

경남 통영 민양마을 잘피밭 어류의 종조성 변동

조광현 · 곽우석^{1,*}

국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹경상국립대학교 해양생물교육연구센터

Variation in Species Composition of Fishes in the Eelgrass Beds of Minyang in Tongyeong, Korea by Gwang-Hyeon Jo and Woo-Seok Gwak^{1,*} (Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Republic of Korea; ¹Marine Bio-Education and Research Center, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea)

ABSTRACT The purpose of this study was to find out the fish species that appeared monthly through the fish stock survey of Minyang eelgrass beds in Tongyeong and compare them with the results of previous studies in the same area. This survey confirmed the species compositional characteristics of fish using surf net from March 2021 to February 2022. During the survey period, a total of 24 species, 8,679 individuals, and 3,714.42 g of the total fish were collected. The dominant species were *Gymnogobius castaneus*, *G. heptacanthus*, *Chaenogobius gulosus*, *Pholis nebulosa*, *Rudarius ercodes* which accounted for 95.9% of a total number of individuals collected. Similar to previous studies, most of the fish species that appeared were gobiidae, and in this study, *Leiognathus nuchalis*, which was selected as pollution indicator species, appeared for the first time.

Key words: Eelgrass beds, species composition, surf net, dominant species

서 론

해양생태계에서 생산성이 매우 높은 지역인 잘피밭(eelgrass beds)은 우리나라 연안에서 복잡하고 다양한 생태계를 만들고 연안과 하구에서 중요한 기능과 역할을 한다(Thayer *et al.*, 1975). 또한 잘피밭은 어류와 무척추동물에게 중요한 먹이를 공급하며, 치어의 성육장과 어패류의 산란장으로 활용되고(Sogard and Able, 1991), 자연재해로부터 생물보호 역할을 한다(Costanza *et al.*, 1997). 이러한 잘피밭에는 경제적 가치가 있는 수산자원이 생산되고 1 km²의 잘피밭에서 100종이 넘는 해양생물이 출현할 만큼 생물다양성이 매우 높다고 보고되었다(Hughes *et al.*, 2003). 하지만 최근 전 세계적으로 잘피 서식지가 인위적인 요인으로 급격히 감소되고 있으며(Short and Wyllie-Echeverria, 1996), 우리나라 연안에서도 환경변화로 인한 수질 악화로 잘피 서식지가 50% 정도 사라진 것으로 보고되었다(Lee

and Lee, 2003). 훼손되고 사라진 잘피밭은 자연적으로 회복하는데 많은 시간이 필요하며(Paling *et al.*, 2001; Orth *et al.*, 2006), 복원에도 많은 비용이 소모된다. 따라서 현존하는 잘피밭과 그곳에 서식하는 해양생물의 보존과 관리를 위해 잘피밭에 출현하는 어류 종조성 연구를 통해 지속적인 모니터링의 필요성이 있다. 최근에는 연안 생태계 복원에 잘피가 유용한 식물로 알려져 이식을 통한 서식지 복원이 시도되고 있으며(Park *et al.*, 2005), 연안이나 하구 생태계에서 발생하고 있는 부영양화 현상을 초기에 예견하는 효과적인 지표종(indicator)으로 사용되고 있다(Lee *et al.*, 2004).

이번 연구 지역인 경남 통영 연안 잘피밭은 해수의 유동이 적으며, 주변에는 강이나 하천은 없지만, 야산을 배경으로 어촌마을이 형성되어 있고, 주변에는 캠핑장과 호스텔이 조성되면서 육상기원의 오염원 유입이 증가하고 있는 곳이다. 통영 연안 잘피밭의 어류 종조성에 관한 연구는 많이 보고되었지만(Kim and Gwak, 2012; Kim *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2021), 최근 연안개발, 해상 양식장, 작업장 증가 등 주변 환경변화가 진행된 이후 잘피밭 어류 종조성에 대한 연구는 부족한 실

저자 직위: 조광현 (연구원), 곽우석 (교수)

*Corresponding author: Woo-Seok Gwak Tel: 82-55-772-9152,

Fax: 82-55-772-9159, E-mail: wsgwak@gnu.ac.kr

정이다.

따라서 이 연구는 9년 전과 달리 육상 기원 오염원이 증가하고 있는 통영 민양마을 잘피밭에 서식하는 어류의 월별 특성을 확인하여 잘피밭을 산란, 보육장으로 이용하는 어류상의 변동에 대해 알아보고 선행연구와 비교함으로써 잘피밭 주변의 환경변화와 어류상 변동의 인과관계 유무를 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

조사는 경남 통영시 인평동 민양마을 잘피밭에서 2021년 3월부터 2022년 2월까지 월 1회씩 대조기 간조 시에 실시하였다 (Fig. 1). 조사 구역은 해안선과 약 5 m 떨어져 있으며, 수심은 만조 시 2.0~3.0 m 내외였고, 간조 시에 0.5~1.0 m 사이였다. 저질은 대부분 펄질이었으며, 인근 양식장과 작업장에서 버려진 폐각이 바닥에 많이 산재되어 있었다.

서식하는 잘피의 종류는 거머리말 (*Zostera marina*)이며, 잘피밭 면적은 현장에서 잘피의 수직, 수평분포 위치의 GPS 정보를 기록하여 면적을 추정하였고, 산발적으로 분포해 있는 잘피밭의 총 면적은 약 300 m²였다. 채집 도구는 거제만 잘피밭 선행연구 Lee *et al.* (2010)에서 이용한 것과 동일한 어구로 길이 380 cm, 높이 95 cm의 예인망 (surf net)을 이용하였으며, 2인 1조로 5분간 2회, 총 90 m²를 예망하였다.

수온과 염분은 Multi-probe system (YSI-ProQuatro, YSI, USA)을 이용하여 측정하였다. 채집된 시료는 실험실로 운반한 후 동정하였으며, 종별 개체수와 중량을 계수 및 계측하였다. 전장은 0.01 mm 단위까지 측정하였고, 습중량은 전자저울 (BW-4200H, SHIMADZU, JAPAN)을 이용하여 0.01 g까지 측정하였

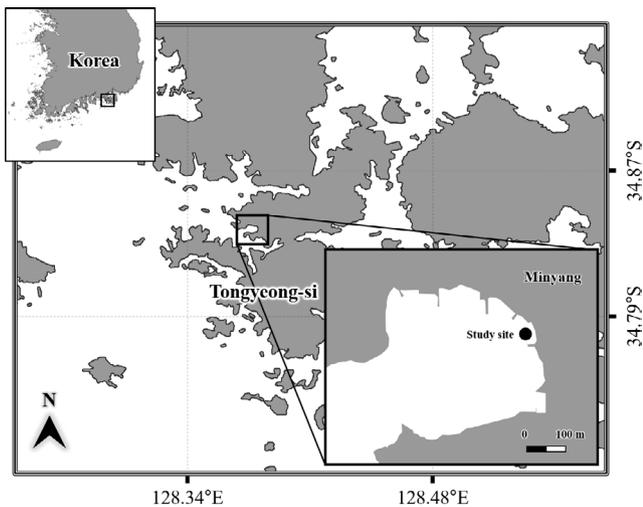


Fig. 1. A map showing the study site.

다. 어류의 동정은 Kim *et al.* (2005)을 이용하였고, 분류체계 및 학명은 FishBase (Froese and Pauly, 2022)를 따랐다.

어류의 군집 특성을 알아보기 위해 종 다양도지수를 구하였고 (Shannon and Weaver, 1963), 월간 출현유사성을 분석하기 위해 조사 기간 동안 3회 이상 출현한 종들에 대한 개체수 자료를 로그변환 [logarithmic transformations, log₁₀(X + 1)] 하여 Bray-Curtis 유사도지수를 계산하였다 (Bray and Curtis, 1957). 구해진 유사도는 ANOSIM-test를 이용하여 group-average 방법을 사용해 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하였으며, 이 결과를 수지도 (dendrogram)와 다차원척도법 (non-Metric Multidimensional Scaling, nMDS)으로 나타내었다. 이러한 통계 분석은 PRIMER v6 statistical package를 사용하였다 (Clarke and Gorley, 2006).

결 과

1. 수온 및 염분

조사 기간 동안 수온은 6.8~27.4°C의 범위를 보였는데 2021년 7월에 27.4°C로 가장 높았으며, 2022년 2월에 6.8°C로 수온이 가장 낮았다. 염분은 32.5~36.4 psu의 범위를 보였는데 평균 32.5 psu를 나타냈으며, 2021년 4월에 36.4 psu로 가장 높았고, 2021년 9월에 27.6 psu로 가장 낮았다 (Fig. 2).

2. 종조성 및 월별 변화

조사 기간 동안 총 8목 14과 20속 24종 8,670개체, 3,715 g의 어류가 채집되었다 (Table 1). 이번 연구에서 출현한 어종의 과 (Family)별 분류군과 종수는 망둑어과 (Gobiidae) 7종, 실고기과 (Syngnathidae) 3종, 독중개과 (Cottidae) 2종, 장갱이과 (Stichaeidae) 2종, 참복과 (Tetraodontidae), 황줄베도라치과 (Pholidae), 쥐치과 (Monacanthidae), 망상어과 (Embiotocidae), 주

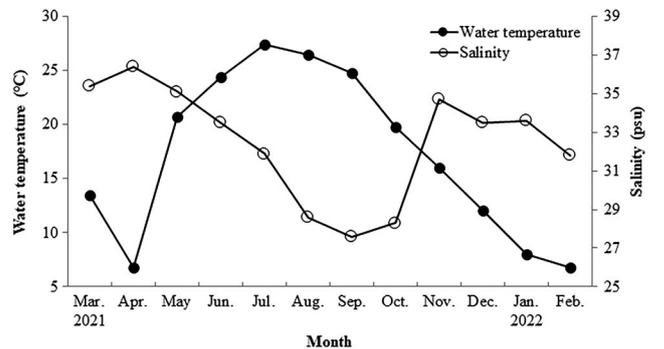


Fig. 2. Monthly variation in water temperature and salinity in an eelgrass bed of Minyang in Tongyeong, March 2021 to February (Closed circles: water temperature, Open circles: salinity).

Table 1. Species composition of fish collected using a surf net in an eelgrass bed of Minyang on Tongyeong, March 2021 to February

Month	Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Total		
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	n
<i>Chaenogobius castaneus</i>	7	1.66	182	9.4	213	103.30	3,584	866.56	2,000	316.40	297	80.42	80	23.72	406	190.60	9	2.72	26	11.06	2	4.14	6,806	1,609.98	11		
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>							73	57.08	72	15.26	204	60.49	208	62.40	72	30.99	1	0.78	20	10.65	1	1.45	650	239.10	8		
<i>Chaenogobius guttosus</i>					55	4.65	248	53.62	47	16.68													350	74.95	3		
<i>Pholis nebulosa</i>	43	30.01	19	52.71	80	307.39	69	118.35	75	155.49												7	0.68	293	664.63	6	
<i>Rudarius ercodes</i>			2	4.62					2	10.38	48	35.69	101	56.55	23	9.05	10	5.28	24	13.28	6	11.18	1	0.40	217	146.43	9
<i>Zoarchias glaber</i>	9	4.14	8	14.79	15	10.31	9	15.07	17	26.31															58	70.62	5
<i>Acentrogobius pflaumi</i>			7	26.03					1	2.70					1	2.90	37	17.23							46	48.86	4
<i>Urocampus nanus</i>	9	3.33	21	5.43	3	0.74			3	0.39									1	0.29				37	10.18	5	
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	4	5.71			25	64.96	6	52.28	1	7.15														36	130.10	4	
<i>Neoditrema ransomieti</i>					11	31.39	14	56.42	8	43.83														33	131.64	3	
<i>Acentrogobius pellidebilis</i>							2	4.60																	31	82.70	3
<i>Engraulis japonicus</i>																24	7.40								24	7.40	1
<i>Acanthogobius flavimanus</i>			1	2.35	2	14.47			1	49.20	6	44.98										11	1.71	21	112.71	5	
<i>Takifugu niphobles</i>	1	12.56							6	4.51	8	19.34	3	25.08			1	9.97							19	71.46	5
<i>Pseudoblennius percoides</i>			8	19.29			5	74.75	2	24.27															15	118.31	3
<i>Syngnathus schlegeli</i>	5	11.48	4	8.37					1	3.75											2	1.86			13	26.02	5
<i>Leiognathus nuchalis</i>																									7	15.74	1
<i>Pterogobius zonoleucus</i>							4	0.72																	4	0.72	1
<i>Hippocampus haema</i>									3	0.38															4	1.37	2
<i>Zoarchias uchidai</i>	2	3.38																							2	3.38	1
<i>Aulichthys japonicus</i>					1	0.06																			1	0.06	1
<i>Siganus fuscus</i>																									1	0.65	1
<i>Mugil cephalus</i>									1	90.90															1	90.90	1
<i>Pleuronectes yokohamae</i>																					1	57.51			1	57.51	1
Total	80	72.27	252	142.99	405	537.27	4,014	1,299.45	2,240	767.60	585	278.93	419	225.78	526	240.94	49	33.26	54	26.94	36	83.06	21	6.93	8,670	3,715.42	
Number of species	8	9	9	9	9	9	10	16	16	16	7	7	8	8	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	24	

N: number of individuals/90 m², W: weight g/90 m², n: number of occurring of fish species

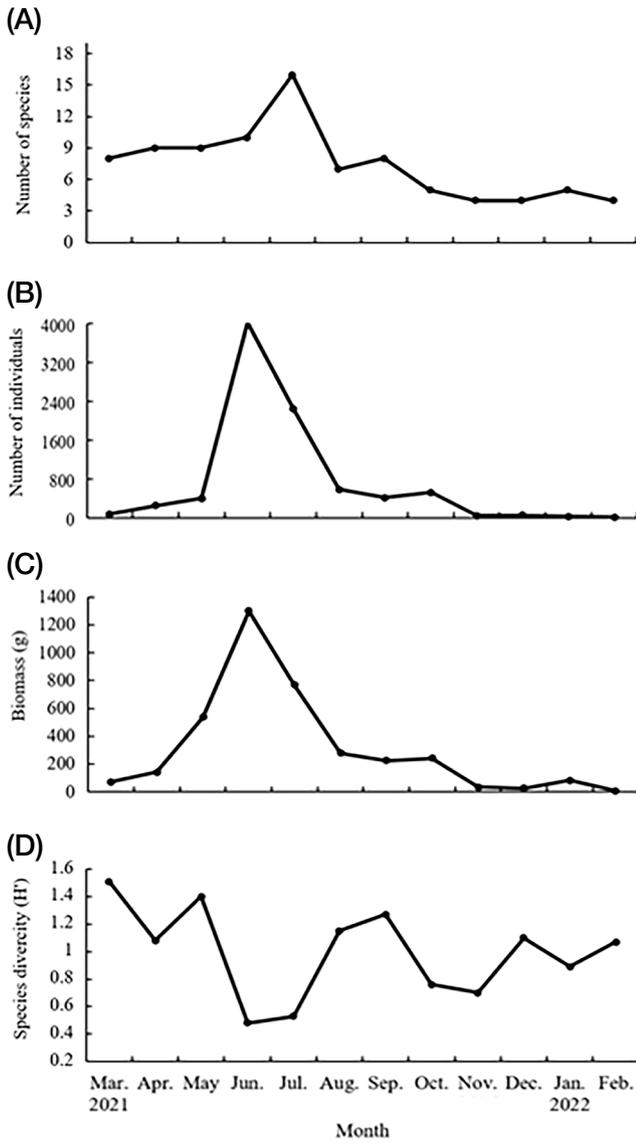


Fig. 3. Monthly variation in number of species (A), number of individuals (B), Biomass (C), and species diversity index (D) of fishes collected by a surf net in an eelgrass bed of Minyang in Tongyeong, March 2021 to February 2022.

등치과(Leiognathidae), 멸치과(Engraulidae), 가자미과(Pleuronectidae)는 각각 1종으로 나타나 망둑어과 어류가 7종으로 가장 많이 채집되었다. 출현한 개체수를 살펴본 결과, 날망둑(*Gymnogobius castaneus*)이 6,806개체로 전체의 78.5%, 살망둑(*G. heptacanthus*)이 650개체로 7.49%, 별망둑(*Chaenogobius gulosus*)이 350개체로 5.14%, 베도라치(*Pholis nebulosa*)가 293개체로 3.37%, 그물코쥐치(*Rudarius ercodes*)가 217개체로 2.50% 순으로 많이 채집되었다. 또한 월별 출현한 종수를 살펴본 결과, 2021년 7월이 16종으로 가장 많이 출현하였고, 2021년 11월과 12월이 각각 4종으로 가장 적은 종수를 나타냈다. 2021

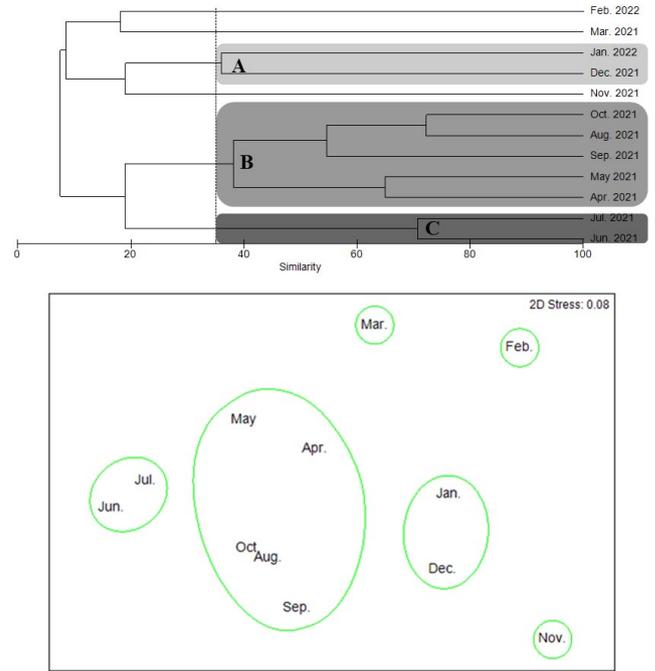


Fig. 4. Dendrogram (up) and nMDS plot (down) based on Bray-curtis similarity matrix of $\log(x + 1)$ transformed data of each month illustrating the classification.

년 4월과 5월에는 각각 9종의 어류가 출현하였는데, 날망둑의 개체수가 증가하기 시작하였으며, 6월과 7월에는 날망둑이 각각 3,584개체, 2,000개체로 전체 개체수의 89.28%를 차지하였다. 9월에는 9종의 어류가 출현하였는데, 살망둑과 그물코쥐치가 가장 많이 채집되었다. 10월부터 5종의 어류가 출현하였고, 이후 종수와 개체수가 점점 줄어들어 11월부터 2월까지 평균 4종의 어류가 출현하였다. 생체량을 살펴본 결과, 2021년 6월이 1,299g으로 가장 높게 나타났고, 2021년 5월과 7월을 제외한 월은 비슷한 양상을 나타내었다. 월별 종 다양도지수(H')는 0.48~1.51 범위로 2021년 3월이 1.51로 가장 높았고, 2021년 6월은 0.48로 가장 낮은 값을 나타냈다(Fig. 3).

3. 군집 분석

조사 기간 동안 3회 이상 출현한 15종을 대상으로 Bray-Curtis의 유사도지수를 계산하여 dendrogram과 nMDS를 작성한 결과, 월별 군집은 35% 유사도 수준에서 3개의 그룹으로 나뉘었다. A 그룹은 2021년 12월과 2022년 1월, B 그룹은 4~5월과 8~10월, C 그룹은 6월과 7월로 구분되었다.

One-way ANOSIM 분석을 통해 집괴분석으로부터 나누어진 그룹은 군집 간의 유의도를 확인한 결과, A 그룹, B 그룹, C 그룹 간의 차이(global $R=0.8$, $P=0.001$)는 99% 신뢰수준에서 유의하였다.

Table 2. Number of individuals of fishes collected from Minyang and comparison of common species in an eelgrass beds to those obtained from the adjacent costal waters on Tongyeong

Species	Station	Minyang (Kim and Gwak, 2012)		Minyang (Present study)	
		N	n	N	n
<i>Aulichthy japonicus</i>		20	1	1	1
<i>Syngnathus schlegeli</i>		55	7	13	5
<i>Urocampus nanus</i>		39	8	37	5
<i>Hexagrammos otakii</i>		4	2	0	0
<i>Furcina ishikawae</i>		1	1	0	0
<i>Pseudoblennius cottoides</i>		19	3	36	4
<i>Pseudoblennius percoides</i>		5	2	15	3
<i>Ditrema temminckii</i>		9	2	0	0
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>		13	6	0	0
<i>Zoarchias glaber</i>		53	10	58	5
<i>Pholis nebulosa</i>		359	11	293	6
<i>Acanthogobius flavimanus</i>		7	3	21	5
<i>Acanthogobius pflaumii</i>		18	4	46	4
<i>Chaenogobius annularis</i>		69	2	0	0
<i>Chaenogobius gulosus</i>		355	2	350	3
<i>Gymnogobius castaneus</i>		227	8	6,806	11
<i>Gymnogobius heptacanthus</i>		1,970	11	650	8
<i>Pterogobius elapoides</i>		77	6	0	0
<i>Pterogobius zonoleucus</i>		1	1	4	1
<i>Tridentiger obscurus</i>		2	1	0	0
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>		1	1	0	0
<i>Siganus fuscescens</i>		1	1	1	1
<i>Pleuronectes yokohamae</i>		1	1	1	1
<i>Rudarius ercodes</i>		546	4	217	9
<i>Takifugu niphobles</i>		28	9	19	5
<i>Zoarchias uchidai</i>		0	0	2	1
<i>Neoditrema ransonneti</i>		0	0	33	3
<i>Hippocampus haema</i>		0	0	4	2
<i>Mugil cephalus</i>		0	0	1	1
<i>Leiognathus nuchalis</i>		0	0	7	1
<i>Engraulis japonicus</i>		0	0	24	1
Total number of individuals		3,880		8,670	
Number of species		25		24	
Number of common species			17		

N: Number of individuals/90 m², n: number of occurring months of fish species

고 찰

이번 연구 결과 봄에서 여름으로 가는 수온이 상승하는 시기에 개체수가 점차 증가하는 양상을 나타내었고, 6월에 4,014개체의 어류가 채집되어 가장 많은 개체수가 채집되었으며, 수온이 가장 높은 7월에 16종의 어류가 출현하여 많은 개체수와 종수를 나타내었다. 이 시기에 날망둑, 살망둑, 별망둑 등 망둑어과 어류들이 대부분 채집되었고 이 중 가장 많이 출현한 날망둑은 6월과

7월에 각각 3,584개체, 2,000개체가 출현하였으며, 채집된 개체의 전장은 최소 16.91 mm, 최대 35.59 mm, 평균 34.39 mm의 어린 개체들이었다. 이의 살망둑은 평균 30.83 mm의 어린 개체들이 6~7월에 출현을 하였고, 별망둑도 평균 27.17 mm의 어린 개체들이 5~7월부터 출현을 시작하였다. 이와 같은 망둑어과 어류의 경우 온대해역에서 여름철 성장을 위해 잘피밭과 같은 연안의 수심이 얇은 곳에 출현하는 것으로 보고되었다(Arztz, 1973). 이번 연구에서 어린 개체의 망둑어과 어류들이 수온이 상승하는

시기인 5~6월부터 출현하는 것을 보아 1~4월에 부화한 치어들이 먹이활동과 은신처로 사용하기 위해 잘피밭에 출현을 한 것으로 판단된다.

줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*)은 4, 7, 10, 11월에 총 46개체가 출현하여 다른 망둑어과 어류와 출현시기의 차이가 있는데, Huh (1986)는 줄망둑의 출현량은 초봄과 늦여름에 적고, 10월에 최대 출현량을 나타내었다고 보고하였다. 이번 연구에서도 11월에 37개체로 가장 많이 채집되어 비슷한 양상을 나타내었다.

베도라치의 산란시기는 11~1월이라 보고되었으며 (Kang *et al.*, 1996), 이번 연구에서 2월에 평균 31.31 mm의 어린 개체들이 출현했는데, 이 시기에 부화한 치어들이 잘피밭에서 성장을 하여 5~7월까지 잘피밭에 출현한 것으로 보인다.

그물코쥐치는 2021년 3월, 5~6월을 제외한 전 월에 출현하였으며, 8월과 9월에 개체수가 가장 많이 채집되었다. Ishida and Tanaka (1983)는 그물코쥐치는 연중 출현하는 종이고 해초에 산란을 하며 수온의 영향을 크게 받지 않고 성장한다고 보고하였다. 하지만 이번 연구에서 12월부터 3월까지 개체수가 급격히 감소하였고, 5~6월에는 출현하지 않았는데, 이는 저수온과 날씨가 출현빈도에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*)은 3월에 4개체로 처음 출현하였고 전장은 최소 18.67 mm, 최대 29.45 mm, 평균 23.79 mm의 어린 개체들이었다. 이후 5월에 25개체로 가장 많은 개체수가 출현하였는데, 전장은 최소 64.96 mm, 최대 116.82 mm, 평균 66.83 mm의 큰 개체가 출현하였다. 이후 6월에 6개체, 7월에 1개체 출현하였고 그 이후 출현하지 않았다. Huh and Kwak (1998)의 연구에서 가시망둑은 3월부터 출현량이 증가하여 5월에 최대치를 보인 후, 서서히 감소하는 양상을 보이고 가시망둑이 가장 많이 섭이한 망둑어과 어류도 봄과 여름에 많이 출현하였고, 가을에 출현량이 크게 감소한 것으로 보고하였다. 따라서 3월에 출현한 어린 가시망둑이 봄, 여름에 많이 출현한 망둑어과 어류를 섭식하여 성장하기 위해 출현을 하였고, 5월까지 먹이활동을 하여 성어가 된 이후, 망둑어과 어류가 감소하는 가을부터 다른 곳으로 먹이활동을 위해 이동한 것으로 판단된다.

돌팍망둑(*P. percoides*)은 4월에 평균 46.38 mm의 어린 개체가 출현하였고, 6월에 평균 106.91 mm의 큰 개체들이 출현하여 7월까지 출현하고 가을부터 출현하지 않았다. 돌팍망둑의 식성을 살펴본 결과, 평균 4.1 cm 이상의 크기 군에서부터 어류의 점유율이 증가하였고, 체장이 큰 10.1 cm 이상의 개체에서는 어류 및 새우류의 점유율이 점점 증가하여 11.0 cm 이상의 크기 군에서는 이들의 전체 점유율의 약 90% 정도를 차지한다고 보고되어 있다 (Huh *et al.*, 2008). 돌팍망둑의 개체수가 가장 많이 출현한 5~7월에 돌팍망둑의 크기는 평균 106.91 mm인 것으로 보아 가시망둑과 비슷하게 봄부터 육식섭식을 하여 여름까지 성장을 하고 가을부터 어류 개체수가 줄어들어 이 역시 다른 곳으로 먹이활동을 위해 이동한 것으로 판단된다.

주둥치(*Leiognathus nuchalis*)는 8월에 최대 70.18 mm, 최소 30.96 mm, 평균 52.14 mm의 다양한 크기로 출현하였지만 총 7개체로 개체수는 적었다. 하지만 통영 연안 잘피밭의 어류 종조성에 대한 다른 연구 결과 (Kim and Gwak, 2012; Kim *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2021)에서는 주둥치가 출현하지 않았다. 연안개발과 환경변화, 오염 등이 발생한 해역에서 연구된 어류 종조성 변화를 살펴보면, 인위적인 환경변화가 있던 서, 남해 연안에 주둥치가 우점종으로 나온 결과가 보고된 바 있으며 (Lee, 1996; Lee *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2011), 환경변화 및 오염이 심하게 진행된 해역에서는 어종수가 감소하는 추세를 보이고 특정 소수종에 의한 우점도가 증가하는 추세를 나타낸다는 결과도 있다 (Felly, 1987; Hyslop, 1988). 또한 Jeong *et al.* (2015)의 연구에서 주둥치의 주요 먹이생물인 요각류 *Acartia omoriisms*는 유기오염이 진행된 진해만에서 우점하는 종이며, 오염지표종으로 보고되었는데 (Soh and Choi, 2004), 이번 연구 지역인 민양마을도 매립과 준설, 해상 작업장이 많이 증가하여 환경변화와 오염 등으로 통영 연안 잘피밭에 새롭게 유입된 것으로 판단되고 앞으로 출현량이 계속 증가할 것이라 생각된다.

이번 연구에서 3회 이상 출현한 종을 대상으로 월별 출현 유사도를 알아보기 위해 dendrogram과 nMDS를 작성한 결과, 2021년 12월, 2022년 2월 (Group A), 2021년 4~5월, 9~10월 (Group B), 2021년 6~7월 (Group C)로 3개의 그룹으로 계절에 따라 구분되었다. 그룹 A는 수온이 가장 낮아지는 시기로 월별 대부분 출현한 그물코쥐치가 기여도가 높았는데, 그물코쥐치는 연중 출현하는 종이며, 수온의 영향을 크게 받지 않고 성장을 하여 겨울에도 서식하는 것으로 판단된다 (Ishida and Tanaka, 1983). 그룹 B와 C는 수온이 높아지는 시기이며, 이 시기에 산란과 먹이활동을 하는 망둑어류와 베도라치류, 육식성 어류인 가시망둑, 돌팍망둑이 많이 출현하여 기여도가 높은 것으로 생각한다.

이번 연구와 같은 장소이며, 동일한 조사 방법이 적용된 민양마을 잘피밭 (Kim *et al.*, 2013)과 어류 종조성을 비교한 결과, 두 조사에서 총 31종의 어류가 출현을 하였으며, 공통으로 출현한 종은 17종으로 날망둑, 살망둑, 별망둑의 개체수와 출현빈도가 이번 연구와 유사하게 높게 나타났다. Kim *et al.* (2013)에서만 나타난 종은 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 알롱횃대 (*Furcina ishikawae*), 망상어 (*Ditrema temminckii*), 세줄베도라치 (*Ernogrammus hexagrammus*), 점망둑 (*Chaenogobius annularis*), 일곱등갈망둑 (*Ptergobius elapoides*), 검점망둑 (*Tridentiger obscurus*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*)으로 8종이었으며, 이번 연구에서만 출현한 어종은 민베도라치 (*Zoarchias glaber*), 인상어 (*Neoditrema ransonneti*), 해마 (*Hippocampus haema*), 송어 (*Mugil cephalus*), 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 멸치 (*Engraulis japonicus*)로 총 5종이었다. 선행연구에서는 25종, 이번 연구에서는 24종이 채집되어 선행연구에서 더 많은 종

이 채집되었다. 각 연구에서 90 m²당 계절 개체수를 살펴본 결과, 선행연구에서는 4,311개체로 나타났으며, 이번 연구에서는 8,670개체로 나타나 선행연구보다 더 많은 개체수를 나타내었다. 종 다양성지수는 선행연구는 평균 1.86, 이번 연구는 0.95로 선행연구가 높게 나타났고, 연 평균 수온은 각각 18.00°C, 18.06°C이며, 두 지역 모두 7월에 29.00°C, 27.40°C로 수온이 가장 높게 나타났고, 최저 수온 또한 2월에 7.00°C, 6.80°C로 가장 낮게 나타났다. 연 평균 염분은 각각 32.00 psu, 32.53 psu로 비슷한 양상을 나타내었다. 선행연구의 우점종은 살망둑 1,970개체, 그물코취치 546개체, 베도라치 359개체, 별망둑 355개체, 날망둑 227개체 순이었고, 이번 연구는 날망둑 6,806개체, 살망둑 650개체, 별망둑 350개체, 베도라치 293개체, 그물코취치 217개체 순으로 우점종이 살망둑에서 날망둑으로 바뀌었는데, 개체수도 227개체에서 6,806개체로 압도적으로 증가했다. Kim *et al.* (2005)은 연안의 얇은 수심의 잘피밭이나 바위 사이 그리고 기수역에 서식하는 망둑어과 어류들의 출현률과 개체수가 높다고 보고하였다. 이번 연구에서는 조사 지역 주변의 환경변화로 인해 바다에 패각류가 많이 쌓이고, 인근 마을에 축소와 캠핑장 등의 시설이 생겨 담수의 유입이 증가해 기수역에 서식하는 날망둑의 개체수가 증가한 것으로 판단된다. 선행연구의 잘피밭의 총 면적은 1,500 m²이지만 이번 연구는 300 m²밖에 되지 않았는데, 최근 몇 년 동안 민양마을 연안에 굴 작업장과 부표, 선박들의 증가에 따른 환경변화로 잘피밭 면적이 급격히 줄어든 것으로 생각된다. 이와 같은 환경변화와 선행연구에서는 출현하지 않았던 주둥치의 출현과의 상관관계에 대해서도 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

두 지역의 종조성을 One-way ANOSIM 분석 결과, 종조성 차이를 나타내었고(ANOSIM, global $R=0.132$, $P=0.024$), 종조성을 구별하는 기여종을 확인하는 SIMPER 분석 결과 실비늘치(*Aulichthys japonicus*), 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 돌팍망둑, 3종의 기여도가 각각 평균 14.71, 13.01, 10.67로 높았다(Table 3). 두 연구 지역의 ANOSIM 분석 결과 유의한 차이가 확인되었고, SIMPER 분석 결과 실비늘치, 실고기, 돌팍망둑이 군집 차이를 구분하는 데 기여도가 높았는데, 선행연구와 이번 연구에서 각각 실비늘치 20개체, 1개체, 실고기 55개체, 13개체, 돌팍망둑 5개체, 15개체로 실비늘치와 실고기는 선행연구보다

개체수가 줄었지만 돌팍망둑은 이번 연구에서 개체수가 더 높게 나타났다. 실비늘치는 우렁쟁이(*Halocynthia roretzi*)의 위세강 내 산란을 하는 것으로 보고되었는데, 일본 Abratsubo만에 실비늘치가 적게 서식하는 것은 크기가 큰 우렁쟁이가 살지 않기 때문이라고 보고하였다(Akagawa *et al.*, 2004). 이에 따라 이번 연구에서 실비늘치가 적게 채집된 것은 우렁쟁이의 서식과 관련이 있다고 추정되지만, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 실고기는 해초가 무성한 연안 해역에 많이 서식한다고 보고되었는데(Nelson, 1979; Howard and Koehn, 1985), 두 지역의 잘피밭 면적이 각각 300 m², 1,500 m²로 서식장이 줄어들어 개체수가 적어진 것으로 판단된다. 돌팍망둑은 선행연구보다 개체수가 증가하는 양상을 나타내었고, 이번 연구에서 2021년 6월부터 평균 체장 106.91 mm가 출현을 하였다. Huh *et al.* (2008)은 돌팍망둑 체장이 증가함에 따라 어류를 주로 먹는 것으로 보고하였다. 따라서 이번 연구는 돌팍망둑의 먹이가 될 수 있는 망둑어류의 개체수가 증가함에 따라 먹이활동을 하기 위해 개체수가 많이 증가한 것으로 추정된다.

이번 연구와 동일한 조사 도구를 사용한 선행연구(Kim and Gwak, 2012; Kim *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2021)와 우점종을 비교하였다. 각 연구에서 출현한 우점종은 비슷했지만, Kim and Gwak (2012)의 풍화리 잘피밭 연구에서 출현한 우점종과는 다소 차이가 있었다. 민양, 봉암, 여차 잘피밭은 날망둑과 살망둑이 우점하였고, 풍화리 잘피밭은 베도라치가 우점종으로 나타났다. 또한 풍화리 잘피밭을 제외한 선행 연구는 망둑어과 어류가 대부분 우점을 나타내었지만, 풍화리 잘피밭에서 우점한 어종은 베도라치, 실고기, 가시망둑, 볼락(*Sebastes inermis*) 순으로 다른 지역과 차이를 나타냈다. 민양, 봉암, 여차 잘피밭은 인근에 마을과 축소가 있지만, 풍화리 잘피밭은 인근에 마을이 없었다. 잘피밭 인근에 마을이 위치한 곳은 담수의 유입으로 인해 기수역에 서식하는 망둑어류가 분포하기 쉽고, 마을이 없는 풍화리 잘피밭은 담수의 유입이 거의 없어 망둑어류가 많이 서식하지 않는 것으로 판단된다. 풍화리 잘피밭에만 출현한 볼락의 평균체장은 44.1 mm, 최소 17.8 mm, 최대 36.1 mm의 어린 개체들이 주로 출현을 하였다. 볼락은 암초가 많은 연안 해역에서 주로 서식하는 연안정착성 어류로 보고되었는데(NFRDI, 2004), 다른 지역은 저질이 펄질과 사니질로 되어 있고, 풍화리

Table 3. ANOSIM and SIMPER results comparing species composition according to Kim and Gwak (2012) and Present study

Groups	One-way ANOSIM		SIMPER		
	R value	P value	Average dissimilarity (%)	Discriminating species	Contribution (%)
Kim and Gwak (2012) vs. Present study	0.132	0.024	64.65	<i>Aulichthys japonicus</i> <i>Syngnathus schlegeli</i> <i>Pseudoblennius percoides</i>	14.71 13.01 10.67

Table 4. Comparison of species composition of fishes in the Tongyeong

	Minyang	Bongam	Yeocha	Punghwa	Minyang
Sampling period	Mar, 2021~Feb, 2022	Aug, 2009~Jul, 2010	Aug, 2009~Jul, 2010	Nov, 2010~Oct, 2011	May, 2011~Apr, 2012
No. of species	24	30	29	30	25
Survey method	Surf net	Surf net	Surf net	Surf net	Surf net
Dominant species	<i>Chaenogobius castaneus</i> <i>Gymnogobius heptacanthus</i> <i>Chaenogobius gulosus</i> <i>Pholis nebulosa</i> <i>Rudarius ercodes</i>	<i>Gymnogobius heptacanthus</i> <i>Rudarius ercodes</i> <i>Takifuju niphobles</i> <i>Chaenogobius annularis</i> <i>Pterogobius elapoides</i>	<i>Gymnogobius heptacanthus</i> <i>Takifuju niphobles</i> <i>Rudarius ercodes</i> <i>Chaenogobius annularis</i> <i>Ditrema temminckii</i>	<i>Pholis nebulosa</i> <i>Syngnathus schlegeli</i> <i>Rudarius ercodes</i> <i>Pseudobleminius cottoides</i> <i>Sebastes inermis</i>	<i>Gymnogobius heptacanthus</i> <i>Rudarius ercodes</i> <i>Pholis nebulosa</i> <i>Chaenogobius gulosus</i> <i>Gymnogobius castaneus</i>
Reference	Present study	Han <i>et al.</i> (2017)	Park <i>et al.</i> (2021)	Kim and Gwak (2012)	Kim <i>et al.</i> (2013)

잘피밭 주변은 암초와 바위로 구성되어 볼락이 서식하기 좋은 환경으로 생각된다. 또한 통영 연안에서 수산자원 증대를 위한 볼락종묘방류사업으로 인해, 풍화리에 볼락 치어가 많이 출현한 것으로 판단된다.

이번 연구 결과를 9년 전 동일한 해역에서 이루어진 Kim *et al.* (2013)과 비교하였을 때, 민양마을 주변 환경변화가 이 지역 잘피밭 어류상에 영향을 줄 정도로 오염이 심화된 것으로 판단하기에는 다소 무리가 있으나, 잘피밭 면적이 감소한 것으로 볼 때 민양마을 잘피밭 주변의 환경변화가 어떠한 형태로든 잘피밭 면적감소에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 따라서 이번 연구지역뿐만 아니라 우리나라 연안 잘피밭 주변의 환경변화는 잘피밭 면적의 변동이나 어류상 변화에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 잘피밭 생태계 관리를 위해서는 잘피밭 주변의 환경변화를 지속적으로 모니터링하고, 연안 어류종조성 변동에 대한 자료를 확보할 필요가 있을 것으로 판단된다.

요 약

이 연구는 경남 통영 민양 잘피밭의 어류상 조사를 통해 월간 출현한 어종을 알아보고 같은 지역 선행연구에서 동일한 조사구로 수행한 결과와 비교하고자 하였다. 조사는 2021년 3월부터 2022년 2월까지 예인망(surf net)으로 채집하여 어류의 종조성을 확인하였다. 조사 기간 동안 총 8목 14과 20속 24종 8,670 개체, 3,715.42 g의 어류가 채집되었다. 우점종은 날망둑, 살망둑, 별망둑, 베도라치, 그물코취치로 전체 개체수의 95.9%를 차지하였다. 이번 연구에서 출현한 어류는 9년 전 수행된 선행연구와 유사하게 망둑어류가 대부분이었고, 오염지표종인 주둥치가 처음 출현을 하였다.

사 사

이 논문은 2023년도 경상국립대학교 연구년제연구교수 연구지원비에 의하여 수행된 연구입니다.

이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(RS-2023-0025 6330, 쿠로시오 해류로 인한 한반도 해양위기 대응기술 개발).

REFERENCES

Akagawa, I., T. Iwamoto, S. Watanabe and M. Okiyama. 2004. Reproductive behaviour of Japanese tubesnout, *Aulichthys japonicus* (Gasterosteiformes), in the natural habitat compared with relatives. *Environ. Biol. Fishes*, 70: 353-361. <https://doi.org/>

- 10.1023/b:ebfi.0000035431.49195.13.
- Arntz, W.E. 1973. Periodicity of diel food-intake of cod *Gadus morhua* in Kiel Bay. *Oikos*, 15: 138-145.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 326-349. <https://doi.org/10.2307/1942268>.
- Clarke, K.R. and R.N. Gorley. 2006. Primer v6: user Manual/Tutorial. Primer-E Ltd., Plymouth, U.K., 1-190.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton and M. Van Den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- Felly, J.D. 1987. Nekton assemblages of three tributaries to the Calcasieu estuary, Louisiana. *Estuaries*, 10: 321-329. <https://doi.org/10.2307/1351890>.
- Froese, R. and D. Pauly. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, Version (02/2022).
- 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.
- Howard, R.K. and J.D. Koehn. 1985. Population dynamics and feeding ecology of pipefish (Syngnathidae) associated with eelgrass beds of Western Port, Victoria. *Mar. Freshw. Res.*, 36: 361-370. <https://doi.org/10.1071/mf9850361>.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folke and J. Roughgarden. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, 301: 929-933. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1085046>.
- Huh, S.H. 1986. Species composition and seasonal variations in abundance of fishes in eelgrass meadow. *Korean J. Fish. Aquatic. Sci.*, 19: 509-517.
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998. Feeding habits of *Pseudoblennius cottoides*. *J. Korean Fish. Soc.*, 31: 37-44.
- Huh, S.H., S.N. Kwak and H.W. Kim. 2008. Feeding habits of *Pseudoblennius percoides* (Pisces; Cottidae) in an eelgrass (*Zostera marina*) bed of Dongdae bay. *Korean J. Ichthyol.*, 20: 45-53.
- Hyslop, E.J. 1988. A comparison of the composition of the juvenile fish catch from the Sokoto-Rima floodplain, Nigeria in years preceding and immediately after upstream dam completion. *J. Fish. Biol.*, 32: 895-899. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb05432.x>.
- Ishida, Y. and S. Tanaka. 1983. Growth and maturation of the small filefish *Rudarius ercodes* in Odawa bay. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 49: 547-553. <https://doi.org/10.2331/suisan.49.547>.
- Jeong, J.M., J.M. Park, S.H. Huh, H.J. Kim and G.W. Baeck. 2015. Diet composition of spot nape ponyfish, *Leiognathus nuchalis* in the coastal water of Gadeok-do. *Korean J. Ichthyol.*, 27: 33-38.
- Kang, Y.J., Y.H. Kim and W.T. Kim. 1996. Age, growth and spawning of *Enedrias nebulosus*. *J. Korean Fish. Soc.*, 29: 191-196.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing Co., Seoul, 615pp.
- 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., 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. <https://doi.org/10.7850/jkso.2013.18.4.227>.
- 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, K.S. and S.Y. Lee. 2003. The seagrasses of the Republic of Korea. In: Green, E.P., F.T. Short and M.D. Spalding (eds.), *World Atlas of Seagrasses: Present Status and Future Conservation*. University of California Press, Berkeley, pp. 193-198.
- Lee, K.S., F.T. Short and D.M. Burdick. 2004. Development of a nutrient pollution indicator using the seagrass, *Zostera marina*, along nutrient gradients in three New England estuaries. *Aquat. Bot.*, 78: 197-216. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2003.09.010>.
- Lee, S.K., Y.I. Seo, J.I. Kim, H.Y. Kim and M.S. Choi. 2011. Seasonal species composition and fluctuation of fishes by beam trawl in Yeolja Bay. *Korean J. Ichthyol.*, 23: 206-216.
- Lee, T.W. 1996. Change in species composition of fish in Chonsu Bay I. Demersal fish. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, 29: 71-83.
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.S. Choi. 1997. Change in species composition of fish in Chonsu Bay (II) surf zone fish. *Korean J. Ichthyol.*, 9: 79-90.
- Nelson, W.G. 1979. Experimental studies of selective predation on amphipods: consequences for amphipod distribution and abundance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38: 225-245. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(79\)90069-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(79)90069-8).
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. *Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea*. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., 1-333.
- Orth, R.J., M.L. Luckenbach, S.R. Marion, K.A. Moore and D.J. Wilcox. 2006. Seagrass recovery in the Delmarva coastal bays, USA. *Aquat. Bot.*, 84: 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.07.007>.
- Paling, E.I., M. van Keulen, K. Wheeler, J. Phillips and R. Dyhrberg. 2001. Mechanical seagrass transplantation in Western Australia. *Ecol. Eng.*, 16: 331-339. [https://doi.org/10.1016/s0925-8574\(00\)00119-1](https://doi.org/10.1016/s0925-8574(00)00119-1).
- Park, J.I., Y.K. Kim, S.R. Park, J.H. Kim, Y.S. Kim, J.B. Kim, P.Y. Lee, C.K. Kang and K.S. Lee. 2005. Selection of the optimal transplanting method and time for restoration of *Zostera marina* habitats. *Algae*, 20: 379-388. <https://doi.org/10.4490/algae.2005.20.4.379>.
- 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. <https://doi.org/10.35399/isk.33.1.4>.

- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication University of Illinois. Urbana, 117.
- Short, F.T. and S. Wyllie-Echeverria. 1996. Natural and human induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.*, 23: 17-27. <https://doi.org/10.1017/s0376892900038212>.
- 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. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 33: 501-519. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(91\)90087-r](https://doi.org/10.1016/0272-7714(91)90087-r).
- Soh, H.Y. and S.D. Choi. 2004. Species composition and occurrence patterns of zooplankton in Jinhae Bay. *Korean J. Environ. Biol.*, 22: 43-56.
- Thayer, G.W., D.A. Wolfe and R.B. Williams. 1975. The impact of man on seagrass systems: Seagrasses must be considered in terms of their interaction with the other sources of primary production that support the estuarine trophic structure before their significance can be fully appreciated. *Am. Sci.*, 63: 288-296. <https://www.jstor.org/stable/27845464>.