포한다. 해저의 크고 작은 바위에는 감태와 모자반이 서식하고 있다(Fig. 17). 해녀바위 연안에서 조사된 어종은 총 11목 42과 106종이며, 출현어종은 쏨뱅이목의 양볼락과 어류가 9종, 농어목의 망둑어과 8종, 놀래기과 7종, 전갱이과 6종, 동갈돔과 5종, 측수과가 4종순이었다(Table 7). 이번 연구에서 확인된 어종은 금눈돔목(Beryciformes) 열게돔과(Holocentridae)의 비늘적투어(*Myripristis botche*), 농어목(Perciformes) 바리과(Serranidae)의 구실우럭(*Epinephelus chlorostigma*), 갈돔과(Lethrinidae)의 까치돔(*Gymnocranius griseus*), 줄갈돔(*Lethrinus genivittatus*), 망둑어과(Gobiidae)의 독도열록망둑(*Astrabe fasciata*) 등이다.

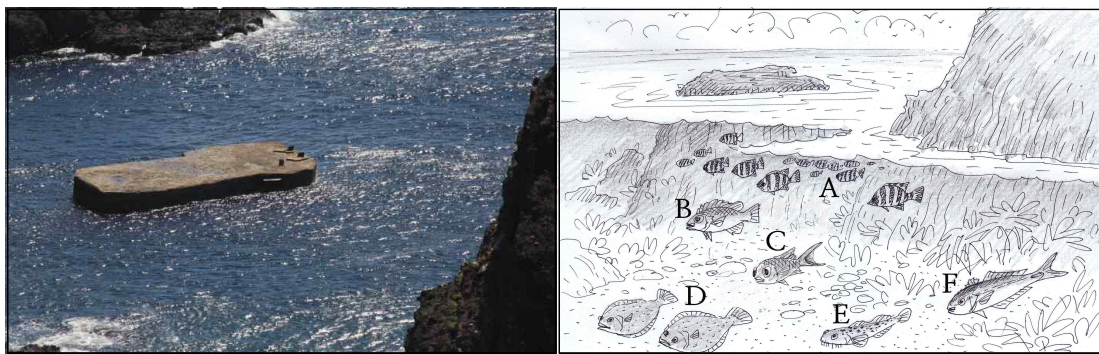


Fig. 17. Photograph (left) and illustration (right) of Haenyobawi. (A, *Oplegnathus fasciatus*; B, *Girella punctata*; C, *Myripristis botche*; D, *Paralichthys olivaceus*; E, *Sagamia geneionema*; F, *Seriola quinqueradiata*).

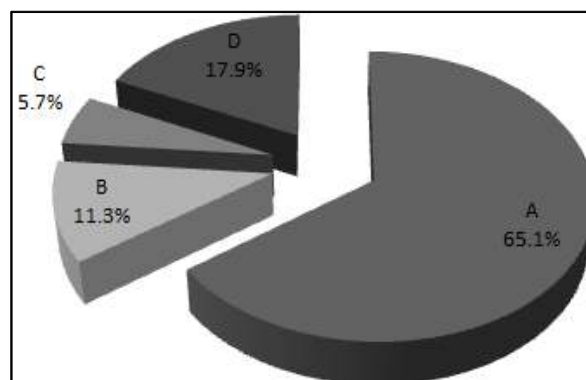


Fig. 18. Ratio of the number of fish species observed from habitats of Haenyobawi. station A, Rocky bed with marine algae; B, Sand bottom; C, Rocky bed covered with marine algae; D, surface and mid water layer.

바닥은 모래바닥으로 이루어져 있어서 금줄측수와 두줄측수, 노랑측수, 검은줄측수, 복섬, 줄복, 검복, 매리복 등의 어류가 분포하고 있다. 이 정점에서 연중 확인된 어류는 뽕에돔과

자리돔, 개불락, 망상어, 인상어 등이다. 이 정점에는 암반 바닥에 69종(65.1%), 모래바닥에 12종(11.3%), 암반 해조류 숲에 6종(5.7%), 표층과 중층에 19종(17.9%)의 어류가 분포하였다(Fig. 18). 이 정점에서 2005년부터 2015년까지 하계 및 추계에 확인된 어류는 총 11목 42과 106종이다(Table 7). 이 중 춘계 2010년 4월 4일부터 30일까지 조사된 어종은 총 4목 16과 44종으로 쏜뱅이목의 양불락과 어류가 8종, 농어목의 놀래기과 6종, 망둑어과가 4종이었다(Table 8). 표층과 중층 어종은 전갱이과는 6종, 추계 때 유어가 확인되었던 동갈돔과는 4종순으로 감소하였다(Fig. 19, 20).

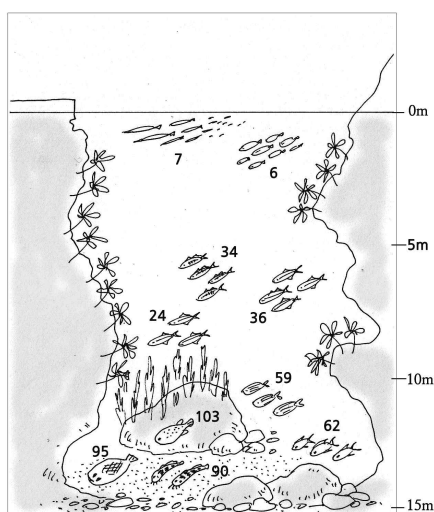


Fig. 19. Fish distribution and habitat condition in the Haenyobawi aspect of fish from July to November, see table 7 for the species number.

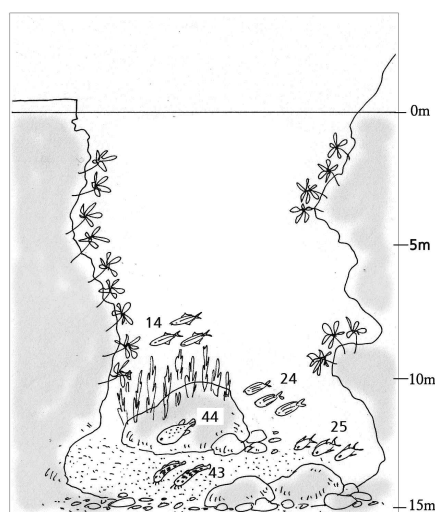


Fig. 20. Fish distribution and habitat condition in the Haenyobawi aspect of fish (April, 2010) see table 8 for the species number.

Table 7. Fish species observed from the Haenyobawi of Dokdo, Korea.

		Year								
No	Species	2005	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	
1	<i>Narke japonica</i>					+				
2	<i>Engraulis japonicus</i>	+	+	+		+	+	+		
3	<i>Spratelloides gracilis</i>							+		
4	<i>Plotosus lineatus</i>			+						
5	<i>Trachipterus ishikawae</i>			+						
6	<i>Iso flosmaris</i>				+	+	+	+	+	
7	<i>Strongylura anastomella</i>					+	+	+	+	
8	<i>Collabis saira</i>	+		+	+	+				
9	<i>Monocentris japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	<i>Aulotrachichthys prosthemi</i>							+		
11	<i>Myripristis botche</i>					+		+		
12	<i>Hypodytesrubripinnis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	

Table 7. continued

13	<i>Sebastes hubbsi</i>				+	+			+
14	<i>Sebastes inermis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
15	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
16	<i>Sebastes schlegelii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
17	<i>Sebastes thompsoni</i>	+		+	+	+	+	+	+
18	<i>Sebastes zonatus</i>	+		+	+	+	+	+	+
19	<i>Sebastes vulpes</i>					+	+	+	+
20	<i>Sebastiscus marmoratus</i>			+					
21	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
22	<i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
23	<i>Pseudoblennius marmoratus</i>			+		+	+	+	+
24	<i>Vellitor centropomus</i>	+		+		+	+	+	+
25	<i>Lateolabrax japonicus</i>					+			
26	<i>Epinephelus bruneus</i>	+							
27	<i>Epinephelus fasciatus</i>	+		+		+	+	+	+
28	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	+		+		+	+	+	
29	<i>Apogon doederleini</i>			+		+	+	+	+
30	<i>Apogon endekataenia</i>							+	+
31	<i>Apogon notatus</i>			+		+	+	+	+
32	<i>Apogon semilineatus</i>			+		+	+	+	+
33	<i>Gymnapogon japonicus</i>					+	+	+	+
34	<i>Carangoides orthogrammus</i>	+		+		+	+	+	+
35	<i>Elagatis bipinnulata</i>					+	+	+	+
36	<i>Seriola dumerili</i>			+		+	+	+	+
37	<i>Seriola lalandi</i>	+		+		+	+	+	+
38	<i>Seriola quinqueradiata</i>	+	+	+		+	+	+	+
39	<i>Trachurus japonicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
40	<i>Gymnocranius griseus</i>					+			
41	<i>Lethrinus genivittatus</i>					+			
42	<i>Acanthopagrus latus</i>							+	
44	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	+		+	+				
43	<i>Pagrus major</i>	+		+	+				
45	<i>Parupeneus ciliatus</i>	+		+				+	+
46	<i>Parupeneus spilurus</i>	+		+				+	+
47	<i>Upeneus japonicus</i>							+	+
48	<i>Upeneus tragula</i>						+		
49	<i>Girella melanichthys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
50	<i>Girella punctata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
51	<i>Microcanthus strigatus</i>	+	+	+		+	+	+	+
52	<i>Chaetodon modestus</i>						+		
53	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>			+		+	+	+	+
54	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
55	<i>Oplegnathus punctatus</i>	+		+		+	+	+	+
56	<i>Goniistius onatus</i>	+	+	+		+	+	+	+
57	<i>Ditrema temminckii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
58	<i>Ditrema viridis</i>					+	+	+	+
59	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
60	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	+		+		+	+	+	+

Table 7. continued

61 <i>Chromis analis</i>			+		+			
62 <i>Chromis notatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
63 <i>Pomacentrus coelestis</i>	+	+	+		+	+	+	+
64 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
65 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
66 <i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
67 <i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
68 <i>Pteragogus flagellifer</i>	+		+		+	+	+	+
69 <i>Semicossyphus reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
70 <i>Stethojulis interrupta</i>			+		+			
71 <i>Dictyosoma burgeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
72 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>			+	+	+	+	+	+
73 <i>Paraperciss nyderi</i>			+					
74 <i>Enneapterygius etheostomus</i>	+	+	+		+	+	+	+
75 <i>Springerichthys bapturnus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
76 <i>Neoclinus bryope</i>	+	+	+		+	+	+	+
77 <i>Entomacrodus stellifer</i>			+			+	+	
78 <i>Omobranchus elegans</i>	+		+		+	+	+	+
79 <i>Petroscirtes breviceps</i>		+	+		+	+	+	+
80 <i>Parablennius yatabei</i>							+	
81 <i>Lepadichthys frenatus</i>							+	
82 <i>Neosynchiropus ijimai</i>							+	
83 <i>Repomucenus beniteguri</i>			+		+		+	
84 <i>Chaenogobius gulosus</i>							+	+
85 <i>Istigobius hoshinonis</i>							+	
86 <i>Priolepis boreus</i>					+	+	+	+
87 <i>Pterogobius elapoides</i>	+		+		+		+	+
88 <i>Pterogobiusz acalles</i>			+		+	+	+	+
89 <i>Pterogobius zonoleucus</i>							+	
90 <i>Sagamia geneionema</i>			+		+	+	+	+
91 <i>Trimma grammistes</i>	+		+				+	
92 <i>Prionuruss calprum</i>					+		+	
93 <i>Sphyræna japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
94 <i>Psenes pellucidus</i>					+	+	+	+
95 <i>Paralichthys olivaceus</i>	+		+		+	+	+	+
96 <i>Paramonacanthus japonicus</i>					+		+	+
97 <i>Rudarius ercodes</i>			+		+	+	+	+
98 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
99 <i>Thamnaconus modestus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
100 <i>Ostracion cubicus</i>	+		+		+		+	
101 <i>Ostracion immaculatus</i>			+		+			
102 <i>Arothron hispidus</i>							+	
103 <i>Takifugu niphobles</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
104 <i>Takifugu pardalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
105 <i>Takifugu porphyreus</i>						+	+	
106 <i>Takifugu snyderi</i>							+	
Total	53	33	73	32	79	68	88	70

Table 8. Fish species observed at Haenyobawi of Dokdo Korea. (April. 2010).

No	Species	Apr. 4~30, 2010
1	<i>Collabis saira</i>	+
2	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+
3	<i>Sebastes hubbsi</i>	+
4	<i>Sebastes inermis</i>	+
5	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+
6	<i>Sebastes schlegelii</i>	+
7	<i>Sebastes thompsoni</i>	+
8	<i>Sebastes zonatus</i>	+
9	<i>Sebastes vulpes</i>	+
10	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	+
11	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+
12	<i>Hexagrammos otakii</i>	+
13	<i>Pseudoblennius marmoratus</i>	+
14	<i>Vellitor centropomus</i>	+
15	<i>Gymnapogon japonicus</i>	+
16	<i>Parupeneus spilurus</i>	+
17	<i>Girella melanichthys</i>	+
18	<i>Girella punctata</i>	+
19	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+
20	<i>Oplegnathus punctatus</i>	+
21	<i>Goniistius zonatus</i>	+
22	<i>Ditrema temminckii</i>	+
23	<i>Ditrema viridis</i>	+
24	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+
25	<i>Chromis notatus</i>	+
26	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+
27	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+
28	<i>Labroides dimidiatus</i>	+
29	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+
30	<i>Pteragogus flagellifer</i>	+
31	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	+
32	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+
33	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	+
34	<i>Springerichthys bapturnus</i>	+
35	<i>Neoclinus bryope</i>	+
36	<i>Entomacrodus stellifer</i>	+
37	<i>Petroscirtes breviceps</i>	+
38	<i>Parablennius yatabei</i>	+
39	<i>Chaenogobius gulosus</i>	+
40	<i>Istigobius hoshinonis</i>	+
41	<i>Pterogobius zacalles</i>	+
42	<i>Pterogobius zonoleucus</i>	+
43	<i>Sagamia geneionema</i>	+
44	<i>Takifugu niphobles</i>	+

이 정점의 하계 및 추계(연안 수온 20℃ 이상)와 춘계(연안 수온 17℃ 이하) 출현 어종을 비교해 보면, 하계에는 온대어종이 39종(37%), 열대어종이 40종(38%), 아열대어종이 25종

(23%), 심해어종이 1종(2%)이었고, 춘계에는 온대어종이 23종(52%), 열대어종이 13종(38%), 아열대어종이 8종(18%)이었다(Fig. 21 A). 춘계어종은 하계보다 온대어종이 16종, 열대어종이 17종, 아열대어종이 17종, 심해어종이 2종으로 전체 어종의 33.96%가 줄어들었다(Fig. 21. B).

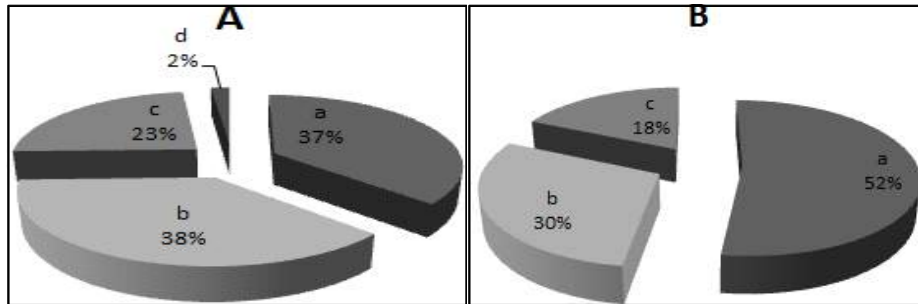


Fig. 21. Composition of fish species observed around Haenyobawi of Dokdo, Korea from July to November. (A); and April. (B). a, temperate species; b, tropical species; c, subtropical species; d, deep-water species.

10) 동도 선착장

이 정점은 선박 선착장으로 동도와 연결된 콘크리트로 되어 있으며, 보트 없이 다이빙 조사가 가능하고, 수심이 낮고 조류가 없어서 야간 조사가 수월한 곳이다(Fig. 1. St. 10). 선착장 안쪽은 수심이 5 m 이내로 매우 낮고, 조류와 파도의 영향이 거의 없어 참갈파래(*Ulva lactuca*)와 말갈피속 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)이 밀생하고 있다. 바닥은 작은 자갈과 모래로 이루어져 있다. 선착장 바깥쪽은 최대 12 m 정도의 수심에 조류가 원만하게 흐르며, 바닥은 바위와 모래로 이루어져 있고, 바위에는 감태와 대황이 군락을 이루고 있다(Fig. 22). 선착장 부근에서 조사된 어종은 총 3목 19과 48종이고, 출현 어종은 쏨뱅이목의 양볼락과 어류가 9종, 농어목 동갈돔과 4종, 복어목의 참복과가 4종이었다(Table 9). 이번 연구에서 확인된 어류는 전어(*Konosirus punctatus*)와 노랑썩배이(*Histrio histrio*), 빨강썩배이(*Antennarius stratus*) 등이다. 모래바닥에서는 복섬과 줄복이 분포하였고, 모래와 자갈바닥에서는 그물베도라치(*Dictyosoma burgeri*)와 범돔(*Microcanthus strigatus*), 돌돔의 유어가 자주 확인되었다.

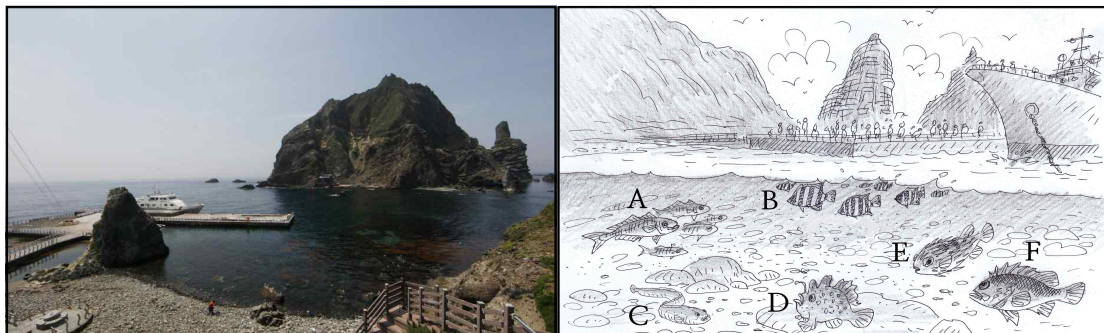


Fig. 22. Photograph (above) and illustration (below) of Dongdo wharf. (A, *Trachurus japonicus*; B, *Oplegnathus fasciatus*; C, *Dictyosoma burgeri*; D, *Histrio histrio*; E, *Diodon holocanthus*; F, *Girella punctata*).

매년 여름철에는 전갱이가 무리를 이루고 있으며, 야간에는 뱀에돔과, 돌돔 유어들이 휴식처로 이용하는 곳이다. 이 정점에서 연중 확인된 어류는 뱀에돔과 개불락, 인상어 등이다. 이 정점에는 암반바닥에 33종(70.8%), 모래바닥에 7종(14.6%), 암반 해조류 숲에 4종(8.3%) 표층과 중층에 3종 (6.3%)의 어류가 분포하였다(Fig. 23). 이 정점에서 2005년부터 2015년까지 하계 및 추계에 확인된 어류는 총 3목 19과 90종이다(Table 9). 이 중 춘계인 2010년 4월 4일부터 30일까지 조사된 어종은 총 3목 11과 45종이다(Table 10). 출현어종은 쏨뱅이목의 양불락과어류가 8종, 복어목의 참복과 4종순으로 확인 되었다(Table 9). 추계 때 유어가 확인되었던 농어목 동갈돔과가 4종, 아귀목의 썬뱅이과가 2종순으로 감소하였다(Fig. 24, 25).

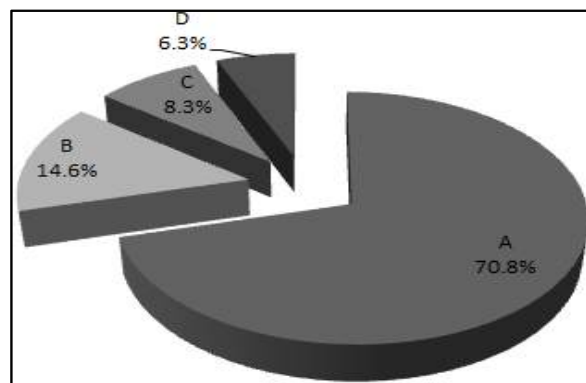


Fig. 23. Ratio of the number of fish species observed from habitats of Dongdo wharf. station A, Rocky bed with marine algae; B, Sand bottom; C, Rocky bed covered with marine algae; D, surface and mid water layer.

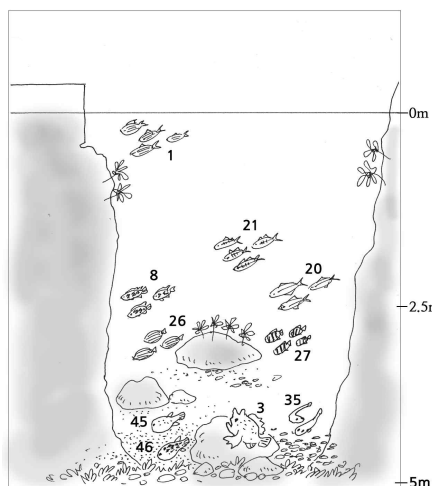


Fig. 24. Fish distribution and habitat condition in the Dongdo wharf aspect of fish from July to November), see table 9 for the species number.

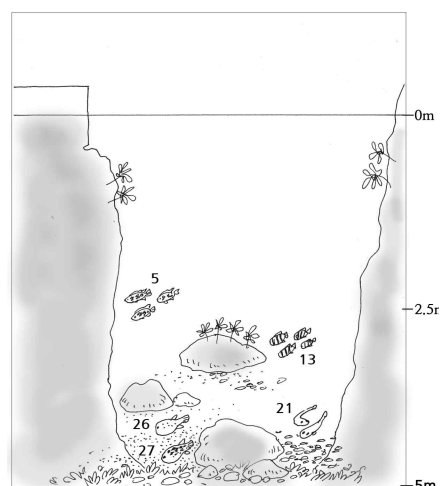


Fig. 25. Fish distribution and habitat condition in the Dongdo wharf aspect of fish (April, 2010) see table 10 for the species number.

Table 9. Fish species observed from the Dongdo wharf of Dokdo, Korea.

		Year								
No	Species	2005	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	
1	<i>Konosirus Punctatus</i>	+		+						
2	<i>Antennarius striatus</i>					+				
3	<i>Histrio histrio</i>			+						
4	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
5	<i>Sebastes hubbsi</i>					+	+	+	+	
6	<i>Sebastes inermis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
7	<i>Sebastes iongispinis</i>					+	+	+		
8	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
9	<i>Sebastes schlegelii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	<i>Sebastes zonatus</i>	+		+	+	+	+	+	+	
11	<i>Sebastes vulpes</i>					+	+	+	+	
12	<i>Sebastis cusmarmoratus</i>			+						
13	<i>Platycephalus indicus</i>			+		+				
14	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
15	<i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
16	<i>Apogon doederleini</i>			+		+	+	+	+	
17	<i>Apogon endekataenia</i>							+	+	
18	<i>Apogon notatus</i>			+		+	+	+	+	
19	<i>Apogon semilineatus</i>			+		+	+	+	+	
20	<i>Seriola quinqueradiata</i>	+		+		+	+	+	+	
21	<i>Trachurus japonicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
22	<i>Upeneus japonicus</i>	+		+				+	+	
23	<i>Upeneus tragula</i>							+		
24	<i>Girella melanichthys</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
25	<i>Girella punctata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
26	<i>Microcanthus strigatus</i>	+	+	+		+	+	+	+	
27	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
28	<i>Ditrema temminckii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
29	<i>Ditrema viridis</i>					+	+	+	+	
30	<i>Neoditrema nsonnetii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
31	<i>Chromis notatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
32	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
33	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
34	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+		+		+	+	+		
35	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
36	<i>Ernogrammus hexagrammus</i>			+	+	+	+	+	+	
37	<i>Stichaeopsis epallax</i>						+			
38	<i>Enneapterygius theostomus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
39	<i>Petroscirtes breviceps</i>		+	+		+	+	+	+	
40	<i>Trimma grammistes</i>									
41	<i>Sphyræna pinguis</i>			+						
42	<i>Paramonacanthus japonicus</i>					+		+	+	
43	<i>Rudarius ercodes</i>			+		+			+	
44	<i>Stephanolepis irrhifer</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
45	<i>Takifugu niphobles</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
46	<i>Takifugu pardalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
47	<i>Takifugu porphyreus</i>						+	+	+	
48	<i>Takifugu snyderi</i>					+	+	+	+	
Total		26	22	36	22	38	36	39	37	

Table 10. Fish species observed at Dongdo wharf of Dokdo Korea. (April. 2010).

No	Species	Apr. 4~30, 2010
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+
2	<i>Sebastes hubbsi</i>	+
3	<i>Sebastes inermis</i>	+
4	<i>Sebastes iongispinis</i>	+
5	<i>Sebastes pachycephalus</i>	+
6	<i>Sebastes schlegelii</i>	+
7	<i>Sebastes zonatus</i>	+
8	<i>Sebastes vulpes</i>	+
9	<i>Hexagrammos agrammus</i>	+
10	<i>Hexagrammos otakii</i>	+
11	<i>Girella melanichthys</i>	+
12	<i>Girella punctata</i>	+
13	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+
14	<i>Ditrema temminckii</i>	+
15	<i>Ditrema viridis</i>	+
16	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	+
17	<i>Chromis notatus</i>	+
18	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	+
19	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	+
20	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	+
21	<i>Dictyosoma burgeri</i>	+
22	<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	+
23	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	+
24	<i>Petroscirtes breviceps</i>	+
25	<i>Trimma grammistes</i>	+
26	<i>Takifugu niphobles</i>	+
27	<i>Takifugu pardalis</i>	+
28	<i>Takifugu porphyreus</i>	+
29	<i>Takifugu snyderi</i>	+

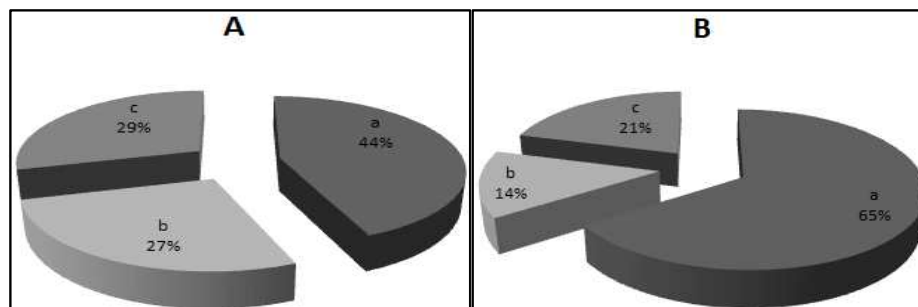


Fig. 26. Composition of fish species observed around Dongdo wharf of Dokdo, Korea from July to November. (A); and April. (B). a, temperate species; b, tropical species; c, subtropical species; d, deep-water species.

이 정점의 하계 및 추계(연안 수온 20℃ 이상)와 춘계(연안 수온 17℃ 이하)의 출현 어종을 비

교해보면, 하계에는 온대어종이 21종(44%), 열대어종 13종(27%), 아열대어종 14종(29%)이었고, 춘계에는 온대어종이 19종(65%), 열대어종 4종(14%), 아열대어종 6종(21%)이었다(Fig. 26. A). 춘계어종은 하계보다 온대어종이 2종, 열대어종이 9종, 아열대어종이 8종으로 전체 어종 수는 35.41%가 감소하였다(Fig. 26. B).

고 찰

1. 기존 독도주변 어류 연구 결과와의 비교

독도연안 어류연구는 명(2002)의 독도 주변의 어류상을 비롯하여 김(2012)의 독도 주변의 어류상, 국토해양부(2013)등이 있으며, 이 연구결과들에서 확인된 어종은 총 180종이다. 이번 연구에서 추가 조사된 어종은 모두 10목 28과 36속 40종이다..).

한편, 이 연구와 국토해양부(2013)의 연구결과와는 7목 14과 20속 25종의 차이를 보였고, 이들 어종은 가자미과가 7종, 양볼락과 4종, 청어과 2종, 연어과 2종, 대구과 2종순이었다. 어종 구성을 보면 온대어종이 18종, 열대어종 3종, 아열대어종 2종, 심해어종인 대구, 도루묵으로 전체적으로 17.60%가 차이를 보였다. 독도연안에서 이번에 조사된 어류는 연안 수온이 20℃ 이상이었던 추계에는 온대어종 47종(47.33%), 열대어종 57종(57.40%), 아열대어종 36종(36.25%), 심해어종 2종(2.2%) 순으로 총 142종 이었다(Table 25). 춘계인 4월의 연안 수온 17℃ 이하에서는 온대어종 37종(37.52%), 열대어종 19종(19.27%), 아열대어 15종(22%) 순으로 8목 26과 71종이 확인 되었으며, 총 어종수의(50%)였다(Table 26). 이러한 결과는 추계에 온대어종 24종(40%), 열대어종 23종(38%), 아열대어종 11종(36.25%) 25과 58종, 그리고 춘계에 온대어종 13종(46%), 열대어종 11종(37%), 아열대어종 6종(22%) 등 모두 15과 30종으로, 전체 어종수의 48.27%가 줄어들었다는 명(2002)의 결과와 유사 하였다. 또한 춘계에 온대어종이 10종이 감소한 반면, 열대어종은 38종, 아열대어종 은 21종, 심해어종 2종으로 총 71종이 감소되었고, 춘계의 독도연안 어종은 솜뱅이목 4과 17종, 농어목 16과 41종 총 82.69%을 차지하였다.

이번 연구결과에서 겨울철 독도연안의 어류상 조사가 이루어지지 않았지만, 독도연안 수온이 17℃에 미치지 못하는 4월 조사 결과로 미루어 볼 때 여름과 가을에 출현하는 아열대와 열대어종의 상당수가 수온이 10℃ 전후로 유지 되는 겨울철 저수온기에 따뜻한 해역으로 이동하거나 사망하는 것으로 추정 되었다.

2. 제주도, 경남 홍도 연안 어류상과 비교

한반도 연근해의 어류분포와 독도연안의 어류상을 비교하기 위하여 2005년부터 2015년까지 매년 8월~10월에 제주도 남쪽에 위치한 숲섬과 문섬, 범섬에서 이루어진 잠수조사 결과를 비교하였다. 위의 연구 결과에서는 총 17목 65과 133속 176종이었다. 한편 명(1997)에 의해 같은 조사 정점인 문섬에 연구된 어류상에서는 총 35과 79종이었고, 김(2011a)의 연구 결과에서는 총 11목 39과 73속 91종이 보고된 바 있다. 또한 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한 난류의 영향을 받는 경상남도 홍도에서는 7목 34과 74종이 보고된 바 있다(명 등, 2004). 분류군별로는 제주도연안 어류는 농어목이 35과 81속 104종이었고, 이 가운데 자리돔과가 10종, 바리과, 전갱이과, 놀래기과가 각각 9종. 망둥어과 8종순이었다. 솜뱅이목은 양볼락과와 독중개과 어류가 소수 출현하였다. 위의 모든 연구결과에서 제주도의 총 출현 어종은 211종

이었고, 제주도 어류 가운데 136종이 독도연안에 출현어종과 일치하였으며, 일치하지 않는 종 6종 가운데 큰입학치, 민동갈돔, 흰동갈망둑, 연어병치 등 4종은 제주도에서도 출현하였다(정, 1996; 박과 노, 2002; 김, 2015; 명 등, 2015).

여름철 독도연안 어류는 제주도연안의 어류 140종(98.59%)이 일치하였으며, 제주도에서 출현하지 않은 종은 쥐노래미과의 임연수어(*Pleurogrammus azonus*)와 독도열록망둑(*Astrabe fasciata*) 2종이었다. 또한 경상남도 홍도 해역 어류 74종 중 57종(77.02%)이 독도 어류와 일치하였고, 반면에 제주도와 경상남도 홍도 어류는 100% 일치하였다. 이러한 결과는 독도연안에서 하계와 추계에는 제주도와 경상남도의 홍도와 같은 쿠로시오 난류의 영향권에 있기 때문으로 판단된다.

독도연안은 추계에 온대어종(Temperate)이 33%, 열대어종(Tropical) 40%, 아열대어종(Subtropical) 36%, 심해어종(Deep-water) 2%인 반면 경상남도 홍도는 온대어종이 34%, 열대어종 47%, 아열대어종 19%이었고, 제주도는 온대어종이 28%, 열대어종 45%, 아열대어종 24%, 심해어종 3%이었다. 독도를 비롯하여 제주도와 홍도의 온대어종과 열대어종은 모두 비슷한 구성비를 보이고 있으며, 아열대어종은 다소 차이를 보였다. 또한, 독도연안의 자리돔과 파랑돔은 유전자 검사 결과 제주도산 종과 같다고 보고된 바 있다(김, 2015). 독도연안의 어류상은 경남 홍도와도 비슷하지만, 제주도 어류상과 좀 더 가깝다는 것을 알 수 있다.

독도와 제주도연안 조사어류와 2005년부터 2014년까지 월별 평균수온의 관계를 비교하였다(국립해양조사원, 2014). 독도연안의 어류 종수는 6월까지 변화가 거의 없다가 수온이 올라가는 7월에 79종, 8월 96종, 9월 117종, 10월 112종순으로 점차 증가하였다. 그러나 제주도와 독도 어류는 수온 20℃를 중심으로 증가하거나 감소하는 현상이 비슷하지만, 수온이 20℃ 이하일 경우 독도연안 어종 수는 제주도에 비하여 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 독도연안은 제주도 보다 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한난류의 영향이 11월 이후 감소하기 시작하여 수온이 제주도 보다 빨리 내려가기 때문이다. 따라서 어류 분포 구성이 제주도와 유사한 것은 독도와 제주도가 같은 쿠로시오 난류의 영향권에 있기 때문으로 판단된다.

2. 동해연안 어류상과 비교

1) 하계 및 추계 연구 조사와의 비교

이 연구에서 조사된 독도연안 어류는 비슷한 위도 상에 있는 경상북도 울진 연안에서 조사된 어류연구결과와 차이가 있었다(김, 2011b). 울진 연안에서는 총 10목 36과 59속 69종이 확인 되었고, 이 가운데 23종은 독도 연안에는 확인하지 못한 어종이었으며, 독중개과(Cottidae)의 7종을 비롯한 기타 온대어종들이 차이를 보였다. 울진 연안에서는 온대어종이 37종(53%), 열대어종 12종(16%), 아열대어종 15종(22%), 심해어종 4종(6%), 냉수어종 1종(3%)이 확인 되었다. 울진의 출현 어류를 독도연안 어류상과 비교해보면 심해어종 2종(1.40%), 냉수어종 2종(1.40%)으로 높았고, 반면에 온대어종 10종(7.04%), 열대어종은 36종(36.61%), 아열대어종 21종(21.12%)이 독도연안에서 높게 나타났다. 독도를 포함한 울진과 제주도 어류상 비교해 볼 때 독도연안 어류상은 울진연안 어류상 보다는 제주도연안 어류상과 훨씬 더 유사함을 알 수 있다. 이것은 동해연안은 여름철에도 북한난류의 영향을 많이 받는 반면에, 독도연안은 상대적으로 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한난류의 영향을 더 받기 때문으로 판단된다. 동해 경상북도 왕돌초 해역의 추계 어류상은 3목 13과 23종이며(명, 2004), 온대어종(10%)이 높게 나타난 반면, 열대어종(23%)과 아열대어종(12%), 심해어종(2%)는 독도연안의

어류가 더 높았다. 이것은 제주도로부터 올라오는 동한난류의 영향을 섬과 낮은 수심으로 구성된 독도연안이 더 많이 받아서 열대어종과 아열대어종의 구성비가 높게 나타난 것으로 판단된다. 한편, 여름철에 울릉도 연안의 어류상은 6목 22과 34속 45종이며, 온대어종 23%로 높게 나타난 반면, 열대어종이 34%, 아열대어종 12%, 심해어종 2%로 독도가 높았다(명등, 2005). 그러나 추계에는 울릉도 연안의 어류 45종 중 40종(89%)이 독도연안의 어류와 일치 하였다.

2) 춘계 연구 조사와의 비교

춘계 울진과 울릉도의 자료가 없기 때문에 왕돌초 해역과 독도연안 어류상을 비교하였다. 명(2004)의 동해 왕돌초 해역 춘계 어류상은 3목 11과 19종으로 독도연안 어종과 100% 일치 하였다. 왕돌초는 농어목 어류가 11종(57.89%), 쏨뱅이목 6종(31.57%), 복어목 2종(10.52%)이었다. 반면, 춘계 독도연안 어류상은 8목 26과 71종이었으며, 농어목 어류가 41종(57.74%), 쏨뱅이목 17종(23.94%)이었다. 아열대어종이 왕돌초에서 11%로 높게 나타났지만, 온대어종 10%와 열대어종 1%로 독도에서 출현 비율이 높았다. 반면에 왕돌초에서 확인된 19종은 독도연안에서 모두 확인된 어류들이다.

결론적으로 독도연안 하계 및 추계 어류상은 15목 57과 105속 142종이며, 이 가운데 농어목이 29과 64속 88종으로 전체 출현 종수의 61.97%로 가장 많았다. 기존 독도해역 어류연구에서 조사되지 않았던 어종은 모두 10목 28과 36속 40종(22.34%)이었으며, 연구 기간 동안 채집된 망둑어과 어류 1종은 우리나라 미 기록 어종인 *Astrabe fasciata*로 확인되어, “독도얼룩망둑”(가칭)으로 명명하였다. 춘계인 4월에 연안 수온 17℃ 이하의 독도연안 어류는 8목 26과 46속 71종이었으며, 온대어종이 37종(52.11%), 열대어종 19종(26.76%), 아열대종 15종(21.12%)순이었다. 독도연안 어류상은 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한난류 영향권에 있는 지역의 제주도, 경상남도 홍도, 경상북도 왕돌초, 그리고 울릉도의 어류상과 90.31%가 일치 하였으며, 반면 독도연안과 비슷한 위도상에 있는 울진 어류상은 66.66%가 일치하여 큰 차이를 보였다. 이것은 울진은 여름철에 북한난류의 영향을 받는 반면에 독도연안은 쿠로시오 난류의 영향을 주로 받기 때문으로 판단된다.

요 약

우리나라의 가장 동쪽에 위치한 독도는 역사적, 지리적, 경제적으로 매우 중요한 섬이며, 겨울철에 북쪽의 리만난류에서 갈라진 북한난류가 남하 하고, 여름철에는 남쪽으로부터 쿠로시오난류가 쓰시마에서 갈라져 올라온 동한난류의 영향을 받는 해역으로 한류와 난류가 교차되는 곳이다. 이러한 해류의 영향으로 다양한 어류들이 분포하고 있지만, 접근성의 어려움으로 인해 지금까지 이 해역의 어류에 대한 연구 자료는 많지 않다. 따라서 이 연구에서는 독도의 동도와 서도를 중심으로 모두 10개 정점에서 2005년부터 2015년까지 269일 동안 주간 잠수조사 807회, 야간 잠수조사 206회를 포함하여 모두 1,013회의 잠수조사를 통해 어류의 서식환경과 분포에 대해 세밀하게 조사하였다. 연구 결과 해녀바위를 비롯한 조사지역 10개 정점의 서식처 특성은 수심 5~42 m로 바위지역이 가장 많았고, 모래 바닥과 자갈, 기타 감태와 대황 등의 해조류가 자라는 암반으로 이루어졌다. 이 연구기간 동안 조사된 어류

는 모두 15목 57과 105속 142종이었으며, 이 가운데 농어목(Perciformes) 어류가 31과 64속 88종으로 전체 출현 종수의 61.97%로 가장 많았다. 다음은 놀래기과 8종, 자리돔과 7종순이었다. 쏨뱅이목(Scorpaeniformes) 어류는 4과 12속 19종(13.38%)이 출현하였고, 이 가운데 양볼락과(Scirpaenidae) 어류가 12종으로 가장 많았다. 다음으로 복어목(Tetraodontiformes) 어류가 4과 8속 12종(8.45%), 동갈치목(Beloniformes) 어류가 3과 3종(2.11%), 금눈돔목(Beryciformes) 어류가 3과 3종(2.11%) 순이었다. 이 연안 어류의 분포는 같은 위도 상에 있는 동해의 울진 연안과는 다소 상이하였고, 오히려 제주도 및 경상남도 홍도, 그리고 경상북도의 울릉도와 왕돌초 어류상과 비슷한 결과를 보였다. 독도연안의 어류와 제주도의 어류를 비교한 결과 독도에서 출현하는 어류 142종 가운데 140종(98.59%)이 제주도 출현 어류와 일치 하였고, 제주도에서 출현하지 않는 2종은 온대어종 임연수어와 미 기록종인 독도얼룩망둑이었다. 반면에, 동해 울진 연안의 어류는 독도연안과는 다른 어류 분포를 나타냈다. 이것은 동해연안의 경우 여름철에도 북한한류의 영향을 받는 반면에, 독도연안은 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한난류의 영향권에 있는 기간이 길기 때문으로 판단된다.

이 연구 기간 동안 조사된 어종 142종 가운데 기존 연구에서 조사되지 않았던 어종은 10목 28과 37속 40종이다. 분류군별로는 농어목 18과 25종으로 가장 많았으며, 다음은 망둑어과 3종, 바리과 2종, 동갈돔과 2종순이다. 이들 어종 역시 모두 제주도 해역에서 출현하는 어종들이며, 따라서 독도연안 어종분포는 비슷한 위도 상에 있는 경상북도 울진과 강원도 양양연안에 비해 쿠로시오 난류에서 갈라진 동한난류의 영향을 크게 받는 것으로 판단된다. 결과적으로 추후 독도연안에서도 제주도와 마찬가지로 아열대 어종이 지속적으로 증가하는 어류상의 변화가 예상된다. 또한 겨울철의 독도 어류상과 독도 해역에서 수심이 깊은 곳으로 들어갈수록 동해연안과 비슷한 어류상을 보일 것으로 추측된다.

한편 채집된 어류 가운데 망둑어과 어류 1종은 아직까지 국내에 보고된 바 없는 미기록종인 *Astrabe fasciata* 임이 조사되어 국명을 “독도얼룩망둑”으로 명명 하였다. 이 종은 다 자란 어미의 전장이 약 5 cm에 불과한 어류로 1988년 일본에서 신종으로 보고되었으며, 바위 주변의 돌 아래에서 서식한다. 이 종은 눈 위의 피부돌기와 가슴지느러미 앞에 있는 폭이 좁은 흰 수직줄무늬에 의해서 망둑어과의 다른 유사한 종들과 잘 구분된다.

참고문헌

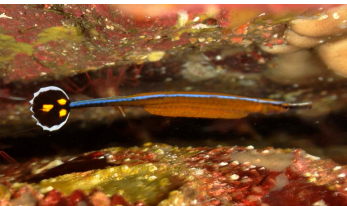
- 강제원. 1968. 한국동식물도감 제 8권 식물편(해조류). 문교부, 서울. 465 pp.
- 국립해양조사원. 2014. 동해 해류 조사표. <http://www.khoa.go.kr/>.
- 국토해양부 2013. 독도의 지속 가능한 이용연구. BSPG 4810-10282-1. 976 pp.
- 김 비. 2011a. 제주도 문섬 주변의 수중 어류상. 군산대학교 석사논문. 34 pp.
- 김동식. 2012. 독도 주변의 어류상. 군산대학교 석사논문. 28 pp.
- 김상욱. 2011b. 경상북도 울진 해역의 어류. 군산대학교 석사논문. 27 pp.
- 김익수·최윤·이충렬·이용주·김병직·김지현. 2005. 한국어류대도감, 교학사. 615 pp.
- 김진구. 2015. 울릉도 독도에 출현하는 아열대 해양생물 기원을 찾아서, 울릉도 독도 공동 학술세미나.
- 명정구, 2004년. 동해 왕돌초 해역의 춘계와 추계 어류상. 한국해양연구원. Underwater



- Science & Technology 3(1):1-6.
- 명정구. 1997. 문섬 주변의 어류상. 한국어류학회지 9(1):5-41.
- 명정구. 1997. 문섬 주변의 어류상. 한국어류학회지 9(1):5-41.
- 명정구. 2002. 독도 주변의 어류상. Ocean and Polar Research 24(4):449-455.
- 명정구. 2002. 독도 주변의 어류상. Ocean and Polar Research 24(4):449-455.
- 명정구·고동범·김진수. 2015. 제주 바닷물고기. 지성사 182 pp.
- 명정구·박정호·조선형·김종만. 2005. 다이빙 조사에 의한 여름철 울릉도 연안의 어류상. 한국어류학회지 17 (1):84-87.
- 박정호·노섬. 2002. 제주도 동북 해역의 유조(流藻)어류상에 관한 연구. 제주대학교 석사논문 36-44.
- 서울대학교 환경계획연구소. 2003. http://gses.snu.ac.kr/200909kjs/pge/b2/b2a1_000.asp
- 정문기. 1996. 한국어보, 일지사, 727 pp.
- 최윤·김지현·박종영. 2002. 한국의 바닷물고기. 교학사. 646 pp.
- 환경부 대구지방환경청. 2011. 특정도서 제1호 독도의 생태계. 158 pp.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino, 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Vol. 1. Tokai University Press, Tokyo, Japan. 437 pp. (text).
- Nakabo. T. 2002. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press. 1748 pp.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 601 pp.

Appendix

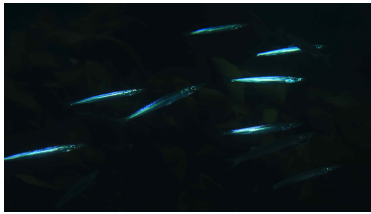
Newly surveyed fish species in Dokdo compared to existing research
results on fish around Dokdo

	
<i>Narke japonica</i>	<i>Konosirus punctatus</i>
	
<i>Spratelloides gracilis</i>	<i>Trachipterus ishikawae</i>
	
<i>Antennarius stratus</i>	<i>Myripristis botche</i>
	
<i>Aulotrachichthys prothemius</i>	<i>Dorrrhamph japonicus</i>
	
<i>Hippocampus coronatus</i>	<i>Trachyrhamphus serratus</i>

	
<i>Pterois lunulata</i>	<i>Sebastes hubbsi</i>
	
<i>Lateolabrax japonicus</i>	<i>Epinephelus awora</i>
	
<i>Epinephelus chlorstigma</i>	<i>Apogon endekataenia</i>
	
<i>Gymnapogon japonicus</i>	<i>Gymnocranius griseus</i>
	
<i>Lethrinus genivittatus</i>	<i>Acanthopagrus latus</i>

*Habitat Characteristics and Distribution of Fish in the Coastal Area
of Dokdo, Korea II. Dongdo coastal area*

	
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	<i>Parupeneus spilurus</i>
	
<i>Upeneus tragula</i>	<i>Chaetodon modestus</i>
	
<i>Evistias acutirostris</i>	<i>Goniistius quadricornis</i>
	
<i>Ditrema viridis</i>	<i>Abudefduf bengalensis</i>
	
<i>Stegastes altus</i>	<i>Stichaeopsis epallax</i>

	
<i>Lepadichthys frenatus</i>	<i>Neosynchiropus ijimai</i>
	
<i>Astrabe fasciata</i> (Unrecorded species)	<i>Istgobius campbelli</i>
	
<i>Priolepis boreus</i>	<i>Prionurus scalprum</i>
	
<i>Sphyraena japonica</i>	<i>Psenes pellucidus</i>
	
<i>Paralichthys olivaceus</i>	<i>Arothron hispidus</i>

[Review] Issue-II

중국의 “남해 1호”와 수중 침몰선 전체 발굴-II

(故)김도현*

(주)한국해양기술

Underwater Excavation of "Nanhai No.1" in China and Total Excavations of the Sunken Shipwrecks-II

the late Do-Hyun Kim*

Korea Ocean Engineering & Consultants Co., Ltd. Busan 48513, Republic of Korea

Underwater archaeology in Korea began with the attempt to explore the naval relics of Admiral Yi Sun-Sin in 1973, followed by the excavation of Anapji in 1975–1976 and the underwater investigation off Sinan from 1976 to 1984. Since then, more than ten underwater excavations have been carried out, mainly under the initiative of government and military authorities. In some cases, however, private parties undertook such projects, often pursuing material and commercial interests rather than archaeological value. At present, it is necessary to review the achievements to date and to consider the future development of the field. Underwater archaeology requires close collaboration across various disciplines and technologies, along with active investment from the nation and interested institutions and organizations.

Key words: China, Nanhai No.1, Sunken Shipwrecks, Underwater Excavation

Running title: 중국 수중 침몰선 전체 발굴

*Corresponding author: kocecol@hanmail.net

서 언

우리나라의 수중 선체 발굴조사와 인양은, 유물과 선체 파손 조각 등을 먼저 조사·인양하고 주 선체를 분해 인양한 경우가 대부분이었다. 최근에 이루어진 중국의 “남해 1호(Nanhai No.1; South China Sea No.1)” 수중 발굴은 유구(feature) 전체를 육상 보관 수조로 옮긴 사례로서 인양 기법, 운송, 박물관(장기적 발굴과 보존 포함) 등이 인상적이었으며, 더욱이 중국을 다시금 생각하게 되었다. 물론, 가 물막이(Cofferdam, 김도현 2006, pp.56-57)를 이용한 전체 발굴 사례와 바사호(*Vasa*, 김도현 2006), 메리로즈호(*Mary Rose*, 김도현 2006)와 헨리호(*H.L. Hunley*) 등과 같이 침몰 주 선체를 분해하지 않고 전체를 동시에 인양한 경우도 있었다. 이러한 침몰선 전체 인양 사례들을 살펴보면, 우리나라

수중고고학의 현 위상과 앞날을 생각하여 본다.

본 론

헌리호(H.L. Hunley) .1),2),3),4),

미국 남북 전쟁 중 침몰한 남군의 잠수함(길이: 약 12m)으로 수중전(水中戰, underwater warfare)의 장점과 위험성을 깨닫게 하였다. 잠수함이 군함을 해전사(海戰史)에서 처음으로 격침시킨 것이다. 1863년 7월 진수되어, 1864년 2월 17일 찰스턴항(Charleston harbor)에서 휴사토닉호(USS *Housatonic*, 1800-ton steam-powered sloop-of-war)를 침몰시킨 뒤, 곧 바로 8명의 승조원 모두와 함께 가라앉았다. 136년이 지난 2000년 8월 8일 인양되었다. 2004년 4월 17일, DNA 확인을 거친 승조원 8명의 유해는 찰스턴의 매그노우리어 묘지(Magnolia Cemetery)에 안장되었다.

헌리호의 최초 발견에 대하여 두 명이 각각 주장하였다. 스펜스(Edward Lee Spence)⁵⁾는 1970년에 발견(위치)을 보고하였다. 1976년 9월 13일 NPS(National Park Service)는 이를 국가 사적지에 포함시켰으며, 1978년 12월 29일 공식적으로 인정하였다.⁶⁾ 잠수사 윌뱅크스(Diver Ralph Wilbanks)는 1995년 4월, NUMA 잠수팀을 이끌면서 발견하였다고 주장하였다.⁷⁾ 공식적인 최초의 발견자에 대한 논쟁 계속되었으나, 스펜서의 위치를 인정하게 되었다.⁸⁾

1) Cofferdam

2) ... 린스버그호를 찾던 중

3) 침니

4) 한국과 일본을 앞섬

5) Underwater Archaeologist, president, Sea Research Society.

6) Wikipedia.

'On September 13, 1976, the National Park Service submitted Sea Research Society's (Spence's) location for *H.L. Hunley* for inclusion on the National Register of Historic Places. Spence's location for *Hunley* became a matter of public record when *H.L. Hunley*'s placement on that list was officially approved on December 29, 1978. Spence's book *Treasures of the Confederate Coast*, which had a chapter on his discovery of *Hunley* and included a map complete with an "X" showing the wreck's location, was published in January of 1995.'

7) Wikipedia.

'Diver Ralph Wilbanks found the wreck in April 1995 while leading a NUMA dive team led by novelist Clive Cussler, who announced the find as a new discovery and first claimed that it was in about 18 feet (5m) of water over a mile inshore of the *Housatonic*, but later admitted to a reporter that was false. The wreck was actually 100 yards away from the *Housatonic* in 27 feet (8m) of water. The submarine was buried under several feet of silt, which had concealed and protected the vessel for over a hundred years. The divers exposed the forward hatch and the ventilator box (the air box for the attachment of a snorkel) to identify her. The submarine was resting on her starboard side at about a 45°angle and was covered in a ¼- to ¾-inch (0.6- to 1.9-centimeter) encrustation of rust bonded with sand and seashell particles. Archaeologists exposed part of the ship's port side and uncovered the bow dive plane. More probing revealed an approximate length of 37 feet (11m), with all of the vessel preserved under the sediment.'

Friends of the Hunley (www.hunley.org).

'Best selling author Clive Cussler established the National Underwater Marine Agency and spent fifteen years searching for *Hunley*. The world's first sub to sink a ship in battle was finally discovered on May 3rd, 1995 by N.U.M.A. archeologists Ralph Wilbanks, Wes Hall, and Harry Pecorelli.

With a magnetometer, the Cussler crew located a metal object off the coast of Sullivan's Island. After diving in nearly 30 feet of water - they removed three feet of sediment to reveal one of the *Hunley*'s two small coning towers.'

인양 전 발굴조사에는 해군과 관련 기관들 중심으로 다양한 민간들도 참여하였으며⁹⁾, 오셔니어링사(Oceaneering, Inc.)에서 설계한 인양틀(truss)을 이용하여 타이탄사(Titan)의 기중기선(jack-up crane barge *Karlissa B*)에 의하여 오전 08:37에 인양되었다 (Fig. 3-110).¹⁰⁾ 보존처리를 위하여 찰스턴항 워렌 래쉬 보존처리소(Warren Lasch Conservation Center, at the former Charleston Navy Yard)의 특수 제작된 청수 탱크로 이송되었으며, 아직도 보존처리가 진행 중이다.¹¹⁾ 또한 헨리호가 갖는 역사적 의미는 물론 당시의 기술 등에 관한 지속적 연구와 인터넷 등을 통한 정보 교환도 활발하게 이루어지고 있다.¹²⁾¹³⁾

8) Wikipedia.

'On September 14, 1995, at the official request of Senator Glenn F. McConnell, Chairman, South Carolina *Hunley* Commission, E. Lee Spence, with South Carolina Attorney General Charles M. Condon signing, donated the *Hunley* to the State of South Carolina. Shortly thereafter NUMA disclosed to government officials Wilbank's location for the wreck, which, when finally made public in October 2000, matched Spence's 1970s plot of the wreck's location well within standard mapping tolerances. Spence avows that he not only discovered the *Hunley* in 1970 he revisited and mapped the site in 1971 and again in 1979, and that after he published his location in his 1995 book that he expected NUMA (which was actually part of a SCIAA expedition directed by Dr. Mark M. Newell and not Cussler) to independently verify the wreck as the *Hunley*, not to claim that NUMA had discovered it. Interestingly, Dr. Newell has sworn under oath that he used Spence's maps to direct the joint SCIAA/NUMA expedition and credits Spence with the original discovery and credits his expedition only with the official verification.'

9) Wikipedia.

'The "in situ" underwater archaeological investigation and excavation culminated with the raising of *Hunley* on August 8, 2000. A large team of professionals from the Naval Historical Center's Underwater Archaeology Branch, National Park Service, the South Carolina Institute of Archaeology and Anthropology, and various other individuals investigated the vessel, measuring and documenting it prior to removal.'

10) Wikipedia.

'Once the on-site investigation was complete, harnesses were slipped underneath the sub and attached to a truss designed by Oceaneering International. After the last harness had been secured, the crane from the recovery barge *Karlissa B* hoisted the submarine from the sea floor. It was raised from the open waters of the Atlantic Ocean, just over 3.5 nautical miles (6.5 km) from Sullivan's Island outside of the entrance to Charleston Harbor. Despite having used a sextant and hand-held compass, thirty years earlier, to plot the wreck's location, Dr. Spence's 52 meters accuracy turned out to be well within the length of the recovery barge, which was 64 meters long. On August 8, 2000, at 08:37 a.m., the sub broke the surface for the first time in over 136 years, greeted by a cheering crowd on shore and in surrounding watercraft, including author Clive Cussler.'

11) Wikipedia.

'Once safely on her transporting barge, *Hunley* was shipped back to Charleston. The removal operation concluded when the submarine was secured inside the Warren Lasch Conservation Center, at the former Charleston Navy Yard in North Charleston, in a specially designed tank of fresh water to await conservation.'

Swan 2000, *Archaeology* Oct. 23.

'The *Hunley* is now in the Warren Lasch Conservation Center. The conservation process is expected to last approximately seven to ten years. Project directors are currently redesigning their plan for opening and entering the *Hunley's* hull now that they know exactly what state the vessel is in.'

NHC, USN 2000.

'For now, *H.L. Hunley* rests in chilled fresh water in Building 255, at the former Charleston Naval Base.'

'The state (of South Carolina) put \$2.6 million into renovating this building and turning it into a state-of-the-art conservation lab, perhaps the best one in the nation for doing large artifacts,' Neyland said. 'One of the ironies of the *Hunley* is that we're using some of the most advanced 20th century technology to investigate the mysteries of one of the most advanced 19th century technologies.'

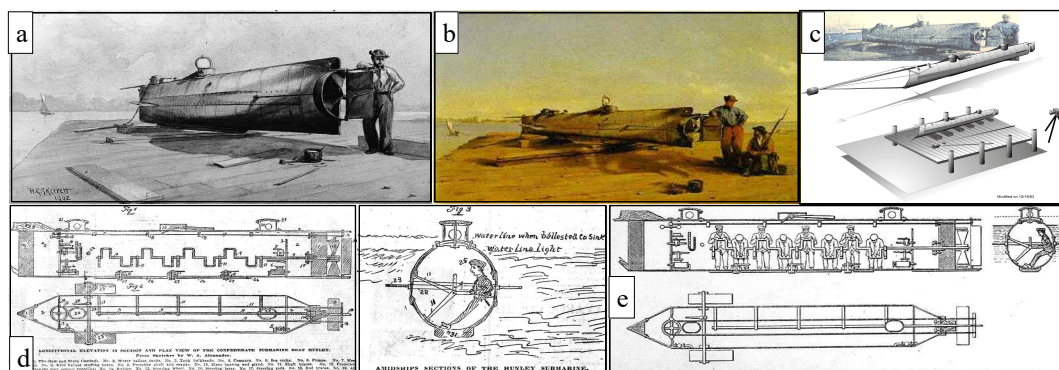


Fig. 36. Drawings of the *Hunley* (USN 1969). a, After a painting then held by the Confederate Memorial Literary Society Museum, Richmond, Virginia (Sepia wash drawing by R.G. Skerrett, 1902); b, Sometime during its operations in Charleston, the boat became the object of an artistic study by the famed artist Conrad Wise Chapman. Chapman has left us two informative depictions of the boat: his pencil study and his finished oil portrait (C.W. Chapman's famous oil painting 1863); c, An interpretation of the Chapman painting with a perpendicular spar. Image by Bruce Kinsey (An interpretation); d, Midships section drawing, after sketches by W.A. Alexander, who directed her construction (Inboard profile and plan drawings, after sketches by W.A. Alexander); e, Cutaway drawings published in France, based on sketches by William A. Alexander, who directed her construction (Midships section drawing).

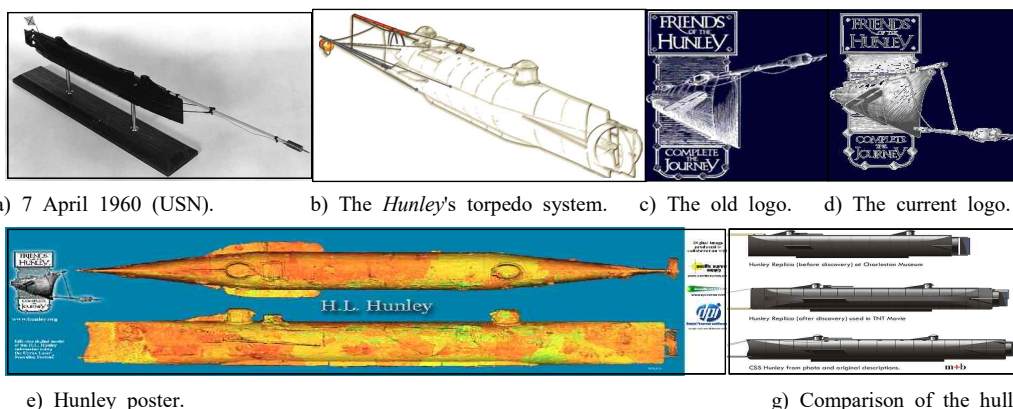


Fig. 37. The *Hunley*'s torpedo system (Crissafulli 2005, www.rogoff-darrow.net; USN). The *Hunley*'s torpedo system is one of the submarine's most important features and one of the least understood. Over three years after the sub was recovered details of the rig are still a mystery. The *Hunley*'s torpedo was partly carried on a spar bolted to the bottom of the forward casting. a) Model built by Floyd Houston, New Suffolk, New York. It was presented by him to the Naval Historical Foundation on 7 April 1960. Note spar torpedo projecting from the submarine's bow. b) The *Hunley*'s torpedo system - spar apparatus. c) The old logo of 'Friends of the *Hunley*'. This one was obviously drawn before the recovery and appears to have been based on historical information that has since been proved wrong.

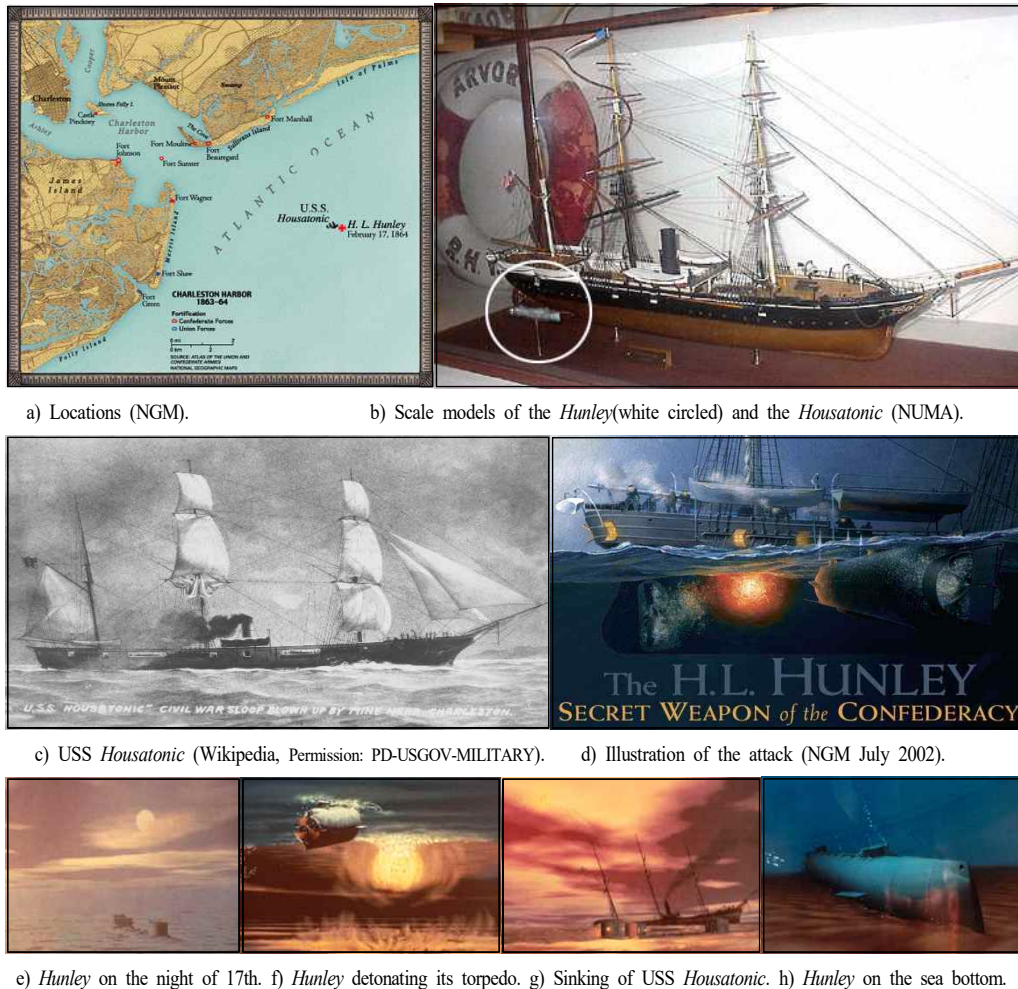


Fig. 38. *H.L. Hunley* and *USS Housatonic* (www.hunley.org)¹⁴. c) *USS Housatonic* (Displacement 1240 tons, length 62m, beam 12m, draft 2.6m) was a screw sloop-of-war of the United States Navy, named for Housatonic River of New England which rises in Berkshire County, Massachusetts, and flows southward into Connecticut before emptying into Long Island Sound a little east of Bridgeport, Connecticut, and launched Nov. 20, 1861, by the Boston Navy yard; and commissioned there Aug. 29, 1862. e), f), g) & h) Illustrations of the attack and sinking (www.hunley.org, images courtesy of Dan Dowdey).

12) Friends of the *Hunley* (www.hunley.org)

The *Hunley* Commission was created by the State of South Carolina to acquire, recover, and preserve the *H.L. Hunley* submarine for public display. The Commission is made up of nine members, three of whom are appointed by the Governor, three of whom are appointed by the speaker of the House, and three of whom are appointed by the President Pro Tempore of the Senate. The *Hunley* Commission has entered into a Programmatic Agreement with the U.S. Naval Historical Center, the primary trustee of the *Hunley* for the federal government, to conserve and ultimately display the *Hunley* submarine as well as bury the remains of the brave crew.

The *Hunley* Commission has created the Friends of the *Hunley*, Inc. as a 501(c)(3) corporation to aid in raising funds for the recovery, conservation, and ultimate exhibition of this historic vessel. The *Hunley* Commission appoints members of the Friends of the *Hunley*.

Friends of the *Hunley* is a non-profit organization dedicated to helping the *Hunley* complete her historic journey home. The goals of the Friends of the *Hunley* are: to recover the remains of the brave men who gave their lives and honor them with the proper burial that they earned; to solve the mystery of that first ever submarine attack in 1864; and to conserve one of the greatest, most sought-after artifacts in the history of naval warfare.

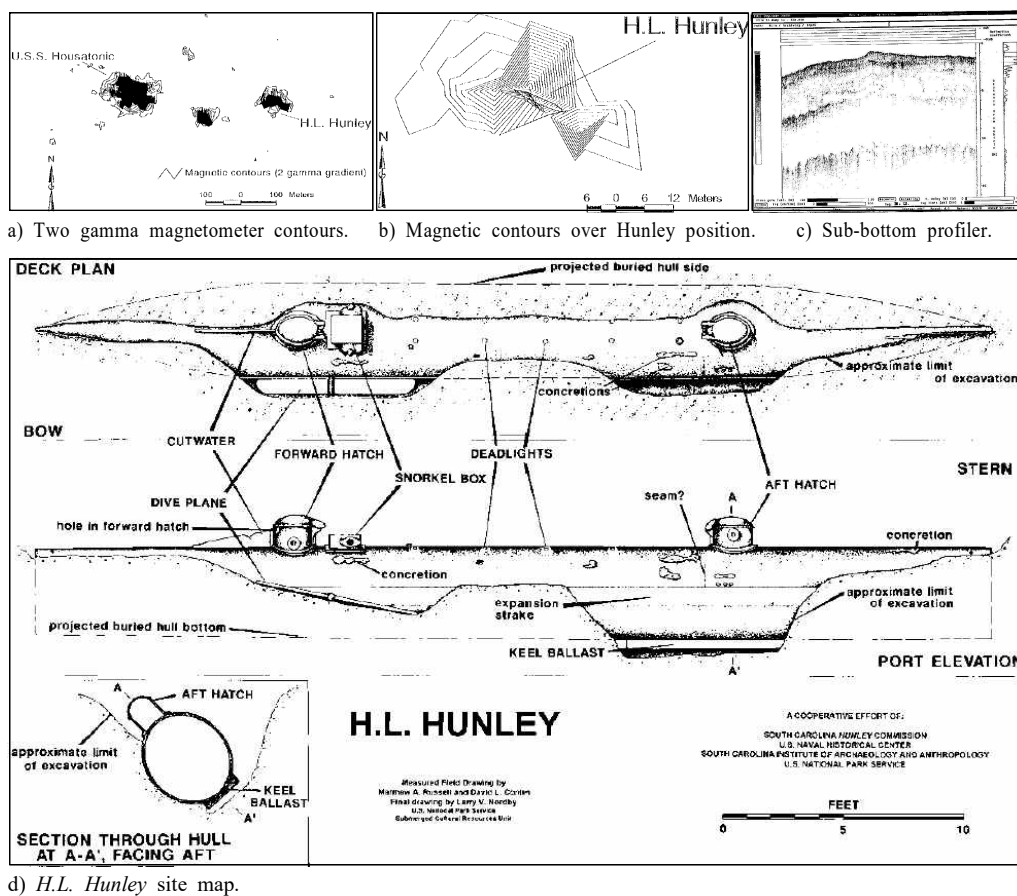


Fig. 39. Finding the *H.L. Hunley* (Murphy 1998, NPS). a) Two gamma magnetometer contours, with anomalies representing USS *Housatonic*, *H.L. Hunley* and several unidentified anomalies. b) 20 gamma magnetic contours over *Hunley* position. c) Data screen of EdgeTech sub-bottom profiler over *Hunley* site. e) The NUMA discovery team of Wes Hall, Ralph Wilbanks and Harry Pecorelli III. f) Ralph Wilbanks, NUMA team director, surveying the site. g) Wes Hall's conceptual drawing of what the NUMA team discovered.

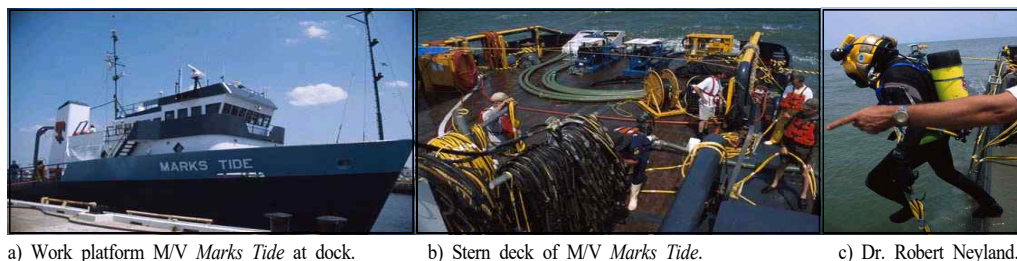


Fig. 40. The *H.L. Hunley*' expedition of NUMA (NUMA). b) Stern deck of M/V *Marks Tide* during dive operations. c) Project Director Dr. Robert Neyland enters the water.

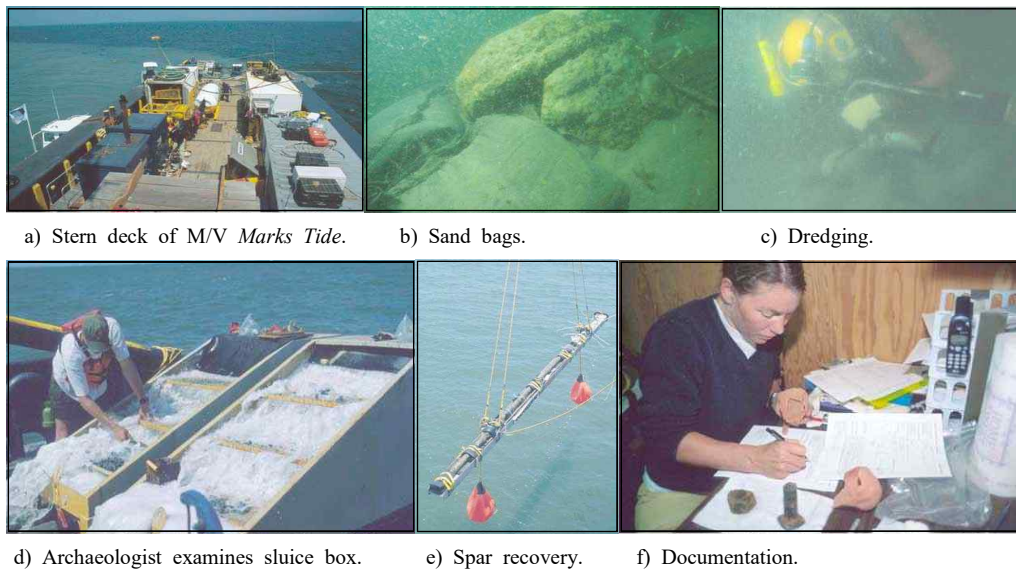


Fig. 41. Preparation for the recovery (www.hunley.org; NGS). a) Stern deck of *Marks Tide* with recovery equipment. b) Forward hatch of *Hunley* surrounded with sand bags for protection during dredging operations. c) Underwater archaeologist Harry Pecorelli dredges sediment surrounding *Hunley* site. d) Archaeologist examines sluice box for artifacts surfacing from underwater dredges. e) *Hunley* spar recovery for transport to conservation lab. f) Underwater archaeologist and conservator Claire Peachey documents the bolt and nut recovered from spar assembly on *Hunley*.

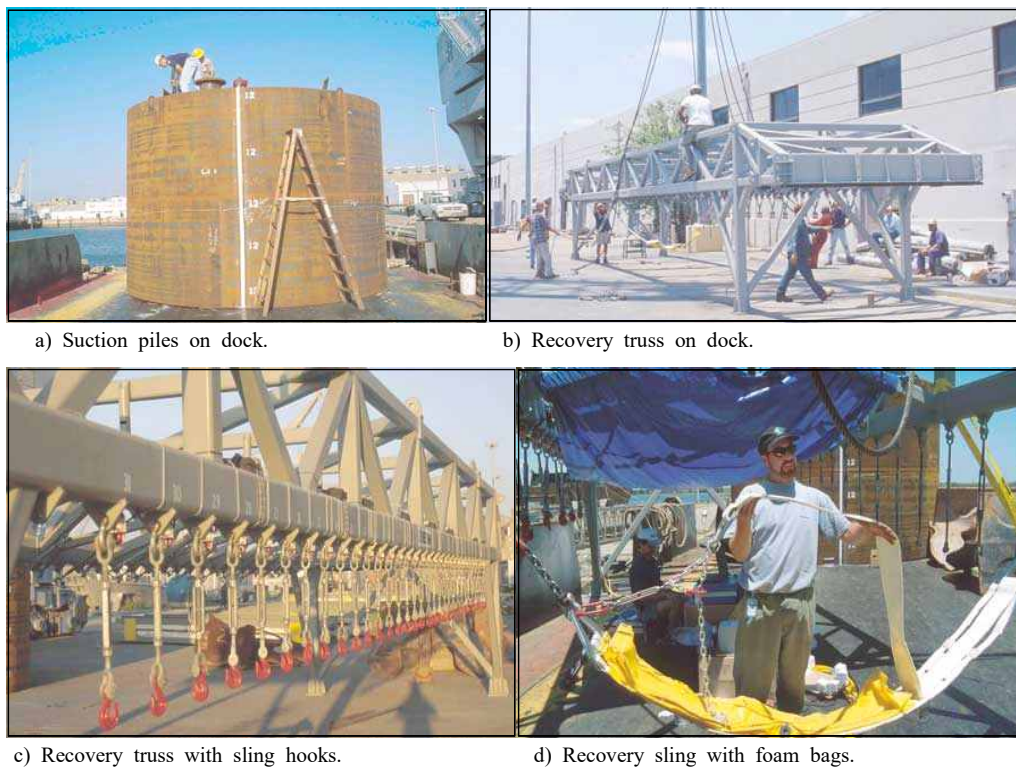


Fig. 42. Recovery aids - suction pile, truss and sling with foam bags. (www.hunley.org; NGS).
b) Recovery truss on dock in preparation for transport to *Hunley* site.

Table 3. A synopsis outline of the *H.L. Hunley* general recovery procedures (www.hunley.org).

General		As part of this incredible undertaking, Friends of the <i>Hunley</i>, Inc., teamed up with the Department of the Navy, the Park Service and Oceaneering International, Inc., among others. The scope of this committed team includes intensive planning and engineering, design of the recovery system and procedure; procure the recovery system; plus enlist the very finest divers and archaeologists. After lowering two massive 18 foot by 12 foot, custom engineered suction piles to be used as platforms, a truss will be lowered onto the submarine. Nylon slings with inflated foam pillows and sensors (to distribute the weight evenly) will wrap underneath the <i>Hunley</i>, and a crane will lift the entire truss to the surface. Then it will be loaded onto a barge and taken to the Charleston Navy base for the restoration process. It is estimated it will take close to two weeks to fully sling the <i>Hunley</i>. Oceaneering International, Inc. is an advanced applied technology company that provides engineered services and hardware to customers who operate in marine, space, and other harsh environments.
1	Personal and Diving Operations	• The Mobilization of a 19-man dive crew and commercial diving equipment. (2 crews will work 12-hour shifts). • A team of archaeologists will be on site full time to lend recovery support and consultation during diving operations. • Divers will start excavation and rigging operations from the bow and work aft.
2	Site Preparation	• Excavation of an area approximately 40 feet wide by 130 feet long to expose the top of the <i>Hunley</i>. • Divers set buoys at extreme point of sub for alignment and deployment of the truss during recovery operations. • Excavation will continue until 1/3 of the vessel is exposed.
3	Suction Pile Installation	• Suction piles (typically used in deep water oil rig mooring systems) to be installed and work on principle of differential pressures between surface and water depth of the pile. • Top of pile capped with steel structure to support truss while recovery of vessel proceeds. • <i>The advantage of the suction piles is less penetration required than conventional driven piles plus ease of recovery, location accuracy and minimal disruption to the site.</i> • Divers guide piles into place, monitor levelness, etc. Meanwhile topside crew begins suction operation to set piles at required depth. • Foundation integrity for recovery frame stability is ensured with adjustments throughout the process.
4	Recovery Frame (Truss) Mobilization	• Truss prepared topside for deployment. • Truss positioned over site by heavy lifting equipment - diver-guided into position straddling the <i>Hunley</i>. • Diver knife truss into sediment with minimum disruption to supporting matrix under <i>Hunley</i>. • Truss in final recovery position when bearing seats land firmly on suction pile. • Divers adjust truss bearing seats/legs for proper alignment and level relative to the vessel.
5	Sling Installation	• Divers expose one to two foot cross section of hull at a time and inspect condition of each section before positioning support rigging. • Once custom support is considered, a 12" wide fabric sling is draped under exposed section of hull. One end of sling has section of chain allowing for length adjustment and to allow rigging to make contact with the hull. (Chain will not make contact). • Each sling assembly includes a load cell to monitor the amount of tension applied to the rigging.
6	Load Cells	• Each load cell (attached to each sling) will be monitored by computer at topside. • Load cell monitoring provides data regarding individual sling tension, total weight of the truss load and alarm signaling during recovery. • Two-way communications from diver to topside personnel enables divers to adjust tension in each sling - which is critical to ensure load of <i>Hunley</i> is distributed evenly to the truss. • This system also utilized during preservation phases of the project. Individual slings can be loosened for preservation considerations then re-tensioned to the initial value - minimizing hull distortion.
7	Foam Installation	• A foam system designed by Flexible Products, Inc., will be utilized for stabilization and protection of vessel components. • Foam is injected into containment bags which are attached to the slings. • Foam bags support and conform to vessel at critical points including dive planes, stern and keel.
8	Recovery	• Upon optimum installation of required slings/supports plus with analyzed load cell data to determine peak stabilization, and weather/sea conditions - divers rig a 6-sling bridle to truss. • Divers move to safe area, and recovery frame lift takes place. • <i>Hunley</i> is positioned upon transport barge. • Support personnel stabilize the <i>Hunley</i> in truss using tension straps at critical locations to prevent movement during transit. • Sprinkler system is put in place to continually soak the vessel with seawater to minimize oxidation during transit to Port of Charleston.
Epilogue		This is a one-of-a-kind recovery. Thousands of questions are answered before these processes take place. Developed under worst-case scenarios, these unique recovery plans are always under careful scrutiny and studied physically, and via computer models. Dangers to both the vessel and the crew are possible at any given moment - so every precaution has been taken to ensure the safety of this historical project -- one of the only of its kind on the planet today!



a) Artist concept of the *H.L. Hunley*. b) Image from 'Raising the *Hunley*' video. Computer animation Mike Skrab.

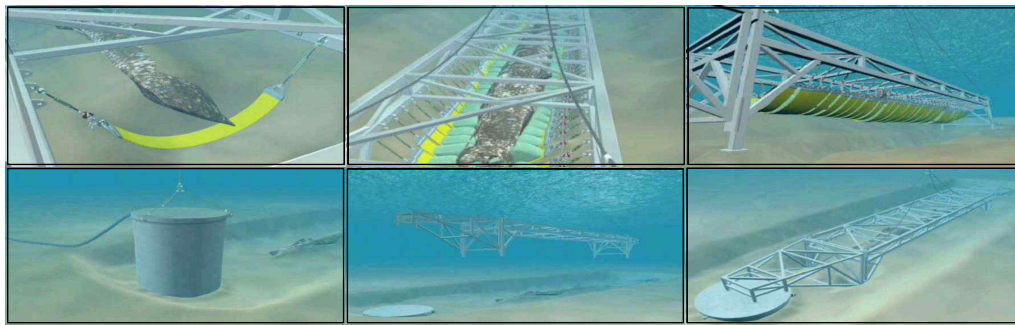


Fig. 43. The raising sequence (NUMA). a) Artist concept of the *Hunley* on the sea floor. Computer generated graphic by Dan Dowdey.

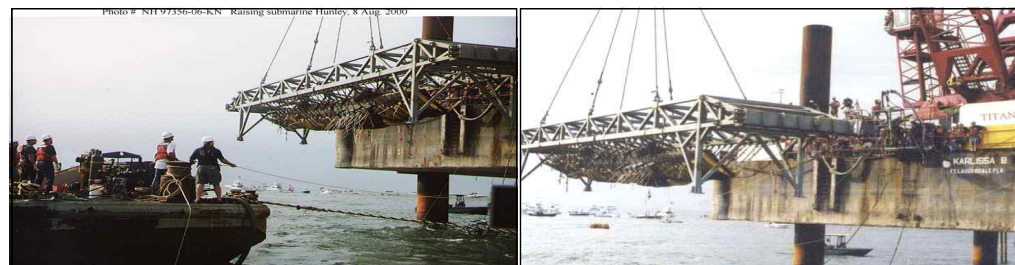


a) Aerial view of the lifting (Titan).

b) Aerial view of the lifting (hunley.org).



c) The top of the recovery truss breaks the water (hunley.org). d) Breaks the surface (USN).



e) (USN). f) Lifted beside the working platform *Karlissa B* (USN). f) Lifted beside the working platform *Karlissa B* (Titan).

Fig. 44. Recovery of the *H.L. Hunley* (Titan; www.hunley.org; USN). After successfully sinking *Housatonic*, the United States Navy's largest warship, the Confederate States' Submarine *Hunley* was herself sunk in 1864, off the South Carolina coast. Titan responded with Titan's jack-up crane barge *Karlissa B* from Boca Chica, Dominican Republic.

Karlissa B was used to install two suction piles into the seabed, and then lowered a truss over the submarine and onto the piles. With the submarine suspended in the truss, *Titan* was able to lift the submarine from the sea bottom off Charleston, South Carolina, where the *Hunley* had been resting for the past 136 years, on the morning of 8 August 2000. d) Breaks the surface, suspended from its supporting truss, as it is raised from the sea bottom off Charleston, South Carolina, on the morning. Photographed by Barbara Voulgaris, Naval Historical Center. e) Suspended from its supporting truss, just after it was raised from the sea bottom. f) & g) Lifted beside the *Karlissa B*, just after it was raised from the sea bottom. Suspended from its supporting truss, it is to be placed on the barge at left to be taken to the conservation facility in North Charleston.



a) Suspended from its supporting truss (USN). b) Being placed on the barge (USN).



c) Moving onto the barge (NGM). d) Moving onto the barge (Titan).



j) Being placed on a barge (USN). k) Placed on barge to be taken to the conservation facility in North Charleston (USN).

Fig. 45. Moving the *H.L. Hunley* onto the transportation barge (USN; MGM; Titan). Like an injured dolphin in a sling, the *Hunley* is lifted from her grave off Charleston, the skeletons of her eight-man crew still sealed inside. On a winter night in 1864 the Confederate vessel was lost with all hands shortly after she attacked and sank the USS *Housatonic* - a feat that ushered in the dawn of undersea warfare. Now a team of archaeologists and forensic scientists is attempting to solve a mystery as old as the Civil War: Why did the *Hunley* sink, and how did her crew perish?

a) Suspended from its supporting truss, a few minutes after it was raised from the sea bottom. It is being placed on the barge in the foreground for transport to the conservation facility in North Charleston.



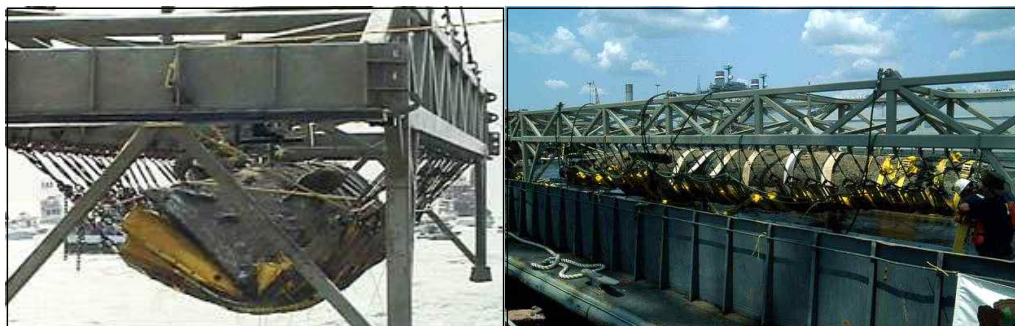
a) Coast Guard supervises spectators, during raising of the Confederate Submarine *H.L. Hunley* (USN).



b) Spectator crafts (hunley.org).

c) Spectators on the tour/passenger boat (USN).

Fig. 46. Spectators (USN; www.hunley.org). a) Shepherds spectator craft, during the raising of the *H.L. Hunley*. The large Confederate banner is flying from the mast of a sailboat off the USCGS *Yellowfin*(WPB-87319)'s starboard side. b) Approximately 200 small boats observe the *Hunley* being raised outside Charleston Harbor.



a) *Hunley* and the recovery truss.

b) *Hunley* submarine on the transport barge.



c) View from the stern starboard (Titan). d) & e) The propeller cranked by hand by its crew members.

Fig. 47. The *H.L. Hunley* after raising (www.hunley.org; Titan). a) The bow of the *Hunley* is seen cradled safely in the recovery truss just moments after breaking the surface of the Atlantic. b) The *H.L. Hunley* submarine on the transport barge immediately following its raising from the sea floor.



f) View of the port bow. g) Notice the surprising concave shape and sharp edge of the bow.



h) Archaeologist inspects the water spray system. i) The *H.L. Hunley* submarine on the transfer barge.

Fig. 47. Continued on (The *H.L. Hunley* after raising). f) The spar was attached to the Y-shaped clamp seen protruding from the bottom edge of the bow. g) On the right hand side, can be seen the port dive plane (one of two) that was used to control the submarine's inclination. On the left hand side and below the submarine, can be seen the cushioning bags that were inflated to conform to the shape of the hull. i) The water spray-down system attached to the recovery truss kept the submarine wet using saltwater sprinklers during the journey to the conservation lab.



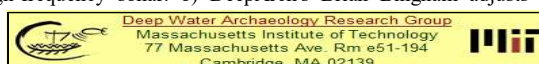
a) Charleston peninsula. b) Crowds at the S.C. Aquarium. c) The Detyens Shipyard crane.

Fig. 48. Journey to the conservation laboratory (www.hunley.org). a) The *Hunley* flotilla passes the Charleston peninsula, few changes can be seen from the air from 130 years ago. b) The recovery barge passes by crowds at the S.C. Aquarium. c) The Detyens Shipyard crane lifts the *Hunley* from the barge for its trip to the conservation laboratory.



a) Hunley in her sling after recovery from the seafloor. b) & c) Sensor - SONAR.

Fig. 49. DeepArch MIT (web.mit.edu). In November 2000 the directors of the Hunley Project invited MIT DeepArch to survey the still-sealed Confederate submarine with our high-frequency sonar. b) DeepArch's Brian Bingham adjusts the rigging of the sensor, hanging above the conservation pool. c) Running the sonar over the hull of Hunley. web.mit.edu

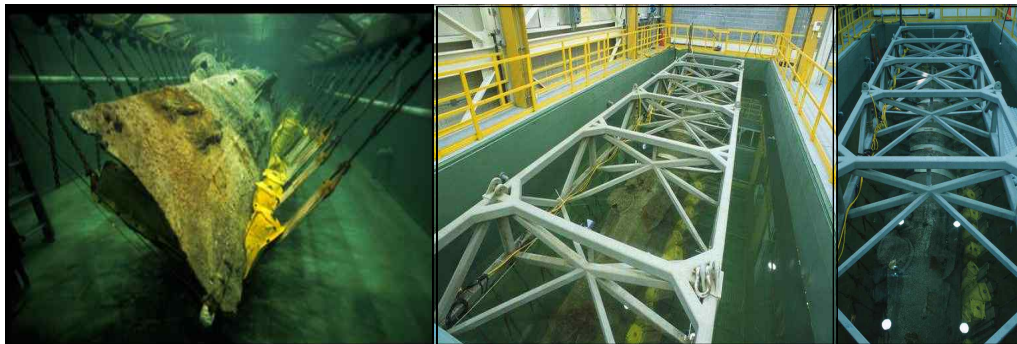




a) The *Hunley* in the last seconds before it is placed in its conservation tank filled with water.



b) The outside of the treatment/storage tank. c) Exterior view of the tank and the tank area. d) View from the bottom of the tank.



e), f) & g) The *H.L. Hunley* submarine in its storage/treatment tank in the WLCC.

Fig. 50. Warren Lasch Conservation Center (www.hunley.org). "*Hunley* is raising the bar for underwater archaeology and conservation," said Michael McCarthy from the Western Australian Museum's Department of Maritime Archaeology in an interview in *American Archaeology Magazine's* Summer 2001 issue. "Not only is she viewed as a significant object of history, but also a significant research and science project. This is perhaps the find of the century." Once the *H.L. Hunley* was raised from her watery grave on August 8, 2000, she was immediately transported to the Warren Lasch Conservation Center (WLCC). As soon as the *H.L. Hunley* arrived at the Conservation Center, she was placed in a large steel tank filled with 55,000 gallons of chilled fresh water. This was done to minimize bacteria and corrosion activity, to protect and stabilize the waterlogged submarine, and to begin the process of desalination. Shortly thereafter, preparations for the excavation of the interior of the hull could begin. Here, the mysteries of how and why she met her tragic fate will be revealed and the entire vessel will be conserved for posterity, as part of a permanent museum display. The *H.L. Hunley* is unique in that she is essentially a time capsule, holding all the contents she held the night she sunk over a century ago during one of the most famous naval battles of all time. The excavation and analysis of the *H.L. Hunley* continues to provide many clues for archaeologists, conservators, anthropologists, and historians as they seek to understand the events that led to the loss of the *H.L. Hunley* and her crew, events that also led to the dawn of the modern era in submarine technology. a) The shot shows a 360 degree view inside the WLCC. e) *Hunley* submarine immersed in refrigerated storage tank at the WLCC upon recovery. Note the cathodic connection to the sub at the spar attachment and the titanium anodes in the white pipes along the submarine. The *H.L. Hunley* submarine in the WLCC. The sub is resting in its support slings in a treatment tank.

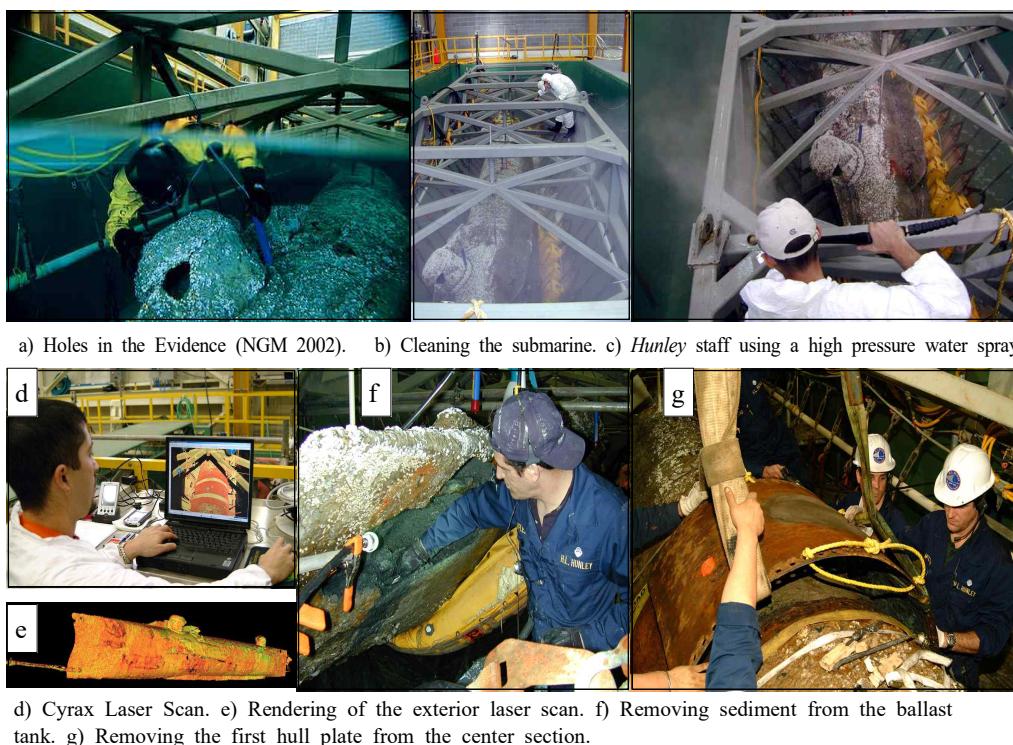
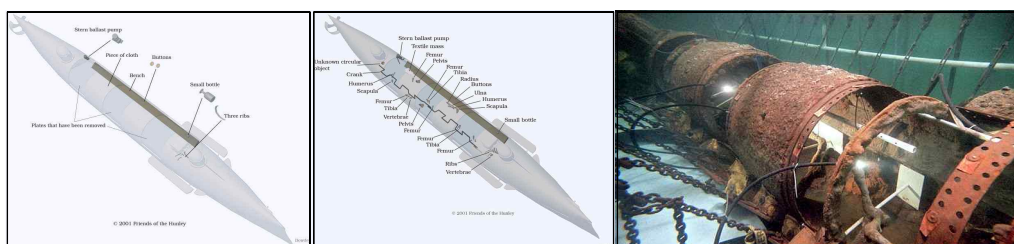


Fig. 51 Excavation and conservation in WLCC (NGM; www.hunley.org). Actually opening the *Hunley* for excavation was not something the archaeological team took lightly. After many months of planning, the *Hunley* project team came up with a plan to excavate the submarine. Scientists wanted to concentrate on the central compartment of the sub, where the 8-man crew would have been located and on January 21, 2001 the excavation of the *Hunley* began. The excavation plan was divided into **four main stages** : **Phase One**: Studying the submarine, **Phase Two**: The preliminary excavation of the stern ballast tank, **Phase Three**: Removal of the plates, **Phase Four**: Removal of sediments.

a) Submerged in her new home - a state-of-the-art conservation lab on the old Charleston Navy Base - the *Hunley* is remarkably intact for an iron object that spent 136 years on the ocean floor. A grapefruit-size hole in the forward hatch tower may be battle damage, but a careful search for shards of glass and metal left by such a hit turned up nothing. The hull bears two other gashes that could have caused fatal flooding, but the holes appear to have been made after the sinking, perhaps by anchors that snagged the wreck. c) *Hunley* staff using a high pressure water spray to clean the truss and the submarine itself. d) Carlos Velazquez of Epic Scan, Ltd., working with the point-cloud data from the Cyrax Laser Scan of the submarine. d) & e) **Phase One**: Studying the submarine In order to safely enter and excavate the submarine, a careful preliminary study and mapping of the *H.L. Hunley* had to first be completed. Using a relatively new technology called a Cyrax 3D laser scanning system (www.cyra.com) provided by Pacific Survey Supply (www.pacificsurvey.com) and Epic Scan Ltd. (www.epicscan.com), archaeologists were able to scan the entire exterior of the submarine prior to any cleaning or removal of concretion. The scan produced an exact model of the submarine accurate to within 2 millimeters. Using this digital model of the *H.L. Hunley*, researchers were even able to zoom in and measure the heights of barnacles on the submarine's exterior surface. This preliminary study enabled us to ascertain the proper access to conduct a safe scientific excavation without damaging the *Hunley* and the artifacts she holds. f) Archaeologist Shea McLean removing sediment from the ballast tank during the stern excavation. **Phase Two**: The preliminary excavation of the stern ballast tank (2001. 09. 28.) There is an existing hole in the upper starboard side of the tank. This provided a limited, but easy access to the interior of the submarine, and also provided important data on the condition and nature of the hull plates, ballast tank, backing plates and rivets, and the location of ship machinery such as propeller shaft and steering controls. This phase and review revealed how the *Hunley's* iron plates were fastened, and how the sedimentation occurred. g) Over 100 rivets were drilled out to loosen this plate. **Phase Three**: Removal of the plates. A series of hull plates, and possibly other construction features, were removed to gain sufficient access into the submarine's interior. This enabled the excavation team to retrieve the remnants of the crew and any artifacts associated with them and as well as learn more about the operation of the submarine. An important focus during the phase, and the whole excavation, was to maintain the integrity of the submarine's construction and therefore remove as few plates as possible.



h) Archaeologist excavating mud and sediment. i) Gripping history (Photograph by Ira Block, NGM 2002). j) Dixon's gold coin.



k) Locations of some of the early finds. l) A more comprehensive diagram. m) 6/8/2001. 

Fig. 51 Continued (Excavation and conservation in WLCC). h) Archaeologist Michael Scafrini excavating mud and sediment from the *Hunley*. **Phase Four:** Removal of sediments. The sediments inside the central compartment and the accessible portions of the ballast tank areas were excavated by hand using a combination of trowels, metal and wood scrapers and spatulas. All sediments after screening will be collected and disposed of in a respectful and proprietary fashion. i) Claustrophobic as a drain pipe, the *Hunley's* crew compartment was filled floor to ceiling with sediment when the submarine was raised. Archaeologist Shea McLean (examining the crankshaft used to propel the hand-powered sub) and his colleagues spent months carefully uncovering the bones and belongings of the crew - some of which were embedded in the corroding hull. "Coaxing the delicate remains of a crewman's hat from the cement-hard encrustation," says McLean, "was like trying to get wet tissue paper out of rock." j) Archaeologist Maria Jacobsen holding Dixon's gold coin. This photograph was taken only minutes after the coin's discovery (2001. 05. 25.). k) A diagram of the locations of some of the early finds (Image courtesy of Daniel Dowdy.). l) A more comprehensive diagram of artifacts found and their locations within the submarine. The submarine *H.L. Hunley* represents one of the most complex composite structures ever recovered by an archaeological team. At this point, only the exterior of the submarine has been extensively analyzed. The exterior hull is comprised of wrought-iron plates of various sizes, several cast-iron fittings and glass view-ports. The excavation of the interior has produced a large number of artifacts taken on board by the crew including navigational instruments, paper, clothing and personal items. In addition, the presence of human remains trapped in this 'iron tomb' has made the conservation of the *H.L. Hunley* a unique and somewhat daunting task. All actions undertaken on the submarine have been balanced and controlled so that the impact on the fragile artifacts and organic remains is minimized. Conservation is extremely important in the field of underwater archaeology. The uncontrolled exposure to air of any material recovered from a marine environment can lead to irreversible damage and the disastrous loss of archaeological data. Iron artifacts in particular are susceptible to rapid deterioration when exposed to an oxygen rich environment. Moreover, chlorides from the seawater penetrate the iron on the molecular level. When in solution, these chlorides present no real problem. However, when exposed to air, they slowly dry in crystal form. As the crystals grow, the surface of the metal will expand and flake away, eventually reducing the artifact to a pile of iron oxide dust. Similarly, organic materials will literally collapse upon drying in a matter of days. These reactions are due to a sudden break in the equilibrium reached by the artifact after years of submersion. The main goals of conservation, therefore, are to provide archaeologists with the proper tools and techniques to handle, store, stabilize, and study the recovered artifacts. Unfortunately, the stabilization of marine artifacts is often an expensive and time-consuming endeavor. The duration of the conservation work on the *H.L. Hunley* and its associated artifacts is anticipated to take seven to ten years before they can safely be handed over to an exhibition facility. The conservation process includes: a pre-excavation study, interior excavations, long-term stabilization of the vessel and interior artifacts, and a study of the human remains by a forensic team from the Smithsonian Institute before reburial. m) The *Hunley* submarine rest underwater at the WLCC as seen in this underwater picture. The hand crank and bench that the sailors sat on are visible inside the sub. The white tube seen inside the submarine is an impressed current protection system that holds a titanium wire that oxidizes inside the confederate submarine, reducing corrosion. 6/8/2001. **NOTE : THIS PICTURE IS TO ONLY BE PUBLISHED IN THE POST AND COURIER AND <http://CHARLESTON.NET>. NO SALES, MAGAZINE, AND BOOK USE. DO NOT SEND TO AP OR ANY WIRE SERVICES** Staff photo by Mic Smith and Matthew Fortner.



m) General view during the central compartment excavation. n) Excavation of the front area.



o) Dr. Ian Donald McLeod. p) Checking the inside of a canteen. q) Positioning portable 300 kV tube

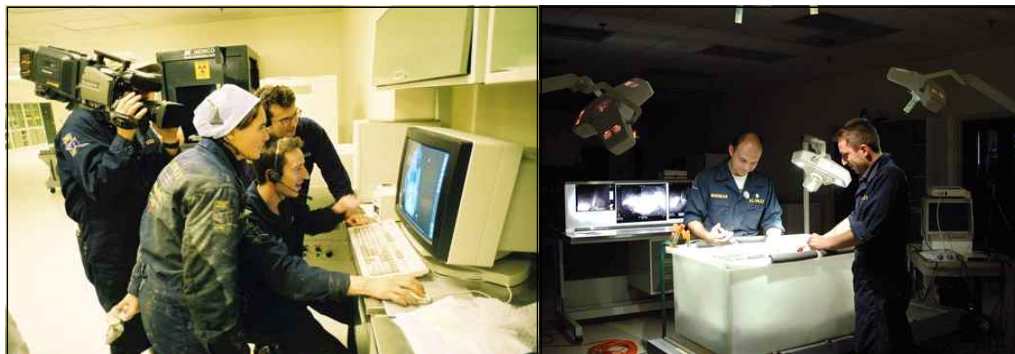


r) Paul Mardikian. s) checking mercury vapor. t) checking the level of mercury content.

Fig. 51 Continued (Excavation and conservation in WLCC). m) General view of the submarine during the excavation of the central compartment. n) Assistant conservator Philippe de Vivies during the excavation of the front area. Note air circulation through the missing viewing port in the forward hatch. o) Senior conservator Paul Mardikian with Dr. Ian Donald McLeod from the Western Australian Maritime Museum. p) Senior archaeologist Maria Jacobsen with Paul Mardikian and Philippe de Vivies checking the inside of a canteen using a videoprobe. q) *Hunley* senior conservator Paul Mardikian and Assistant conservator Philippe de Vivies positioning portable 300 kV tube during x-raying of the mercury depth gauge. r) Paul Mardikian setting up the interior cathodic protection anode. s) Philippe de Vivies checking mercury vapor into hull of the submarine using a Draeger Tube (CH 23101). t) Philippe de Vivies checking the level of mercury content in the sediment underneath forward conning tower.



a) View of the processing and x-ray area of the lab. b) View of the x-ray cabinet and Fuji equipment.



c) Maria Jacobsen with Paul Mardikian and Philippe de Vivies. d) Working on the excavation of Dixon's remains.



e) Ebba Samuelsson from Sweden. f) excavating the inside of the compass. g) Smithsonian senior textile conservator.

Fig. 52 Excavation and conservation in the laboratory (www.hunley.org). c) Looking at an x-ray on the Fuji computed system. d) Paul Mardikian and Philippe de Vivies working on the excavation of Dixon's remains. e) Intern Ebba Samuelsson from Sweden excavating one leather shoe from the crew. f) Paul Mardikian excavating the inside of the compass box. g) Paul Mardikian and Smithsonian senior textile conservator, Mary Ballard sampling fibers.



a) & b) An overhead crane slowly raises the Confederate submarine *H.L. Hunley* on Wednesday, June 15, 2011 at a conservation lab in North Charleston, S.C.

Crane operators hoisted the *Hunley* three(3) feet into the air, the first step in a two-week process to stand the Confederate submarine upright.

a) & b) An overhead crane slowly raises the *Hunley* on Wednesday, June 15, 2011



c) & d) A worker positions a wooden platform beneath the truss.

e) Conservators examine the *Hunley*.



f) Water is sprayed on the hull.

g) The *Hunley*, with some of its hull plates removed.

f) Water is sprayed on the hull of the *Hunley* after it was raised on June 15 at a conservation lab. The water helps keep the hull from deteriorating when exposed to air.

g) The *Hunley*, with some of its hull plates removed, is seen on June 15 after it was raised in its tank.

Fig. 53 Uprighting in 2011 (knoxnews.com; postandcourier.com; thehistoryblog.com).¹⁵⁾ The Confederate submarine *Hunley* was resting on its side at a 45-degree angle on the bottom of the Atlantic when it was raised in August 2000 and scientists had kept it in slings in that position in the lab for the past 11 years. But they needed to turn it upright to continue with the job of conservation. c) A worker positions a wooden platform beneath the truss holding the Confederate submarine *Hunley* after it was raised. d) & e) Conservators examine the *Hunley* after it was lifted three(3) feet inside its tank. This is the first step in a process to rotate the sub into an upright position and remove the truss that has held it for more than a decade.

15) thehistoryblog.com - Civil War sub *H.L. Hunley* sits upright.

'After more than a decade spent trussed in a cradle on her starboard side, the Civil War submarine *H.L. Hunley* is upright for the first time since she sank under mysterious circumstances off the coast of Charleston, South Carolina on February 17, 1864. She was raised in 2000 from the Atlantic floor at a 45°angle, the position in which she was found, and kept in 30 slings at that same angle in a conservation tank ever since.

Engineers were concerned that moving the 7-ton, 40-foot vessel upright would put unbearable stress on the rusted iron keel. They weren't sure what they'd find on the starboard side which had been buried in the sand for 136 years and then obscured from view by the angle. In order to properly conserve the ship, however, they had to have access to that starboard side. The conservation team thus spent two years planning and testing how best to rotate the vessel without harming it, using 3D computer modelling to simulate the procedure.

The straps that were holding the *Hunley* in place were replaced one at a time with slings that had hand controls allowing for tiny movement so the team could lower the port side gradually until the sub was upright. On Wednesday, June 22, engineers and conservators began rotating the submarine, adjusting the slings by two millimeter increments to shift it gradually upright.

The process to rotate the sub was at times slow and tedious and others nerve-racking. The painstaking project took three days, with scientists rotating the submarine mere millimeters at a time. After each incremental move, a series of computer monitors were checked to ensure even weight distribution with no major stresses on the submarine.

Two technical issues added hours, and a little tension, to the project. At one point, the bow started to dip too much toward the ground and scientists had to make modifications to get the submarine level again. They had anticipated the potential of this occurring though had hoped it would not affect the rotation.

Also, a laser monitoring system - critical to detecting any potential warping or damage that scientists were desperately trying to avoid - had to be adjusted one morning, causing a delay of a few hours for rotation work to start.

Even with the technical glitches, the laser never strayed more than a millimeter out of its target range, which is a remarkably successful result even for automation, never mind for a rotation process that relied entirely on humans winching 30 slings for three days.'



Fig. 53 Continued (Uprighting in 2011). h) Workers release the tension on slings holding the Confederate submarine *H.L. Hunley* on Wednesday, June 22, 10:11, and finished the painstaking, two-day job of rotating the hand-cranked *H.L. Hunley* upright late Thursday. When the process is completed, the sub will be upright for the first time since it sank with its crew of eight in 1864. i) The *Hunley* rests on its side on Wednesday, June 22, 10:11. Workers are rotating the hand-cranked sub and when they are done, the sub will be upright for the first time since it sank with its crew of eight in 1864. j) The *Hunley* rests on its side as workers adjust slings to move it upright on Wednesday, June 22, 10:11.

PHOTO BY BRUCE SMITH/ASSOCIATED PRESS knoxnews.com k) Staff members at Clemson University's WLCC rotate the *Hunley* by releasing tension on chain hoists. ***Hunley* on a slow roll** - a few millimeters at a time. By Brian Hicks <bhicks@postandcourier.com> Thursday, June 23, 2011. The *H.L. Hunley* was never a fast boat, but it probably never moved this slowly. On Wednesday, engineers and scientists at the WLCC began rotating the Confederate submarine into an upright position - 3 millimeters at a time. The pace was plodding, the progress barely visible, but then speed wasn't the objective. The idea was to right the sub without putting any stress on its iron hull. This was accomplished by slowly adjusting the 15 straps that cradle the *Hunley*, and keeping a laser sight running from stern to bow that would detect any twisting of the hull. l) A laser alignment system is shown atop the *Hunley* inside Clemson University's WLCC. Readings from the laser are used to prevent warping of the submarine during rotation and lowering.

After delays, *Hunley* now turned upright By BRUCE SMITH/Associated Press, postandcourier.com Friday, June 24, 2011. m) Mike Drews, lab manager at Clemson University's WLCC, inspects the *Hunley* after the successful rotation. **Civil War submarine rotated to upright position** By Jinathan Lebowitz, usatoday.com

The rotation of the *Hunley* marks a historic point in the journey of the submarine. Once the preservation treatment is complete and archaeologists are able to study the entire surface hidden underneath the corrosion layer, the submarine will be placed in a Charleston Civil War naval museum. n) The first submarine in history to sink an enemy warship is upright for the first time in almost 150 years, revealing a side of its hull not seen since it sank off the South Carolina coast during the Civil War.

고찰

고고학적 가치가 있는 침몰선 전체를 동시에 인양한 외국의 네(4) 사례들을 소개하였다. 탐사, 발견에서부터 발굴조사, 인양, 보존처리, 전시 및 지속적 연구가 장기간에 걸쳐 막대한 예산을 들인 범 국가적인 사업들이었다. 이는 바다 속 문화 유산의 중요성과 가치를 충분히 알고 있기 때문이다.

우리나라에서 이러한 사례가 없는 이유를 생각하여 보았다. 첫째, 바다에 대한 올바른 인

식과 사고방식이 부족하다. 둘째, 관련 분야들 간의 공동 연구나 협조가 제대로 이루어지지 않고 있다. 셋째, 수중 환경의 특성에 적합한 기술·기법 적용이 미흡하다.

1. 남해 1호

1987년에 발견된 후 20년이 지난 2007년에 인양하였으며, 발굴과 보존을 위한 수조가 있는 박물관으로 이송하였다. 막대한 예산(USD29,000,000.-)을 들여 새로 지은 이 박물관은 2009년 12월 24일 대중에게 공개되었다.

발견 직후 중국 정부는 그간 함께 일해 온 영국의 민간 해난구조 회사의 작업을 중단시키고, 정부 기관이 주도하도록 하였다. 꾸준한 전문가 양성과 연구 개발을 병행하면서 예산을 확보하고, 수중 탐사와 시굴을 진행하였다. 2004년에 새로운 박물관 건립에 착수하면서 인양 준비를 하였다. 2007년 1월 인양 사업 본부가 결성되고, 재무부로부터 예산이 책정되었다. 5월부터 밑이 터진 대형 철제 상자를 제작하면서 선체를 통째로 인양하는 작업에 착수하여, 2007년 12월 21~22일에 인양한 뒤, 박물관의 수정 궁전("Crystal Palace")이라 이름지은 해수 수조로 이송, 보관하였다. 이 곳에서 발굴조사와 보존 처리 등의 작업이 진행되고 있다.

오랜 기간 꾸준히 준비하고 막대한 예산을 들인 이 사업을 계기로, 중국의 수중고고학은 큰 발전을 이루었고, 자부심까지 갖게 되었다.

2. 바사호

1628년 스웨덴 스톡홀름항에 침몰한 뒤, 1664년 스웨덴의 육군 장교 트라이레벤 (H. A. von Treileben)과 독일의 전문가 펙스켈(A. Pexkell) 등이 초기형태의 노출식 잠수종(crude diving bell)으로 잠수하여 53문(약 1~2톤)의 포들을 인양하였다. 당시의 잠수기술로 이 같은 작업을 한 것은 믿기 힘든 사실이었다. 스웨덴의 석유기술자 프란젠(A. Franzen)이, 수 년 간의 문서와 자료 연구를 거치면서, 약 2년 간의 탐색 끝에 1956년 침몰 위치를 찾았다. 해군 잠수사들이 선체 상태를 조사한 결과, 전체 인양이 가능하다고 판단되어 1957년 봄 바사 위원회(Vasa Committee)가 구성되었다. 정부와 민간의 후원 자금과 기술을 제공을 받아 프란젠의 지휘아래 인양작업이 이루어졌다. 선체 인양을 위한 줄을 걸 수 있도록 선체 밑 뿔속으로 6개의 굴을 매우 조심스럽게 오랜 시간에 걸쳐 팠다. 1957년 해군 잠수사들이 뚫기 시작하여 1959년에 완료하고, 인양용 본 줄을 걸기 위하여 가는 줄(grid; guide wire)을 관통시켰다. 1959년 8월 넵툰사(Neptune Company)는 두 척의 부력선(salvage pontoon)과 구난선들을 제공하였다. 부력선의 밸러스팅(ballasting)으로 바사호가 조금씩 올라오게 되었다. 선체가 해저 면에서 떨어지면 부력선을 예인하여 조금씩 얕은 곳으로 이동시켰다. 이 같은 작업을 18번 반복하여 카스텔홀멘(Kastellholmen) 근처 17미터 수심까지 이동시켰다. 최종 인양계획을 수립 할 때까지 이 곳에 머물렀다. 많은 인양 계획들이 제시되었지만 어떠한 고 선박도 해저 밑바닥에서 원형대로 인양된 적이 없었고 역사적 문화적 가치의 중요성을 고려하여, 위험률이 높은 방법보다는 시간과 경비가 들더라도 확실하고도 믿을 수 있는 방법을 택하였다. 넵툰사는 다시 그들의 기술적 지원을 제공하여, 두 척의 부력선들을 재 건조하여, 선체에 손상을 입히지 않고 인양할 수 있도록 협조하였다. 이 부력선들 위에는 바사호를 물위로 끌어올릴 유압 장치(hydraulic machinery)가 탑재되었다. 선체 내부의 물을 퍼내어 자체 부력도 이용하였다. 1960~1961년에 걸쳐 잠수사들은 밀폐(수밀) 작업을 하였다. 또한 선체 상부도 보강하였다. 1961년 5월 4일 바사호는 도크로 안전하게 들어갈 수 있을 정도로 떠올랐으며, 예인되어 저녁 무렵에 서서히 도크로 들어갔다. 도크 바닥에는 거대한 콘크리트 부력선

(concrete pontoon)이 대기하고 있었다. 이 곳에 바사호가 안전하게 위치를 잡은 뒤에, 철, 콘크리트, 알루미늄, 유리들로 큰 격실을 만들어 온도와 습도 등을 조절할 수 있도록 하여 원형 훼손을 방지하면서 복원할 수 있었다. 선체가 마르면서 원형이 틀어지는 것을 막기 위하여, 분무 장치(sprinkler system)를 설치하였고, 도크에 물을 채울 때 올 수 있는 충격과 예기치 않은 물리적인 힘에 의한 손상을 최소한으로 줄일 수 있도록 각목과 철 자재를 이용하여 복잡한 지지 장치도 설치하였다. 바사호가 들어 있는 채로 이 거대한 격실을 임시 박물관으로 예인하였으며, 이 곳에서 일반인들도 복구 및 복원과 보존 처리 작업을 관람 할 수 있었다. 그 이후 스톡홀름 중심부에 박물관이 건립되어 1990년 6월 15일 개장되었다. 1957년 위원회 구성 후 30여 년의 세월이 흐른 뒤였다. 총 발굴 비용은 USD13,000,000.-이 들었지만, 바사호는 수중의 또 다른 폼페이(Pompeii)로 평가되면서, 그 당시 스웨덴의 번성과 해상 활동을 대변해 주고 있다. 이 발굴은 고도의 전문화된 기술을 요하는 작업이었음은 물론, 고고학자들 단독으로는 수행하지 못하였을 것이다. 여러 분야의 전문가들이 모여 맡은 역할을 성공적으로 수행하였으며, 선체와 유물의 기록이나 보존 처리, 전시 및 보존을 위한 특수 구조물들의 축조, 선체의 보존 처리 등 많은 과제와 발전을 가져왔다. 더욱이 스웨덴의 그 시대 유물들이 육상에서는 비교적 많이 남아 있지않아 귀중한 자료가 되고 있다. 바사호는 3세기가 지난 후에도 뿔 속에 잘 보존되어 있었다 (원형의 95%). 또한 영국의 메리로즈호 발굴에 많은 영향과 도움을 주었다.

3. 메리로즈호

1545년 7월 19일 솔랑해협(Solent channel)에서 프랑스 함대와 의 해전에서, 많은 인명 피해를 낸 채 침몰한 헨리 8세의 전함으로 1982년 10월 11일에 우현으로 60°기운 원 상태로 인양되었다. 그 당시의 다른 선박들과는 달리 선박에 대한 자료(도면이나 규격 등)가 매우 적어, 그다지 명백하지 않은 도면 하나뿐이었다. 따라서 이 선박의 발굴만이 필요한 정보들을 제공할 수 있었다. 침몰 후, 2~3년 사이에 몇 문의 함포를 인양한 뒤 방치되었다. 1836년 6월 16일 어망이 걸리면서 메리로즈호를 찾게되었고 딘(diver J. Deane)은 이곳에서 일부 물건들(timbers, guns, longbows, and other items)을 인양하였다. 1840년 딘이 이곳에서의 작업을 중단하면서 위치를 잊어버리게 되었다. 맥키(A. McKee) 등에 의한, 1965~1971년의 잠수조사와 에드거튼(late Professor H. Edgerton 1967)의 지층탐사기(sub-bottom profiler) 및 측면주사음탐기(side scan sonar)를 이용한 탐사 등으로 1966년에 발견, 1971년에 위치를 최종적으로 확인하였다. 1979년까지 부분적인 발굴이 이루어지고, 최초의 여성 수중고고학자 중의 한 명이라고 할 수 있는 룰(M. Rule, Archaeological Director of Mary Rose Trust)이 가세하였다. 1979년 메리로즈 위원회(The Mary Rose Trust)가 발족되어 모든 발굴 사업을 주관하였다. 또한 찰스 황태자(Prince Charles, President of the Mary Rose Trust)도 깊은 관심을 가졌었다 (Bradford 1982). 바사호보다 원형 훼손이 심하여 (원형의 40%), 자체 부력 복원은 불가능하였으며, 인양 시의 2차적 훼손에 대비하여야 했다. 물 속에서 인양틀(lifting frame)을 이용하여 선체를 들어, 선저 모양에 맞게끔 제작된 받침틀(steel cradle) 위에 안전하게 얹은 뒤, 전체(받침틀, 선체, 인양틀 - 약 580톤)를 함께 들어올렸다. 선체 인양과 발굴조사를 위한 1979~1982년에 28,000회의 잠수(12 man years)를 하였고, 인양 비용은 USD7,000,000.-이 들었다. 수중의 퇴적층에 묻혀 있는 환경 속에서 대기 중으로 인양될 경우, 화학적, 물리적 및 생물적인 변형이나 훼손을 고려한, 오랜 세월 동

안의 보존처리도 매우 중요하였다. 선체는 2011년까지 물과 화학물질을 분무하고 (continue to be sprayed with polyethylene glycol, a water-based wax solution), 조심스레 건조시킨 뒤 2016년부터 새 박물관에서 모두 전시 될 예정이다. 영국 국방부가 포츠머스항을 45형 구축함과 미래의 항공모함 {Type 45 destroyers and the future aircraft carrier (CVF)} 의 모항으로 결정함에 따라, 수로 폭 250m 이상의 수심이 최소 14.3m를 유지하도록 준설이 필요하게 되었다. 하지만 메리로즈호를 인양한 곳의 수심은 저조 때 12m이었고, 이 곳도 향후의 준설로 영향을 받게되었다. 이에 2003 ~ 2005년 3년에 걸쳐 재 발굴조사를 하여, 2005년 10월에 닛과 5미터 길이의 선수 재목을 인양하였다. £ 35,000,000.-(30,000,000.-)를 들여 새로운 박물관을 짓고 있으며, 2012년 가을에 준공 예정이다.

4. 헨리호

1864년 2월 17일 찰스턴항에서 휴사토닉호를 침몰시킨 뒤, 곧 바로 8명의 승조원 모두와 함께 가라앉은 잠수함(철제)이다. 1970년에 발견(위치)되었고, 1978년 12월 29일 공식적으로 위치가 확인되었다. 침몰 후 136년이 지난 2000년 8월 8일, 우현으로 45°기운 원 상태대로 인양되었다. 인양 전 발굴조사에는 해군과 관련 기관들 중심으로 다양한 민간들도 참여하였으며, 오서니어링사에서 설계한 인양틀을 이용하여 타이탄사의 기중기선에 의하여 인양되었다. 보존처리와 연구를 위하여 찰스턴항 위렌 래쉬 보존처리소의 특수 제작된 청수 탱크로 이송되었다. 인양 후 11년이 지난 2011년 6월에 똑 바로 세웠다. 또한 헨리호가 갖는 역사적 의미를 재조명하고, 당시의 기술 등에 관한 지속적 연구가 보존처리와 함께 진행되고 있다.

5. 잠수기술에 관한 소고

위의 사업들에 관한 전반적인 기술적 문제는 이미 다루었다. 비록 작은 부분이지만, 수중이라는 특수 환경에서의 작업에 필수적인 잠수기술에 관하여, 간략히 언급코자 한다. 이 부분에 대한 구체적 자료와 보고서는 별도로 구하진 못하였다. 다만 사진이나 그림 등으로 알 수 있는 내용임을 양해하길 바란다. 네 사례들 모두 공기잠수의 한계인 50미터보다 얕은 수심이다. 장기간에 걸쳐 안전하게 효율적으로 작업을 수행하기 위하여 표면공급식 잠수장치 (Surface-supplied diving system)¹⁶⁾, 재압실(Recompression chamber)¹⁷⁾, 노출식 잠수종(Wet bell)

16) 표면공급식은 수면 위에 있는 책임자(supervisor)나 보조원(tender)의 관리·통제 아래, 수중의 잠수사에게 호흡할 공기를 호스로 통하여 공급하여 주는 방식이다. 따라서, 호흡할 공기를 거의 제한 없이 지속적으로 공급함은 물론, 공기 공급 호스 외에 통화선과 수심측정 호스 등으로 구성된 음빌리칼(umbilical)을 통하여, 유선 통화가 가능하고 잠수사의 수중 체류 수심을 알 수 있는 등, 수면 위에서 잠수 조정반을 통하여 잠수사를 관리하기 때문에 안전하고 효율적이다.

17) ‘감압실’, ‘기압조절실’이라고 번역 사용하기도 한다. 외국에서는 재압실(recompression chamber), 감압실(decompression chamber) 혹은 단순히 챔버(chamber)라고도 한다. 잠수 현장에 되도록 가장 가깝게 있어야 되기 때문에, 잠수 지원선박의 갑판(deck) 상에 주로 위치하는 경우가 많고, 감압(decompression)을 주로 한 장비로 인식되어, DDC(Deck Decompression Chamber)라는 약자를 많이 사용하여 왔다.

우리나라 산업안전보건법 산업보건규칙(제213조-제256조) 제8편 고기압에 의한 건강장해예방(1994년 3월 29일 최종 개정) 내용이 2003년 7월 12일 전문 개정되어, 산업보건기준에관한규칙 제6장 이상기압에 의한 건강장해의 예방에 수록되면서, ‘기압실’, ‘재압실’이라는 용어가 ‘기압조절실’로 바뀌어 사용되고 있다. 이는 잠수작업과 고압작업(잠함공법 또는 그 외의 압기공법)을 함께 다루었기 때문인 것으로 사료된다. 2009년, 2011년 3월에 보완 등이 있었지만, ‘기압조절실’과 ‘고압작업’이라는 용어는 그대로이다. 외국과 국내의 사용 사례들과 기능 등을 고려하여 볼 때, 우리나라 산업잠수에서는 ‘재압실’로 통일하여 쓰기를 권하고 싶다. 물론 그 기능이나 목적이 다른 경우에는 별도의 용어를 사용할 수 있을 것이다.

Wikipedia.

'A recompression chamber is a pressure vessel used to treat divers suffering from certain diving disorders such as decompression sickness. Often the terms recompression chamber, decompression chamber, hyperbaric chamber, and hyperbaric

등을 사용하였다. 유감스럽게도 우리나라에서는 아직도 스쿠버(SCUBA)와 혹카(Hookah)에 의존하고 있으며, 재압실과 노출식 잠수종을 사용한 경우는 없었다.

Table 4 Summary of the diving techniques used for the underwater excavations.

사 례	Fig. No. & Page	내 용	비 고
남해 1호 30 msw	Fig. 4	2002~2004년 수중탐사에서 재압실 사용.	
	p. 4	잠수 교육을 위한 장위의 네덜란드 파견.	
	Fig. 8	Hard-hat diving helmet과 스쿠버 전시.	
바사호 32 msw		해군 잠수사 - Hard-hat diving helmet 사용.	
메리로즈호 11~12 msw	Fig. 18, 19 & 22	인양 전 초기 작업에서 스쿠버와 Hard-hat diving helmet 사용.	
	Fig. 25 i)	인양 작업 시 재압실과 표면공급식 잠수장치 사용.	잠수 전용선 <i>Sleipner</i>
	Fig. 31 & 32	2003~2005년 재 발굴조사에서 노출식 잠수종과 표면공급식 잠수장치 (Lightweight helmet) 사용.	잠수 전용선 <i>Terschelling</i> ROV 사용
현리호 8 msw	Fig. 40 & 41	인양 작업 시 재압실과 표면공급식 잠수장치 (Lightweight helmet) 사용.	잠수 전용선 <i>Marks Tide</i>

결 언

우리나라에서는 1973년부터 이 충무공 해전유물 탐사가 시도되었고, 1975~1976년 안압지 발굴조사, 1976~1984년 신안 앞바다 수중발굴조사 등을 시작으로 수중고고학이 태동되었다. 이후 10여 차례의 수중발굴조사가 행하여졌다 (김용한 2006b, pp.24-26). 주로 관·군 주도로 시행되어 왔다. 물론 고고학적 가치보다는 물질·상업적 가치를 추구하여, 민간에서 수행한 경우도 있긴 하였다. 지금쯤은 그간의 자취를 돌아보며, 앞날의 발전을 생각하여 볼 때이다. 수중고고학은 여러 분야의 학문과 기술이 한데 어우러져야 한다. 또한 국가와 관심 있는 분 (기관, 단체)들의 과감한 투자가 이루어져야 할 것이다.

oxygen therapy chamber are used interchangeably. The names reflect the different purposes that the chambers are designed for, rather than their capability. Each is capable, within limits, of operating in the others' role: A decompression chamber is a pressure vessel used in surface supplied diving to allow the divers to complete their decompression stops at the end of a dive on the surface rather than underwater.'

18) Joiner 2001, p.5-35.

'A very simple type of demand-mode diving known as hookah has been in use for over 50 years. Hookah diving can be a safe, inexpensive, and effective system for shallow water diving (generally 20 feet or less), where the user needs the security of an umbilical and lifeline, limitless gas supply, and good mobility.'

Flemming and Max 1996, p.266.

'Hookah Diving: A type of shallow water surface-supplied diving where there is no voice communication with the surface.'

참고문헌

- 강봉룡, 2005. 바다에 새겨진 한국사, (재)해상왕장보고기념사업회, 한얼미디어.
고미경, 2006. 신안해저 출토 용천요 청자 연구, 명지대학교대학원 석사학위논문.
과학세대, 1993. 그림으로 보는 중국의 과학과 문명(Temple R., 1986. *China-Land of Discovery and Invention*. Multimedia Publication Ltd.), 도서출판 까치.
국립대구박물관, 2004. 『우리 문화 속의 중국 도자기』, 예맥출판사.

- 국립해양문화재연구소(www.seamuse.go.kr).
- 국립해양유물전시관, 2003/1995. 바다로 보는 우리역사, 예맥출판사.
- 국립해양유물전시관, 1999. 목포 달리도배, 발굴조사보고서, 도서출판 무돌.
- 국립해양유물전시관, 2004a. 도자길·바다길, 예맥출판사.
- 국립해양유물전시관, 2004b. 신안선 보존과 복원, 그 20년사, 예맥출판사.
- 국립해양유물전시관, 2004c. 신안선 보존·복원 보고서, 예맥출판사.
- 국립해양유물전시관, 2005. 군산 12동파도 해저유적, 대한인쇄정보산업협동조합.
- 국립해양유물전시관, 2006a. 14세기 아시아의 해상교역과 신안해저유물, 신안선 발굴 30주년 기념 국제학술대회, 국립해양유물전시관.
- 국립해양유물전시관, 2006b. 신안선 - I 본문 편, (주)중앙문화인쇄.
- 김도현, 1999. 우리나라 산업잠수의 현황과 발전방안, 한국해양대학교대학원 석사학위논문.
- 김도현, 2006. 수중 잠수 기술의 발전과 수중고고학, 수중과학기술. 한국수중과학회, 제7권 제1호.
- 김동욱 외, 2010. 이코모스 현장 선언문집, (사) 이코모스 한국위원회.
- 김문기, 2008. 17세기 강남의 기후변동과 명청교체, 부경대학교대학원 박사학위논문.
- 김병근, 2003. 수중고고학에 의한 동아시아 무역관계 연구 - 신안해저유물을 중심으로, 건국대학교.
- 김수정·유해수, 2004. Dmitri Donskoi호의 탐사 해역 설정 과정과 수중 유물 발굴의 방법론, 한국물리탐사학회 학술대회지, 한국물리탐사학회 04 정기총회 및 제6회 특별 심포지움, 한국물리탐사학회.
- 김영원, 1986. 고려자기와 중국자기의 비교연구, 고고미술.
- 김영원, 2003/1991. 조선 백자, 대원사.
- 김영원, 1999. 통일신라시대 한·중교역과 자기의 출현, 장보고와 21세기, 도서출판 해안.
- 김영원, 2001. 한국 유적출토의 중국도자기, 동북아도자교류전, 세계도자기엑스포조직위원회.
- 김영원, 2004. 한반도 출토 중국 도자, 우리 문화 속의 중국 도자기, 국립대구박물관.
- 김영원 외, 2003. 항해와 표류의 역사 - 하멜 제주도 표착 350주년 기념, 솔출판사.
- 김용한, 2006. 한국 수중고고학의 현황과 과제, 한국해양문화학회 06년 상반기 학술대회 - 인문학과 해양과학기술과의 만남, 한국해양문화학회.
- 김용한, 2006b. 수중문화유산의 보호, 그 현황과 과제, 해양문화학 2, 한국해양문화학회.
- 김원동, 1988. 신안에서 침몰된 원대 목선의 침몰 년월과 인양된 도자의 편년에 관한 연구, 미술자료 176호.
- 김재근, 1993/1980. 배의 역사, 정우사.
- 김재근, 2002/1994. 한국의 배, 서울대학교출판부.
- 김재근, 1999. 달리도 발굴 고선의 선박사적 의의, 목포 달리도배부록 1, 도서출판 무돌.
- 김재근, 2002. 중세의 선박에 대하여 - 동서양선의 구조적 특성을 중심으로, 장보고관계연구 논문선집(한국편), (재)해상왕장보고기념사업회.
- 김훈, 2001. 고대의 배와 항해 이야기(Casson Lionel, 1994. *Ships and Seafaring in Ancient Times*. British Museum Company Ltd., London), 도서출판 가람기획.
- 목포해양유물보존처리소, 1993. 진도 벽파리 통나무배발굴조사보고서, 도서출판 향지사.

- 문화공보부 문화재관리국, 1978. 안압지 발굴조사보고서, 문화공보부 문화재관리국.
- 문화재관리국, 1983. 신안해저유물 자료편 I.
- 문화재관리국, 1984. 신안해저유물 자료편 II.
- 문화재관리국, 1985a. 신안해저유물 자료편 III.
- 문화재관리국, 1985b. 완도해저유물 발굴조사보고서.
- 문화재관리국, 1988. 신안해저유물 종합편.
- 문화재청, 2005. 우리나라 최대 규모의 고려시대 한선 발굴, 신안 안좌선, 보도자료 2005. 9. 30, 문화재청.
- 박경원·김진후, 1997. 해양 지구물리탐사에 의한 수중 유물발굴, 동아대학교 해양자원연구소 연구논문집 제10권.
- 박성욱, 1997. 국제법상 수중문화유산보호제도에 관한 연구, 경희대학교대학원 박사학위논문.
- 박양생, 2004. 한국 해녀 - 잠수 생리학적 특성, 고신대학교 출판부.
- 박예리, 2006. 군산 비안도 해저출토 고려청자 연구, 목포대학교대학원 석사학위논문.
- 서울대학교박물관, 2011. 스웨덴 탐험가 스텐 베리만이 만난 사람들 1935 ~ 1936, 서울대학교 박물관.
- 세계도자기엑스포조직위원회, 2001. 동북아도자기교류전, 세계도자기엑스포조직위원회.
- 손보기·김문경 외, 1999. 장보고와 21세기, 도서출판 해안.
- 유해수·김수정·박동원, 2004. 지구물리 탐사기법을 이용한 심해 Dmitri Donskoi호 확인, 한국 물리탐사학회 정기총회 및 제6회 특별 심포지움
- 윤명철, 2001/2000. 바닷길은 문화의 고속도로였다-동아지중해와 한민족 해양활동사, (주)사계절출판사
- 이국청, 2004. 중국 천주 고선 보존·복원, 신안선 보존과 복원, 그 20년사』, 예맥출판사.
- 이병철, 1990. 발굴과 인양-미지에의 도전 제2권, 도서출판 아카데미서적.
- 이원식, 2003/1990. 한국의 배, 대원사.
- 이창우, 2002. 발굴된 보물선의 소유권과 관련한 법제에 관한 연구, 한국해양대학교.
- 이철한, 1992. 진도 벽파리 통나무배 발굴조사 개보, 『학술연구발표논문집』 제6집, 국립문화재연구소.
- 이철한, 2004. 신안선 복원연구, 신안선 보존과 복원, 그 20년사, 예맥출판사.
- 장석·반석호, 2002. 선박의 이해, 한국해양연구원.
- 정두섭, 2011. 양구지역 백자연구, 강원대학교대학원 박사학위논문.
- 정양모, 1977. 1976-1977년 조사 신안해역 도자기의 편년적 고찰, 신안해저문물, 국립중앙박물관.
- 정양모, 2006. 신안선 조사 성과의 의의』, 14세기 아시아의 해상교역과 신안해저유물』, 신안선 발굴 30주년 기념 국제학술대회, 국립해양유물전시관.
- 제주도, 1996. 제주의 해녀』, 제주도인쇄공업협동조합 삼화인쇄사.
- 조행복, 2004. 1421-중국, 세계를 발견하다(Menzies, 2002. 1421-The Year China Discovered the World. Transworld Publishers), (주)사계절출판사.
- 최근식, 2002. 장보고 무역선과 항해기술 연구-신라선 운항을 중심으로, 고려대학교대학원 박사학위논문.

- 최성락, 2005. 고고학 입문-과거 문화를 어떻게 연구하는가?, 학연문화사.
- 표완수·황의방, 2003. 짜르의 마지막 함대-20세기 역사를 바꾼 쓰시마 해전의 대서사극 (Pleshakov, 2002. *The Tsar's Last Armada*. Basic Books.), 도서출판 중심.
- 한국해양연구원, 2003. 2003년 문화재청 수중매장문화재 조사업무처리지침 연구, 한국해양연구원.
- 황동환·김성필, 1994. 수중 유물 발굴의 기초, 해군사관학교.
- 해군사관학교 해저유물탐사단, 2001. 2000년 해저유물탐사 결과 보고서-충무공 해전 및 장보고 대사 관련 유물탐사, 해군인쇄창.
- 해군사관학교 해저유물탐사단, 2002. 2001년 해저유물탐사 결과 보고서-장보고 대사 및 충무공 해전 관련 유물탐사, 해군인쇄창.
- 해군 충무공 해전유물 발굴단, 1991. 충무공 해전유물 발굴조사-제2차 보고서, 해군인쇄창.
- 허일 외, 2002. 장보고 선박 복원연구 1차년도 문헌 및 자료 검색 결과보고서, (재)해상왕장 보고기념사업회.
- 허일·김성준·최운봉, 2005. 중국의 배, 도서출판 전망.
- Abbott S.S. et al., 1974. *Undersea Treasures*. The National Geographic Society (NGS).
- Aberg A. et al., 2000. *The Rising Tide: Archaeology and Coastal Landscapes*. Oxbow Books, Oxford.
- Adams J., 1999. *The Kravel Project : The survey and recording of an early sixteenth century wreck in the Baltic. (Interim Report)*. Centre for Maritime Archaeology, Department of Archaeology, University of Southampton.
- Adams R.M., 1985. *Construction and Qualitative Analysis of a Sewn Boat of the Western Indian Ocean*. Texas A&M University.
- Ahlstroem C., 1997. *Looking for Leads - Shipwrecks of the Past Revealed by Contemporary Documents and the Archaeological Record*. Academia Scientiarum Fennica, Helsinki.
- Allen T.B., 2001. Cuba's Golden Past. *National Geographic Magazine(NGM)*, Jul. 2001. NGS.
- Anderson H.V., 2001. *Underwater Construction Using Cofferdams*. Best Publishing Co., Arizona.
- Anderson R., 1997. *Wrecks on the Reef - A Guide to the Historic Shipwrecks at Port Phillip Heads*. Heritage Council Victoria.
- Arnold III J.B. et al., 1992. USS Monitor. Results from the 1987 Season. *Advances in Underwater Archaeology, Historical Archaeology Vol.26, No.4*. Journal of the Society for Historical Archaeology.
- Atauz A.D., 2008. *Eight Thousand Years of Maltese Maritime History: Trade, Piracy, and Naval Warfare in the Central Mediterranean*. University Press of Florida.
- Babits L.E. and Tilburg H.V., 1998. *Maritime Archaeology: A Reader of Substantive and Theoretical Contributions*. Plenum Press, New York and London.
- Bachrach A.J., Desiderati B.M. and Matzen M.M., 1988. *A Pictorial History of Diving*. Best Publishing Co., San Pedro.
- Bahn P. and Renfrew C., 2004. *Archaeology: Theories, Methods and Practice*. Thames & Hudson Ltd., London.
- Baix Y. *Comex: The Conquest of the Ocean Depths*. Comex.

- Baldwin C.C., et al., 1996. *Methods and Techniques of Underwater Research*, Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences 16th Annual Scientific Diving Symposium, Smithsonian Institution. American Academy of Underwater Sciences, Nahant, MA.
- Ballard R.D., 1987. Epilogue for Titanic. *NGM*, Oct. 1987, NGS.
- Ballard R.D., 1989. The Bismarck Found. *NGM*, Nov. 1989, NGS.
- Ballard R.D., 1990a. *The Lost Wreck of the Isis*. Scholastic/Madison Press Book, New York.
- Ballard R.D., 1990b. *The Discovery of the Bismarck*. Madison Press Book, New York.
- Ballard R.D., 1991. *Exploring the Bismarck*. Scholastic/Madison Press Book, New York.
- Ballard R.D., 1998. High-tech Search for Roman Shipwrecks. *NGM*, Apr. 1998, NGS.
- Ballard R.D., 2000. *The Eternal Darkness: A Personal History of Deep-Sea Exploration*. Princeton University Press.
- Ballard R.D., 2001. Black Sea Mysteries. *NGM*, May 2001, NGS.
- Ballard R.D., 2004. Why is Titanic Vanishing. *NGM*, Dec. 2004, NGS.
- Ballard R.D. and Archbold R., 2005. *The Lost Ships of Robert Ballard*. Madison Press Books, Toronto.
- Ballard R.D., et al., 2008. *Archaeological Oceanography*. Princeton University Press.
- Ballard, R.D., Stager L., Master D., Yoerger D., Mindell D., Whitcomb L., Singh H., & Piechota D., 2002. Iron Age Shipwrecks in Deep Water off Ashkelon, Israel. *American Journal of Archaeology*. 106.2.
- Baptist C., 1979. *Salvage Operations*. Stanford Maritime Ltd., London.
- Barker T.F., 1967. *Roman Galley beneath the Sea*. Chilton Book Company, Philadelphia.
- Bartholomew C.A., 1990. *Mud, Muscle, and Miracles: Marine Salvage in the United States Navy*. Naval Historical Center and Naval Sea Systems Command.
- Bascom W., 1976. *Deep Water, Ancient Ships*. Doubleday & Company, Inc., New York.
- Bass G.F., 1966. *Archeology Under Water: in the Series Ancient Peoples and Places*. Thames and Hudson, London.
- Bass G.F., 1968. New Tools for Undersea Archaeology. *NGM*, Sep. 1968, NGS.
- Bass G.F., 1972. *A History of Seafaring based on Underwater Archaeology*. Thames & Hudson Ltd., London.
- Bass G.F., 1975. *Archaeology Beneath the Sea*. Walker Publishing Company, Inc., New York.
- Bass G.F., 1987. Oldest known Shipwreck Reveals Splendors of the Bronze Age. *NGM*, Dec. 1987, NGS.
- Bass G.F., 1996. *Shipwrecks in the Bodrum Museum of Underwater Archaeology*. Bodrum Museum of Underwater Archaeology
- Bass G.F. and van Doorninck F.H., Jr., 1982. *Yassi Ada vol. 1: A Seventh-century Byzantine Shipwreck*. Texas A&M University Press.
- Bass G.F., et al., 1996/88. *Ships and Shipwrecks of the Americas: A History Based on Underwater Archaeology*. Thames and Hudson Ltd., London.
- Bennett P.B. and Elliott D.H., 1982. *The Physiology and Medicine of Diving*. Best Publishing

- Company: 3rd ed., San Pedro.
- Bevan J., 1996. *The Infernal Diver*. Submex Ltd., London.
- Bevan J., 2005a. *The Professional Diver's Handbook*. Submex Limited, London.
- Bevan J., 2005b. Weighing Anchor for the Last Time: A final archaeological dive on the wreck site of the Tudor warship *Mary Rose* has recovered two 'high-value' items. *Underwater Contractor International* Nov./Dec. 2005, Underwater World Publications Ltd.
- Blot J-Y., 1996. *Underwater Archaeology: Exploring the World beneath the Sea*. Harry N. Abrams, Inc., New York.
- Bradford E., 1982. *The Story of the Mary Rose*. The Mary Rose Trust.
- Brady E.M., 1981. *Marine Salvage Operations*. Cornell Maritime Press, Inc.: 7th printing, Maryland.
- Brennan H., 1999. *The Atlantis Enigma*. BCA, Clays Ltd.
- Broadwater J.D., 1988. Yorktown Shipwreck. *NGM Jun. 1988*. NGS.
- Broadwater J.D., 1992. Shipwreck in a Swimming Pool: An Assessment of the Methodology and Technology Utilized on the Yorktown Shipwreck Archaeological Project. *Advances in Underwater Archaeology, Historical Archaeology Vol.26, No.4*. Journal of the Society for Historical Archaeology.
- Brubakk A.O. and Neuman T.S., 2003. *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. Elsevier Science Ltd.: 5th ed., Cornwall.
- Burgess R.F., 1980. *Man: 12,000 Years Under the Sea*. Dodd, Mead & Company, New York.
- Busby R.F., 1976. *Manned Submersibles*. Office of the Oceanographer of the Navy.
- Butler W.P., 2004. *Caisson disease during the construction of the Eads and Brooklyn Bridges: A review*. UHM 2004, Vol. 31, No. 4.
- BYM News, 2007. MSC Napoli & the Wreckers. *Boats Yachts Marinas, Issue 2 - February 2007*. Maian Martin (Publishers) Ltd.
- Carlson D.N., 2002. Caligula's Floating Palaces. *Archaeology May/June 2002*, Archaeological Institute of America.
- Castro L.F., 2001. *The Pepper Wreck: A Portuguese Indiaman at the Mouth of The Tagus River*. Texas A&M University.
- Cayford J.E., 1966. *Underwater Work: A Manual of Scuba Commercial, Salvage and Construction Operations*. Cornell Maritime Press, Inc.: 2nd ed., Maryland.
- Cayron J.G., 2006. *Stringing the Past: An archaeological understanding of early Southeast Asian glass bead trade*. The University of the Philippine Press.
- Childs K.M., Jr., 2001. *Underwater Investigation: Standard Practice Manual*. American Society of Civil Engineers.
- Cleator P.E., 1973. *Underwater Archaeology*. St. Martin's Press, New York.
- Clifford S.A., 1993. *An Analysis of the Port Royal Shipwreck and Its Role in the Maritime History of Seventeenth-Century Port Royal, Jamaica*. Texas A&M University.
- Coggins C.C., 1992. *Artifacts from the Cenote of Sacrifice Chichen Itza, Yucatan*. Harvard

- University Press.
- Coleman D.F., 2003. *Archaeological Oceanography of Inundated Coastal Prehistoric Sites*. University of Rhode Island. Comex. *North Sea Alert!*. "Oceans" Publishing.
- Cousteau J.Y. and Dirole P., 1971. *Diving for Sunken Treasure*. Doubleday & Company, Inc., New York.
- Cousteau J.Y. and Dumas F., 1954. *The Silent World*. The Reprint Society, London.
- Coutts P.J.F., 1980. *Records of the Victorian Archaeological Survey*. Ministry for Conservation publication, Number 10., Victoria, Australia.
- Csepp D.J., 2005. ROV Operation from a Small Boat. *MTS Journal Summer 2005 Vol.39 No.2*, MTS.
- Davis R.H., 1995. *Deep Diving and Submarine Operations: A Manual for Deep Sea Divers and Compressed Air Workers*. Siebe, Gorman & Company Ltd.: 9th ed., Gwent.
- Davis, RH (1955). *Deep Diving and Submarine Operations* (6th ed.). Tolworth, Surbiton, Surrey: Siebe Gorman & Company Ltd.
- Dean M., et al., 1995. *Archaeology Underwater: The NAS Guide to Principles and Practice*. Nautical Archaeology Society, Archetype Publications Ltd., London.
- Dear I.C.B. and Kemp P., 2006. *Oxford Companion to Ships and the Sea*. Oxford University Press Inc.: 2005 2nd ed./paperback ed., New York.
- Delgado J.P., 1997. *Encyclopedia of Underwater and Maritime Archaeology*. Yale University Press.
- Delgado J.P., 2001. *Lost Warships: An Archaeological Tour of War at Sea*. Douglas & McIntyre Ltd., Vancouver.
- Dever W.G. et al., 1994. *Preliminary Excavation Reports: Sardis, Paphos, Caesarea Maritima, Shiqmin, Ain Ghazal, Volume 51*. American Schools of Oriental Research.
- Dincauze D.F., 2000. *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. Cambridge University Press.
- Dirole P., 1953. *The Undersea Adventure*. Julian Messner, Inc., New York.
- Dirole P., 1954. *4,000 Years under the Sea*. Sidgwick and Jackson Ltd.: 3rd impression, London.
- Dugan J., 1957. *Undersea Explorer: The Story of Captain Cousteau*. Harper & Brothers, New York.
- Dugan J., et al., 1967. *World beneath the Sea*. NGS.
- Dumas F., 1962. *Deep-Water Archaeology*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Dunkley M., 2008. *Protected Wreck Sites at Risk - A Risk Management Handbook*. English Heritage, Portsmouth.
- Easterbrook N., et al., 2002. *Lost at Sea: The Strange Route of the Lena Shoal Junk*. Periplus Publishing London Ltd.
- Easterbrook N., et al., 2003a. *Underwater Archaeology: History and Methodology*. Periplus Publishing London Ltd.
- Easterbrook N., et al., 2003b. *Mare Nostrum: the Roman Sea*. Periplus Publishing London Ltd.
- Empereur J.Y., 1998. *Alexandria Rediscovered*. George Braziller, Inc., New York.

- English Heritage, 2010. *Waterlogged Wood - Guidelines on the Recording, Sampling, Conservation and Curation of Waterlogged Wood*. English Heritage, Swindon.
- Engvig O.T. and Astrom P., 1975. *Hala Sultan Tekke II - The Cape Kiti Survey: An Underwater Archaeological Survey*. Typografia, Goteborg.
- Erickson P.A., et al., 2005. *Underground Halifax -Stories of Archaeology in the City*. Nimbus Publishing Limited, Halifax.
- Falcon-Barker T., 1969. *Devil's Gold*. Nautical Publishing Company, Lymington.
- Ferguson H.L., 1939. *Salvaging Revolutionary Relics from the York River*. Clyde W. Saunders & Sons, Inc.: reprint(1944) and extract from William and Mary College Quarterly Historical Magazine, series 2, vol.19, no.3, July 1939, Virginia.
- Fish J.P., Carr H.A., 1990. *Sound Underwater Images*. Lower Cape Publishing, Orleans, MA.
- Flemming N.G. and Max M.D., 1996. *Scientific Diving: A General Code of Practice*. Best Publishing Company - UNESCO Publishing: 2nd ed.
- Foley B.P. and Mindell D.A., 2002. Precision Survey and Archaeological Methodology in Deep Water. *ENALIA The Journal of the Hellenic Institute of Marine Archaeology*, Vol. VI, 49-56, 2002.
- Franzen A., 1974/60. *The Warship Vasa: Deep Diving and Marine Archaeology in Stockholm*. P.A. Norstedt & Soners Forlag, Stockholm.
- Franzen G., 1971. *The Great Ship Vasa*. Hastings House, Publishers, New York.
- Fritsch C.T. et. al., 1975. *The Joint Expedition to Caesarea Maritima, Volume I Studies in the History of Caesarea Maritima*. Scholars Press, Montana.
- Frost H., 1963. *Under the Mediterranean: Marine Antiquities*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Garaballo R. and Scovazzi T., 2003. *The Protection of the Underwater Cultural Heritage: Before and After the 2001 UNESCO Convention*. Martinus Nijhoff Publishers, Leiden/Boston.
- GeoAcoustics, 2006. *GeoChirp 3D Product Bulletin*. GeoAcoustics Ltd.
- Gillon J., 2002. Marine Archaeology: Acid attack. *Nature* vol.415 Feb. 2002, Macmillan Magazines Ltd.
- Goddio F., 2007. *Underwater Archaeology in the Canopic Region in Egypt: The Topography and excavation of Heracleion-Thonis and East Canopus (1996-2006)*. Oxford Centre for Maritime Archaeology.
- Goddio F. and Bernand A., 2004. *Sunken Egypt Alexandria*. Periplus Publishing London Ltd.
- Goddio F. and Clauss M., 2006. *Egypt's Sunken Treasures - Exhibition Catalogue*. Prestel, Munich.
- Goddio F., et al., 2000/2001. *Royal Captain: a Ship Lost in the Abyss*. Periplus Publishing London Ltd.
- Gould R.A., 2000. *Archaeology and the Social History of Ships*. Cambridge University Press.
- Govaars M. et al. 2009. *Field O: The "Synagogue" Site, The Joint Expedition to Caesarea Maritima Excavation Reports / American Schools of Oriental Research ; v. 9*. The American

- Schools of Oriental Research, Boston.
- Green G., 2004. *Maritime Archaeology: A Technical Handbook, 2nd ed.* Elsevier Academic Press, London.
- Green J., 2004. *Report on the Demeter Side Scan Sonar Search and the Aslan Burnu Site Survey, Turkey, 2004.* Department of Maritime Archaeology, Western Australia Maritime Museum.
- Guerin U., Egger B. et al. 2011. *UNESCO Manual for Activities Directed at Underwater Cultural Heritage.* UNESCO.
- Hackman D.J. and Caudy D.W., 1981. *Underwater Tools.* Battelle Press, Columbus, Ohio.
- Hamilton D.L., 1976. *Conservation of Metal Objects from Underwater Sites: A Study in Methods.* a joint publication, The Texas Memorial Museum and The Texas Antiquities Committee.
- Harris G.L., 1994. *Iron Suit: The History of the Atmospheric Diving Suit.* Best Publishing Company.
- Hass H., 1975/73. *Men beneath the Sea: Man's Conquest of the Underwater World.* St. Martin's Press, New York.
- Heine J.N., 1999. *Scientific Diving Techniques: A Practical Guide for the Research Diver.* Best Publishing Company, Arizona.
- Henderson G., 1986. *Maritime Archaeology in Australia.* University of Western Australia Press, Nedlands.
- Hicks B. and Kropf S., 2001. *Raising the Hunley: The Remarkable History and Recovery of the Lost Confederate Submarine.* Thorndike Press, Waterville.
- Hocker F.M. and Ward C.A., 2004. *The Philosophy of Shipbuilding: Conceptual Approaches to the Study of Wooden Ships.* Texas A&M University Press / College Station.
- Holmquist J.D. and Wheeler A.H., 1964. *Diving into the Past: Theories, Techniques, and Applications of Underwater Archaeology.* The Minnesota Historical Society and the Council of Underwater Archaeology, St. Paul.
- Holt P., 2003. *The Sonardyne Fusion Acoustic Positioning System used on the Mary Rose.* Sonardyne International Ltd.
- Horner D., 1999. *Shipwreck: A Saga of Sea Tragedy and Sunken Treasure.* Sheridan House Inc., New York.
- Houot G.S., 1958. Four Years of Diving to the Bottom of the Sea. *NGM, Apr. 1998*, NGS.
- Hussain F., 1970. *Living Underwater.* Praeger Publishers, Inc., New York.
- IMCA, 2006. *International Guidelines for The Safe Operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels.* IMCA(The International Marine Contractors Association), London.
- Irion J.B., 1990. *Archaeological Investigations of the Confederate Obstructions, Mobile Harbor, Alabama.* The University of Texas at Austin.
- Jamkowski M., 2005. Ghost Ship Found. *NGM, Feb. 2005*, NGS.
- Jardine F.M. and McCallum R.I., 1994. *Engineering and Health in Compressed Air Work.* E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, London.

- Joiner J.T., 2001. *NOAA Diving Manual: Diving for Science and Technology*. Best Publishing Company: 4th ed., Arizona.
- Johnstone P., 1974. *The Archeology of Ships*. Henry Z. Walck, Inc., New York.
- Keith D.H., 1979. Yellow Sea Yields Shipwreck Trove: A 14th-century Cargo Makes Port at Last. *NGM*, Aug. 1979, NGS.
- Kenny J.E., 1973. *Business of Diving*. Gulf Publishing Company: 2nd ed., Houston.
- Kerisel J., 2005. *Of Stones and Man: from the Pharaohs to the Present Day*. Taylor & Francis Group, London.
- Lafferty B., et al., 2006. A side-scan sonar and high-resolution Chirp sub-bottom profile study of the natural and anthropogenic sedimentary record of Lower Lough Erne, northwestern Ireland. *Journal of Archaeological Science* 33 (2006) 756-766. Elsevier Ltd.
- Lampton C., 1988. *Undersea Archaeology*. Franklin Watts, New York.
- Laroe L.M., 1997. La Salle's Last Voyage. *NGM*, May 1997, NGS.
- Lawler A., 2005. Ancient Alexandria Emerges, by Land and by Sea. *Science* vol.307 Feb. 2005, AAAS.
- Lawrie J.A., 1985. Comparison of Past with Present. *Developments in Diving Technology: Advances in Underwater Technology and Offshore Engineering Vol.1*. Graham & Trotman Ltd., London.
- Lenihan D., 2002. *Submerged: Adventures of America's Most Elite Underwater Archaeology Team*. Newmarket Press, New York.
- Levine L.I. et al., 1986. *Excavations at Caesarea Maritima 1975, 1976, 1979 - Final Report*. The Hebrew University of Jerusalem, Hamakor Press Ltd., Jerusalem.
- Linder E. et al., 1976. *Introducing Underwater Archaeology*. Lerner Publications Company, Minneapolis.
- Link E.A., 1964. Tomorrow on the Deep Frontier. *NGM*, June 1964, NGS.
- Manders M.R., 2011a. *Guidelines for Protection of Submerged Wooden Cultural Heritage, including cost-benefit analysis*. EU Project WreckProtect (Project No. 226225).
- Manders M.R., 2011b. *Guidelines for Predicting Decay by Shipworm in the Baltic Sea*. EU Project WreckProtect (Project No. 226225).
- Manders M.R., Oosting R. and Brouwers W., 2009a. *Managing Cultural Heritage Underwater (MACHU) Report Nr. 2*. www.machuproject.eu.
- Manders M.R., Oosting R. and Brouwers W., 2009b. *Managing Cultural Heritage Underwater (MACHU) Final Report Nr. 3*. www.machuproject.eu.
- Marsden P., 1975. *The Wreck of the Amsterdam*. Stein and Day, New York.
- Martin C., 1981. Archaeology in an Underwater Environment. *Protection of the Underwater Heritage: Technical Handbooks for Museums and monuments* 4. UNESCO.
- Martin C. and Parker G., 2005(1st 1988). *The Spanish Armada*. Manchester University Press.
- Marx R.F., 1973. *Port Royal Rediscovered*. Doubleday & Company, Inc., New York.
- Marx R.F., 1975. *The Underwater Dig: An Introduction to Marine Archaeology*. Henry Z. Walck,

- Inc., New York.
- Marx R.F., 1978. *Into the Deep: The History of Man's Underwater Exploration*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Marx R.F., 1990. *The History of Underwater Exploration*. Dover Publications, Inc.,
- Masters D., 1932. *When Ships Go down: More Wonders of Salvage*. Eyre and Spottiswoode (Publishers), Ltd., London.
- Matz E., 1991. *Vasa*. The Vasa Museum, Stockholm.
- Maynard J., 1996. *Niagara's Gold*. Kangaroo Press Pty Ltd, Kenthurst.
- McGrail S., 2006. *Ancient Boats and Ships*. Shire Publications Ltd., Buckinghamshire.
- McKee A., 1973. *King Henry VIII's Mary Rose: Its Fate and Future*. Souvenir Press Ltd., London.
- McKee A., 1982. *How We Found the Mary Rose*. Souvenir Press Ltd., London.
- McMillon B., 1991. *The Archaeology Handbook: A Field Manual and Resource Guide*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Menotti F., 2004. *Living on the Lake in Prehistoric Europe: 150 Years of Lake-dwelling Research*. Routledge, London and New York.
- Milwee W.I., Jr., 1996. *Modern Marine Salvage*. Cornell Maritime Press, Maryland.
- Mirzoeff J., 1985. Technical and Operational Aspects of Dynamic Positioning Systems. *Underwater Technology* vol.11, no.2.
- Morgan N., 1990. *Marine Technology Reference Book*. Butterworth & Co. Ltd., Essex.
- Morrison I., 1973. *The North Sea Earls: The Shetland/Viking Archaeological Expedition*. Gentry Books Ltd., London.
- Mowat F., 1958. *The Grey Seas Under: The Perilous Rescue Missions of a North Atlantic Salvage Tug*. The Lyons Press.
- MTS(Marine Technology Society), 1984. *Operational Guidelines Remotely Operated Vehicles*. Subcommittee on Remotely Operated Vehicles, MTS, Washington.
- Muckelroy K., 1978. *Maritime Archaeology*. Cambridge University Press.
- Muckelroy K., 1980. *Archaeology Under Water: An Atlas of the World's Submerged Sites*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Murphy L.F. et al., 1998. *H.L. Hunley Site Assessment*. NPS(National Park Service).
- Myers J.J., Holm C.H. and McAllister R.F., 1969. *Handbook of Ocean and Underwater Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Newton J.G., 1975. How We found the Monitor. *NGM*, Jan. 1975, NGS.
- NGS. *Titanic (Collector's Edition)*. NGS.
- NOAA, 2006. *NOAA Hydrographic Survey Priorities 2006 Edition*. Office of Coast Survey, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), U.S. Department of Commerce.
- Ohrelius B., 1963. *Vasa: The King's Ship*. Chilton Books, Philadelphia.
- Oleson J.P. et al., 1994. *The Harbours of Caesarea Maritima: Results of the Caesarea Ancient Harbour Excavation Project 1980-85, Volume II: The Finds and the Ship*. Hadrian Books

- Ltd.
- Oosting R. and Manders M., 2008. *Managing Cultural Heritage Underwater (MACHU) Report Nr. 1*. www.machuproject.eu.
- Owen D.I., 1970. Picking up the Pieces: The Salvage Excavation of a Looted 5th Century BC Shipwreck in the Straits of Messina. *Expedition vol.13, no.1, Fall 1970*, The Bulletin of the University Museum of the University of Pennsylvania.
- Oxley I. and O'Regan D., 2001. *The Marine Archaeological Resource*, Institution of Field Archaeologists(IFA) Paper No.4. IFA SHES, University of Reading, Whiteknights, UK.
- Paterson L.J., 1996. *"Only Thirty Birthdays": British Marine Mutual, 1876 to 1996*. The British Marine Mutual Insurance Association Ltd., London.
- Patrich J. et al., 2008. *Archaeological Excavations at Caesarea Maritima Areas CC, KK and NN Final Reports, Volume I: The Objects*. Old City Press, Jerusalem.
- Pellegrino C., 1990. *Her Name, Titanic: The Untold Story of the Sinking and Finding of the Unsinkable Ship*. Robert Hale Limited, London.
- Penzias W. and Goodman M.W., 1973. *Man Beneath the Sea: A Review of Underwater Ocean Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Perry, 1984. ROV
- Peterson M., 1965. *History Under the Sea: A Handbook for Underwater Exploration*, Smithsonian Publication 4538. Smithsonian Institution.
- Peterson M.L., 1954. *History Under the Sea: Underwater Exploration of Shipwrecks*, Smithsonian Publication 4174. Smithsonian Institution.
- Pinney R., 1970. *Underwater Archaeology: Treasures Beneath the Sea*. Hawthorn Books, Inc. Publishers, New York.
- Pollini J. et al., 2005. *Terra Marique: Studies in Art History and Marine Archaeology in Honor of Anna Marguerite McCann on the Receipt of the Gold Medal of the Archaeological Institute of America*. Oxbow Books, Oxford.
- Pope F., 2007. *Dragon Sea: A True Tale of Treasure, Archaeology, and Greed off the Coast of Vietnam*. Harcourt, Inc., Orlando.
- Quinn et al., 2002. Integrated Geophysical Surveys of the French Frigate *La Surveillante* (1797), Bantry Bay, Co. Cork, Ireland. *Journal of Archaeological Science* (2002) 29. Elsevier Science Ltd.
- Rackle H-W., 1968. *Diving Into the Past: Archaeology Under Water*. Charles Scribner's Sons, New York.
- Rao S.R., 2001. *Marine Archaeology in India*. Publication Division, Ministry of Information and Broadcasting, Government of India.
- Rapp G.R. and Hill C.L., 1998. *Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. Yale University Press.
- Ravan A. 2009. *Guide to Sebastos: The Ancient Harbours of Caesarea Maritima*. Center for Maritime Studies; Haifa University. Schalgi Ltd. - Publishing House, Tel-Aviv.

- Renfrew C. and Bahn P., 2004. *Archaeology: Theories, Methods and Practice*. Thames & Hudson Ltd., London.
- Richards N., 2008. *Ships' Graveyards - Abandoned Watercraft and the Archaeological Site Formation Process*. University Press of Florida.
- Riche W.L., 1996. *Alexandria: The Sunken City*. George Weidenfeld and Nicolson Ltd., London.
- Romero P.B., 1964. *Under the Waters of Mexico*. Carlton Press, Inc., New York.
- Rule M. and Miller P., 1983. Henry VIII's Lost Warship: The Search for Mary Rose. *NGM, May 1983*, NGS.
- Runestone Press, 1994. *Sunk!: Exploring Underwater Archaeology*. Runestone Press, Minneapolis.
- Ruppe C.V. and Barstad J.F., 2002. *International Handbook of Underwater Archaeology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Ryan E.J. and Bass G.F., 1962. Underwater Surveying and Draughting - A Technique. *Antiquity, vol. XXXVI no.144, Dec. 1962*, The Antiquity Trust, Cambridge.
- Ryan W.B.F. and Pitman W.C., 1998. *Noah's Flood: The New Scientific Discoveries about the Event that Changed History*. Simon & Schuster, New York.
- Sagalevitch A.M., 2001. Second Discovery of the Bismarck Wreck. *Sea Technology, Dec. 2001*.
- Sandstrom M. et al., Deterioration of the Seventeenth-century Warship *Vasa* by Internal Formation of Sulphuric Acid. *Nature vol.415 Feb. 2002*, Macmillan Magazines Ltd.
- Sandz V. and Marx R.F., 2001. *Encyclopedia of Western Atlantic Shipwrecks and Sunken Treasure*. Mcfarland & Company, Inc., Publishers, Jefferson.
- Saunders R., 1962. *The Raising of the Vasa: The Rebirth of a Swedish Galleon*. Oldbourne Book Co. Ltd, London.
- Schiermeier Q., 2002. Undersea Plan Leaves Wrecks to Rest in Peace. *Nature vol.415 Feb. 2002*, Macmillan Magazines Ltd.
- Schiermeier Q., 2004. Noah's Flood. *Nature, vol. 430, Aug. 2004*, Nature Publishing Group.
- Sheridan R.E., 2004. *Iron from the Deep: The Discovery and Recovery of the USS Monitor*. Naval Institute Press, Annapolis.
- Silverberg R., 1963. *Sunken History: The Story of Underwater Archaeology*. Chilton Books, Philadelphia.
- Skowronek R.K. and Ewen C.R., 2007. *X Marks the Spot: The Archaeology of Piracy*. University Press of Florida.
- Smith C.W., 2003. *Archaeological Conservation Using Polymers: Practical Applications for Organic Artifact Stabilization*. Texas A&M University Press.
- Smith K.C., 2000. *Exploring for Shipwrecks*. Franklin Watts, Grolier Publishing, New York.
- Smith R.C., 2000. *The Maritime Heritage of the Cayman Islands*. University Press of Florida.
- Spirek J.D. and Scott-Ireton D.A., 2003. *Submerged Cultural Resource Management: Preserving and Interpreting Our Sunken Maritime Heritage*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Staniforth M. et al., 2008. *Maritime Archaeology - Australian Approaches*. Springer

- Science+Business Media, LLC.
- Stanley J.-D. et al., 2007. *Underwater Archaeology in the Canopic Region in Egypt: Geoarchaeology*. Oxford Centre for Maritime Archaeology.
- Steffy J.R., 2006. *Wooden Ship Building and the Interpretation of Shipwrecks*, 3rd printing (1994 1st). Texas A&M University Press.
- Stenuit R., 1978. The Sunken Treasure of St. Helena. *NGM*, Oct. 1978, NGS.
- Strachan S., 1992. *Underwater Shipwreck Discovery Trail*. Victoria Archaeological Survey.
- Strachan S., 2000a. *Silts in the Sight Glass: Protectors and Raiders of the SS City of Launceston*. Heritage Victoria.
- Strachan S., 2000b. *Victorian Heritage Strategy Shipwrecks 2005*. Heritage Victoria.
- Surhone L.M. et al., 2010. *Caesarea Maritima: Caesarea, Early Centers of Christianity, Archbishop of Caesarea, Theological Library of Caesarea Maritima, the Harbor at Caesarea, Herod the Great*. Betascript Publishing.
- Taylor J.P., 1966. *Marine Archaeology*. Thomas Y. Crowell Company, New York.
- Thorndike J.J., Jr., 1980. *Mysteries of the Deep*. American Heritage Publishing Co., Inc., New York.
- Throckmorton P., 1969, 1970. *Shipwrecks and Archaeology: The Unharvested Sea*. Atlantic-Little, Brown, Boston.
- Throckmorton P., 1970. More Lost Ships. *Expedition vol.13, no.1, Fall 1970*, The Bulletin of the University Museum of the University of Pennsylvania.
- Throckmorton P., 1974. Archaeology in Old World Waters. *Undersea Treasures*. NGS.
- Throckmorton P., 1977. *Diving for Treasure*. The Viking Press, New York.
- Throckmorton P., 1987. *The Sea Remembers: Shipwrecks and Archaeology*. Weidenfeld & Nicolson, New York.
- Tripathi A., 2005. *Marine Archaeology (Recent Advances)*. Underwater Archaeology Wing, Archaeological Survey of India, New Delhi, Santhosh Offset, Delhi.
- Tripathi S., 2009. *Maritime Archaeology for Beginners*. Kaveri Books, New Delhi.
- UNESCO, 1972. *Underwater Archaeology: A Nascent Discipline*. United Nations.
- USACE, 2004. *Engineering and Design - Hydrographic Surveying*. Department of the Army, USACE (U.S. Army Corps of Engineers), Washington, DC.
- Vardaman E.J., 2008. *Photographs of Caesarea Maritima, Israel: A Collection from the 1962 Archaeology Season: Synagogue Site, Strato's Tower and Byzantine Houses*. Dog Ear Publishing, Indianapolis.
- Villiers A., 1963. Ships Through the Ages: A Saga of the Sea. *NGM*, Apr. 1963, NGS.
- Vorosmarti J., Jr., 1997. A Very Short History of Saturation Diving. *Historical Diving Times Issue 20 (Winter 1997)*, The Historical Diving Society.
- Vryhof Ankers bv, 1990. *Anchor Manual, 1990 edition*. Vryhof Ankers B.V., Netherlands.
- Vuorela I., 1995. *Scientific Methods in Underwater Archaeology: Proceedings of a European Seminar held at the Zoological Field Station, Finland, Oct. 15th ~18th, 1992*. Journal of the

- European Network of Scientific and Technical Cooperation for Cultural Heritage.
- Wagner K., 1967. *Pieces of Eight - Recovering the Riches of a Lost Spanish Treasure Fleet*. Longmans, Green and Co. Ltd, London.
- Ward I.A.K. et al., 1999. A New Process-based Model for Wreck Site Formation. *Journal of Archaeological Science* (1999) 26. Academic Press.
- Wheat-Stranahan P., 2007. *La Salle in Texas - A Teacher's Guide for the Age of Discovery and Exploration*. Texas A&M University Press.
- WHOI, 1998. DSL Surveys British Merchant Ship. *Currents vol.7, no.2, Spring 1998*, WHOI.
- Wignall S., 1982. *In search of Spanish Treasure: A diver's Story*. David & Charles Inc., Vermont.
- Wilcox T.E. and Fletcher B., 2004. High-Frequency Sonar for Target Re-acquisition and Identification: Off-the Shelf Side Scan Sonar System Used aboard small UUVs to Produce Ultra-high-resolution Imagery. *Sea Technology vol.45, no.6 Jun. 2004*, Compass Publications Inc., Arlington, Virginia.
- Wilkes B.St.J., 1971. *Nautical Archaeology: A Handbook for Skin Divers*. Stein and Day/Publishers/ New York.
- Williams K., 2004. *Alexandria and the Sea: Maritime Origines and Underwater Explorations*. Lightning Source UK Ltd.
- Woods J.D. and Lythgoe J.N., 1971. *Underwater Science: An Introduction to Experiments by Divers*. Oxford University Press.
- Wunderlich J. et al., 2004. Detection of Embedded Archaeological Objects using Nonlinear Sub-bottom Profilers. *Proceedings of the Seventh European Conference on Underwater Acoustics*, ECUA 2004.
- Yoo H.S. et al., 2005. Discovery of the Dmitri Donskoi ship near Ulleung Island (East Sea of Korea), using geophysical surveys. *Exploration Geophysics (2005) Vol 36, No. 1*. Australian Society of Exploration Geophysicists (ASEG).
- Zwingle E., 1987. "Doc" Edgerton - The Man Who Made Time Stand Still. *NGM, Oct. 1987*, NGS.

본고에 직접 인용되지 않은 참고 문헌과 자료들도 수록하였다. 현재까지 우리나라에서 수중고고학 관련 참고 문헌과 자료들의 정보가 미흡하다고 생각되기 때문이다. 본인이 수집한 자료들 중, 수중고고학과 해난구조(Salvage) 관련 자료들을 위주로 수록하였다. 저자 주.

제2편은 제1편(수중과학회지 20권 2호)에 이어서 게재되는 것으로 제1편과 2편 모두 고인이 남긴 유고의 기본적인 틀을 변형하지 않고 게재하는 것으로 그 사유에 대하여는 20권 2호에 편집위원장 주해로 설명문을 고지한 바 있음을 알립니다.

한국수중과학회 임원명단(2025-2026)

직책	성명	소속	주소	전화/모바일폰
고문	이병두	대한수중핀수영협회 명예회장	서울 송파구 방이동 201-4 두성빌딩4층 blee@kua.or.kr	02-420-4293 010-4116-4293
	제종길	도시인쇄 회장	경기도 안산시 단원구 고잔동 778번지 보네르빌리지 아파트 103동 1401호 / jgje1231@naver.com	031-414-1516 010-3715-6218
	명정구	한국해양과학기술원	부산광역시 영도구 해양로 385 jgmyoung@kordi.re.kr	051-955-3981 010-2367-6234
회장	장필순	(주)씨텍 회장	부산광역시 사상구 모라로 22, 부산벤처타워 1510호 psjang@sea-tech.kr	051-775-2200 010-3579-0528
부회장	김지현	군산대학교 해양과학대학 수산과학연구소	전북 군산시 미룡동 군산대학교 uwpkim@hanmail.net	063-469-1831 010-3658-0596
	채재익	(주)인터오션 대표	부산광역시 남구 신선로 231 chae@interocean.co.kr	010-4594-5665
총무이사	표형근	(주)한국과학잠수연구소 대표	세종특별자치시 보람로96 2008동 901 phg@ksdi.kr	010-9491-0851
이사 (12명)	강용수	(주)씨텍 상무	부산 사상구 모라로 22 부산벤처타워 1509호 ysgang@sea-tech.kr	010-3431-8117
	김남길	경상국립대학교 명예교수	경남 통영시 풍화일주로 1609-30 ngkim@gnu.ac.kr	010-3471-2979
	김동식	수중촬영 감독	경기도 부천시 소사구 신곡본동 707-13 3층 atlantis-21@hanmail.net	010-3727-3289
	김병직	국립생물자원관 연구관	인천 서구 환경로42 국립생물자원관 kimbyungjik@gmail.com	010-9477-9497
	김성현	목포마린잠수 대표	전남 영암군 삼호읍 모밀항길 39-18 희망가@101-701 gaemi9100@naver.com	010-9754-2244
	김성훈	경북대학교 명예교수	대구시 수성구 범물동 용학로 316, 영남타운 101동 1101호 / shokim@knu.ac.kr	010-6411-4808
	김영훈	해양과학고등학교 교사	충남 보령시 대천항로 212 충남해양과학고등학교 ds51ft@hanmail.net	010-9559-9372
	김창모	부산시수중핀수영협회	부산 연제구 거제천로 146번길 30 602호 moya0516@hanmail.net	010-5550-3366
	도현욱	TK 레포츠 대표	대구 북구 호국로 57길 20 107동 902호 doscuba@hanmail.net	010-3082-6242
	조경희	해성 대표	서울 중랑구 상봉2동 115-66 3층 moniteur@hanmail.net	010-5496-1133
	이성기	서울메트로 대리	서울시 도봉구 방학동 652-24 대우빌라 402호 cameyo1@hanmail.net	010-6348-6377
감사	최상학	씨모닝 대표이사	경기도 고양시 일산 서구 덕이로 238 중앙하이츠빌 104동 1005호/mc398@hanmail.net	02-6110-6085 010-6235-4263
	윤순태	다큐코리아 대표	경기 화성시 반송동 128-9 3층 savha01@hanmail.net	010-3621-1905

학회지편집위원회	편집위원장	김남길	경남 통영시 풍화일주로 1609-30 해조류 종자생태연구소 ngkim@gnu.ac.kr	010-3471-2979
	간사	김은희	전북 군산시 축동로 42, 306동 701호 sarang7836@naver.com	010-9501-7836

The Korean Society of Underwater Science & Technology (KOSUST)

- Honorary advisor : Byungdoo Lee (Korea Underwater Association)
Jong Geel Je (City and Nature Institute)
Jung-Goo Myoung (KIOST)
- 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.)
- Auditors : Sang Hack Choi (Seamorning Co. Ltd.)
Soon-Tae Yoon (Docu Korea)
- Director
 - * Yong-Soo Gang (Seatech Co. Ltd.)
 - * Nam-Gil Kim (Korea Professional Aquaculture Engineering Association)
 - * Dongsik Kim (Atlantis Production)
 - * Byung-Jik Kim (National Institute of Biological Resources)
 - * Seong-Heon Kim (Mokpo Marine SCUBA)
 - * Sung-Hoon Kim (Kyungpook National University)
 - * Yeung Hoon Kim (Chungnam Marine Science High School)
 - * Chang Mo Kim (Busan Underwater Association)
 - * Hyung-Wook Do (T.K. Leports)
 - * Sung Ki Lee (Seoul Metro)
 - * Kyung-Hee Cho (Bluemarine)

Underwater Science & Technology Editorial Board

- Editors-in-Chief: Nam-Gil Kim (Korea Professional Aqua. Engineer. Associ.)
- Executive Secretary : Eun-Hee Kim (Kunsan National University)

대한민국 해양안전부터 대학병원 임상까지! 고압산소치료기의 기준, 인터오션



감압병(잠수병) 치료 및 예방

국내 최초, 극한의 해양 현장을 지켜온 잠수 챔버

6기압
2명



이동형 챔버 MOBILE CHAMBER

수용 인원 : 2명
사용 압력 : 6 ATA
크기 : 2525mm(D) 1650mm(H) 1470mm(W)
격실 타입 : A타입 - Docking / B타입 - Single Lock

6기압
6명



컨테이너 내장형 챔버 CONTAINERIZED CHAMBER

수용 인원 : 6명(주격실 4명, 보조격실 2명)
사용 압력 : 6 ATA
크기 : 5790mm(D) 2600mm(H) 2400mm(W)
격실 타입 : Double Lock



해경잠수지원정



제주 해군기지



해경 SSDS



세월호



정보사

당뇨병(당뇨합병증), 버거씨병, 화상, 만성두통, 어지럼증, 손발저림, 노화방지 국내 주요, 대학병원 점유율 1위 의료용 챔버

3기압
2명



인피니티 프라임 INFINITY PRIME

3기압
1명



트리니티 프라임 TRINITY PRIME

선택형
마스크(4종)

리클라이너
의자

공기가압
방식

화재 예방
시스템

자동
호흡기
전환

- ⊕ 용인세브란스병원
- ⊕ 한양대학교병원
- ⊕ 한림대학교강성성심병원
- ⊕ 한림대학교강남성심병원
- ⊕ 건양대학교병원
- ⊕ 원광대학교병원
- ⊕ 이화여자대학교병원
- ⊕ 부산대학교병원
- ⊕ 인제대학교부산백병원
- ⊕ 외 전국 주요 대학·종합병원 다수 도입

☎ 1661-0528

✉ hbot@interocean.co.kr

📍 고압산소치료 연구센터(체험관)
부산 수영구 남천서로13번길 23

🌐 www.iomedical.co.kr



다인용 챔버 SPORTS HYPERBARIC CHAMBER