

서해 태안반도 연안에서 오테트롤에 채집된 저서생물의 종조성 및 계절변동

정경숙 · 차병열 · 임양재 · 권대현 · 황학진¹ · 조현수^{2*}

국립수산과학원 서해수산연구소, ¹한국수산자원관리공단, ²군산대학교 해양생산학과

Comparison of Species Composition and Seasonal Variation of Demersal Organisms Caught by Otter Trawl in the Coastal Waters off the Taean Peninsula, in the West Sea of Korea

Gyeong-Suk Jeong, Byung-Yeul Cha, Yang-Jae Im,

Dae-Hyeon Kwon, Hak-Jin Hwang¹ and Hyun-Su Jo^{2*}

West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea

¹Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

²Department of Marine Science & Production, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

To investigate species composition and seasonal variation of demersal organisms in the coastal waters off the Taean peninsula, otter trawl surveys were conducted from April 2010 to January 2011. A total of 75 species were collected, including 44 species of Pisces, 19 species of Crustacea, 6 species of Cephalopoda, 4 species of Gastropoda, and 1 species each of Bivalvia and Echinoidea. The dominant species in each season were *Palaemon gravieri* in spring, *Charybdis bimaculata* in summer, *Loligo japonica* in autumn, and *Crangon hakodatei* in winter. The number of species, individuals and biomass were highest in autumn and lowest in winter. The diversity index was highest in summer and lowest in winter. The dominance index was highest in winter and lowest in summer. The richness index was highest in autumn and lowest in winter. The evenness index was highest in summer and lowest in autumn. A cluster analysis showed that demersal organisms were divided into two groups; spring and winter organisms (Group 1) and summer and autumn organisms (Group 2). We detected a significant difference ($P < 0.05$) between these groups, mainly owing to *Platycephalus indicus*, *Repomucenus koreanus*, and *Paralichthys olivaceus* within Pisces; *Trachysalambria curvirostris*, *Metapenaeopsis dalei*, *P. gravieri*, and *C. hakodatei* within Crustacea; and *L. japonica* within Cephalopoda.

Key words: Demersal organisms, Species composition, Seasonal variation, Otter trawl, Taean

서론

오테트롤은 어구의 아래 부분이 해저에 닿도록 한 뒤 배로 어구를 끌어서 해양생물을 잡는 능동적인 어구로 불특정 다수 어종을 동시에 어획하여 조업의 주 대상이 되는 어종은 물론, 비대상 어종과 소형 어종들도 채집할 수 있다(NFRDI, 2002). 특히 어류를 포함한 다양한 저서생물을 연구하는 데 있어 다른 조사방법에 비해 적합한 것으로 알려져 있으며(Sainsbury, 1996), 어구를 예망한 해역의 면적을 계산하여 그 해역에서 채집된 수

산생물의 밀도와 어획량을 추정하고 정량화할 수 있다. 트롤 어구 특성상 해저가 연성 저질로 된 곳에서만 사용이 가능하고, 해저가 암반으로 되어 있는 곳에서는 사용할 수 없는데, 본 조사해역은 수심이 얇고 바닥이 주로 모래로 이루어져 있어 오테트롤의 사용이 가능하였다.

서해 중부 연안에서 어구별 어류에 관한 연구로는 천수만에서 정치망(Lee, 1998), 오테트롤(Lee, 1996) 등을 이용한 연구가 있고, 아산만에서 오테트롤을 이용한 연구가 있다(Lee and Hwang, 1995). 군산 연안에서 어류 군집을 파악하기 위해 뜰

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0264>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(3) 264-273, June 2014

Received 1 July 2013; Revised 12 August 2013; Accepted 22 April 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1817 Fax: +82. 63. 469. 7445

E-mail address: hyunsujo@kunsan.ac.kr

망, 족대, 저인망, 유자망 및 낭장망을 이용한 정성적인 조사 (Ryu and Choi, 1993), 고군산군도 연안에서 낭장망을 이용한 수산생물 조사가 있다(Hwang, 1998). 태안 연안에서는 이각망 (Hwang and Lee, 2011), 지인망(Noh et al., 2009)을 이용한 어류 연구 및 통발과 자망(Jeong et al., 2012), 빗트롤(Park et al., 2013)을 이용한 수산생물 연구가 있다. 현재까지 태안 주변 해역에서 많은 연구가 수행되었지만, 대부분의 연구는 어류에 국한되어 있다.

동일 해역에서도 사용하는 어구에 따라 어획물의 종조성이 상당한 차이가 있고, 능동어구와 수동어구에서 채집되는 수산생물은 서로 다르기 때문에 한 해역에 서식하는 수산생물을 파악하기 위해서는 여러 종류의 채집기구가 요구된다. 태안에서 이각망, 통발, 자망 등의 수동어구를 이용한 연구가 있었으나, 트롤과 같은 능동어구를 이용한 연구는 거의 없으며, 연구해역이 주로 태안반도 북부에 한정되어 있어 태안반도 전 연안에 출현하고 있는 수산생물에 대해서는 구체적인 조사가 거의 이루어지지 않았다. 따라서, 능동어구를 이용한 태안반도 연안의 저서생물의 종조성에 관한 추가적인 정보가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 오테트롤을 이용하여 서해 중부 태안반도 연안에서 출현하는 저서생물의 종조성과 계절에 따른 변동을 파악하여 군집구조를 확인하고자 한다.

재료 및 방법

서해 중부 태안반도 연안에 출현하는 저서생물군집의 계절 변동을 조사하기 위해 2010년 4월부터 2011년 1월까지 계절별로 3개의 정점을 대상으로 연구어업을 승인 받은 상업어선(4.95톤)을 이용하여 오테트롤로 조사하였다(Fig. 1). 본 연구의 계절별 자료는 4월, 7월, 10월, 그리고 다음해 1월에 조사한 것으로, 4월은 봄, 7월은 여름, 10월은 가을, 그리고 1월은 겨울을 대표하는 것으로 간주했다. 본 조사해역은 조류의 영향이 매우 크게 나타나므로 조석에 따른 영향을 줄이기 위해 조금을 기준으로 2일 전후로 조사를 실시하였다.

본 조사에 사용한 오테트롤 그물의 날개 길이는 12.0 m, 원통 길이는 8.8 m, 그리고 끝자루 길이는 4.6 m로써 그물의 총 길이는 25.4 m이다. 그물코의 크기(mesh size)는 날개와 원통 부분이 각각 35 mm이고, 끝자루가 25 mm이다. 수심 17-26 m 인 해역의 각 정점에서 평균 2.0 kt의 속도로 약 30분간 예망하였다. 조사해역의 수온은 휴대용 수심수온측정기인 Minilog (VEMCO Ltd., Model 5784F)를 이용하여 어획조사 시 각 정점의 저층수온을 측정하였다.

채집된 어획물은 실험실로 운반한 후 종별 개체수 및 생체량을 측정하였고, 주요 종에 대해서는 체장을 측정하였다. 단위 면적당 개체수(A, ind./km²)와 생체량(B, kg/km²)은 오테트롤 그물 망폭을 12 m로, 어획효율(q)을 0.5 (Prado, 1990)로 가정하고 소해면적법을 사용하여 계산하였다.

$$A \text{ (or } B) = \frac{N \text{ (or } W)}{SA \times q}$$

여기서, N은 어획개체수, W는 어획생체량(kg), SA (Swept Area)는 소해면적(km²), q는 어획효율을 나타낸다.

조사정점간 거리의 차이가 없어 자료의 분석은 3개 조사정점에서 채집된 전체 어획물을 합하여 실시하였다. 생물군집 구조를 파악하기 위하여 출현 종수 및 개체수 자료를 이용하여 종다양도지수(H', Shannon and Weaver, 1949), 종우점도지수(DI, Simpson, 1949), 종풍부도지수(R', Margalef, 1958) 및 종균등도지수(J', Pielou, 1966)를 구하였다.

저서생물군집의 계절 변동을 파악하기 위해서 전체 출현 개체수를 기준으로 순서를 정한 후 각 분류군별로 출현 개체수의 비율이 전체의 0.1% 이하는 분석에서 제외시킨 후 군집분석을 수행하였다. 군집분석에 대한 분류군의 출현 개체수 자료는 조사 시기와 종 간의 개체군 밀도 차이에 의한 자료의 편중을 피하고 대상자료의 분포를 정규화(normality)하기 위하여 로그(logx+1) 지수로 변환한 자료를 이용하였다. 계절별 저서생물군집구조를 분석하기 위하여 Bray-Curtis 유사도지수를 비가중 산술평균(UPGMA)하여 수상도(dendrogram)를 작성하고 계보적 집괴분석(hierarchical cluster analysis)을 수행하였다. 군집분석의 결과로 구분된 각 군집 간의 유의한 차이를 확인하기 위해 one-way ANOSIM test를 실시하였다. 또한 각 군집 간의 차이를 유발하는 종을 분석하고, 군집의 차이에 기여하는 종들의 기여도를 알아보기 위하여 SIMPER 분석하였으며(Clarke

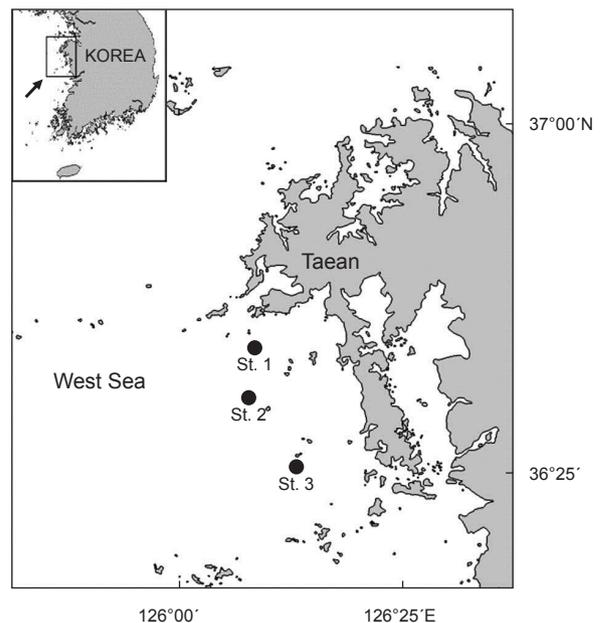


Fig. 1. Map showing the sampling station in the coastal waters off Tae'an peninsula, in the West Sea of Korea.

and Warwick, 2001), 자료 분석은 R 통계패키지를 사용하였다.

결 과

수온

조사기간 동안 태안반도 연안의 각 정점에서 관측된 평균 수심은 23 m이었다. 계절별 저층수온은 봄에는 5.9-6.1℃ (평균 6.1℃), 여름에는 17.8-18.3℃ (평균 18.1℃), 가을에는 15.3-15.6℃ (평균 15.5℃), 겨울에는 2.8-3.1℃ (평균 3.0℃)의 분포를 나타내었으며, 계절별로 큰 차이를 보였다(Fig. 2).

종조성 및 계절변동

태안반도 연안에서 출현한 생물은 총 75종으로, 그 중 어류(Pisces)는 44종, 갑각류(Crustacea)는 19종, 두족류(Cephalopoda)는 6종, 복족류(Gastropoda)는 4종, 이매패류(Bivalvia)와 성게류(Echinoidea)는 각각 1종이었다. 어류와 갑각류가 총 63종으로 이들이 전체 출현 종수의 84.0%를 차지하였다. 계절별 출현 종수는 가을에 47종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 그 중 어류 28종, 갑각류 13종, 두족류 4종, 이매패류와 성게류가 각각 1종이었다. 겨울에 22종으로 출현 종수가 가장 적었으며, 그 중 어류가 12종, 갑각류가 6종, 복족류가 3종, 두족류가 1종이었다(Table 1).

단위 면적당 개체수는 조사기간 동안 총 647,732 ind./km²를 채집하였고, 이 중 반원니꼴뚜기(*Loligo japonica*)가 92,269 ind./km²로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 말뚝성게(*Hemicecentrotus pulcherrimus*), 두점박이민꽃게(*Charybdis bimaculata*), 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*)의 순으로 높은 개체수를 나타냈다. 단위 면적당 개체수는 계절별로 큰 차이를 보였으며, 가을에 419,246 ind./km²로 가장 많았고, 겨울에 40,341 ind./km²로 가장 적었다. 계절별 우점종은, 봄에는 그라비새우(*Palaemon gravieri*)가 17,872 ind./km²로 가장 우점하였고, 여름에는 두점박이민꽃게가 19,862 ind./km², 가을에는 반원니꼴뚜기가 92,053 ind./km², 그리고 겨울에는 마루자

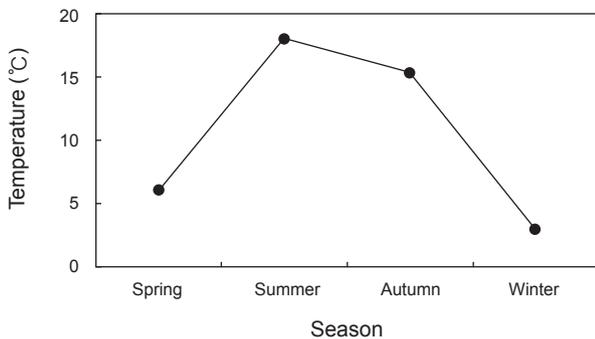


Fig. 2. Seasonal variation of bottom water temperature in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011.

주새우(*Crangon hakodatei*)가 13,957 ind./km²로 우점하였다 (Table 1).

단위 면적당 생체량은 총 10,247 kg/km²중에서 홍어(*Okamejei kenoei*)가 3,131 kg/km²로 가장 많은 생체량을 나타냈으며, 다음으로 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*)의 순으로 높은 생체량을 나타냈다. 계절별 단위 면적당 생체량은 가을에 3,911 kg/km²로 가장 많았으며, 겨울에 1,235 kg/km²로 가장 적었다. 모든 계절에서 홍어의 생체량이 가장 많았다(Table 1).

분류군별 계절변동

분류군별 단위 면적당 개체수에서는 갑각류가 계절별 모두 우점하였으며, 가을에는 다양한 분류군이 출현하였다. 어류는 가을에 103,425 ind./km²로 가장 많았으며, 겨울에 22,637 ind./km²로 가장 적었다. 갑각류는 가을에 129,475 ind./km²로 가장 많았고, 겨울에 16,002 ind./km²로 가장 적었다. 두족류는 가을에 96,624 ind./km²로 가장 많았으며, 겨울에 172 ind./km²로 가장 적었다. 복족류는 겨울에 1,530 ind./km²로 가장 많았고, 여름에 106 ind./km²로 가장 적었으며, 가을에는 출현하지 않았다. 이매패류는 여름에 106 ind./km²로 가장 많았고, 가을에 90 ind./km²로 가장 적었으며, 봄과 겨울에는 출현하지 않았다. 성게류는 가을에 89,633 ind./km²로 나타났으며, 다른 계절에는 출현하지 않았다(Fig. 3).

분류군별 단위 면적당 생체량에서는 어류가 모든 계절에서 우점하였는데, 여름에 2,777 kg/km²로 가장 많았고, 겨울에 1,160

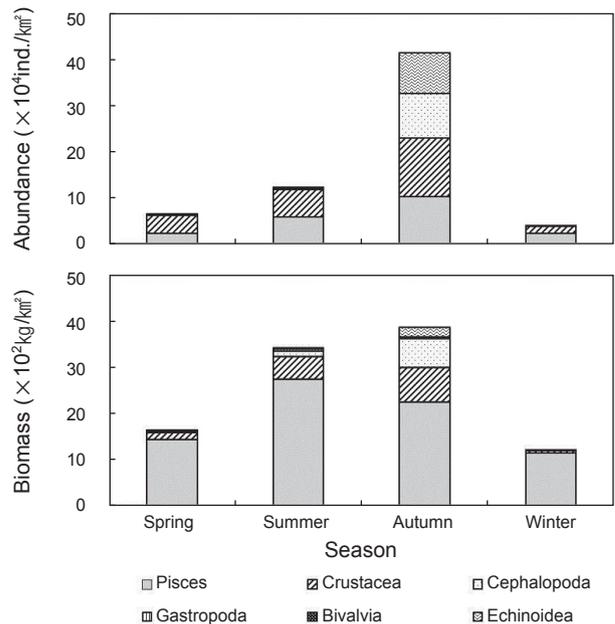


Fig. 3. Seasonal variation in abundance and biomass of demersal organisms caught by otter trawl in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011.

Table 1. Seasonal species composition of demersal organisms caught by otter trawl in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011. N and W represent the number of individuals and biomass. The units of N and W are ind./km² and kg/km², respectively

Species	Spring		Summer		Autumn		Winter		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	(%)	W	(%)
Pisces												
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	78	1	2,160	24			434	2	2,672	0.4	28	0.3
<i>Apogon lineatus</i>			1,841	10	75	*			1,916	0.3	10	0.1
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	5,480	56	106	*	42,917	224	7,412	105	55,914	8.6	386	3.8
<i>Chirolophis japonicus</i>	120	28							120	0.0	28	0.3
<i>Coilia mystus</i>							3,657	26	3,657	0.6	26	0.3
<i>Coilia nasus</i>	178	2							178	0.0	2	0.0
<i>Collichthys lucidus</i>	904	13							904	0.1	13	0.1
<i>Collichthys niveatus</i>	1,848	23							1,848	0.3	23	0.2
<i>Cryptocentrus filifer</i>			240	1					240	0.0	1	0.0
<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	78	11	554	64	483	24			1,115	0.2	99	1.0
<i>Cynoglossus joyneri</i>	8,228	213	6,940	243	16,635	382	5,850	156	37,653	5.8	995	9.7
<i>Engraulis japonicas</i>			106	1	600	3			706	0.1	4	0.0
<i>Hemirhamphus villosus</i>	78	10			275	135			353	0.1	145	1.4
<i>Hexagrammos otakii</i>	320	13	5,480	192	350	12	180	5	6,330	1.0	222	2.2
<i>Johnius grypotus</i>					25,600	136			25,600	4.0	136	1.3
<i>Konosirus punctatus</i>					75	7			75	0.0	7	0.1
<i>Liparis tanakae</i>							90	83	90	0.0	83	0.8
<i>Lophius litulon</i>			244	88					244	0.0	88	0.9
<i>Minous monodactylus</i>					90	2			90	0.0	2	0.0
<i>Nibea albiflora</i>					180	13			180	0.0	13	0.1
<i>Okamejei kenojei</i>	5,135	980	3,682	770	3,020	730	1,865	651	13,703	2.1	3,131	30.6
<i>Pagrus major</i>					217	7			217	0.0	7	0.1
<i>Paralichthys olivaceus</i>			1,221	304	2,106	260	450	58	3,778	0.6	623	6.1
<i>Pennahia argentata</i>			3,360	102					3,360	0.5	102	1.0
<i>Pholis nebulosa</i>	440	4			157	3			597	0.1	7	0.1
<i>Platycephalus indicus</i>	100	6	3,856	290	718	113			4,674	0.7	409	4.0
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	178	74	1,555	290	223	67	180	61	2,137	0.3	492	4.8
<i>Pleuronichthys cornutus</i>			120	4	90	*			210	0.0	4	0.0
<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>			138	26	150	20			288	0.0	46	0.5
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	78	*	7,776	46					7,854	1.2	46	0.4
<i>Repomucenus koreanus</i>	595	5	12,432	180	2,536	45	2,250	8	17,813	2.8	237	2.3
<i>Saurida undosquamis</i>					150	5			150	0.0	5	0.1
<i>Sebastes koreanus</i>			106	7					106	0.0	7	0.1
<i>Sebastes schlegelii</i>	78	13	6,589	13			180	3	6,847	1.1	29	0.3
<i>Setipinna tenuifilis</i>					5,563	51			5,563	0.9	51	0.5
<i>Sillago japonica</i>			240	2					240	0.0	2	0.0
<i>Sphyræna obtusata</i>					267	19			267	0.0	19	0.2
<i>Sphyræna pinguis</i>					525	3			525	0.1	3	0.0
<i>Takifugu niphobles</i>	100	1							100	0.0	1	0.0
<i>Thamnaconus modestus</i>			212	121	67	6			278	0.0	127	1.2
<i>Trachurus japonicas</i>					200	2			200	0.0	2	0.0
<i>Tridentiger barbatus</i>	100	*					90	*	190	0.0	1	0.0
<i>Uranoscopus japonicus</i>					90	*			90	0.0	*	0.0
<i>Zoarces gillii</i>					67	3			67	0.0	3	0.0

*: less than 0.5 kg/km²

Table 1. Continued

Species	Spring		Summer		Autumn		Winter		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	(%)	W (%)	
Crustacea												
<i>Alpheus digitalis</i>	591	3	240	1	270	1	82	*	1,183	0.2	4	0.0
<i>Alpheus japonicus</i>	6,438	23	240	*	165	*			6,843	1.1	23	0.2
<i>Charybdis bimaculata</i>	2,213	5	19,862	85	52,452	303			74,527	11.5	392	3.8
<i>Charybdis japonica</i>			332	30	292	30			623	0.1	59	0.6
<i>Crangon hakodatei</i>	7,057	27	4,237	9			13,957	35	25,250	3.9	70	0.7
<i>Eucrate crenata</i>			240	1	360	3			600	0.1	4	0.0
<i>Exopalaemon carini-cauda</i>					375	2			375	0.1	2	0.0
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>					90	3			90	0.0	3	0.0
<i>Metapenaeopsis dalei</i>			10,467	19	3,448	3			13,915	2.1	22	0.2
<i>Metapenaeus joyneri</i>							90	*	90	0.0	*	0.0
<i>Oratosquilla oratoria</i>	3,676	62	13,305	226	6,429	99	270	5	23,681	3.7	391	3.8
<i>Oregonia gracilis</i>	78	3							78	0.0	3	0.0
<i>Ovalipes punctatus</i>							82	5	82	0.0	5	0.0
<i>Palaemon gravieri</i>	17,872	23	847	1	450	1	1,522	2	20,691	3.2	26	0.3
<i>Paradorippe granulata</i>			378	1					378	0.1	1	0.0
<i>Portunus trituberculatus</i>			244	75	580	125			824	0.1	200	1.9
<i>Trachysalambria curvirostris</i>			9,553	46	64,123	170			73,676	11.4	216	2.1
Anomura spp.					440	15			440	0.1	15	0.1
Decapoda spp.	78	*							78	0.0	*	0.0
Cephalopoda												
<i>Euprymna morsei</i>	1,096	3	738	1					1,835	0.3	4	0.0
<i>Loligo beka</i>			2,689	94					2,689	0.4	94	0.9
<i>Loligo japonica</i>	78	*	138	2	92,053	358			92,269	14.2	361	3.5
<i>Octopus minor</i>			120	14	157	39			277	0.0	53	0.5
<i>Octopus ocellatus</i>	1,264	39	346	9	3,460	145	172	8	5,242	0.8	201	2.0
<i>Sepia esculenta</i>					955	100			955	0.1	100	1.0
Gastropoda												
<i>Glossaulax didyma</i>	198	7					270	3	468	0.1	9	0.1
<i>Neptunea arthritica</i>							90	5	90	0.0	5	0.0
<i>Rapana venosa venosa</i>			106	48					106	0.0	48	0.5
<i>Volutharpa ampullacea</i>	240	3					1,170	13	1,410	0.2	16	0.2
Bivalvia												
<i>Scapharca broughtonii</i>			106	15	90	24			196	0.0	39	0.4
Echinoidea												
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>					89,633	219			89,633	13.8	219	2.1
Total	64,998	1,649	123,146	3,453	419,246	3,911	40,341	1,235	647,732		10,247	

*: less than 0.5 kg/km²

kg/km²로 가장 적었다. 갑각류는 가을에 754 kg/km²로 가장 많았으며, 겨울에 47 kg/km²로 가장 적었다. 두족류는 가을에 642 kg/km²로 가장 많았고, 겨울에 8 kg/km²로 가장 적었다. 복족류는 여름에 48 kg/km²로 가장 많았고, 봄에 10 kg/km²로 가장 적었으며, 이매패류는 가을에 24 kg/km²로 가장 많았고, 여름에 15 kg/km²로 가장 적었다. 성게류는 가을에 219 kg/km²로 나타났다(Fig. 3).

주요 어종의 체장조성

조사기간 중 태안반도 연안에서 출현한 주요 어종의 체장조성을 살펴보면, 참서대(*C. joyneri*)의 평균 체장은 17.8 cm, 체장 범위는 7.7-24.4 cm로 나타났다. 홍어(*O. kenojei*)의 평균 체반폭(DW)은 19.7 cm이었으며, 체장 범위가 6.7-31.3 cm로 작은 개체부터 큰 개체까지 다양하게 나타났다. 참돔양태(*Repomucenus koreanus*)는 평균 체장이 14.5 cm이었으며, 체장 범위는 5.2-21.8 cm로 나타났다. 쉬쉬망둑(*Chaeturichthys stigmatias*)

은 평균 체장이 12.3 cm이었으며, 체장 범위는 6.5-21.0 cm로 나타났다. 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 평균 체장은 12.4 cm이었고, 체장 범위는 8.5-25.3 cm로 나타났으며, 작은 개체들이 주로 채집되었다. 넙치(*P. olivaceus*)는 평균 체장이 23.4 cm이었으며, 체장 범위는 17.4-46.5 cm로 나타났다(Fig. 4).

생태지수

조사기간 동안 출현한 종수와 개체수를 기준으로 계절별 생태지수를 분석한 결과, 종다양도지수(H')는 2.05-2.85의 범위이고, 출현종이 다양하게 나타난 여름이 가장 높았고, 겨울이 가장 낮았다. 겨울에는 마루자주새우, 가을에는 반원니꼴뚜기, 말뚝성게, 꽃새우 등 일부 어종이 주종을 이루어 종다양도지수가 낮게 나타났다. 종우점도지수(DI)는 0.08-0.19의 범위로 겨울이 가장 높았고, 여름이 가장 낮아 종다양도지수와 상반되는 경향을 보였다. 종풍부도지수(R')는 1.98-3.55의 범위로 가을이 가장 높았고, 겨울이 가장 낮았으며, 종균등도지수(J')는 0.57-

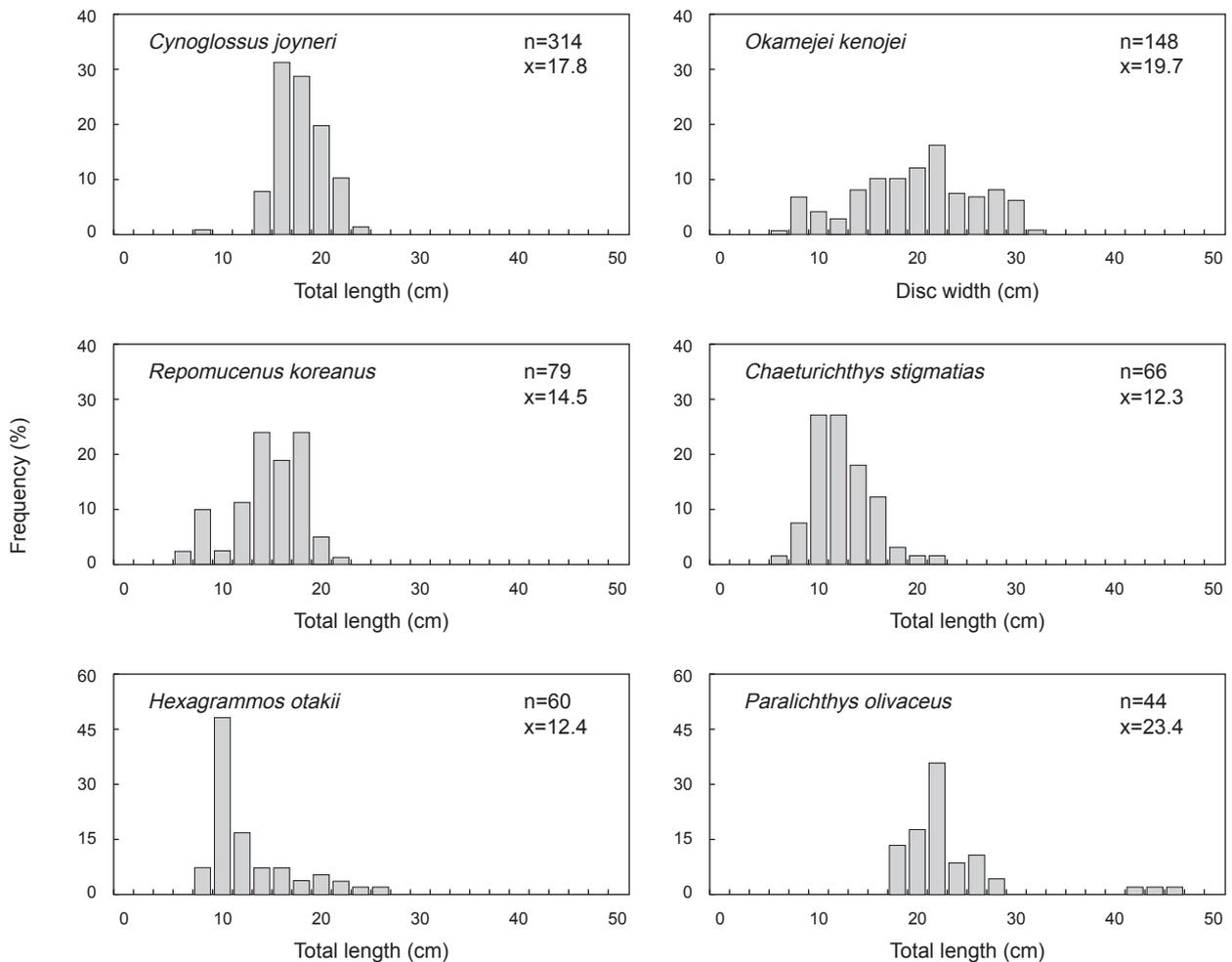


Fig. 4. Length frequency distribution of the major species caught by otter trawl in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011.

0.77의 범위로 개체수가 균등하게 출현한 여름에 가장 높았고, 가을에 가장 낮았다(Fig. 5).

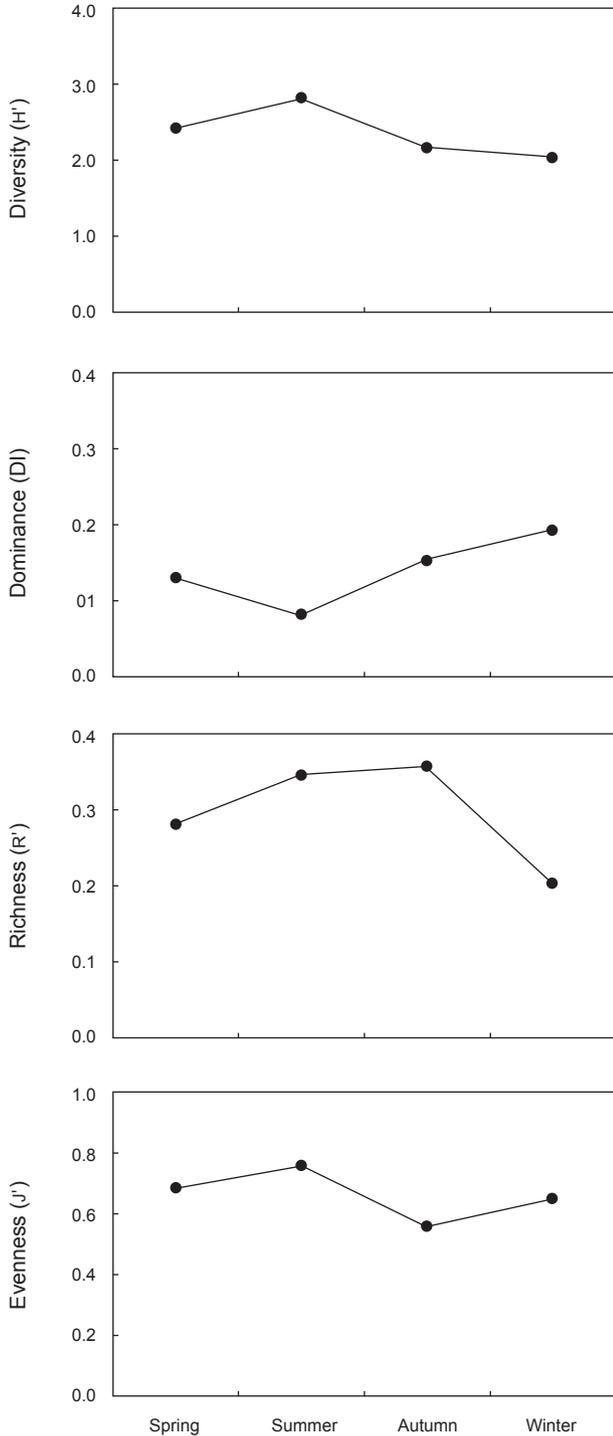


Fig. 5. Seasonal variation in diversity, dominance, richness and evenness in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011.

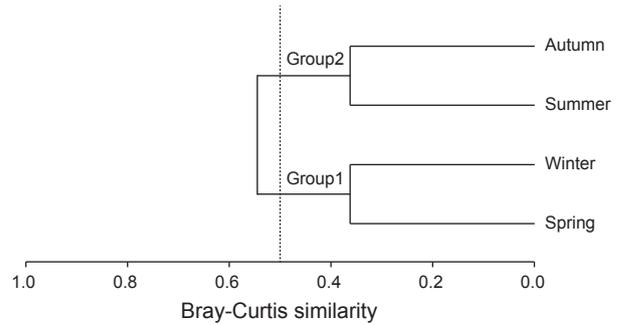


Fig. 6. Dendrogram of hierarchical clustering for demersal organism community based on Bray-Curtis similarity of log (X+1) transformed abundance data in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011.

군집분석

집괴분석을 이용한 생물군집의 계절 변화의 유사성을 분석한 결과, 태안반도 연안의 저서생물군집은 유사도 0.5 수준에서 봄과 겨울(Group 1), 여름과 가을(Group 2)의 두 개의 그룹으로 구분되었으며(Fig. 6), 두 그룹 간 유의한 차이(R=0.735, P<0.05)는 one-way ANOSIM test 결과로부터 확인할 수 있었다(Table 2).

이러한 생물군집의 차이에 기여하는 종들의 기여도를 알아보기 위해서 SIMPER 분석을 수행하여 각 군집의 기여율이 70% 이상인 종들을 선별한 결과 어류가 14 종, 갑각류가 9종, 두족류가 4종으로 어류가 기여한 종은 많으나, 기여율은 갑각류가 높았다(Table 3). 기여도 순으로 살펴보면, 어류에서는 양태(*Platycephalus indicus*)가 3.54%의 기여율로 가장 많은 영향을 미쳤으며, 다음으로 참돔양태(*R. koreanus*) 2.93%, 넙치(*P. olivaceus*) 2.74% 등의 순이었다. 갑각류 중에서는 꽃새우(*T. curvirostris*)가 4.46%의 기여율로 가장 많은 영향을 미쳤고, 다음으로 산모양갈갈새우(*Metapenaeopsis dalei*) 4.00%, 그라비새우(*P. gravieri*) 3.30%, 마루자주새우(*C. hakodatei*) 2.90% 등의 순으로 기여도가 높았다. 두족류에서는 반원니꼴뚜기(*L. japonica*)가 3.60%의 기여율로 가장 많은 영향을 미쳤다.

고 찰

2010년 4월부터 2011년 1월까지 태안반도 연안에서 오터트

Table 2. A result of one-way ANOSIM for a test on difference between the two cluster groups (Group 1 and 2). R-value after Bonferroni correction was significance (P < 0.05)

	Group 1	Group 2
Group 1	0	-
Group 2	0.735	0

Table 3. Species contribution (%) to average dissimilarity resulting from SIMPER analysis between Group 1 and Group 2 in the coastal waters off Taean peninsula, in the West Sea of Korea from April 2010 to January 2011

Species	Average abundance		Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)
	Group 1	Group 2			
Pisces					
<i>Platycephalus indicus</i>	0.33	2.71	2.30	3.54	3.54
<i>Repomucenus koreanus</i>	1.38	3.14	1.90	2.93	6.47
<i>Paralichthys olivaceus</i>	0.44	2.11	1.78	2.74	9.22
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	2.75	2.20	1.65	2.54	11.75
<i>Hexagrammos otakii</i>	1.11	2.36	1.65	2.54	14.29
<i>Sebastes schlegelii</i>	0.69	1.66	1.61	2.48	16.77
<i>Apogon lineatus</i>	0.00	1.61	1.57	2.42	19.19
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	1.39	0.56	1.45	2.24	21.43
<i>Coilia mystus</i>	1.41	0.00	1.45	2.23	23.66
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	0.32	1.46	1.41	2.17	25.83
<i>Johnius grypotus</i>	0.00	1.53	1.38	2.12	27.95
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	1.03	1.96	1.33	2.05	30.00
<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	0.32	1.24	1.25	1.93	31.93
<i>Collichthys niveatus</i>	1.39	0.00	1.20	1.85	33.77
Crustacea					
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	0.00	3.12	2.89	4.46	38.23
<i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.00	2.74	2.59	4.00	42.23
<i>Palaemon gravieri</i>	3.04	0.93	2.14	3.30	45.53
<i>Crangon hakodatei</i>	3.37	1.43	1.88	2.90	48.43
<i>Charybdis bimaculata</i>	1.40	2.75	1.87	2.88	51.31
<i>Oratosquilla oratoria</i>	1.82	2.09	1.61	2.48	53.79
<i>Portunus trituberculatus</i>	0.00	1.51	1.47	2.27	56.06
<i>Alpheus japonicus</i>	1.46	1.04	1.36	2.10	58.16
<i>Charybdis japonica</i>	0.00	1.43	1.35	2.07	60.23
Cephalopoda					
<i>Loligo japonica</i>	0.32	2.56	2.34	3.60	63.83
<i>Euprymna morsei</i>	1.19	0.82	1.16	1.80	65.63
<i>Sepia esculenta</i>	0.00	1.24	1.14	1.76	67.39
<i>Octopus ocellatus</i>	1.93	2.26	1.12	1.73	69.11

물에 채집된 저서생물은 총 17목 44과 75종으로, 어류와 갑각류가 주를 이루었다. 해역에 따라 서식환경과 조사횟수, 조사 시기의 차이가 있어 절대적인 비교가 어렵지만 오터트를 조사에 의해 채집된 어획물의 종수를 비교해보면, 아산만에서는 49종의 어류가(Lee and Hwang, 1995), 천수만에서는 54종의 어류가 계절별로 채집되어(Lee, 1996) 본 연구에서 채집된 44종 보다 많은 어류가 출현하였다. 영광 연안에서는 계절별로 73종의 수산생물이 출현하여(Hwang et al., 1998) 출현 종수가 본 연구와 비슷한 수준이었다. 이와 같이 동일한 어구를 사용하더라도 출현 종수에 차이가 있었는데, 이는 조사횟수 등 조사방법에 차

이가 있었기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 쉬쉬망둑, 참서대, 참돔양태, 홍어 등이 비교적 많이 채집되었는데, 이들은 연성 저질 위에 서식하는 전형적인 저어류(demersal fish)이다. 또한, 민태(*Johnius grypotus*), 보구치(*Pennahia argentata*), 조피볼락, 쥐노래미 등과 같이 바닥 가까이 머물며 저서생물을 주 먹이로 하는 반저어류(semi-demersal fish)도 채집되었다. 태안 모항 연안의 통발에는 황해 볼락(*Sebastes koreanus*), 쥐노래미 등의 반저어류가, 자망에는 홍어와 문치가자미 등의 저어류가 우점하였다(Jeong et al., 2012). 태안 바다목장 해역에서 빚트물에 채집된 우점종은 참

서대와 홍어였고(Park et al., 2013), 충남 대천 연안에서 빙트를 채집된 서해 중부 연안의 주요 우점종은 참서대와 쉬쉬망둑이었다(Lee et al., 2010). 이들 연구결과에서는 대부분 정착성인 연안 저어류와 반저어류가 우점하여 본 연구의 어류상과 유사한 결과를 보였다.

온대 연안은 계절에 따라 수온 및 염분, 먹이생물 등의 환경요인이 변하고, 어류들은 적정 서식 범위를 찾아 산란과 보육, 그리고 성장을 위하여 회유하며, 이에 따라 한 해역의 계절별 종조성과 생물량이 변한다(Allen, 1982). 일반적으로 수온은 어류의 회유 및 군집의 계절 변동에 가장 큰 영향을 미치는 환경요인 중 하나로 알려져 있다(Allen and Horn, 1975). 즉, 수온이 높을 때 식물플랑크톤과 저서동물의 밀도가 높아, 어류는 수온이 높고 먹이생물이 많은 여름과 가을에 우점도가 높고, 수심이 매우 얇은 서해의 해양환경 특성상 봄과 겨울에는 연안 수온이 많이 내려가기 때문에 수온이 낮은 계절에는 일부 어류들은 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 출현 종수, 개체수 및 생체량의 계절 변화를 살펴본 결과, 여름과 가을이 높고, 봄과 겨울이 낮게 나타나 해역 내 수온 변화와 매우 유사한 양상을 보였다. 이와 같이 본 조사해역은 전형적인 온대 해역의 계절에 따른 출현 양상을 보였으며, 수온의 계절 변화가 크기 때문에 저서생물의 밀도가 계절에 따라 변하는 것으로 판단된다.

본 연구에서 채집된 어류는 대부분 5 cm 이상의 참돔양태, 쉬쉬망둑, 참서대, 민태, 쥐노래미 등 소형 개체들이 주를 이루었다. 양태, 넙치, 문치가자미 등은 중소형 개체들이 주로 채집되었으며, 홍어는 다양한 크기의 개체가 채집되었다. 한편, 태안 모항 연안의 자망에서 채집된 홍어와 문치가자미의 평균 체장은 본 연구에서 채집된 개체들 보다 평균 10 cm 이상 컸으며(Jeong et al., 2012), 태안 의항의 이각망에는 대부분 15 cm 이상의 큰 개체들이 주를 이루었다(Hwang and Lee, 2011). 이러한 어류의 크기 변화는 망목 크기에 따른 어구에 대한 선택성 효과라고 판단된다. 한편, 이들 저어류들은 부화 후 조간대 부근 천해역을 성육장으로 이용하는 것으로 알려져 있으며, 1-2년 정도 성장한 후 수심이 깊은 해역으로 이동하는 것으로 보고되었다(Noh et al., 2009).

생태지수의 변화에서 가을에 종수와 단위 면적당 개체수가 증가했음에도 종다양도가 증가하지 않은 것은 반원니꼴뚜기, 말뚝성게, 꽃새우, 두점박이민꽃게 등의 개체수가 월등히 많아 우점하는 경향을 보였기 때문으로 판단된다. 겨울에는 마루자주새우가 극우점하는 경향을 나타내어 종우점도가 높게 나타났다. 봄과 여름에는 이들 종이 우점하는 경향이 감소하면서 종풍부도와 종다양도가 증가하고, 종우점도는 감소하는 경향을 나타냈다. 본 연구와 같은 시기에 인접한 태안 바다목장 해역에서도 10월에 개체수와 생체량이 가장 많았으나 성게류가 다량 출현하여 종다양도 지수가 낮게 나타났으며, 7월에 다양한 종들이 채집되어 종다양도 지수가 높게 나타났다(Park et al., 2013).

지금까지 서해 중부 해역에 서식하는 생물을 대상으로 많은 군집구조 분석 등이 수행되었으나, 대부분의 연구들에서 계절간 군집구조 차이에 대한 통계적 유의성 검증이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 출현한 생물군집의 계절별 유사성을 군집분석을 통해 분석하였고, 구분된 각 군집 간 유의한 차이를 one-way ANOSIM test를 통해 확인하였다. 그 결과, 봄과 겨울에 출현한 생물군집(Group 1)과 여름과 가을에 출현한 생물군집(Group 2)으로 유의하게 구분되었으며, 종수 및 개체수에서 뚜렷한 차이를 보였다. Group 1 보다 Group 2에서 어류, 갑각류, 두족류의 종수와 개체수가 크게 증가하였는데, 이는 여름과 가을에 수온이 상승하면서 어류의 먹이인 갑각류와 두족류 같은 다양한 저서무척추동물의 종수와 개체수가 증가하면서 어류의 종수와 개체수도 같이 증가한 것으로 판단된다. SIMPER 분석을 통해 생물군집이 두 개의 그룹으로 분리되도록 영향을 미치는 종들을 살펴본 결과, Group 1에서는 그라비새우, 마루자주새우 등이 높은 기여도를 보였던 반면, Group 2에서는 꽃새우, 산모양갈갈새우, 두점박이민꽃게와 반원니꼴뚜기가 그룹이 분리되도록 기여하는 것으로 나타났다. 즉, 고수온기가 주산란시기인 꽃새우와 두점박이민꽃게, 반원니꼴뚜기는 수온이 상승하는 여름부터 출현량이 많아지기 시작해 가을에 우점하는 것으로 나타났다. 반면, 저수온기인 겨울에는 이들 꽃새우와 두점박이민꽃게가 바깥으로 이동한 결과 마루자주새우와 그라비새우가 높은 출현빈도를 나타낸 것으로 판단된다.

태안반도 연안의 저서생물군집의 계절 변화를 살펴본 결과, 서해 중부에 위치한 태안 해역은 서해 고유 냉수대가 접근하는 청정수역으로 생산성이 높은 곳이며, 복잡한 해안선과 크고 작은 만으로 이루어져 있어 다양한 수산생물의 산란 및 성육장으로서 매우 중요한 역할을 제공하는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 결과는 향후 태안반도 연안의 저서생물 생태계 변화를 파악할 때 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(서해 연안어업 및 환경생태 조사, RP-2012-FR-007)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Allen LG. 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, California. *Fish Bull U.S.A.*, 80, 769-790.
- Allen LG and Horn MH. 1975. Abundance, diversity and seasonality of fishes in Colorado Lagoon, Alamo Bay, California. *Estuarine Coastal Mar Sci*, 3, 371-380.
- Clarke KR and Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth. U.K., 176.
- Hwang HB and Lee TW. 2011. Species composition of fish col-

- lected by a two-side fyke net in the coastal water off Taean in 2008. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 173-178.
- Hwang SD. 1998. Diel and seasonal variations in species composition of fishery resources collected by a bag net off Kogunsan-gundo. *Korean J Ichthyol* 10, 155-163.
- Hwang SD, Im YJ, Song HI, Choi YS and Moon HT. 1998. Fishery resources off Youngkwang. II. Species composition of catch by a otter trawl. *J Korean Fish Soc* 31, 739-748.
- Jeong GS, Im YJ, Cha BY, Hwang HJ, Kwon DH, Park JS and Jo HS. 2012. Species composition and seasonal variation of the aquatic organisms caught by commercial fishing of the pot and gill net in the coastal waters off Taean, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 387-400.
- Lee JB, Lee JH, Shin YJ, Zhang CI and Cha HK. 2010. Seasonal variation of fisheries resources composition in the coastal ecosystem of the middle Yellow Sea of Korea. *J Kor Fish Tech* 46, 126-138.
- Lee TW. 1996. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 1. Demersal fish. *J Korean Fish Soc* 29, 71-83.
- Lee TW. 1998. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 3. Pelagic fish. *J Korean Fish Soc* 31, 654-664.
- Lee TW and Hwang SW. 1995. The demersal fishes of Asan Bay IV. Temporal variation in species composition from 1999 to 1993. *Bull Korean Fish Soc* 28, 67-79.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *Gen Syst* 3, 36-71.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2002. Fishing Gear of Korea. 579
- Noh HS, Youk KS, Hwang HB and Lee TW. 2009. Seasonal variation in species composition and abundance of shallow water fishes at Taean beaches, in the Yellow Sea of Korea. *The Sea - J Kor Soc Oceanogr* 14, 145-154.
- Park J, Jo HS, Im YJ, Cha BY, Kwon DH, Ryu DK and Hwang HJ. 2013. Species composition and community structure caught by shrimp beam trawl in the marine ranching ground of Taean, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 238-249.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol* 13, 131-144.
- Prado J. 1990. Fisherman's workbook. Fishing News Books, Oxford, U.K., 192.
- Sainsbury JC. 1996. Commercial fishing methods: and introduction to vessels and gears. Fishing News Books, Oxford, U.K., 359.
- Shannon CE and Weaver W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois University Press, Urbana, U.S.A., 117.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163, 688.
- Ryu BS and Choi Y. 1993. The fluctuation of fish communities from the coast of Kunsan, Korea. *Korean J Ichthyol* 5, 194-207.
- Yoon BS, Yoon SC, Lee SI, Kim JB, Yang JH, Park JH, Choi YM and Park JH. 2011. Community structure of demersal organisms caught by otter trawl survey in the Uljin marine ranching area, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 44, 506-515.