

경남 통영 풍화리 잘피밭의 어류 종조성 변동

김진성 · 노연희¹ · 이용득² · 정찬교³ · 곽우석*

경상국립대학교 해양생물교육연구센터, ¹아쿠아플라넷 제주, ²국립수산과학원 수산자원연구센터, ³(주)코리아오션리서치

Variations in Species Composition of Fishes in the Eelgrass Beds of Punghwa-ri, Tongyeong, Korea by Jin-Sung Kim, Yeon-Hee No¹, Yong-Deuk Lee², Chan-Gyo Jeong³ and Woo-Seok Gwak* (Marine Bio-Education and Research Center, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea; ¹Aquaplanet, Seogwipo, Jeju 63642, Republic of Korea; ²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea; ³Korea Ocean Research, Tongyeong 53003, Republic of Korea)

ABSTRACT The survey was conducted to find out the temporal variation of the fish species in the eelgrass beds in Punghwa-ri, Tongyeong-si, Gyeongsangnam-do from April 2021 to March 2022. In comparison with the results of previous study conducted 10 years ago, there was a significant difference in species composition and dominant species. In addition, this study found that subtropical fish species such as *Siganus fuscescens*, *Plotosus lineatus*, *Petroscirtes breviceps*, which were not reported in the previous study.

Key words: Eelgrass beds, species composition, subtropical fishes, Tongyeong

서 론

잘피밭은 산란장과 치어의 성육장으로 이용되며, 생물다양성이 매우 높아 연안생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있다 (Sogard and Able, 1991; Waycott *et al.*, 2009). 국내의 잘피밭에 대한 연구로는 거제도 거제만 잘피밭의 어류 종조성, 경남 통영의 소규모 잘피밭 어류군집에 관한 연구, 경남 한산도 봉암 잘피밭 어류의 월별 종조성 변화 등이 보고되었다 (Lee *et al.*, 2010; Kim and Gwak, 2012; Han *et al.*, 2017).

우리나라 연안의 표면 수온은 1968년부터 2005년까지 0.975°C 상승하였으며, 2100년에는 2.48°C 상승할 것으로 예측된다 (Jung, 2008). 또한, 그 속도는 전 세계 해양의 평균보다 빠른 것으로 보고되고 있다 (KMA, 2020). 이러한 현상으로 우리나라 연안에 인디안 촉수 (*Parupeneus indicus*), 흰점꺼끌복 (*Arothron hispidus*), 청줄돔 (*Chaetodontoplus septentrionalis*), 청황돔 (*Diagramma pictum*), 파랑돔 (*Pomacentrus coelestis*)과

같은 아열대 또는 열대성 어종의 출현이 보고되고 있다 (Lee *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2022). 기후 변화로 인한 어류들의 서식 범위 이동 연구에 따르면 (Perry *et al.*, 2005; Dulvy *et al.*, 2008; Fossheim *et al.*, 2015), 아열대 어류의 서식 범위가 기후변화에 따라 북쪽으로 확대되고 있는 것으로 보고 되었으며, 어류들의 북방한계선이 상승하고 있는 것으로 판단 된다. 따라서, 우리나라 연안에서 기후변화에 따른 어류의 종조성 변화를 보기 위해서는 같은 해역에서 동일한 방법으로 장기간의 조사가 필요하다.

동일한 해역에 대해 장기간에 어류상을 조사 및 비교한 선행연구에 따르면, 남획과 지구 온난화에 의한 수온 상승 등의 요인들에 의해 어류상이 변하고 있다고 알려져 있다 (Meyer *et al.*, 2016; Henderson, 2017; Moyes and Magurran, 2019). 그리고 이와 같은 연구는 생태계 변화를 감지하고 분석할 수 있는 기회를 제공하며 (Henderson, 2017), 해양환경의 생태적 과정을 이해하고 그 변화를 기후효과와 연계시키기 위해 중요하다 (Meyer *et al.*, 2016). 따라서 이번 연구의 목적은 경남 통영 풍화리에 위치한 잘피밭에서 2012년 수행된 선행연구 (Kim and Gwak, 2012)와 어류 종조성을 비교하기 위해 같은 장소에서

저자 직위: 김진성 (대학원생), 노연희 (주임 아쿠아리스트), 이용득 (연구원), 정찬교 (연구원), 곽우석 (교수)

*Corresponding author: Woo-Seok Gwak Tel: 82-55-772-9152, Fax: 82-55-772-9159, E-mail: wsgwak@gnu.ac.kr

같은 조사 방법으로 수행하여 결과를 비교하였고, 이를 통해 장기간의 간격을 둔 어류상 연구의 필요성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

조사는 경남 통영시 산양읍 풍화리 연안의 잘피밭에서 2021년 4월부터 2022년 3월까지 매월 사리때 간조시, 2인 1조로 1회씩, 총 12회 실시하였다(Fig. 1). 잘피밭의 수심은 90~120 cm였으며, 1회 예망시 3분간, 120 m² 예망하였다. 채집 도구는 길이 380 cm, 높이 95 cm의 지인망(surf net)으로 선행연구(Kim and Gwak, 2012)에서 이용한 것과 동일한 어구를 이용하여 예망하였다.

조사해역 환경 특성 확인을 위해 YSI Pro30 Conductivity Meter, YSI Pro30 Salinity (YSI, USA)를 이용하여 수온과 염분을 측정하였다. 채집된 어류는 경상국립대학교 해양생물교육연구센터 어류학 연구실로 운반 후 동정하고 종별 개체수와 중량 및 전장을 측정하였다. 최소 단위는 전장 0.1 mm까지 측정하였고, 습중량은 전자저울 (VALOR 2000W, OHAUS CORPORATION, USA)을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다. 어류의 동정은 Kim *et al.* (2005)에 따라 종 수준까지 동정하였고 분류체계 및 학명은 FishBase (Froese and Pauly, 2022)를 따랐다. 월별로 종별 채집 개체수 자료를 이용하여 종다양도(diversity index, Shannon and Weaver, 1949)를 산출하였으며, 선행연구 및 계절별(봄: 3~5월, 여름: 6~8월, 가을: 9~11월, 겨울: 12~2월) 어류 군집의 차이를 분석하기 위해 Bray-Curtis similarity를 산출한 후, ANOSIM (one-way analysis of similarity) 분석을 하였고, SIMPER (similarity percentages) 분석을 통해 그 차이에 기여한 어종을 확인하였다. 통계분석은 Primer (Primer version 6)를 사용하였다. 이번 조사에서 6회 이상 출현한 어종의 개체수 그래프 및 선행연구에 비해 개체수가 크게 감소하거나 연중 출현, 우점한 종의 전장분포 그래프는 R Studio (R Version 4.1.2)에서 ggplot2 package를 사용하여 시각화하였다.

결 과

1. 해양환경

조사 기간 중 수온 범위는 2021년 8월이 28°C로 가장 높았고, 2022년 1월이 9.3°C로 가장 낮았다. 수온은 10월에 24.5°C였고 11월에 급격히 낮아져 16.7°C를 나타내었다. 12~3월까지 9.3°C~12.6°C의 범위를 나타내었고, 4월부터 수온이 상승하였다. 염분은 30.1~36.0 psu 범위였고, 평균 33.2 psu로 나타났다(Fig. 2).

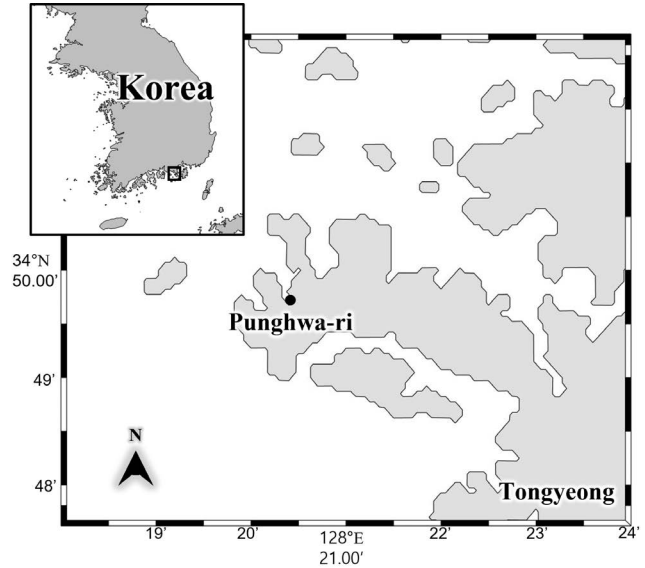


Fig. 1. A map of the study site.

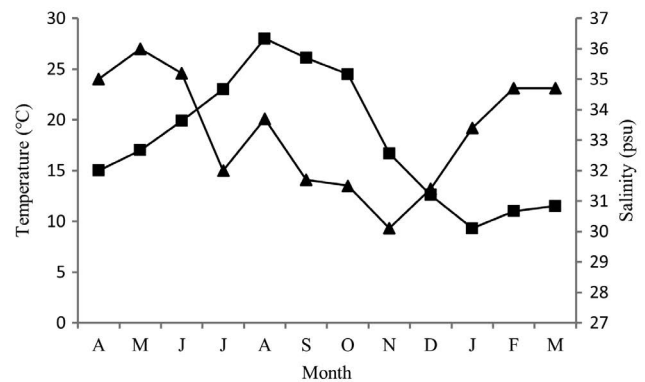


Fig. 2. Monthly variation in water temperature and salinity in the eelgrass beds of Punghwa-ri in Tongyeong, from April 2021 to March 2022 (■: Temperature, ▲: Salinity).

2. 어류 종조성 및 계절변동

조사 기간 중 채집된 어류는 총 9목, 19과 33종, 1,163개체, 1,843.6 g이었다(Table 1). 그 중 망둑어과(Gobiidae)가 6종으로 가장 많이 출현하였고, 황줄베도라치과(Pholidae), 실고기과(Syngnathidae) 각 3종, 독중개과(Cottidae), 망상어과(Embiotocidae), 쥐노래미과(Hexagrammidae), Neozoarcidae, 쥐치과(Monacanthidae) 각 2종, 나머지 11개과에서는 각 1종만 출현하였다(Table 2). 어종별 개체수는 그물코쥐치(*Rudarius ercodes*)가 455개체로 우점하였고, 다음으로 베도라치(*Pholis nebulosa*)가 178개체, 살망둑(*Gymnogobius heptacanthus*) 126개체, 가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*) 111개체, 실고기(*Syngnathus schlegeli*) 100개체 순으로 출현하였다. 채집된 개체 중 그물코쥐치, 베도라치, 살망둑, 가시망둑, 실

Table 2. List of species by family

Family	Species
Pleuronectidae (가자미과)	<i>Pleuronectes yokohamae</i> (문치가자미)
Siganidae (독가시치과)	<i>Siganus fuscescens</i> (독가시치)
Cottidae (독중개과)	<i>Pseudoblennius cottoides</i> (가시망둑)
	<i>Pseudoblennius percoides</i> (돌딱망둑)
Gobiidae (망둑어과)	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (문절망둑)
	<i>Pterogobius zonoleucus</i> (흰줄망둑)
	<i>Gymnogobius heptacanthus</i> (살망둑)
	<i>Pterogobius elapoides</i> (일곱동갈망둑)
	<i>Chaenogobius annularis</i> (점망둑)
	<i>Acanthogobius lactipes</i> (흰발망둑)
Girellidae (벙에돔과)	<i>Girella punctata</i> (벙에돔)
Embiotocidae (망상어과)	<i>Ditrema temminckii</i> (망상어)
	<i>Neoditrema ransonnetii</i> (인상어)
Tetrarogidae (미역치과)	<i>Paracentropogon rubripinnis</i> (미역치)
Sebastidae (볼락과)	<i>Sebastes inermis</i> (볼락)
Triglidae (성대과)	<i>Chelidonichthys spinosus</i> (성대)
Syngnathidae (실고기과)	<i>Syngnathus schlegeli</i> (실고기)
	<i>Urocampus nanus</i> (풀해마)
	<i>Hippocampus haema</i> (해마)
Plotosidae (쓸종개과)	<i>Plotosus lineatus</i> (쓸종개)
Hypoptychidae (양미리과)	<i>Aulichthys japonicus</i> (실비늘치)
Neozoarcidae	<i>Zoarchias glaber</i> (민베도라치)
	<i>Zoarchias uchidai</i> (우베도라치)
Leiognathidae (주둥치과)	<i>Nuclequula nuchalis</i> (주둥치)
Hexagrammidae (쥐노래미과)	<i>Hexagrammos agrammus</i> (노래미)
	<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)
Monacanthidae (쥐치과)	<i>Rudarius ercodes</i> (그물코쥐치)
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)
Tetraodontidae (참복과)	<i>Takifugu niphobles</i> (복섬)
Blenniidae (청베도라치과)	<i>Petrosirtes breviceps</i> (두줄베도라치)
Pholidae (황줄베도라치과)	<i>Pholis nebulosa</i> (베도라치)
	<i>Pholis crassispina</i> (점베도라치)
	<i>Pholis fangi</i> (흰베도라치)

고기가 전체 개체수의 83.4%를 차지하였다. 생체량은 그물코 쥐치가 525.0 g으로 가장 높았으며, 다음으로 가시망둑 236.6 g, 복섬 (*Takifugu niphobles*) 230.0 g, 베도라치 201.6 g, 실고기

146.5 g 순으로 나타났고, 전체 생체량의 72.7%를 차지하였다. 조사 기간 중 6회 이상 출현한 종은 6종으로, 실고기는 연중 출현하였으며, 가시망둑, 그물코쥐치, 베도라치 각 9회, 복섬 8회, 살망둑 7회 출현하였다(Fig. 3).

4월에는 총 8종이 출현하였으며(Fig. 4), 베도라치와 실고기가 개체수의 61.3%를 차지하였다. 5월에는 총 10종이 출현하여 생체량이 가장 높았고, 그물코쥐치와 베도라치가 개체수의 64%를 차지하였다. 6월은 베도라치가 5월에 비해 적게 출현하였고, 조사 기간 중 1회만 출현한 인상어(*Neoditrema ransonnetii*)가 채집되었다. 7월은 흰줄망둑(*Pterogobius zonoleucus*)이 전체 개체수의 51.1% 출현하였다. 8월에는 그물코 쥐치의 개체수가 증가하여 62개체로 개체수의 50%를 나타내었다. 다음으로 살망둑이 27.4%를 나타내어 그물코쥐치와 살망둑이 개체수의 77.4%를 나타내었으며, 나머지 종은 10개체 미만으로 채집되었다. 9월에는 총 8종으로, 161개체가 채집되었으며, 그물코쥐치가 개체수의 85.1%로 우점하였다. 10월에는 11종이 출현하였고, 개체수가 가장 많았으며, 그물코쥐치가 개체수의 62.1%, 살망둑이 19.2%를 나타내어 그물코쥐치와 살망둑이 개체수의 81.3%를 나타내었다. 11월에는 수온이 급격히 낮아져, 개체수와 생체량도 감소하는 경향을 보였으며, 그물코쥐치가 가장 우점하였다. 12월은 가장 적은 개체수가 채집되었고, 그물코쥐치와 실고기를 제외한 나머지 종은 5개체 미만으로 출현하였다. 1월에는 총 6종이 출현하여 종 수와 생체량이 가장 적었으며, 2월에는 베도라치 치어가 74개체로 우점하였고, 조사 기간 중 1회만 출현한 어종인 문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*)와 점베도라치(*Pholis crassispina*)가 출현하였다. 종다양도지수는 7월에 2.0으로 가장 높았고, 9월에 0.6으로 가장 낮았다.

3. 전장분포

1) 베도라치

베도라치는 조사 기간에 9회 출현하였으며, 2월부터 5월까지 개체수의 88.2%가 출현하였고, 특히 2월에 치어가 74개체 출현하였으며, 5월까지 치어가 출현하였다. 2월 전장 23.0 mm~45.0 mm였으며, 3월 35.0 mm~150.7 mm로 전장이 증가하는 경향이 나타났으며, 성체가 소수 출현하였다(Fig. 5A).

2) 그물코쥐치

그물코쥐치는 4월 전장 31.0 mm~48.0 mm의 범위를 나타내며 3월부터 7월까지 평균 전장이 증가하는 경향을 보인다. 7월 평균 전장이 49.0 mm로 나타났고, 8월 평균 전장이 30.4 mm로 나타났다. 8월에 평균 전장이 감소한 것은 치어가 다수 출현하였기 때문이다. 11월에 전장 23.0 mm, 12월 전장 27.0 mm의 어린 개체들이 출현하였다(Fig. 5B).

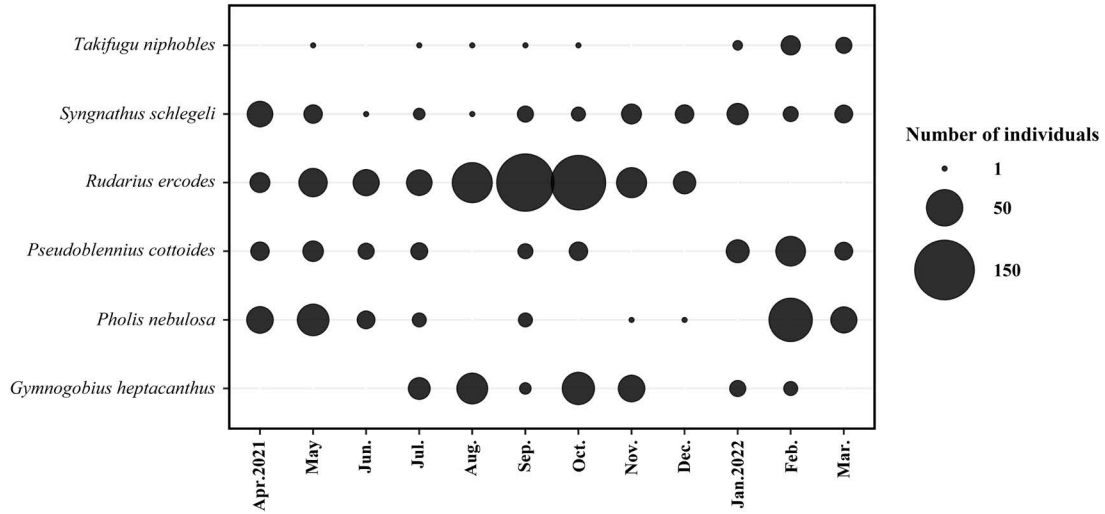


Fig. 3. Monthly variations in the number of individuals of major species in the eelgrass beds of Punghwa-ri, Tongyeong from April 2021 to March 2022.

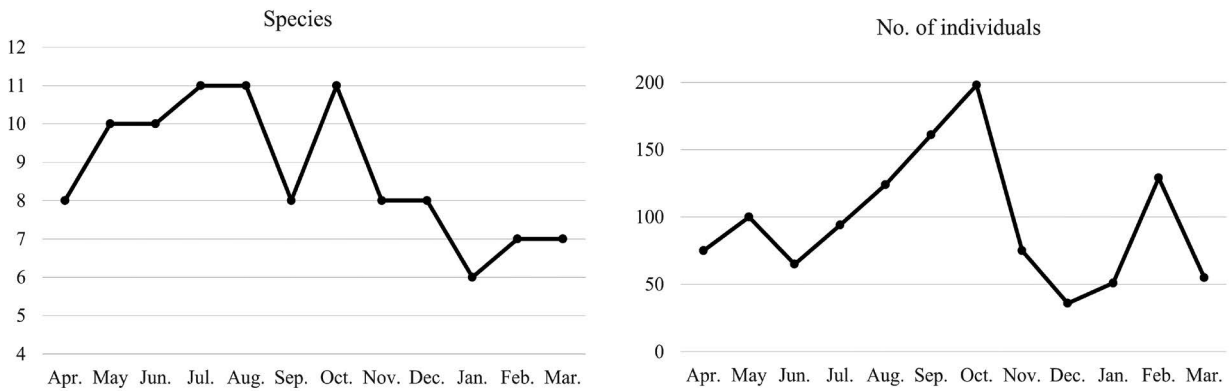


Fig. 4. Monthly variation in number of species, number of individuals of fishes collected in the eelgrass beds of Punghwa-ri, Tongyeong from April 2021 to March 2022.

3) 실고기

실고기는 조사 기간에 매월 출현하였으며, 전장 57.0 mm~246.0 mm였다. 1월 전장 64.0 mm~171.0 mm였으며, 평균 96.3 mm였다. 2월 전장 160.0 mm~225.0 mm였으며, 100 mm 이하의 작은 개체들은 출현하지 않았으나, 3월 전장 87.0 mm~246.0 mm의 범위를 가지는 개체들이 출현하였다. 또한, 200.0 mm 이상의 큰 개체들이 6월, 8월, 1월을 제외한 모든 달에 출현하였다(Fig. 5C).

계 나타났으며, 2월과 3월 각 11, 11.5°C를 나타내었다. 8월에 28°C로 가장 높았고, 9월부터 수온이 낮아지기 시작하여 10월에 24.5°C를 나타냈고, 11월에 급격히 낮아져 16.7°C를 나타내었다. 수온이 상승함에 따라 개체수와 생체량이 증가하는 경향을 나타냈고, 10월을 기점으로 수온이 낮아지며 개체수와 생체량 또한 줄어드는 경향을 보였다. 잘피밭에서 출현하는 어류들은 수온이 변화함에 따라 개체수와 생체량이 변화한다고 알려져(Huh and Kwak, 1997c; Lee et al., 2010)있어 이번 연구 결과와 일치했다.

고찰

1. 해양환경

조사해역의 수온은 2022년 1월에 9.3°C로 수온이 가장 낮

2. 주요 어종의 출현 양상

실고기는 조사 기간 중 매월 출현하였으며, 총 100개체가 채집되었다. 실고기의 산출 시기는 5월부터 10월로 보고되었다(Watanabe and Watanabe, 2002). 이번 연구에서 11월에 57.0

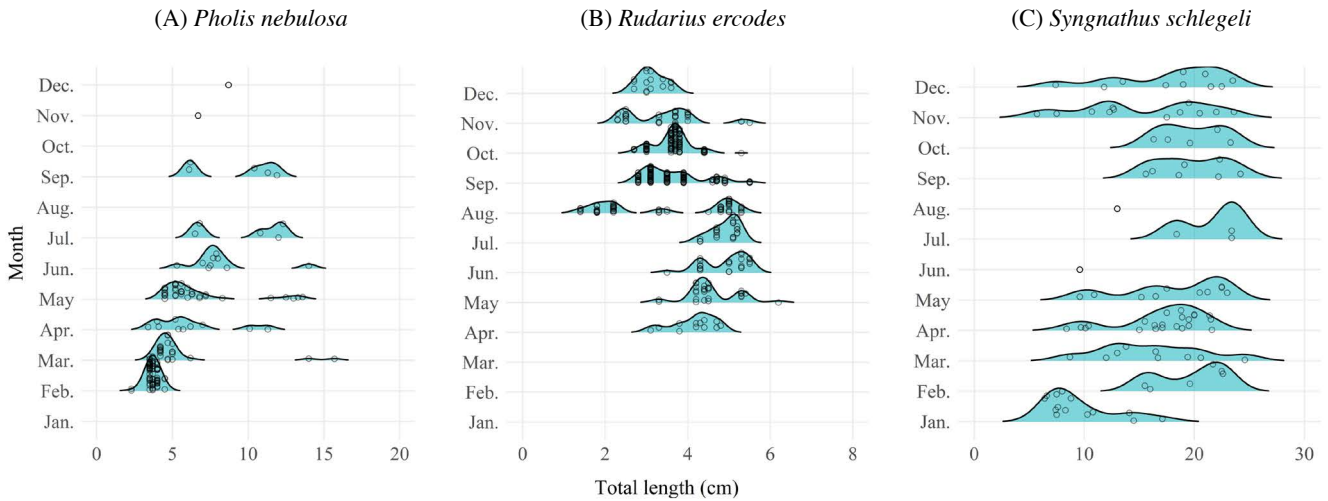


Fig. 5. Monthly total length frequency distribution of the three species (○: number of individual).

mm의 개체가 채집되었으며, 1월 64.0 mm의 작은 개체가 채집되었다. 3월에는 87.0 mm의 개체가 채집되어 1월의 작은 개체들이 성장한 것으로 생각되며, 산출시기가 일치하는 것으로 생각된다. Kim and Gwak (2006)은 실고기는 잘피밭을 서식지로 이용하는 의존도가 높다고 보고하였다. 이번 연구에서도 실고기는 잘피밭을 연중 이용하는 것으로 나타났다. Lazzari and Able (1990)에 따르면 실고기는 얕은 수심에서 서식하다가 수온이 4~12°C로 낮아지면 10~20 m 되는 깊이로 이동한다고 보고되었다. 그러나, 이번 연구에서는 12°C보다 낮은 수온인 9.3°C에서도 실고기가 수심이 깊은 곳으로 이동하지 않고 잘피밭에 서식하는 것으로 나타났다. 이는 Kim and Gwak (2006)의 연구 결과와 일치하는 결과를 보였으며, 실고기는 수온이 9°C보다 더 낮은 수온일 때 수심이 깊은 곳으로 이동할 것으로 추정된다. 풍화리의 잘피는 거머리말로서, 생식지는 수온 상승기인 봄에 형성되고, 수온 20°C 전후에 성숙한 후, 고수온기 전에 종자를 방출하며, 씨를 퍼트린 후 시들어 버린다고 보고되었다(Yoon and Kim, 2019). 이번 연구 결과 잘피가 쇠퇴하는 여름철에 실고기의 개체수가 감소하여 잘피 의존도가 높은 실고기가 잘피의 현존량이 감소함에 따라 개체수가 감소하는 결과와 일치하였다.

베도라치는 조사 기간 중 8, 10, 11월을 제외한 모든 달에 출현하였으며, 178개체가 채집되어 아우점종으로 나타났다. 베도라치는 수온이 높은 여름에 출현하지 않거나 소수만 출현하였고, 2월부터는 치어가 출현하기 시작하여 5월부터 개체수가 감소하였다. 베도라치의 산란기는 11월에서 12월로 보고되었으며(Kang *et al.*, 1996), 이번 연구 결과와 일치한다. 베도라치의 생식생태에 대한 연구에 따르면, 암컷은 15 cm, 수컷은 16 cm에 최초 성숙에 도달하며, 연령은 2세로 추정된다(Seishi *et al.*, 1989). 이번 연구에서 채집된 베도라치의 최대 길이는

15.7 cm이므로, 성숙한 개체로 생각된다. 따라서, 베도라치 성어는 산란을 위해 잘피밭에 일시적으로 출현하고, 잘피밭에는 베도라치 치어의 먹이가 풍부하므로(Huh and Kwak, 1997b), 부화된 자치어가 잘피밭을 성육장으로 이용한다고 생각된다.

그물코쥐치는 조사 기간에 455개체가 채집되어 우점하였으며, 1~3월을 제외하고 매월 출현하였다. 수온이 증가하며 개체수 또한 증가하는 경향을 보였다. 그물코쥐치의 산란기는 5월 중순부터 10월 초순까지이며, 산란 성기는 6월부터 8월로 보고되었다(Lee and Hanyu, 1984). 이번 연구에서는 6월과 7월에 어린 개체가 출현하지 않았고, 8월부터 치어가 출현하여, 풍화리 잘피밭의 그물코쥐치의 주 산란기는 7월로 추정되며, 부화된 치어가 8월에 대량 출현한 것으로 생각된다.

가시망둑은 조사 기간 중 8, 11, 12월을 제외한 모든 달에 출현하였다. 산란기는 10월 말부터 이듬해 2월까지이며, 부화 후 32일째에 평균 전장 19.18 mm로 치어기에 진입하는 것으로 보고되었다(Dong *et al.*, 2003). 이번 연구 결과 1월부터 치어가 출현하기 시작했고, 4월에 전장 22.0 mm의 치어 한 개체가 채집되어 산란기가 선행연구 결과와 유사했다. 또한, 가시망둑의 식성에 관한 연구에 따르면(Huh and Kwak, 1998a), 가시망둑은 2~3 cm 크기 군에서 단각류와 어류 및 새우류 같은 비교적 큰 먹이를 선호하는 경향을 보였다. 가시망둑의 먹이가 되는 잘피밭의 새우류는 여름에 개체수가 감소하고 겨울에 증가하여(Huh and An, 1997; Kim and Gwak, 2012) 부화된 가시망둑 자치어가 잘피밭을 섭이장으로 사용하는 것으로 판단된다.

살망둑의 식성은 모든 크기 군에서 긴노요각목을 선호하며(Kanou *et al.*, 2004), 성장함에 따라 먹이생물 변화가 거의 없다고 보고되었다(Kim *et al.*, 2016). 잘피밭은 요각류, 단각류, 새우류 같은 먹이생물이 풍부하며(Huh and Kwak, 1998), 풍

Table 3. ANOSIM and SIMPER results comparing species composition

Groups		One-way ANOSIM		SIMPER		
		R value	P value	Average dissimilarity (%)	Discriminating species	Contribution (%)
Site (Punghwa-ri)	Previous study vs. Present study	0.332	0.001	62.19	<i>Rudarius ercodes</i>	9.14
					<i>Pholis nebulosa</i>	8.78
					<i>Sebastes inermis</i>	8.58
	Spring vs. Summer	0.519	0.001	68.58	<i>Rudarius ercodes</i>	20.86
					<i>Pholis nebulosa</i>	19.28
					<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	12.63
	Spring vs. Fall	0.815	0.001	73.42	<i>Rudarius ercodes</i>	48.36
					<i>Pholis nebulosa</i>	16.72
					<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	14.18
Season (present study)	Spring vs. Winter	0.185	0.002	59.8	<i>Pholis nebulosa</i>	37.91
					<i>Rudarius ercodes</i>	14.15
					<i>Pseudoblennius cottoides</i>	13.81
	Summer vs. Fall	0.593	0.001	58.91	<i>Rudarius ercodes</i>	45.42
					<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	12.82
					<i>Pterogobius zonoleucus</i>	10.78
	Summer vs. Winter	0.37	0.001	78.22	<i>Rudarius ercodes</i>	22.3
					<i>Pholis nebulosa</i>	16.55
					<i>Pterogobius zonoleucus</i>	11.75
	Fall vs. Winter	0.333	0.003	78.27	<i>Rudarius ercodes</i>	51.32
					<i>Pholis nebulosa</i>	12.47
					<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	12.39

화리 잘피발의 선행연구에 따르면, 조사기간 중 총 7,093개체, 896.0 g의 무척추 동물이 채집되었고, 주요 출현종으로 긴발줄 새우 (*Palaemon ortmanni*)와 긴좁은뿔꼬마새우 (*Heptacarpus rectirostris*)가 각각 778개체, 149개체 채집되었다고 보고되어 먹이생물이 풍부한 것으로 판단된다. 살망둑의 산란기는 2월에서 5월로 보고되어있다(Dotsu, 1984). 7월 19.0 mm~32.0 mm, 8월 30.0 mm~41.2 mm의 치어가 출현하였고, 2월 97.0 mm의 개체가 채집되어, 산란기가 일치하는 것으로 생각된다. Klumpp *et al.* (1992)에 따르면 잘피발은 높은 생산력이 있으며, 이는 다양한 어류의 유어들에게 성육장을 제공한다고 알려져 있다(Nybakken, 1993). 또한, 풍화리 잘피발의 저질은 펄질로 되어있어, 살망둑이 선호하는 환경으로 이루어져 있다(Senou, 2004). 따라서, 살망둑은 먹이생물이 풍부하고 펄질로 구성되어있는 풍화리 잘피발을 7월과 8월에 성육장으로 이용하는 것으로 판단된다.

채집된 어류 중 그물코쥐치가 455개체 (39.1%)로 우점하였다. 다음으로 베도라치 (15.3%), 살망둑 (10.8%), 가시망둑

(9.5%), 실고기 (8.6%) 순으로 나타났다. 이들 5종이 전체 개체수의 83.4%를 차지하였는데, 이번 연구가 수행된 풍화리 잘피발의 저질은 펄질이며, 주변이 암반지역으로 되어 있다. 이러한 환경은 잘피발에 의존도가 높은 실고기, 잘피발을 성육장으로 이용하는 가시망둑과 베도라치, 살망둑, 그물코쥐치 같은 어류들이 서식하기에 적합한 환경이며, 소수 어종이 우점하는 현상은 우점종들이 해당 해역의 환경에 잘 적응한 결과라고 생각된다(Cha, 1999).

3. 군집구조별 비교 분석

선행연구와의 비교에서 R 값은 0.332로 차이를 확인하였고 (Table 3), P 값이 0.001로 유의미한 차이를 보였다. SIMPER 분석을 실시하여 그물코쥐치, 베도라치, 볼락이 각 9.1%, 8.8%, 8.6% 만큼 기여한 것을 확인하였다. 이러한 차이는 그물코쥐치의 출현 개체수가 선행연구 518개체, 이번 연구 455개체로 비슷하였다. 하지만, 선행연구에서 봄에 총 79개체 출

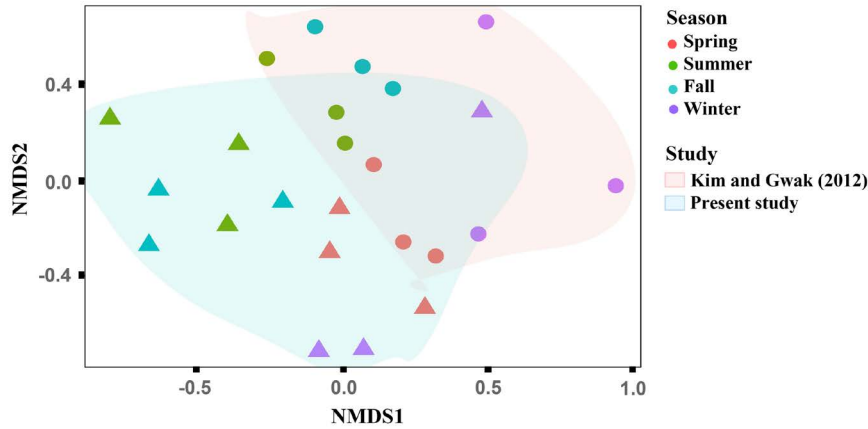


Fig. 6. Non-metric multidimensional scaling (nMDS) plot by seasons and compared between previous and present study (Kim and Gwak, 2012) (●: Previous study, ▲: Present study).

현한 반면, 이번 연구에선 40개체가 출현하였고, 여름은 각 199개체, 107개체, 가을은 각 238개체, 292개체였다. 또한, 겨울은 각 2개체, 16개체이기 때문에 그물코쥐치의 기여도가 9.1%로 나타난 것으로 생각된다. 베도라치는 선행연구에서 2월, 3월, 4월에 3,349개체가 채집된 반면, 이번 연구에서는 121개체만 채집되어 차이를 보였다. 불락은 선행연구에서 1월과 2월을 제외한 모든 달에 출현하였으나, 이번 연구에서 5월, 6월, 9월만 출현하였으며, 개체수는 선행연구 총 190개체, 이번 연구에서는 총 7개체만 채집되었기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 생각된다. 이번 연구에서 봄과 여름의 비교는 R 값이 0.519로 상당한 차이와 P 값이 0.001로 유의미한 차이를 확인하였으며, 이러한 결과에 그물코쥐치 (20.9%), 베도라치 (19.3%), 살망둑 (12.6%)이 기여하였다. 이는 봄에 그물코쥐치가 40개체 출현한 반면, 여름에는 107개체, 베도라치는 봄에 83개체, 여름에는 14개체, 살망둑은 봄에 출현하지 않았고, 여름에 49개체가 출현하였기 때문인 것으로 생각된다. 봄과 가을의 비교는 R 값이 0.815이므로 차이가 크게 나타났다. SIMPER 분석 결과, 그물코쥐치 (48.4%), 베도라치 (16.7%), 살망둑 (14.2%)이 기여하였다. 이는 가을에 그물코쥐치가 292개체 채집된 반면, 봄에 40개체, 베도라치는 가을에 6개체, 봄에 83개체가 채집되었으며, 살망둑은 가을에 65개체가 채집되었으나, 봄에는 채집되지 않았기 때문에 이들의 기여도가 큰 것으로 생각된다. 봄과 겨울을 비교했을 때 R 값이 0.185로 나타났다. SIMPER 분석을 통해 베도라치 (37.9%), 그물코쥐치 (14.1%), 가시망둑 (13.8%)이 기여한 것을 확인하였다. 베도라치는 겨울에 74개체, 봄에 83개체 채집되었다. 그물코쥐치는 겨울에 16개체, 봄에 40개체 채집되었으며, 가시망둑은 겨울에 48개체, 봄에 32개체 채집되어 출현 양상이 비슷하다는 것을 확인하였다. 가을과 겨울의 비교는 R 값이 0.333으로 차이를 보였으며, 그물코쥐치 (51.3%), 베도라치 (12.5%), 살망둑

(12.4%)이 기여한 것을 확인하였다. 이는 그물코쥐치가 가을에 292개체 출현한 반면, 겨울에 16개체, 베도라치는 가을에 6개체, 겨울에 75개체 출현하였으며, 살망둑은 가을에 65개체, 겨울에 12개체가 출현하였기 때문이라 생각된다. 또한, nMDS를 실시한 결과 (Fig. 6), 선행연구에서 봄과 여름, 가을은 각각 유사한 양상을 보였으며, 여름과 가을이 가까이 위치하였다. 이는 여름과 가을에 같은 종이 비슷하게 출현했기 때문인 것으로 판단된다. 겨울은 이번 연구에서도 선행연구와 유사한 양상을 보였다.

4. 아열대성 어종 비교

이번 연구에서만 채집된 아열대성 어종은 3종으로, 독가시치 (*Siganus fuscescens*), 두줄베도라치 (*Petroscirtes breviceps*), 쓸종개 (*Plotosus lineatus*)이다 (Sano, 1984; Woodland, 1990; Thollot, 1992). 독가시치는 7개체 출현하였다. 독가시치의 산란기는 6~9월이며, 주산란기는 7~8월로 보고되었다 (Lee *et al.*, 2014). 이번 조사에서 평균 전장 34 mm의 독가시치가 출현하였으나, 이후에는 출현하지 않아 부화된 유어들이 잘피밭에 일시적으로 머무는 것으로 생각된다. 선행연구와의 비슷한 시기에 수행된 거제 잘피밭 연구에서 독가시치의 출현 보고가 있었으나 (Lee *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2011), 같은 지역 선행 연구에서는 출현하지 않았다. 이는 채집도구나 채집 시기 때문인 것으로 판단된다. 무리를 지어 생활하는 쓸종개는 3개체만 채집되었고, 두줄베도라치가 1개체 채집되었다. 쓸종개와 두줄베도라치의 활동 범위는 잘피밭 주변 지역까지 넓은 활동 범위를 가진다고 알려져있다 (Go and Cho, 1997). 이번 연구에서 채집된 쓸종개는 무리에서 이탈한 개체로 추정되며, 두줄베도라치는 먹이를 찾기 위해 잘피밭에 유입된 것으로 생각된다 (Kim and Gwak, 2006). 선행연구에서만 출현한 아

Table 4. Comparison of species composition of fishes collected in the eelgrass beds of Punghwa-ri to those obtained from the same site in the previous study

	Punghwa-ri, Tongyeong	
	Previous study (Kim and Gwak, 2012)	Present study
Sampling period	Nov. 2010~Oct. 2011	Apr. 2021~Mar. 2022
Sampling gear	Surf net	Surf net
Mesh size (mm)	2	2
Number of species	30	33
Number of individuals	5,511	1,163
Biomass (g)	6933.4	1843.6
Diversity index	1.47	1.48
Dominant species	<i>Pholis nebulosa</i> (61.5%) <i>Syngnathus schlegeli</i> (10.9%) <i>Rudarius ercodes</i> (9.4%)	<i>Rudarius ercodes</i> (39.1%) <i>Pholis nebulosa</i> (15.3%) <i>Gymnogobius heptacanthus</i> (10.8%)

열대성 어종은 노랑촉수 (*Upeneus japonicus*), 갈돔 (*Lethrinus nebulosus*) 2종이다. 노랑촉수는 이번 연구에서 채집되지는 않았으나, 목시 관찰로 풍화리 잘피밭 지역에 서식하는 것으로 확인하였고, 지속적으로 보고되고 있다 (Gwak *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018). 갈돔은 열대성 어종으로, 주 산란기 3월부터 6월까지로 보고되었다 (Akihiko, 1990). 선행연구에서 8월에 1개체 채집된 갈돔은 3.5 g으로, 유어인 것으로 생각된다. 갈돔 유어는 무리를 지어 행동하는 것으로 보고되었으나 (Fischer and Bianchi, 1984), 선행연구에서 1개체만 채집되어, 무리에서 이탈한 개체가 잘피밭에 유입된 것으로 생각된다.

5. 선행연구와의 종조성 비교

통영 풍화리 잘피밭에서 수행된 선행연구인 Kim and Gwak (2012)은 이번 연구와 동일한 지역에서 동일한 조사 방법으로 수행되었다. 선행연구와 이번 연구의 어류 종조성을 비교했을 때 선행연구에서 출현한 종은 30종, 5,511개체, 6,933.4 g이었고, 이번 연구에서 출현한 종은 33종, 1,163개체, 1,843.6 g이었다 (Table 4). 선행연구에서만 출현한 종은 감성돔 (*Acanthopagrus schlegelii*), 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*), 노랑촉수, 도치과 (Cyclopteridae), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*), 무늬횃대 (*Furcina osimae*), 바닥 문절 (*Sagamia geneionema*), 점농어 (*Lateolabrax maculatus*), 줄복 (*Takifugu pardalis*), 줄망둑 (*Acentrogobius pflaumii*)으로 11종이며, 이번 연구에서만 출현한 종은 독가시치, 두줄베도라치, 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*), 문치가자미, 뱀에돔 (*Girella punctata*), 성대 (*Chelidonichthys spinosus*), 쓸종개, 우베도라치 (*Zoarchias uchidai*), 인상어, 점베도라치, 주둥치 (*Nuquequula nuchalis*), 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*), 흰발망

둑 (*Acanthogobius lactipes*)으로 13종이다

선행연구와의 비교에서 개체수와 생체량에 큰 차이를 보였다. 선행연구에서 3월과 4월 베도라치 치어가 각각 2,828개체, 503개체 출현하였으나, 이번 연구에서 74개체, 23개체 채집되어 개체수가 급감하였다. 또한, 베도라치와 유사한 출현 양상을 보이는 가시망둑 치어 또한 개체수가 감소하였다. 베도라치의 산란기는 11월에서 12월이며, 조수 웅덩이의 돌 밑이나 바위틈에 산란한다고 보고되었다 (Mito, 1954; Kang *et al.*, 1996). 이번 연구에서는 11월과 12월에 1개체씩만 채집되어, 성어가 산란을 위해 잘피밭에 유입되지 않아 개체수가 감소한 것으로 추정된다. 가시망둑 치어의 개체수 감소의 원인은 채집시기 때문인 것으로 추정되며, 조사 횟수를 추가하여 보완할 수 있을 것으로 생각된다. 볼락이 선행연구 (Kim and Gwak, 2012)에서 190개체 출현한 반면, 이번 연구에선 7개체만이 출현하였다. 볼락은 요각류와 단각류를 주로 섭식하며 (Kim and Kang, 1999), 9 cm 이하의 볼락은 잘피밭에 먹이를 섭식하기 위해 출현하며, 성장함에 따라 암초 해역으로 이동한다고 보고되었다 (Huh and Kwak, 1998b). 선행연구 (Kim and Gwak, 2012) 결과 9 cm 이하의 작은 개체들이 잘피밭에 출현하여 Huh and Kwak (1998)의 연구 결과와 일치하지만, 이번 연구에서는 9 cm 이하의 볼락이 3개체 채집되어 선행연구와 다른 결과를 보였다. 이는 볼락이 아직 잘피밭에 유입되지 않았거나, 다른 환경적 요인에 기인한 것으로 생각되며, 환경과 먹이생물에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 이번 연구에서만 출현한 주둥치는 암·수 모두 전장 7.5 cm에 첫 군 성숙에 도달하며, 주둥치는 5~6월에 성숙하여 6월부터 8월까지 완숙 및 산란한다고 보고되었다 (Lee and Huh, 2000). 이번 연구에서 채집된 주둥치의 평균 전장은 3.8 cm이었으며, 3~4 cm의 주둥치는 요각류와 게 유생을 선호하므로 (Huh and Kwak, 1997a), 부화된 주둥치가 먹이를 섭식하기 위

해 잘피밭에 유입된 것으로 보인다.

선행연구와 이번 연구의 비교를 통해 우점종의 변화와 개체수, 생체량 차이를 확인하였다. 선행연구에서 베도라치, 실고기, 그물코쥐치 순으로 우점하였으나, 이번 연구에서 그물코쥐치, 베도라치, 살망둑 순으로 우점하였다. 이번 연구에서 아열대성 어종인 쓸종개, 독가시치, 두줄베도라치의 출현이 처음 확인되었다. 또한, 이번 조사에서 채집되지는 않았으나, 선행연구에서 출현한 노랑촉수를 목시 관찰하여 풍화리 잘피밭 지역에 서식하는 것을 확인하였다. 개체수와 생체량에서는 선행연구가 이번 연구보다 각각 4,348개체, 5,089.8g 더 높게 나타났다. 특히, 베도라치의 개체수가 3,391개체에서 178개체로 급격히 감소하였는데, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 소수만 출현한 어종은 일시적으로 풍화리 잘피밭에 유입된 것인지, 정착한 어종인지 파악이 어렵기 때문에, 수중관찰이나 통발과 같이 다른 조사 방법과 조사 횟수와 조사 주기를 늘리는 것으로 보완할 수 있을 것으로 생각된다.

잘피밭 어류 종조성 연구는 해당 해역의 잘피밭에 어떤 어류가 서식하고 있는지를 밝히는 것으로 해당 생태계를 이해하는 데 있어 중요한 연구 중 하나이다. 그러므로, 지속적인 연구가 수행되어 채집된 어류들이 일시적으로 유입된 것인지, 정착하여 서식하는지 파악해야 한다. 또한, 우리나라 연안의 경우, 지구 온난화에 의해 해수온 상승이 빠르게 진행되고 있으며 (Jung, 2008; KMA, 2020) 광범위한 범위에서 어류들의 북방한계선이 상승하고 있다는 연구 결과 (Perry *et al.*, 2005; Dulvy *et al.*, 2008; Fossheim *et al.*, 2015)가 있으므로, 어류상 변동이 예측된다. 따라서, 지속적 및 주기적 연구를 통해 새로 잘피밭에 유입되는 아열대성 어종, 개체수 변화와 같은 어류상 변동을 파악할 필요가 있다고 생각된다.

요 약

경남 통영시 풍화리 잘피밭에서 어류의 종조성 변동을 파악하기 위해 2021년 4월부터 22년 3월까지 지인망 (surf net) 을 이용하여 조사하였다. 10년전 수행된 선행연구 결과와의 비교에서 종조성과 우점종에 유의한 차이를 나타냈다. 또한, 선행연구에서 출현하지 않았던 아열대성 어종인 독가시치 (*Siganus fuscescens*), 쓸종개 (*Plotosus lineatus*), 두줄베도라치 (*Petroscirtes breviceps*)가 출현하였다.

사 사

현장 조사와 시료 분석에 많은 도움을 준 경상국립대학교

양식생명과학과 어류학연구실원 일동과 경상남도수산자원연구소 이정태 연구사님께 감사드립니다. 또한 연구 계획과 수행의 전반적인 면에서 도움을 주신 임아연님께 감사드립니다.

REFERENCES

- Akihiko, E. 1990. Reproductive biology of *Lethrinus nebulosus* (Pisces: Lethrinidae) around the Okinawan waters. Japanese Soci. Fisheries Sci., 56: 1941-1954.
- Cha, B.Y. 1999. Species composition of fish in coastal water off Goeje Island. Korean J. Ichthyol., 11: 184-190.
- Dong, J.Y., H.H. Kyeong, B.R. Seung, K.S. Kim, S.C. Ha, H.C. Zang and G.S. Lee. 2003. Original morphological development of eggs, larvae and juvenile of the sunrise sculpin, *Pseudoblennius cottoides* (Teleostei: Cottidae). Korean J. Fisheries and Aqua. Sci., 36: 263-269.
- Dotsu, Y. 1984. The biology and induced spawning of the gobiid fish, *Chaenogobius heptacanthus*. Bull. Fish Inst. Nagasaki Univ., 55: 9-18.
- Dulvy, N.K., S.I. Rogers, S. Jennings, V. Stelzenmüller, S.R. Dye and H.R. Skjoldal. 2008. Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. J. Appl. Ecol., 45: 1029-1039.
- Fischer, W. and G. Bianchi. 1984. species identification sheets for fishery purposes: Western Indian Ocean (Fishing Area 51). v. 1: Introductory material. Bony fishes, families: Acanthuridae to Clupeidae.-v. 2: Bony fishes, families: Congiopodidae to Lophotidae.-v. 3:... families: Lutjanidae to Scaridae.-v. 4:... families: Scatophagidae to Trichiuridae.-v. 5: Bony fishes, families: Triglidae to Zeidae. Chimaeras. Sharks. Lobsters. Shrimps and prawns. Sea turtles. v. 6: Alphabetical index of scientific names and vernacular names. FAO.
- Fossheim, M., R. Primicerio, E. Johannesen, R.B. Ingvaldsen, M.M. Aschan and A.V. Dolgov. 2015. Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. Nat. Clim. Change, 5: 673-677.
- Go, Y.B. and S.H. Cho. 1997. Study on the fish community in the seagrass belt around Cheju Island I. Species composition and seasonal variations of fish community. Korean J. Ichthyol., 9: 48-60.
- Gwak, W.S., S.H. Lee and Y.D. Lee. 2016. Fish assemblages by SCU-BA observations in the water off Tongyeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 100-109.
- Han, D.H., D.H. Lee, J.S. Park, J.S. Kim, Y.D. Lee, J.Y. Park and W.S. Gwak. 2017. Species composition of fish assemblage in eelgrass bed of Bongam on Hansando Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 29: 130-138.
- Henderson, P.A. 2017. Long-term temporal and spatial changes in the richness and relative abundance of the inshore fish community of the British North Sea Coast. J. of Sea Res., 127:

- 212-226. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.06.011>.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997a. Feeding habits of *Leiognathus nuchalis* in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol., 9: 221-227.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997b. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. Korean J. Ichthyol., 9: 22-29.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997c. Species composition and seasonal variations of fishes in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol., 9: 202-220.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998a. Feeding habits of *Sebastes inermis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Fisheries and Aqua. Sci., 31: 168-175.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998b. Feeding habits of *Pseudoblennius cottoides*. Korean J. Fisheries and Aqua. Sci., 31: 37-44.
- Huh, S.H. and Y.R. An. 1997. Seasonal variation of shrimp (Crustacea Decapoda) community in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Fisheries and Aqua. Sci., 30: 532-542.
- Jung, S.G. 2008. Spatial variability in long-term changes of climate and oceanographic conditions in Korea. J. Environ. Biol., 29: 519-529.
- Kang, Y.J., Y.H. Kim and W.T. Kim. 1996. Age, growth and spawning of *Enedrias nebulosus*. Korean J. Fisheries and Aquat. Sci., 29: 191-196.
- Kanou, K., M. Sano and H. Kohno. 2004. Food habits of fishes on unvegetated tidal mudflats in Tokyo Bay, central Japan. Fisheries Sci., 70: 978-987.
- Kim, B.G. and W.S. Gwak. 2006. Seasonal variation in species composition of fishes in the eelgrass bed in Jisepo Bay of Geoje Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 234-243.
- Kim, C.K. and Y.J. Kang. 1999. Feeding ecology of black rockfish, *Sebastes inermis*. Korean J. Fisheries and Aqua. Sci., 32: 637-641.
- Kim, H.J., M.J. Kim, M. Jeong, S.J. Ye, G.W. Baeck and S.H. Huh. 2016. Feeding habits of juvenile of *Gymnogobius heptacanthus* in the coastal waters of Geoje, Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 41-46.
- Kim, J.S., J.Y. Choi, Y.J. Lee and W.S. Gwak. 2013. Species composition of fishes in eelgrass bed of Minyang in Tongyeong, Korea. The Sea: J. Korean Soc. Oceanogr., 18: 227-233.
- Kim, J.S. and W.S. Gwak. 2012. Species composition of fish assemblage in a small scale eelgrass bed of Tongyeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 191-200.
- Kim, J.S., D.H. Lee, J.S. Park, D.H. Han and W.S. Gwak. 2011. Species composition of fish assemblages in eelgrass bed of Myeongsa on Geoje Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 119-127.
- Kim, J.S., Y.D. Lee, S.H. Lee, J.S. Park and W.S. Gwak. 2018. Seasonal variation in fish species composition in the coastal water of Samdong-myeon, Namhae, Korea. Korean J. Ichthyol., 30: 55-64.
- Klumpp, D.W., J.S. Salita-Espinosa and M.D. Fortes. 1992. The role of epiphytic periphyton and macroinvertebrate grazers in the trophic flux of a tropical seagrass community. Aqua. Botany, 43: 327-349.
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2020. Annual climatological report 2020. Korea meteorological administration, Seoul, Korea, 7pp.
- Lazzari, M.A. and K.W. Able. 1990. Northern pipefish, *Syngnathus fuscus*, occurrences over the Mid-Atlantic Bight continental shelf: evidence of seasonal migration. Environ. Biol. Fish., 27: 177-185.
- Lee, D.H., J.S. Kim, J.S. Park, D.H. Han and W.S. Gwak. 2011. Species composition of fish assemblages in eelgrass bed of Jeogu on Geoje Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 225-233.
- Lee, D.H., J.S. Park, D.H. Han, W.S. Gwak and J.S. Kim. 2012. Fish Assemblages in Sandy Shore of Myeongsa on Geoje Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 11-19.
- Lee, D.H., T.J. Kim, B.E. Choi, S.J. Lee and W.S. Gwak. 2010. Species composition of fishes in eelgrass bed of Geoje Bay on Geoje Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 22: 179-185.
- Lee, J.S. and S.H. Huh. 2000. Reproductive biology of the slimy, *Leiognathus nuchalis* (Teleostei : Leiognathidae). Korean J. Ichthyol., 12: 192-202.
- Lee, S.H., Y.D. Lee, M.G. Shin and W.S. Gwak. 2016. Seasonal variation in fish species composition in seagrass bed of Aenggang Bay in the South Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 28: 249-259.
- 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. Korean Soc. Fisheries and Ocean Technol., 50: 169-175.
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Korean J. Fish Aquat. Sci., 17: 423-435.
- Lee, Y.D., G.M. Lee and W.S. Gwak. 2022. Assessment of fish fauna in the coastal waters off Busan and Ulsan, southwestern Korea using the underwater visual census. Korean J. Ichthyol., 34: 44-56.
- Meyer, J., I. Kroencke, A. Bartholomae, J.W. Dippner and U. Schueckel. 2016. Long-term changes in species composition of demersal fish and epibenthic species in the Jade area (German Wadden Sea/Southern North Sea) since 1972. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 181: 284-293.
- Mito, S. 1954. Breeding habits of a blennioid fish, *Salarias enosimae*. Japanese J. Ichthyol., 3: 144-152.
- Moyes, F. and A.E. Magurran. 2019. Change in the dominance structure of two marine-fish assemblages over three decades. J. Fish Biol., 94: 96-102. <https://doi.org/10.1111/jfb.13868>.
- Nybakken, J.W. 1993. Marine biology (3rd edition). Harper Collins College Publ., New York, pp. 462.
- Park, S.W., J.S. Kim, Y.D. Lee and W.S. Gwak. 2021. Seasonal variation in fish species composition in the eelgrass bed of Yeocha on Hansando Island, Tongyeong-si, Southern Korea. Korean J. Ichthyol., 33: 22-30.
- Perry, A.L., P.J. Low, J.R. Ellis and J.D. Reynolds. 2005. Climate change and distribution shifts in marine fishes. Science, 308:

- 1912-1915.
- Sano, M. 1984. Food habits of teleostean reef fishes in Okinawa Island, southern Japan. Univ. Mus. Univ. Tokyo Bull., 25: 1-128.
- Seishi, K., O. Kakaharu and M. Koichiro. 1989. Reproductive biology of the tidepool gunnel *Pholis nebulosa* in Ago Bay, central Japan. Nippon Suisan GakkaiShi, 55: 503-506.
- Senou, H. 2004. A photographic guide to the gobioid fishes of Japan. Heibonsha.
- Sogard, S.M. and K.W. Able. 1991. A comparison of eelgrass, sea lettuce macroalgae, and marsh creeks as habitats for epibenthic fishes and decapods. ECSA, 33: 501-519.
- Thollot, P. 1992. Mangrove fish of the southwestern lagoon of New Caledonia: ecology of stands. Relations with coastal ichthyological communities. Univ. Aix-Marseille II. pp. 88-93.
- Watanabe, S. and Y. Watanabe. 2002. Relationship between male size and newborn size in the seaweed pipefish, *Syngnathus schlegeli*. Environ. Biol. Fishes, 65: 319-325.
- Waycott, M., C.M. Duarte, T.J. Carruthers, R.J. Orth, W.C. Dennison, S. Olyarnik and S.L. Williams. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. PNAS, 106: 12377-12381.
- Woodland, D.J. 1990. Revision of the fish family Siganidae with descriptions of two new species and comments on distribution and biology. Indo-Pacific Fishes, NHBS, 19pp.
- Yoon, J.S. and N.G. Kim. 2019. Phenology of *Zostera marina* at Tongyeong in Southern Coast of Korea. J. Marine Biosci. Biotechnol., 11: 62-70.