

# 과학잠수관찰을 통한 우리나라 부산, 울산 연안의 어류상

이용득 · 이강민<sup>1</sup> · 곽우석<sup>2,\*</sup>

국립수산과학원 수산자원연구센터, <sup>1</sup>경상남도수산자원연구소 민물고기연구센터,  
<sup>2</sup>경상국립대학교 해양과학대학 해양생물교육연구센터

**Assessment of Fish Fauna in the Coastal Waters off Busan and Ulsan, Southwestern Korea Using the Underwater Visual Census by Yong-Deuk Lee, Gang-Min Lee<sup>1</sup> and Woo-Seok Gwak<sup>2,\*</sup>** (Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea; <sup>1</sup>Gyeongsangnam-do Freshwater Fish Research Center, Miryang 50411, Republic of Korea; <sup>2</sup>Marine Bio-Education and Research Center, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea)

**ABSTRACT** Fish fauna was observed off the coast of Busan (Cheongsapo) and Ulsan (Bangeojin) using underwater visual census from November 2016 to October 2017. A total of 1,486 individuals of 25 species in Cheongsapo and 3,859 individuals of 31 species were identified in Bangeojin. Dominant species in the number of individuals were *Trachurus japonicus* (20.9%), *Halichoeres tenuispinis* (12.6%), and *Chromis notata* (11.9%) in Cheongsapo, *Siganus fuscescens* (42.0%), *Pempheris japonica* (8.4%), and *Chromis notata* (8.0%) in Bangeojin. There was no significant difference in the species composition of Cheongsapo and Bangeojin but spring vs. summer, spring vs. autumn, summer vs. winter, autumn vs. winter showed a significant difference. Contribution species of seasonal differences were commonly high rates by *Halichoeres tenuispinis* and *Parajulis poecilepterus*. Of the total 38 species, 17 (44.7%) temperate, 6 (15.8%) tropical, and 15 (39.5%) subtropical species observed coastal waters off Cheongsapo and Bangeojin.

**Key words:** Fish species composition, underwater visual census, Cheongsapo, Bangeojin, ecological characteristics

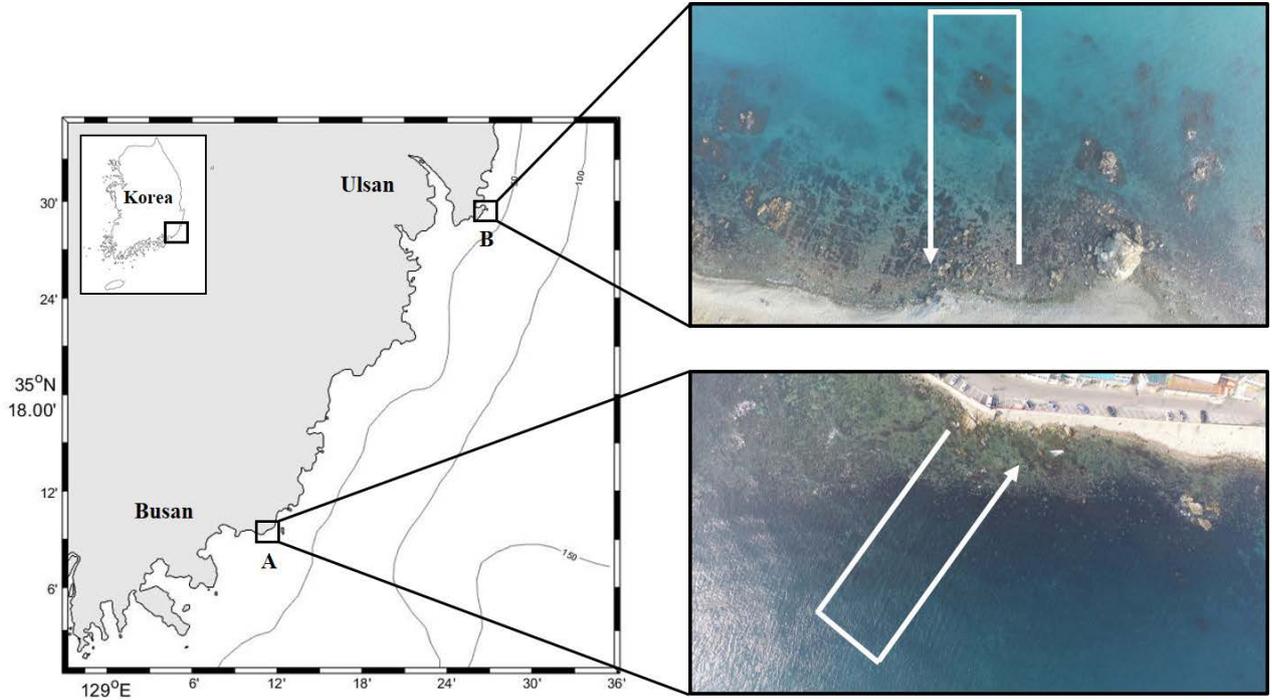
## 서 론

우리나라 남해동부 연안은 쿠로시오 해류의 지류인 대마 난류가 유입되며 (Lie and Cho, 2002), 난류를 따라 열대 및 아열대성 어종 등 다양한 어종이 출현한다 (Nakazono, 2002). 또한, 제주도 연안에서는 다양한 미기록 어종이 보고되고 있으며 (Park *et al.*, 2008; Kim and An, 2010; Kim *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2013), 울릉도 (Myoung *et al.*, 2005), 독도 (Myoung, 2002) 에서도 난류의 영향으로 아열대성 어류가 출현하고 있어 수산자원의 변동을 예측하기 위한 열대 및 아열대 어종에 관한 연구가 필요하다. 특히 우리나라 남해동부 연안은 잘피, 해초,

암반 등 다양하고 복잡한 서식지로 구성되어 있어, 자치어의 은신처 및 성육장으로서 중요한 역할을 한다 (Parrish, 1989; Nakamura and Tsuchiya, 2008). 그러나 최근 개발로 인한 연안 서식지 파괴, 수온 상승에 따른 어류의 서식지 변동 등 자원 보호와 지속적인 관리를 위한 연안 어류상 모니터링은 매우 중요하다.

우리나라 남해동부해역에서 수행된 어류상 연구로는 부산에서 소형 기선저인망을 이용한 가덕도 주변 해역 어류 종조성 (Huh and An, 2000), 저인망을 이용한 기장 연안 어류 군집의 계절 변화 (Hwang and Park, 2017) 등이 있고, 울산에서는 정치망을 이용한 어류상 연구가 있다 (Han *et al.*, 2002). 그러나 남해동부해역에서 과학잠수관찰로 수행된 어류상 연구는 통영 영운리 어류상 (Gwak *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2018), 울산 인공어초 어류상 (Hwang *et al.*, 2015) 연구 등으로 한정적이다.

저자 직위: 이용득 (인턴연구원), 이강민 (연구사), 곽우석 (교수)  
\*Corresponding author: Woo-Seok Gwak Tel: 82-55-772-9152,  
Fax: 82-55-772-9159, E-mail: wsgwak@gnu.ac.kr



**Fig. 1.** Map of the survey sites in Busan and Ulsan, Korea and photographs of each survey area taken by drones. The white arrow indicates the transect line. A: Cheongsapo; B: Bangeojin.

과학잠수조사방법 UVC (underwater visual census)는 비파괴적인 조사방법으로 1950년대 산호초 어류군집을 평가하는데 최초로 사용되었다(Brock, 1954; Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). 이 조사방법은 종 풍부도를 평가하기에 용이하기 때문에 무척추동물, 대형조류, 어류상 연구 등 광범위하게 이용되고 있다(Samoilys and Carlos, 2000; Denny and Babcock, 2004; Edgar *et al.*, 2004; Kulbicki *et al.*, 2007; Stuart-Smith *et al.*, 2008; Edgar and Barrett, 2012). 또한 비파괴적인 방법이기 때문에 해양보호구역 (marine protected area)과 같은 보호구역에서 연구하는 데 적합하며, 어구를 이용한 정량적인 조사가 어려운 수심이 얇은 암반 지역이나 해초밭 등 복잡한 미소서식지의 어류상을 관찰하기에도 적합한 방법이다(Nakamura and Sano, 2004; Horinouchi *et al.*, 2005).

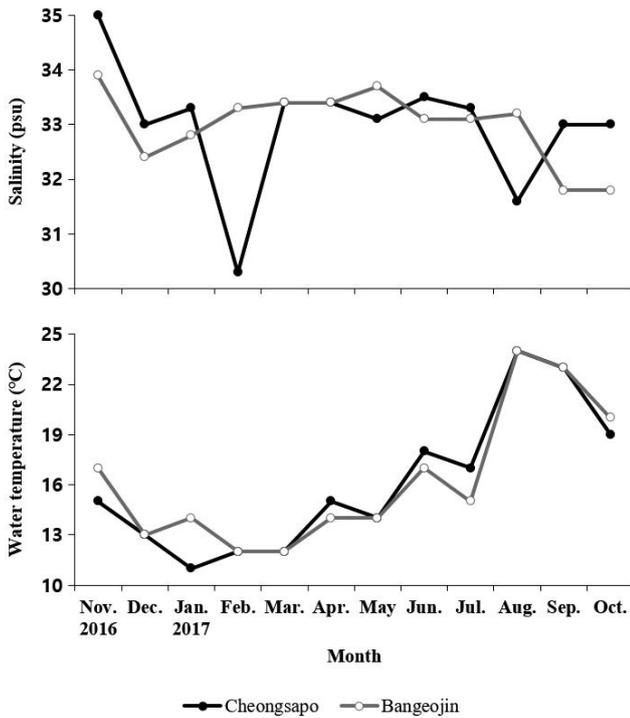
이번 연구의 목적은 우리나라 남해동부 부산(청사포), 울산(방어진) 연안에서 과학잠수조사를 통해 월별, 계절별, 정점별 어류 군집구조를 파악하고, 어종별 유영특성, 서식지 등 수중에서 어류의 생태학적인 특징을 직접 관찰하는 것이다.

## 재료 및 방법

조사 정점은 부산 청사포, 울산 방어진 연안에서 2016년 11월부터 2017년 10월까지 1년간 매월 1회씩 조사를 실시하였

다. 과학잠수관찰은 line transect 조사방법(Brock, 1954)을 이용해 2명의 다이버가 약 40분 동안 transect line을 기준으로 좌우 1.5 m 범위 내에 있는 어종, 개체수, 어류의 특징과 주변 서식지 환경을 관찰 및 기록하고 동시에 수중카메라와 비디오 카메라를 이용해서 촬영하였다. 조사가 수행된 transect line 길이와 면적은 청사포와 방어진 각각의 장소에서 약 200 m, 600 m<sup>2</sup>이다. 어류의 동정은 수중에서 육안으로 관찰하여 1차 동정을 하였고, 동정이 어려운 어종의 경우 수중카메라와 비디오 카메라에 찍힌 사진과 영상을 이용해 Kim *et al.* (2005)에 따라 종 수준까지 동정하였다. 분류체계 및 학명은 FishBase (Froese and Pauly, 2021)를 따랐다. 수온과 염분측정에는 SevenGo Duo™ pH Meter (Mettler Toledo Inc., USA)를 이용했다. 수중 사진촬영은 Canon EOS 650D (Canon, Japan), DSC-RX100 (Sony, Japan)을 사용했고, 수중 영상촬영은 GoPro Hero4 Black (GoPro, USA)을 이용하였다.

청사포, 방어진 연안의 월별 어류 군집구조를 파악하기 위해 Shannon-Weaver의 종다양도지수(H')를 구하였다(Shannon and Weaver, 1949). 통계분석을 위한 데이터는 우점종의 편차를 줄이기 위해 월별 출현 개체수 자료를 로그변환( $\log_{10}[x + 1]$ )하여 분석에 이용하였다. 정점별, 계절별(봄: 3~5월; 여름: 6~8월; 가을: 9~11월; 겨울: 12~다음해 2월) 어류 군집의 차이를 분석하기 위해 Bray-Curtis similarity를 산출 후, nMDS (non-metric multidimensional scaling) 분석을 통



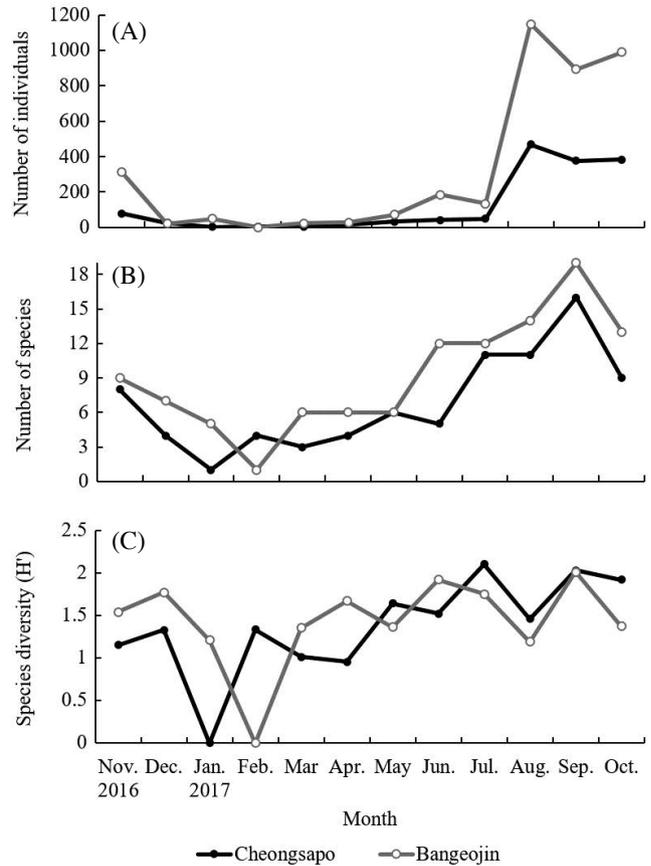
**Fig. 2.** Monthly variation in water temperature and salinity at Cheongsapo and Bangeojin from November 2016 to October 2017.

해 시각화하였고, ANOSIM (one-way analysis of similarity) 분석을 통해 정점별, 계절별 어류 군집의 유의한 차이를 확인하였다. 또한, 이러한 차이에 기여한 어종을 찾기 위해 SIMPER (similarity percentages) 분석을 하였다. 통계분석은 R Studio (R Version 4.1.2)에서 Vegan package (Oksanen *et al.* 2015)를 사용하였고, ggplot2 package를 사용하여 시각화하였다. 청사포 방어진 연안 수중에서 관찰된 38종을 대상으로 분포 수층 (Lower, Middle, Upper), 유영 패턴 (Solitary, Schooling), 서식지 (Rocky, Sandy, Seagrass)별 특징을 표로 나타내었다. 또한 FishBase (Froese and Pauly, 2021)의 어종별 분포 서식 범위를 기준으로 월별 온대, 아열대, 열대성 어종분포를 히트맵으로 나타냈다.

## 결 과

조사기간 동안 청사포 연안의 수온범위는 11~24°C, 방어진 연안은 12~24°C였다. 두 정점 모두 8월에 24°C로 가장 높았고 2월이 11~12°C로 가장 낮았다. 두 정점의 염분은 30.3~35.0 psu 범위로 청사포 연안에서 2월에 30.3 psu로 가장 낮았고, 그 외에는 유사하였다 (Fig. 2).

청사포 연안에서 조사기간 동안 총 6목 16과 25종 1,486개체가 관찰되었다 (Table 1). 그 중 놀래기과 (Labridae) 5종, 양



**Fig. 3.** Monthly variation in number of species (A), number of individuals (B) and species diversity index (C) of fish identified by underwater visual census at Cheongsapo and Bangeojin from November 2016 to October 2017.

볼락과 (Scorpaenidae) 3종, 황줄감정미과 (Kyphosidae), 쥐치과 (Monacanthidae), 쥐노래미과 (Hexagrammidae)가 각 2종을 차지하였고, 나머지 11개과에서는 1종만 확인되었다. 어종별 개체수는 전갱이 (*Trachurus japonicus*)가 311개체로 가장 많이 출현하였으며, 다음은 놀래기 (*Halichoeres tenuispinis*) 187개체, 자리돔 (*Chromis notata*) 177개체, 볼락 (*Sebastes inermis*) 151개체, 용치놀래기 (*Parajulis poecilepterus*) 142개체 순이었다. 12회 조사 중 6회 이상 출현한 종은 총 25종 중 6종으로 노래미 (*Hexagrammos agrammus*) 12회, 볼락 10회, 황놀래기 (*Pseudolabrus sieboldi*), 놀래기, 망상어 (*Ditrema temminckii*)가 각각 8회, 용치놀래기가 6회 출현하였다 (Table 1). 한편 조사기간 중 2회 이하로 관찰된 어종은 17종으로 전체 출현 종의 70.8%를 차지하였다.

월별 개체수는 2017년 8월에 469개체로 가장 많이 관찰되었고, 1월에는 노래미 2개체만 관찰되어 1년 중 개체수가 가장 적었다. 월별 주요 우점종으로는 2017년 8월에 전갱이와 자리돔이 전체 개체수의 77.0%를 차지하였고, 9월에는 전갱

**Table 1.** A list of species identified from underwater visual census at Cheongsapo from November 2016 to October 2017.

Species	Nov. 2016		Dec.		Jan. 2017		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Total				
	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL			
<i>Chromis notata</i>																											177	2	
<i>Ditrema temminckii</i>	3	8~10	7	8~10			3	1~2	174	0.5~1.5																		84	8
<i>Enneapterygius etheostoma</i>																												1	1
<i>Girella punctata</i>																												4	1
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	3	3~4																										4	15~20
<i>Hexagrammos agrammus</i>	3	10~12	5	7~8	2	7~8	2	7~8	3	7~8	1	8	4	8~10	5	8~10	5	8~10	14	8~10	35	6~10	15	6~14	99	12			
<i>Hexagrammos otaki</i>																												3	2
<i>Microcanthus strigatus</i>																												40	5~6
<i>Mugil cephalus</i>																												12	4~6
<i>Mugil cephalus</i>																												40	5~6
<i>Mugil cephalus</i>																												20	4~6
<i>Mugil cephalus</i>																												72	3
<i>Mugil cephalus</i>																												10	1
<i>Parajulis poecilepterus</i>	55	3~14																										12	1~15
<i>Petrosirtes breviceps</i>	6	5~6																										5	2
<i>Plectorhynchus pictus</i>	1	6																										2	5
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>																												1	1
<i>Pteragogus flagellicifer</i>																												1	1
<i>Rudarius ercodes</i>																												1	1
<i>Sagamia geneionema</i>	2	5																										50	1
<i>Sebastes inermis</i>	5	7~8	4	7~10																								2	4~5
<i>Sebastes longispinis</i>																												10	5~6
<i>Sebastes longispinis</i>																												10	5~6
<i>Sebastes schlegelii</i>																												2	4
<i>Siganus fuscescens</i>																												30	6~10
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>																												1	8
<i>Stethojulis terina</i>																												2	4
<i>Syngnathus schlegelii</i>																												1	10
<i>Takifugu niphobles</i>																												1	1
<i>Trachurus japonicus</i>																												187	6~7
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>469</b>	<b>376</b>	<b>384</b>	<b>1,486</b>																
<b>Number of species</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>9</b>																	

N: number of individuals, TL: total length, n: frequency of occurrence the fishes identified from underwater visual census

Table 2. A list of species identified from underwater visual census at Bangeojin in Ulsan, Korea from November 2016 to October 2017.

Species	Nov. 2016		Dec.		Jan. 2017		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Total		
	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N	TL	N
<i>Ostorhinchus doederleini</i>																											
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>																											
<i>Chromis notata</i>	142	8~11	1	6																							
<i>Ditrema temminckii</i>	15	10~12	3	10~12	12	10~12																					
<i>Enneapterygius etheostoma</i>																											
<i>Epinephelus trimaculatus</i>																											
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>																											
<i>Girella punctata</i>	4	7~9																									
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	25	3~12																									
<i>Hemilepidotus gilberti</i>																											
<i>Hexagrammos agrammus</i>	2	10~12	4	10~12	22	10~12	1	5~	3	7~11	7	7~11	9	7~9	10	7~9	12	7~9	8	7~9	8	7~9	10	7~10	96	12	
<i>Hexagrammos otakii</i>																											
<i>Microcanthus strigatus</i>	1	8																									
<i>Neoditrema ransonnetii</i>	66	8~10																									
<i>Paracentropogon rubripinnis</i>																											
<i>Parajulis poecilepterus</i>	50	3~15																									
<i>Pempheris japonica</i>																											
<i>Petrosirtes breviceps</i>																											
<i>Pomacentrus coelestis</i>																											
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	1	7																									
<i>Pseudoblennius percoides</i>	2	10~12	1	10																							
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	10	9~10	5	9~11	12	9~12																					
<i>Pterogobus flagellifer</i>																											
<i>Pterogobius zonoleucus</i>																											
<i>Rudarius ercodes</i>																											
<i>Sebastes inermis</i>	6	6~7	1	6																							
<i>Sebastes pachycephalus</i>																											
<i>Siganus fuscescens</i>																											
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>																											
<i>Stethojulis terina</i>																											
<i>Trachurus japonicus</i>																											
Total	315	22	48	1	23	28	71	186	134	1,148	893	990	3,859														
Number of species	9	7	5	1	6	6	6	12	12	14	19	13															

N: number of individuals, TL: total length, n: frequency of occurrence the fishes identified from underwater visual census

**Table 3.** ANOSIM and SIMPER results comparing species composition

Groups	One-way ANOSIM		SIMPER		
	R value	P value	Average dissimilarity (%)	Discriminating species	Contribution (%)
<b>Site</b>					
Cheongsapo vs. Bangeojin	-0.002	0.418	54.16	<i>Sebastes inermis</i> <i>Ditrema temminckii</i> <i>Pseudolabrus sieboldi</i>	11.82 11.59 10.59
<b>Season</b>					
Spring vs. Summer	0.287	<b>0.011</b>	60.49	<i>Parajulis poecilepterus</i> <i>Halichoeres tenuispinis</i> <i>Sebastes inermis</i>	9.38 9.01 8.76
Spring vs. Fall	0.602	<b>0.002</b>	69.04	<i>Parajulis poecilepterus</i> <i>Siganus fuscescens</i> <i>Halichoeres tenuispinis</i>	12.86 10.26 9.69
Spring vs. Winter	0.105	0.165	58.80	<i>Sebastes inermis</i> <i>Halichoeres tenuispinis</i> <i>Ditrema temminckii</i>	17.40 14.58 12.44
Summer vs. Fall	0.069	0.258	50.14	<i>Siganus fuscescens</i> <i>Chromis notata</i> <i>Parajulis poecilepterus</i>	10.32 8.53 7.44
Summer vs. Winter	0.574	<b>0.002</b>	76.87	<i>Halichoeres tenuispinis</i> <i>Sebastes inermis</i> <i>Parajulis poecilepterus</i>	11.94 10.14 9.48
Fall vs. Winter	0.763	<b>0.002</b>	81.41	<i>Parajulis poecilepterus</i> <i>Halichoeres tenuispinis</i> <i>Siganus fuscescens</i>	14.41 11.83 9.36

\*Bold text indicates a statistically significant difference ( $P < 0.05$  by ANOSIM).

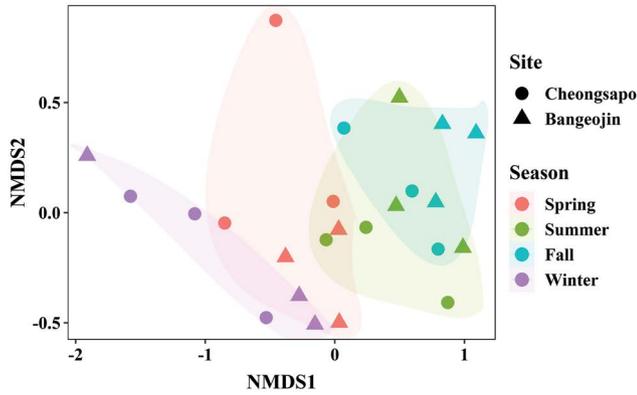
이가 전체 개체수의 33.0%를 차지하였다. 청사포 연안에서 관찰된 어류의 월별 출현 종수는 1~12종이었으며, 2017년 9월에 12종으로 가장 많았고, 2017년 1월이 1종으로 가장 적었다. 종다양도지수는 1월에 0.0으로 가장 낮았고, 7월에 2.1로 가장 높았다(Fig. 3).

방어진 연안에서는 조사기간 동안 총 4목 19과 31종 3,859 개체가 관찰되었다(Table 2). 그 중 놀래기과 5종, 양볼락과 3종, 독중개과(Cottidae) 3종, 망상어과(Embiotocidae), 자리돔과(Pomacentridae), 쥐노래미과, 쥐치과, 황줄깜정어과가 각 2종을 차지하였고, 나머지 10개과에서는 1종만 확인되었다. 어종별 개체수는 독가시치(*Siganus fuscescens*)가 1,620개체로 가장 많이 출현하였으며, 다음은 주걱치(*Pempheris japonica*) 324개체, 자리돔 309개체, 용치놀래기 287개체, 인상어(*Neoditrema ransonnetii*) 226개체 순이었다. 12회 조사 중 6회 이상 출현한 종은 총 31종 중 7종으로 노래미가 12회, 황놀래기 10회, 볼락 9회, 망상어 8회, 용치놀래기, 놀래기, 범돔

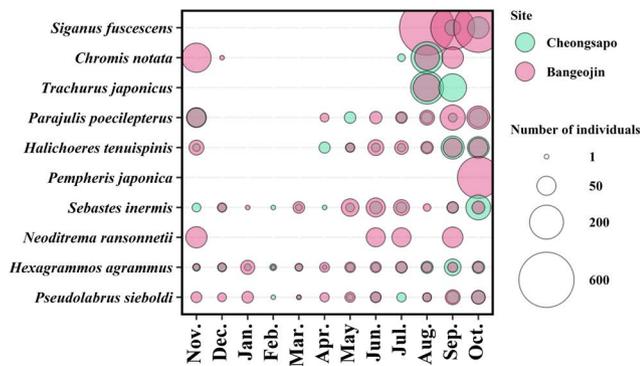
(*Microcanthus strigatus*)이 각각 7회 출현하였다(Table 2). 한편 조사기간 중 2회 이하로 관찰된 어종은 17종으로 전체 출현 종의 54.8%를 차지하였다. 개체수는 2017년 8월에 1,148 개체로 가장 많이 관찰되었고, 2월에 1개체로 개체수가 가장 적었다. 월별 주요 우점종으로는 2017년 8, 9월에 독가시치가 전체 개체수의 68.7%, 40.6%를 차지하였다. 방어진 연안에서 관찰된 어류의 월별 출현 종수는 1~19종이었으며, 2017년 9월에 19종으로 가장 많았고, 2017년 2월이 1종으로 가장 적었다. 종다양도지수는 2월에 0.0으로 가장 낮았고, 9월에 2.0으로 가장 높았다(Fig. 3).

### 1. 정점 및 계절별 군집구조 분석

조사기간 동안 채집된 어류의 정점별, 월별 출현량 데이터를 이용해 nMDS 분석 결과 계절에 따라 겨울과 봄이 중앙을 기준으로 좌측, 여름과 가을이 우측으로 구분되었고, 정점에



**Fig. 4.** Non-metric multidimensional scaling (NMDS) plots by seasons and survey sites (Cheongsapo, and Bangeojin). The color indicates seasons, the shape indicates survey site.

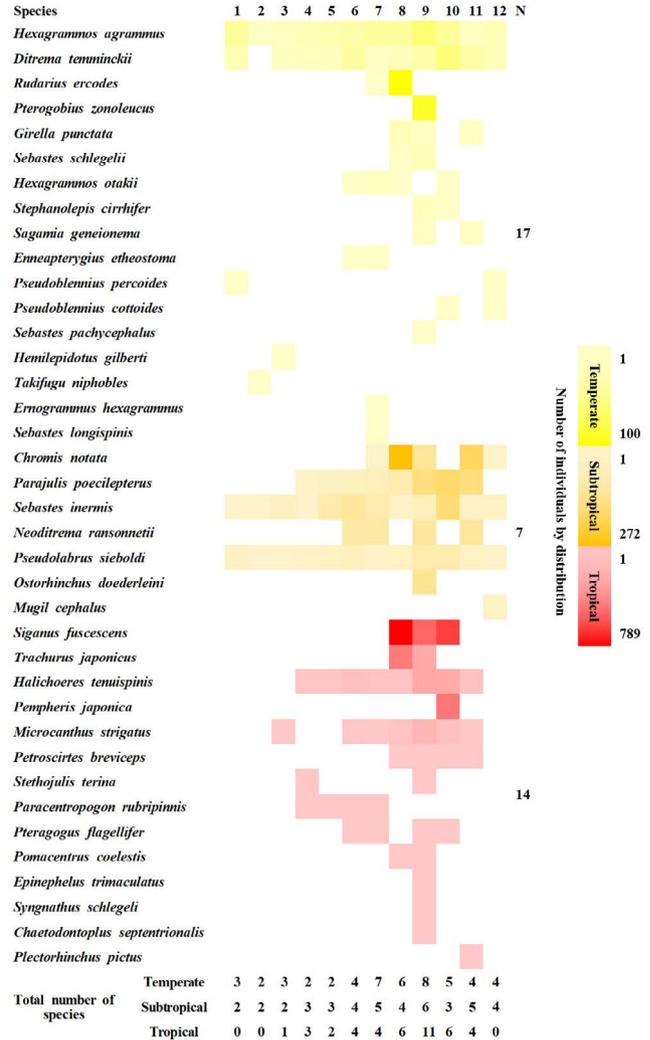


**Fig. 5.** Seasonal variations in the number of individuals of common fish species in Cheongsapo and Bangeojin, Korea from November 2016 to October 2017.

다른 어류군집은 뚜렷하게 구분되지 않았다 (Fig. 4). 또한 정점별, 계절별 One-way ANOSIM 분석 결과에서도 정점별 차이는 없었고 (ANOSIM, global  $R = -0.002$ ,  $P > 0.05$ ), 계절은 봄 vs. 여름, 봄 vs. 가을, 여름 vs. 겨울, 가을 vs. 겨울이 유의한 차이를 나타내었다 (ANOSIM,  $P < 0.05$ ) (Table 3). 각 군집을 구별하는 기여종을 확인하는 SIMPER 분석 결과 놀래기, 용치 놀래기가 계절을 구분하는데 기여도가 각각 평균 11.41, 10.71로 공통적으로 높았고, 여름 vs. 봄, 여름 vs. 겨울의 구분에는 볼락의 기여도가 각각 8.76, 10.14, 가을 vs. 봄, 가을 vs. 겨울의 구분에는 독가시치의 기여도가 각각 10.26, 9.36으로 높았다 (Table 3).

### 2. 우점종 출현량 변동

개체수 우점종 상위 10종의 월별 출현량 변동을 그래프로 나타내었다 (Fig. 5). 볼락, 노래미, 황놀래기는 정점별 차이는 있지만 연중 출현하였고, 용치놀래기, 놀래기의 경우 1년 중



**Fig. 6.** Monthly variations in the number of individuals by distribution of species in Cheongsapo and Bangeojin, Korea from November 2016 to October 2017. N: number of species.

2016년 12월부터 2017년 3월에만 출현하지 않았다. 독가시치 (8월: 전장 2~3 cm, 9월: 전장 6~10 cm, 10월: 전장 10~12 cm), 자리돔 (8월: 전장 0.5~1.5 cm, 9월: 전장 0.5~1.5 cm), 전갱이 (8월: 전장 4~7 cm, 9월: 전장 6~8 cm), 주걱치 (10월: 전장 2~4 cm)의 경우 출현량이 없다가 8~10월에 대량으로 출현하였고 이 중 주걱치는 방어진 연안에서만 출현하였다.

### 3. 수층별 분포, 유영 패턴, 서식지 특징

청사포, 방어진 연안에서 관찰된 전체 38종 중 20종 (52.6%) 이 주로 저층에서 관찰되었고, 송어 (*Mugil cephalus*)는 표층에서, 돌파망둑 (*Pseudobleinnius percoides*)은 중층의 해조류에서 관찰되었다. 그 외 종들은 저층, 중층 또는 중층, 저층을 이동하며 유영하는 것이 관찰되었다 (Fig. 7). 유영 패턴은 단

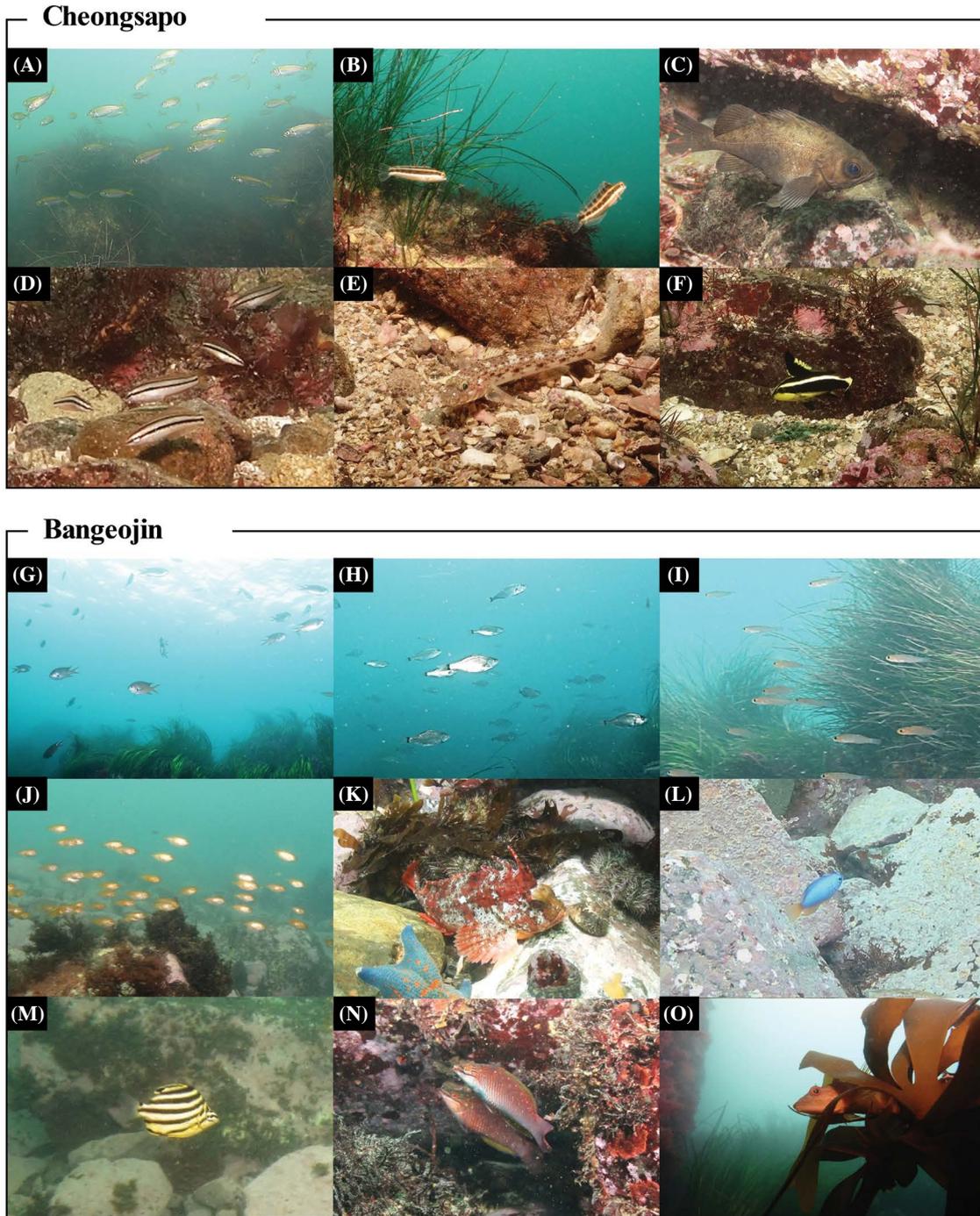
**Table 4.** Swimming layer, pattern, and habitats of fishes observed using UVC in the water off Cheongsapo and Bangeojin in Korea.

Species	Swimming layer	Swimming pattern	Habitats
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Chromis notata</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, sandy, seagrass
<i>Ditrema temminckii</i>	Middle, upper	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Enneapterygius etheostomus</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Epinephelus trimaculatus</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Girella punctata</i>	Lower, middle, upper	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Hemilepidotus gilberti</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Hexagrammos agrammus</i>	Lower	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Hexagrammos otakii</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Microcanthus strigatus</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Mugil cephalus</i>	Upper	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Neoditrema ransonnetii</i>	Middle, upper	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Ostorhinchus doederleini</i>	Lower	Schooling	Rocky, sandy
<i>Paracentropogon rubripinnis</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Parajulis poecilepterus</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Pempheris japonica</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Petroscirtes breviceps</i>	Lower	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Plectorhinchus pictus</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Pomacentrus coelestis</i>	Lower	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	Lower	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Pseudoblennius percoides</i>	Middle	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>	Lower, middle	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Pteragogus flagellifer</i>	Lower, middle	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Pterogobius zonoleucus</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Rudarius ercodes</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Sagamia geneionema</i>	Lower	Solitary	Sandy
<i>Sebastes inermis</i>	Lower, middle	Solitary, schooling	Rocky, seagrass
<i>Sebastes longispinis</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Sebastes pachycephalus</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Sebastes schlegelii</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Siganus fuscescens</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Lower, middle	Solitary	Rocky, seagrass
<i>Stethojulis terina</i>	Lower, middle	Schooling	Rocky, seagrass
<i>Syngnathus schlegelii</i>	Lower	Solitary	Rocky
<i>Takifugu niphobles</i>	Middle, upper	Solitary	Sandy
<i>Trachurus japonicus</i>	Middle, upper	Schooling	Rocky, sandy, seagrass

독유영 21종, 근집유영 16종이 관찰되었고, 불락의 경우 단독 유영과 근집유영을 모두 하는 것이 관찰되었다. 서식지의 경우 전갱이, 자리돔이 사질, 암반, 해초지 등 다양한 서식지에서 관찰되었고, 복섬 (*Takifugu niphobles*), 바닥문절 (*Sagamia geneionema*)의 경우 사질에서만 발견되었다. 그 외 종들은 청사포, 방어진의 주요 서식지 환경인 암반과 해초지에서 관찰되었다 (Table 4).

#### 4. 온대, 열대, 아열대 어종의 월별 분포특성

청사포와 방어진 연안에서 관찰된 38종 중 온대성 어종이 17종 (44.7%), 아열대성 어종이 7종 (18.4%), 열대성 어종이 14종 (36.8%)이었다 (Fig. 6). 온대, 아열대, 열대성 어종의 월별 출현을 보면 수온이 23°C였던 9월에 각각 온대 8종, 아열대 6종, 열대 11종으로 가장 많은 종수가 출현했고, 그 중 열대성 어종의 출현이 가장 많았다. 온대성 어종 중 노래미, 망



**Fig. 7.** Swimming and habitat characteristics of various species recorded during underwater visual census in coastal waters off Cheongsapo and Bangeojin. (A) *Trachurus japonicus* (Sep. 2017), (B) *Petrosciartes breviceps* (Nov. 2016), (C) *Sebastes inermis* (Nov. 2016), (D) *Parajulis poecilepterus* (Nov. 2016), (E) *Sagamia geneionema* (Nov. 2016), (F) *Plectorhinchus pictus* (Nov. 2016), (G) *Chromis notata* (Nov. 2016), (H) *Neoditrema ransonnetii* (Nov. 2016), (I) *Pterogobius zonoleucus* (Sep. 2017), (J) *Siganus fuscescens* (Aug. 2017), (K) *Paracentropogon rubripinnis* (Jul. 2017), (L) *Pomacentrus coelestis* (Sep. 2017), (M) *Microcanthus strigatus* (Aug. 2017), (N) *Pseudolabrus sieboldi* (Sep. 2017), (O) *Pseudoblenius percoides* (Jul. 2017).

상어의 경우 연중 출현하였고, 아열대성 어종 중에는 볼락, 황놀래기, 열대성 어종 중에는 연중 출현한 종이 없었다. 온대성 어종 그물코취치 (*Rudarius ercodes*), 흰줄망둑 (*Pterogobius*

*zonoleucus*), 아열대성 어종 세줄얼게비늘 (*Ostorhinchus doederleini*), 열대성 어종 전갱이, 주걱치는 연중 1~2회, 8~10월에만 많은 개체수가 무리지어 관찰되었다. 반면 열대

성 어종 중 청줄돔(*Chaetodontoplus septentrionalis*), 청황돔(*Plectorhinchus pictus*), 파랑돔(*Pomacentrus coelestis*)의 경우 전장 1~6 cm의 소형개체가 연중 1~2회 출현하였다.

## 고 찰

조사기간 동안 청사포 연안의 수온범위는 11~24°C로 1월에 11°C로 가장 낮았고, 8월에 24°C로 가장 높았다. 방어진 연안의 수온범위는 12~24°C였고, 2, 3월이 12°C로 가장 낮았고, 8월에 24°C로 가장 높았다. 한국해양자료센터(Korea Oceanographic Data Center, KODC) 실시간어장정보와 국립해양조사원 바다누리 해양정보 서비스(<http://www.khoa.go.kr/oceangrid/khoa/intro.do>)에서 청사포와 방어진 정점에 가장 근접한 해역의 수온 데이터를 비교했을 때, 청사포 인근 해역이 12.7~24.9°C, 방어진 인근 해역은 11.3~25.0°C로 이번 연구 해역의 수온범위와 유사하였다. 염분의 경우 청사포 정점에서 2월에 30.3 psu로 가장 낮았는데 이는 강수로 인해 육지에서 유입된 담수의 영향으로 염분이 가장 낮았다.

조사기간 동안 청사포 연안에서 6목 16과 25종이 관찰되었고, 방어진 연안에서는 4목 19과 31종이 관찰되었다. 조사정점 인근해역에서 수행된 선행연구와 관찰된 어종 수를 비교해보면 동해 남부 연안 59종(Park *et al.*, 2018), 부산기장 59종(Hwang and Park, 2017), 울산 조간대 27종(Choi *et al.*, 2008), 울산 인공어초 어류상 32종(Hwang *et al.*, 2015)으로 이번 연구와 종수에서 차이가 있지만, Park *et al.* (2018)과 Hwang and Park (2017)은 저인망을 이용하여 각각 7,400 m<sup>2</sup>, 10,000 m<sup>2</sup>의 면적을 조사했고, Choi *et al.* (2008)은 조간대에서 8회 조사하여 조사방법, 조사면적 및 강도에 따라 어종수의 차이가 있는 것으로 생각한다. 반면 Hwang *et al.* (2015)은 울주군 연안에서 이번 연구와 동일한 잠수관찰을 통해 33종을 확인하였고, 그 중 17종(51.5%)이 이번 연구의 방어진 정점에서 관찰된 어종과 동일종으로 출현 종수와 출현종이 이번 연구와 유사하였다.

이번 조사에서 개체수에서 우점한 종을 보면 청사포 연안에서는 전갱이가 311개체, 놀래기가 187개체로 전체 개체수의 21%, 13%가 관찰되어 각각 우점종과 아우점종으로 나타났다. 전갱이의 경우 2017년 8월, 9월에 전장 6~8 cm의 개체가 관찰되었는데, Kim *et al.* (2011)은 5월부터 7월에 제주도 주변 해역에서 산란된 전갱이 주 회유경로를 통해서 남해 연안으로 가입된다고 보고하여 이번 연구에서도 연안으로 유입된 개체가 관찰된 것으로 생각된다. 놀래기는 전체 개체수의 81.5%가 2017년 9~10월 사이에 관찰되었다. Kishiro and Nakazono (1991)는 놀래기의 산란기는 6~9월로 전장 10 mm의 개체가 8월초부터 정착한다고 보고하였는데, 이번 연구에서 8~10월 까지 전장 20 mm의 개체가 다수 출현하여 부화된 놀래기 치

어가 관찰된 것으로 추정된다.

방어진 연안의 경우 조사기간 동안 독가시치가 1,620개체, 주걱치 324개체로 가장 많이 출현하였는데 독가시치의 경우 6월, 7월에는 출현하지 않다가 8월부터 10월까지 많은 개체가 출현하였다. 또한 이 기간 동안 관찰된 독가시치의 전장범위는 2~3 cm에서 6~12 cm로 증가하였는데 독가시치의 산란기는 7~8월로 알려져 있어(Lee *et al.*, 2014) 부화된 어린 개체가 연안에서 성장하는 것이 관찰된 것으로 생각된다. 또한 Fujita *et al.* (2002)은 일본 Shimanto 지역에서 수행된 어류 종 조성 연구결과 독가시치는 수온이 30.3°C로 가장 높은 시기인 8월에 많은 개체수가 출현하였다고 보고하였다. 또한 전장 1.8~4.6 cm 범위의 개체가 출현하며 조사기간 동안 전장이 증가하는 것이 관찰됐다고 하여 이번 방어진 정점과 수온(8월 24°C)의 차이는 있지만 연중 수온이 가장 높은 시기에 출현하기 시작하여 성장하는 것이 관찰되어 이번 연구의 특징과 일치하였다.

12회 조사 중 두 정점 모두에서 6회 이상 출현한 종은 노래미, 볼락, 황놀래기, 망상어, 용치놀래기, 놀래기였다. 이 종들은 주로 연안성 어류들로 해초지나 암반이 있는 곳을 서식지로 선호하는 어종들로 알려져 있으며 이번 연구에서도 암반, 해초지를 주 서식지로 이용하는 것이 확인되었다(Table 4).

조사기간 동안 채집된 어류의 정점별, 월별 출현량 nMDS, ANOSIM 분석 결과 정점별 차이는 없었고 계절은 수온이 낮은 시기인 겨울과 봄이 수온이 높은 시기인 여름과 가을에 비해 유의한 차이를 나타내었다. SIMPER 분석 결과 놀래기, 용치놀래기가 계절을 구분하는데 기여도가 높았는데 Kinoshita (1935)는 놀래기와 어류는 겨울철 모래속에서 동면을 하는 어종이라고 보고하였고, Kimura *et al.* (1992)은 1~3월까지의 용치놀래기가 동면하여 채집되지 않았다고 하였다. 따라서 이번 연구에서도 수온하강에 따른 동면으로 개체수가 급감하여 계절별 구분에 영향이 컸던 것으로 추정된다. 반면 같은 놀래기과의 황놀래기도 겨울철 모래속에서 동면하는 어종으로 알려져 있다(Masuda *et al.*, 1984). 하지만 이번 조사에서는 다른 놀래기과 어종과 다르게 1~3월에도 관찰되었는데, 일부 개체가 동면하지 않고 발견된 것에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.

우점종 중 독가시치, 자리돔, 전갱이, 주걱치의 경우 출현량이 없다가 8~10월에 대량으로 출현하였는데 Kim *et al.* (1994)에 따르면 이 종들의 산란기는 독가시치 7~8월, 자리돔 6~8월, 전갱이 6~8월, 주걱치 6~7월로 부화된 어린 개체가 성장함에 따라 연안에서 대량으로 관찰된 것으로 생각된다. 독가시치는 8~10월에 방어진 연안 1,620개체, 9~10월에 청사포 연안 100개체가 관찰되었는데 전장범위가 2~12 cm로 주로 치어가 암반에 붙은 어린 해조류 싹을 먹는 것이 관찰되었다(Fig. 7: F). Kim *et al.* (1994)과 Kim (2003)은 독가시치는 어

릴 때 잡식성이며, 특히 모자반의 기포나 다른 해조류의 어린 싹을 즐겨 먹는다고 알려져 이번 연구에서 관찰된 독가시치의 특징과 일치하였다. 전갱이의 경우 5~7월에 제주도 주변 해역에서 산란된 전갱이가 남해 연안으로 가입된다고 보고하여 이번 연구와 일치하였다(Kim *et al.*, 2011). 반면 8~9월 이후에는 전갱이가 관찰되지 않았는데, Kim *et al.* (1994)은 부화된 어린 전갱이는 연안의 표층에서 주로 서식하다가 성장함에 따라 깊은 곳으로 이동한다고 하여, 9월 이후에는 관찰되지 않은 것으로 판단된다. 자리돔과 주걱치의 경우 각각 전장 0.5~1.5 cm, 2~4 cm의 치어가 발견된 것으로 보아 부유생활기의 치어가 대마난류의 영향 따라 일시적으로 유입된 것으로 추정된다.

수중에서 육안으로 관찰된 어종의 수층별 분포를 보면 승어는 표층에서 무리를 지어 수영하는 것이 관찰되었고, 돌팍망둑은 움직이지 않고 중층의 해조류 위에서 관찰되었다. 승어는 표층을 무리지어 수영하면서 미세조류를 섭식하고, 돌팍망둑은 사질을 둘러싸고 있는 암반과 해초지역에 서식하며 주로 사질의 망둑류를 섭식한다고 알려져 있어 이번 연구에서 수중에서 관찰된 특징과 일치하였다(Sano, 1997; NFRDI, 2004).

이번 연구에서 출현한 온대, 아열대, 열대성 어종의 월별 출현을 보면 수온이 23°C이었던 9월에 각각 온대 8종, 아열대 5종, 열대 12종으로 가장 많은 종수가 출현했고 그중 열대성 어종의 출현이 가장 많았다. Myoung (2002)는 가을철 독도의 어류상이 남해안보다는 제주도 주변 해역의 어류상과 유사하고, 이는 난류의 영향이라고 보고하였다. 이번 연구에서도 아열대, 열대성 어종의 출현 종수가 가을철 수온이 높은 시기에 많았다. 또한 세줄얼게비늘, 주걱치는 연중 1회, 9~10월에만 많은 개체수가 무리지어 관찰되었다. 세줄얼게비늘과 주걱치의 산란기는 각각 6~8월(Kuwamura, 1983), 6~7월(NFRDI, 2004)로 알려져 있어 산란된 개체가 대량 출현한 것으로 추정된다. Ko *et al.* (2015)은 청출돔, 주걱치, 독가시치가 제주 연안 전체 해역에서 연중 분포하였다고 하였지만 이번 조사정점에서는 연중 1회 출현한 것으로 보아 난류를 타고 부산 울산 일대에 일시적으로 유입된 것으로 추정된다.

이번 연구는 비파괴적인 조사방법인 잠수관찰을 이용해 수중에서 어류를 직접 관찰하였고, 이를 통해 어종별 수영특성, 서식지 환경, 계절별 어류 군집구조와 분포(온대, 아열대, 열대) 등 생태학적 정보를 얻을 수 있었다. 이러한 조사를 통해 축적된 자료는 해수온 상승에 따른 우리나라 연안 해역 어류상 변동 모니터링 자료로 활용 가능할 것으로 생각된다.

## 요 약

우리나라 남해동부해역인 부산(청사포), 울산(방어진) 연안

에서 과학잠수조사를 통해 월별, 계절별, 정점별 어류 군집구조를 파악하고, 수중에서 어종별 생태학적인 특징을 관찰하기 위해 2016년 11월부터 2017년 10월까지 매월 1회씩 총 1년 동안 부산(청사포)과 울산(방어진) 연안에서 잠수관찰 조사를 실시하였다. 청사포에서는 총 25종 1,486개체, 방어진에서는 총 31종 3,859개체가 확인되었다. 개체수에서 우점한 종은 청사포에서 전갱이(20.9%), 놀래기(12.6%), 자리돔(11.9%) 순이었고, 방어진 연안에서는 독가시치(42.0%), 주걱치(8.4%), 자리돔(8.0%) 순이었다. 청사포와 방어진 두 해역별 종 구성에는 통계적으로 유의한 차이가 없었지만 봄 vs. 여름, 봄 vs. 가을, 여름 vs. 겨울, 가을 vs. 겨울은 차이가 있었다. 계절별 종 조성 차이에 기여한 종은 놀래기와 용치놀래기가 기여율이 높았다. 청사포와 방어진 연안에서 관찰된 총 38종 중 17종(44.7%)이 온대성, 7종(18.4%)이 아열대성, 14종(36.8%)이 열대성 어종이었다.

## 사 사

조사에 적극적으로 참여해 도움을 준 경상국립대학교 어류학실험실 박종을, 정시훈에게 감사의 말을 전합니다. 이 연구는 한국연구재단 이공분야기초연구사업에서 지원받아 수행되었습니다(NRF-2016R1D1A1B03931588).

## REFERENCES

- Brock, V.E. 1954. A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. *J. Wildl. Manage.*, 18: 297-308. <https://doi.org/10.2307/3797016>.
- Choi, Y., B. Kim and H.H. Lee. 2013. The fish fauna of little Munson in Jeju-do, Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, 31: 45-52. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.1.045>.
- Choi, Y., H.H. Lee and J.H. Jang. 2008. Ichthyofauna of the intertidal zone around the nuclear power plants off Sinweolseong, eastern coast, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 20: 313-317.
- Denny, C.M. and R.C. Babcock. 2004. Do partial marine reserves protect reef fish assemblages?. *Bio. Cons.*, 116: 119-129. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00183-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00183-6).
- Edgar, G.J. and N.S. Barrett. 2012. An assessment of population responses of common inshore fishes and invertebrates following declaration of five Australian marine protected areas. *Environ. Cons.*, 39: 271-281. <https://doi.org/10.1017/S0376892912000185>.
- Edgar, G.J., N.S. Barrett and A.J. Morton. 2004. Biases associated with the use of underwater visual census techniques to quantify the density and size-structure of fish populations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 308: 269-290. <https://doi.org/10.1016/j.jem>

- be.2004.03.004.
- Froese, R. and D. Pauly. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2021).
- Fujita, S., I. Kinoshita, I. Takahashi and K. Azuma. 2002. Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shimanto Estuary, Japan. *Fish. Sci.*, 68: 364-370. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00434.x>.
- Gwak, W.S., S.H. Lee and Y.D. Lee. 2016. Fish assemblages by SCUBA observations in the water off Tongyeong, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 28: 100-109.
- Han, K.H., J.H. Kim and S.R. Baek. 2002. Seasonal variation of species composition of fishes collected by set net in coastal waters of Ulsan, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 14: 61-69.
- Harmelin-Vivien, M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabe, F. Blanc, R. Ghevalier, J. Duclerc and G. Lasserre. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methodes et problemes. *Rev. Ecol.*, 40: 468-539.
- Horinouchi, M., Y. Nakamura and M. Sano. 2005. Comparative analysis of visual censuses using different width strip-transects for a fish assemblage in a seagrass bed. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 65: 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.05.003>.
- Huh, S.H. and Y.R. An. 2000. Species composition and seasonal variation of fish assemblage in the coastal water off Gadeok-do, Korea. 1. Fishes collected by a small otter trawl. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 33: 288-301.
- Hwang, B.K., Y.W. Lee, H.S. Jo, J.K. Oh and M. Kang. 2015. Visual census and hydro-acoustic survey of demersal fish aggregations in Ulju small scale marine ranching area (MRA), Korea. *J. Korean Soc. Fish. Tech.*, 51: 16-25. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.1.016>.
- Hwang, C.H. and Y.J. Park. 2017. Seasonal variation of species composition of fish by otter trawl in the coastal waters off Gijang, Busan, Korea. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 429-436. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0429>.
- Kim, B.J. and J.H. An. 2010. New record of Blenny *Omobranchus loxozonus* (Perciformes: Blenniidae) from Jeju Island, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 22: 61-64.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing Co. Seoul, Korea, 615pp.
- Kim, J.W., H.W. Kim, S.H. Huh and S.N. Kwak. 2011. Seasonal variation and species composition of fish species in artificial reefs in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju island, Korea. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 47: 118-127. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.2.118>.
- Kim, M.J., S.H. Han and C.B. Song. 2010. First record of the Goby *Redigobius bikolanus* (Perciformes: Gobiidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 22: 206-209.
- Kim, M.S. 2003. Ecology of fishes. Academy, Seoul, Korea, 386pp.
- Kim, Y.U., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 1994. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. *Natl. Fish. Res. Dev. Age.*, 229pp.
- Kimura, S., Y. Nakayama and K. Mori. 1992. Fishery biology of labrid fishes-I. Age and growth of the labrid fish *Halichoeres poecilopterus* in Ago Bay, Central Japan. *Nip. Suisan Gak.*, 58: 811-817. <https://doi.org/10.2331/suisan.58.811>.
- Kinoshita, Y. 1935. On the hibernation and sleep of the labrid fishes. *Zool. Mag.*, 47: 795-799.
- Kishiro, T. and A. Nakazono. 1991. Seasonal patterns of larval settlement and daily otolith increments in the temperate wrasse *Halichoeres tenuispinis*. *Nip. Suisan Gak.*, 57: 409-415. <https://doi.org/10.2331/suisan.57.409>.
- Ko, J.C., B.Y. Kim, M.J. Kim, S.E. Park, J.B. Kim and H.K. Cho. 2015. A seasonal characteristic of marine environment and fish assemblage in the coastal waters Jeju Island, Korea from 2012 to 2013. *JFMSE*, 27: 319-344. <https://doi.org/10.1300/JFMSE.2015.27.2.319>.
- Kulbicki, M., S. Sarramegna, Y. Letourneur, L. Wantiez, R. Galzin, G. Mou-Tham, C. Chauvete and P. Thollot. 2007. Opening of an MPA to fishing : natural variations in the structure of a coral reef fish assemblage obscure changes due to fishing. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 353: 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.02.021>.
- Kuwamura, T. 1983. Change of habitat and spacing pattern in the life histories of the cardinalfishes *Apogon* spp. at Shirahama, Japan. *Nankiseibutu*, 25: 12-17.
- Lee, G.M., Y.D. Lee, J.Y. Park and W.S. Gwak. 2018. Species composition and seasonal variation of fish by SCUBA observation in the coastal water off Tongyeong, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 30: 107-113. <https://doi.org/10.35399/isk.30.2.6>.
- Lee, S.J., J.B. Kim, M.J. Kim and S.G. Jung. 2014. Age and growth of rabbit fish, *Siganus fuscescens* in the coast of Jeju island, Korea. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 50: 169-175. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.2.169>.
- Lie, H.J. and C.H. Cho. 2002. Recent advances in understanding the circulation and hydrography of the east China sea. *Fish. Oceanogr.*, 11: 318-328. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2002.00215.x>.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, Text and Plates, 437pp.
- Myoung, J.G. 2002. The fish fauna around Dokdo in the east sea, Korea. *Ocean and Polar Res.*, 24: 449-455. <https://doi.org/10.4217/opr.2002.24.4.449>.
- Myoung, J.G., J.H. Park, S.H. Cho and J.M. Kim. 2005. Fish fauna in coastal waters of Ulleungdo, Korea by SCUBA investigation in summer. *Korean J. Ichthyol.*, 17: 84-87.
- Nakamura, Y. and M. Sano. 2004. Comparison between community structures of fishes in *Enhalus acoroides* and *Thalassia hemprichii* dominated seagrass beds on fringing coral reefs in the Ryukyu Islands, Japan. *Ichthyol. Res.*, 51: 38-45. <https://doi.org/10.1007/s10228-003-0191-5>.
- Nakamura, Y. and M. Tsuchiya. 2008. Spatial and temporal patterns of seagrass habitat use by fishes at the Ryukyu Islands, Japan. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 76: 345-356. <https://doi.org/>

- 10.1016/j.jecss.2007.07.014.
- Nakazono, A. 2002. Fate of tropical reef fish juveniles that settle to a temperate habitat. *Fish. Sci.*, 68: 127-130. [https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1\\_127](https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1_127).
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hangul Graphics Busan, Korea, 333pp.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, and H. Wagner. 2015. Package 'vegan', community ecology package. <http://vegan.r-forge.r-project.org>.
- Park, J.M., G.W. Baeck and S.H. Huh. 2018. Variations in demersal fish assemblage in the southern coast of East Sea, Korea. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 426-434. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0426>.
- Park, J.H., J.K. Kim, J.H. Choi and Y.M. Choi. 2008. First record of a Jawfish, *Opistognathus hongkongiensis* (Opistognathidae: Perciformes) from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 20: 74-77.
- Parrish, J.D. 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 58: 143-160. <https://doi.org/10.3354/meps058143>.
- Samoilys, M.A. and G. Carlos. 2000. Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environ. Biol. Fish.*, 57: 289-304. <https://doi.org/10.1023/a:1007679109359>.
- Sano, M. 1997. Temporal variation in density dependence: recruitment and postrecruitment demography of a temperate zone sand goby. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 214: 67-84. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(97\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(97)00019-1).
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, U.S.A., 177pp.
- Stuart-Smith, R.D., N.S. Barrett, C.M. Crawford, S.D. Frusher, D.G. Stevenson and G.J. Edgar. 2008. Spatial patterns in impacts of fishing on temperate rocky reefs: Are fish abundance and mean size related to proximity to fisher access points?. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 365: 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.08.002>.