

강릉 연안에서 형망의 갈퀴 간격 및 망목 크기에 따른 어획 생물의 종조성 및 군집 분석

안희춘 · 배재현 · 박종명 · 박창두¹ · 홍성익^{2*}

국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과, ¹국립수산과학원 시스템공학과, ²바다생태리서치

Species composition and cluster analysis of the communities caught by dredge in relation to tooth spacing and mesh size in the coastal waters of Gangneung, Korea

Heui-Chun AN, Jae-Hyun BAE, Jong-Myung PARK, Chang-Doo PARK¹, Sung-Eic HONG^{2*}

East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea

¹Fisheries System Engineering Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea

²Bada Ecology Research, Gangneung 210-852, Korea

The dredge gear is dragged along the bottom of the sea to catch targeted edible bottom dwelling species. Species composition and ecological index of the catches of dredge were estimated around Gangneung coastal fishing ground by dredge with different mesh size and tooth space from July to December 2013. Eight different types of dredge including four different tooth space (24.7 mm, 29.9 mm, 34.9 mm, 40.1 mm) and four different mesh size (15.5 mm, 32.7 mm, 51.1 mm, 60.0 mm) were used in the experiment. During the experiment, total catches were collected 31 species as sipunculida 1 species, mollusca 13 species, annelida 3 species, arthropoda 8 species, echinodermata 4 species and others 2 species. The dominant genus were mollusca and echinodermata while the dominant species were *Megangulus venulosus*, *Pseudocardium sachalinensis*, *Schaphechinus brevis*. The richness index was ranged 1.29-1.72, evenness index was 0.6-0.65 and diversity index was 1.65-1.83 according to the tooth space and mesh size of dredge. Richness index, diversity index were high at tooth space 34.9 mm dredge and ecological index showed decreasing tendency with the increasing of mesh size of dredge. Cluster and MDS analysis, based on a Bray-Curtis and similarity matrix of fourth root transformed data of number of species and wet weight, showed division into four different groups as four different tooth space (Group A), four different mesh size Group B (51.1 mm, 60.0 mm), Group C (32.7 mm) and Group D (15.5 mm).

Keywords: Dredge, Species composition, Cluster analysis, Benthic communities

서론

형망어업은 주로 해저에 서식하는 조개류를 어획 대상으로 하며 자루그물 입구에 일정한 고정틀을 설치한

어구로 바닥을 긁어서 어획 대상물을 잡는 어업이다 (NFRDI, 2008). 동해안에서 조업하는 구획 형망어업은 주로 이동성 구획어업에 속하며 이때패류와 저서생활

*Corresponding author: strtac1234@naver.com, Tel: 82-33-644-1723, Fax: 82-10-8959-1008

을 하는 생물이 어획된다. 구획 형망어업에서 주요 포획대상인 패류 자원의 보호와 지속적 이용을 위하여 수산업법 시행령에 의하여 갈퀴간격은 35 mm 이상, 망목 크기는 50 mm 이상을 사용하도록 규정되어 있다. 그러나 형망의 포획 대상이 되는 이매패류의 종류가 다양하고 종에 따른 개체 크기도 차이가 많으므로 강원도에서는 형망어업의 목표종인 북방대합, 비늘백합, 접시조개, 민들조개 등에 대해 조개 종류별로 채포금지 각장, 갈퀴간격, 망목크기를 별도로 규정하여 이들 자원을 관리하고 있다 (Gangwon-do, 2003).

본 연구를 위한 실태조사에서 동해안 구획 형망어업의 허가건수는 총 252건이며, 강원도가 239건으로 대부분을 차지하고 있고 경상북도는 포항에서 13건이 허가되었다. 강원도에서는 고성군 84건, 강릉시 67건, 삼척시 33건으로 고성군은 개량조개를 주 포획 대상으로 어획활동을 하고 있었으며, 강릉시는 민들조개, 북방대합, 접시조개, 비늘백합 등을 대상으로 조업이 이루어지고 있었다.

형망어구와 관련된 연구로는 북방대합, 개량조개의 갈퀴에 의한 어획선택성에 관한 연구 (Nashimoto et al., 1983; Nashimoto, 1984, 1985)와 피조개 형망의 어획선택성에 관한 연구 (Cho, 1997)는 이론적인 방법을 사용하여 어획선택성을 추정하였다. 또한, 시험조업 결과로부터 산출된 각장 자료를 기반으로 하여 Thorarinsdóttir et al. (2009)은 비너스백합 조개 (*Arctica islandica*) 형망의 어획 성능과 크기 선택성, Gaspar et al. (2003)은 White clam (*Spisula solida*) 형망의 갈퀴 간격과 망목에 따른 크기 선택성, Park and Kim (2000)과 Kim et al. (2005)은 민들조개 형망의 갈퀴 간격에 따른 어획선택성에 대해 연구한 바 있다. 한편, Kato & Hamai (1975)는 북방대합 (*Spisula sachalinensis*)의 성장과 패각의 형태에 대해, Mann et al. (2013)은 개량조개류를 비롯한 패류의 연도별 분포와 대서양 해양생태계에서 기후변화의 영향, Sasaki (1981)는 센다이만의 북방대합의 성장에 대해, Lee et al. (2002)은 북방대합의 난발생에 미치는 수온의 영향에 대해, Lee et al. (2009)은 민들조개 방류지역의 민들조개 개체군 분포 분석에 대해 보고하였다. 한편, Seo et al. (2013)은 남해도 주변해역의 새우조망어장의 수산자원 분포, Jeong et al. (2012)는 통발과 자망에 어획된 생물의 종조성 및 계절변동, Kim et al. (2014)는 거문도 주변해역의 대형트

롤어구를 이용한 저어류 군집 종조성, Lee et al. (2012)는 대형선망어업의 주요 목표종의 어장 변동 등의 다양한 어구에 대해 군집 및 종조성에 관한 연구가 이루어졌다. 그러나 동해안의 연안 형망어구에 의해 어획되는 저서생물의 종조성과 군집분석에 관한 선행연구는 거의 이루어지지 않았다.

강원도에서는 주어획 대상생물의 종류에 따라 형망어구의 갈퀴간격과 망목크기를 달리 규정하고 있으며 (Gangwon-do, 2003), 해양수산부에서는 형망어업의 혼획 실태와 혼획저감을 위한 과학적인 데이터를 수집하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 강원도 강릉시 영진연안에서 형망어구의 갈퀴간격 및 망목 크기를 달리 사용하여 어획된 저서생물의 종조성과 생물군집 구조 등을 분석하였다.

재료 및 방법

동해안의 강원도 해역에서 많이 생산되는 조개류는 민들조개, 개량조개, 북방대합, 접시조개, 비늘백합 등이 있으며 이 중 민들조개는 수심 2-10 m 내외의 얇은 수심에서 주로 서식하며 (Kim et al., 2009), 북방대합, 접시조개, 비늘백합은 주로 수심 8-20 m 모래바닥에서 서식하는 것으로 나타났다 (Lee et al., 2002).

본 연구에서는 강원도 강릉시 영진연안에서 형망어구의 갈퀴간격 및 망목크기를 달리 사용하여 어획된 어획물의 종조성 조사를 실시하였다. 시험에 사용된 형망어구의 틀은 1,450 × 430 mm 크기이고 자루그물의 길이는 4.5 m로 하였다 (Fig. 1). 형망어구는 망목크기 (24.3 mm)를 동일하게 하고 갈퀴간격을 달리한 4종 (24.7 mm, 29.9 mm, 34.9 mm, 40.1 mm)의 어구와 갈퀴간격 (24.7 mm)을 동일하게 하고 망목크기가 다른 4종 (15.5 mm, 32.7 mm, 51.1 mm, 60.0 mm)의 어구로 모두 8종의 어구를 사용하였다. 시험조사는 2013년 7월-12월까지 각 어구 종류별로 4항차 (4일)씩 실시하였으며, 시험어선은 상업용 형망어선 (순홍호, 2.47 ton, 210마력)을 사용하였다. 조업방법은 1항차의 시험에 종류가 다른 2개의 형망어구를 시험선의 선수 좌·우현에서 각각 1틀씩 예망하였다. 형망어구는 갈퀴간격을 달리하여 2항차 조업하여 한 사이클의 비교 시험을 한 후 망목크기를 달리하여 2항차 조업하는 방법으로 순차적으로 실시하였으며, 각 시험에서 1항차에 4회 반복 예망하여 어획물을 수집하였다. 시험 조업은 주로 오전 3시부터 오후

4시까지 이루어졌으며, 1회 조업의 예망거리는 어장 상황을 고려하여 약 200 m로 하였고 예인시간은 120분으로 하여 예인 중 조개의 손상을 최소화하였다. 시험 조업 어장의 수심은 9-12 m 내외였다 (Fig. 2, 3).

시험 조업에서 어획된 생물은 전량 실험실로 이동하여 각 시험 조건별로 구분하여 종별로 분류 및 동정하였으며, 각 동 · 식물군별 동정에는 Kang (1968), Kim and Son (2006), NFRDI ESFRI (2008), MIFAFF and NFRDI (2010), Min et al. (2004), Son et al. (2008), Hong et al. (2006)을 이용하였다. 어획된 종의 전량에 대해 개체수 및 습중량을 측정하였으며, 주어획 대상종인 패류 (북방대합, 접시조개, 비늘백합)는 각장 (Shell length), 각고 (Shell height), 각폭 (Shell width)을 디지털 캘리퍼스 (Mitutoyo, CD-8" PS, Japan)를 사용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였고, 습중량은 전자저울 (Hansung, HS2100A, Korea)을 이용하여 0.1 g 단위까지 전량 측정하였다.

시험조건별로 어획된 저서동물의 생물군집 구조를 파악하기 위하여 출현 종수 및 습중량 자료를 이용하여 종풍부도지수 (R : Richness Index) (Margalef, 1963), 종균등도지수 (E : Evenness Index) (Pielou, 1966), 종다양도지수 (H' : Diversity Index) (Pielou, 1977)를 가지고 생태계 내에서 역할을 추정할 수 있다. 여기서 각 지수에 대한 계산식을 식 (1), (2), (3)에 각각 나타내었으며, 여기서 P_i : i 번째 종의 점유율, S : 출현종수, N : 출현개체수를 나타냈다.

$$R = \frac{(S-1)}{\ln(N)} \quad (1)$$

$$E = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (2)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \ln(P_i) \quad (3)$$

시험조건별 유사도분석 (Similarity analysis)은 조건별로 출현한 종수와 습중량을 바탕으로 분석하였으며, 유사도 분석시 변수변환 강도가 높은 방법 중 하나로 넓은 분산 패턴을 갖는 변수의 등분산성 가정을 충족함으로써, 변수의 값 차이를 차수의 크기로 단위화 하여 나타내주기 위해 Fourth root로 변환하였다. 또한, Bray-Curtis 지수 (Bray and Curtis, 1957)를 사용하여 시험조건간 유사도를 표현하였다.

시험조건별 유사도를 바탕으로 하여 군집분석을 실시할 때 그룹간의 연결방식에는 Complete linkage를 사용하였으며, 그룹간 유사도를 바탕으로 수지도 (Dendrogram)를 작성하여 집괴분석 (Cluster analysis)을 하였다. 또한 시험조건별로 분리된 그룹간의 공간적 분포 특성과 유사성 차이는 다차원척도분석 (MDS, Multi Dimensional Scaling)을 실시하여 2차원 공간에서 군집구조 차이를 파악하였다.

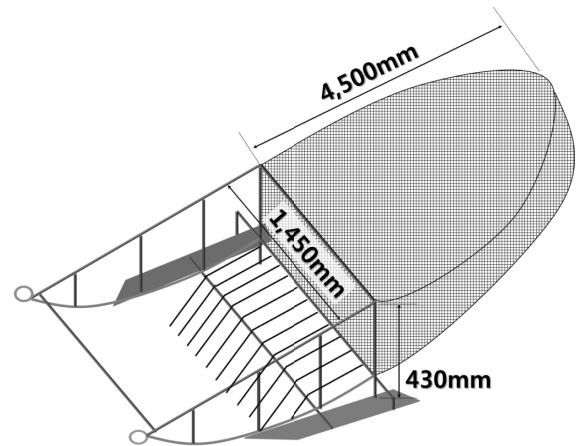


Fig. 1. Schematic diagram of dredge net used in the experiment.



(a) underwater photo of dredge



(b) research vessel (2.47 ton)

Fig. 2. Dredge and research vessel used in the experiment.

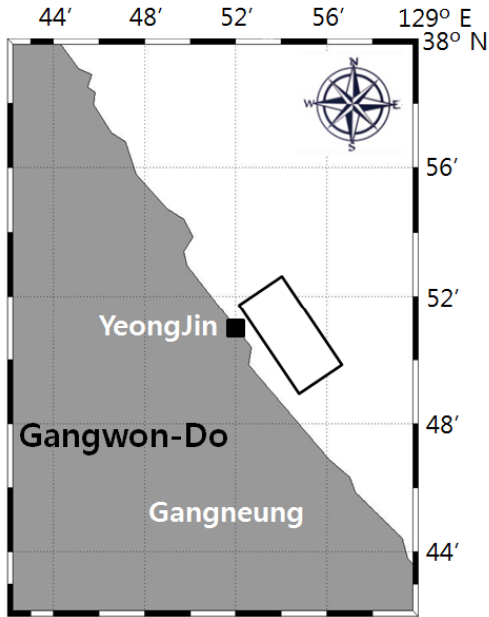


Fig. 3. Study sites around Yeongjin waters, Gangneung city, Korea.

■, □: experimental fishing site.

결과 및 고찰

종조성

형망어구의 망목크기 (24.3 mm)가 동일하고 갈퀴간격이 다른 4종 (24.7 mm, 29.9 mm, 34.9 mm, 40.1 mm)의 어구를 이용한 조업에서 어획물의 종조성을 보면, 24.7 mm에서 성구동물 1종, 연체동물 8종, 환형동물 3종, 절지동물 3종, 극피동물 2종, 기타 종으로 중량별 종조성에서 연체동물이 72.4%, 극피동물 15.0%, 기타종 11.8%를 차지하였다. 29.9 mm에서 중량별 종조성 연체동물 77.5%로 가장 높게 나타났으며, 기타 종 9.8%를 차지하였다. 34.9 mm에서 중량별 종조성은 연체동물 65.3%로 높게 나타났으며, 40.1 mm에서 성구동물 1종, 연체동물 7종, 환형동물 3종, 절지동물 4종, 극피동물 2종, 기타 종으로 중량별 종조성은 연체동물 72.7%, 극피동물 20.5%를 차지하였다. 기타 종에 있어 갈퀴간격이 커짐에 따라 중량별 우점률이 24.7 mm의 11.8%에서 40.1 mm의 6.18%로 줄어들었다.

형망어구의 갈퀴간격 (24.7 mm)이 동일하고 망목크기가 다른 4종 (15.5 mm, 32.7 mm, 51.1 mm, 60.0 mm)의 어구를 이용한 조업에서 어획물의 종조성은 15.5 mm에서 성구동물 1종, 연체동물 7종, 환형동물 3종, 절지동물 6종, 극피동물 2종, 기타 종으로 중량별

종조성은 연체동물 76.0%를 차지하였고, 다음으로 극피동물 18.3%로 나타났다. 32.7 mm에서 성구동물 1종, 연체동물 9종, 환형동물 3종, 절지동물 3종, 극피동물 4종, 기타 종으로 연체동물이 62.7%로 우점하였으며 극피동물, 기타종이 각각 19.7%, 15.3%로 차지하였다. 51.1 mm는 성구동물 1종, 연체동물 7종, 환형동물 3종, 절지동물 4종, 극피동물 3종, 기타 종으로 나타났다. 중량별 종조성은 연체동물 60.4%를 차지하였다. 60.0 mm에서 중량별 종조성에서 연체동물이 67.7%로 나타났다 (Table 1, 2 and 3).

안면도 사질대의 출현종은 환형동물 26종, 절지동물 20종, 연체동물 10종 등 총 62종이었다 (Jung et al., 2013). 또한 경상북도 영일만에서는 피조개와 떡조개 2종의 이매패류만이 출현하였으며 (Cha et al., 2012), 동해안해역의 이매패류는 동해 8종, 울진 9종, 경주 13종 등이 출현하였다 (NFRDI, 2010). 제주도의 7개 지역에서 이매패류는 총 4-13종의 비교적 적은 종이 출현하였으며 (NFRDI, 2002), 제주남부해역의 출현종은 총 37종으로 이중 이매패류가 17종을 차지하였다 (Ko et al., 2012). 본 조사에서 이매패류는 5종으로 저서동물은 서식지의 기질과 입도 및 유기물함량 등의 서식환경 요인에 의해 종조성의 차이를 볼 수 있다.

본 조사와 다른 어업과의 종조성 비교에서 울진해역의 트롤어업에서 2005년에 47종 (Hwang et al., 2006), 2007년 조사에서 53종이 출현한 것으로 나타났다 (MIFAFF, 2008). 남해도 동쪽연안해역의 정치망 조사에서 총 39종이 출현하였으며 (Cha, 2009), 섬진강 하구 및 남해도 서쪽 연안해역에서 새우조망에서 전체 생물종은 113종으로 이중 해양동물군은 97종 출현하였다 (Seo et al., 2013). 본 조사의 형망어업은 타 어업에 비해 비교적 적은 15-21종이 출현하였다. 이는 조업방법과 조사정점 등의 차이에 따른 결과로 저서동물은 환경변화에 따른 계절적인 영향과 서식환경의 적합여부에 의해 종조성의 차이를 보이는 것으로 판단되어진다.

주요 우점종

형망어구의 갈퀴간격 조건에 따른 중량별 우점종을 보면, 24.7 mm에서 접시조개 34.0%, 북방대합 21.3%, 무늬연잎성게 11.2% 차지하였다. 29.9 mm에서 접시조개가 32.2%, 북방대합 25.7%로 출현하였으며, 34.9 mm는 접시조개 24.2%, 북방대합 24.1%, 무늬연잎성게

22.8%로 나타났다. 40.1 mm에서 북방대합이 33.1%로 우점하였으며, 접시조개 19.8%, 무늬연잎성게 18.6% 순으로 차우점하였으며, 기타종은 갈퀴간격이 커짐에

따라 11.8%-6.2%로 줄어들었다. 전체 우점종에서 갈퀴 간격에 커지면서 접시조개에서 북방대합으로 우점율이 21.3%-33.1%로 증가하였다 (Table 2).

Table 1. Species composition of the four different tooth space and four different mesh size of dredge at Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013

Species	Tooth space (%)				Mesh size (%)			
	24.7mm	29.9mm	34.9mm	40.1mm	15.5mm	32.7mm	51.1mm	60.0mm
Sipunculida	0.59	0.64	0.24	0.21	0.10	0.84	0.22	0.10
Mollusca	72.41	77.53	65.34	72.71	76.03	62.66	60.43	67.65
Annelida	0.12	0.15	0.10	0.12	0.16	0.41	0.43	0.29
Arthropoda	0.09	0.19	0.22	0.25	0.19	1.10	0.26	0.09
Echinodermata	15.02	11.72	25.17	20.53	18.32	19.65	21.29	17.96
Other	11.77	9.77	8.93	6.18	5.20	15.34	17.37	13.91
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Table 2. Species composition of the dredge with four different tooth space at Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013. N and W indicate the number of individuals and biomass in gram, respectively

Species	Scientific name	Tooth space (Mesh size: 24.3 mm)								
		24.7 mm		29.9 mm		34.9 mm		40.1 mm		
		N	W	N	W	N	W	N	W	
Sipunculida										
Peanut worm	<i>Phascolosoma scolops</i>	159	658	210	696	84	259	61	188	
Mollusca										
Surf clam	<i>Pseudocardium sachalinensis</i>	90	23,941	103	27,742	93	26,436	105	30,045	
Tellin	<i>Megangulus venulosus</i>	1,010	38,215	923	34,848	550	26,591	420	17,978	
Venus clam	<i>Mercenaria stimpsoni</i>	355	12,275	433	15,844	222	11,555	263	11,394	
Sunray surf clam	<i>Maetra chinensis</i>	18	863	23	1,325	5	284	8	151	
Tubercled nutmeg	<i>Habesolatia nodulifera</i>					1	88			
	<i>Glossaulax bicolor</i>	16	714	7	401	41	1,287	27	770	
Sand snail	<i>Umbonium costatum</i>	3,731	5,225	2,715	3,530	3,792	5,302	3,943	5,522	
	<i>Pillucina pisidium</i>	2	38							
Jackknife clam	<i>Solen corneus</i>	6	84	8	128	6	114	5	73	
Far eastern mussel	<i>Mytilus coruscus</i>					2	72			
Annelida										
Stink worm	<i>Travisia pupa</i>	6	10	20	103	20	28	18	36	
Blood worm	<i>Glycera rouxii</i>	12	20	10	19	27	31	29	47	
	<i>Glycera</i> sp.	20	105	19	37	11	50	4	22	
Arthropoda										
	<i>Blepharipoda liberata</i>	14	96	28	205	48	214	48	208	
Kuro shrimp	<i>Argis lar</i>	1	2			2	5	4	9	
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>					1	21			
Granulated mask crab	<i>Paradorippe granulata</i>	1	5			1	5	1	5	
	<i>Decapoda</i> sp.					2	4	4	8	
Echinodermata										
Cardiac sea potato	<i>Echinocardium cordatum</i>	114	4,277	105	3,164	93	2,589	78	1,796	
Sea urchin	<i>Schaphedichinus brevis</i>	505	12,597	332	9,484	913	25,040	664	16,821	
Spiny sand seastar	<i>Luidia quinaria</i>			1	28					
Other										
	Shells and gravels		13,227		10,560		9,801		5,604	
	Total		6,060	112,352	4,937	108,114	5,914	109,776	5,682	90,677
Number of species			17		15		20		18	

Table 3. Species composition of the dredge with four different mesh size at Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013. N and W indicate the number of individuals and biomass in gram, respectively

Species	Scientific name	Mesh size (Tooth space: 24.7 mm)							
		15.5 mm		32.7 mm		51.1 mm		60.0 mm	
		N	W	N	W	N	W	N	W
Sipunculida									
Peanut worm	<i>Phascolosoma scolops</i>	29	111	303	1,140	105	390	21	134
Mollusca									
Surf clam	<i>Pseudocardium sachalinensis</i>	50	13,078	92	14,965	147	43,353	111	31,053
Tellin	<i>Megangulus venulosus</i>	981	41,951	1,610	56,400	997	54,865	966	52,948
Venus clam	<i>Mercenaria stimpsoni</i>	133	2,073	167	3,181	66	6,795	55	6,138
Sunray surf clam	<i>Mactra chinensis</i>	10	225	13	553	2	133	5	230
Tubercled nutmeg	<i>Habesolatia nodulifera</i>	-	-	-	-	-	-	2	129
Real bladder moon snail	<i>Glossaulax didyma</i>	-	-	-	-	-	-	6	294
	<i>Glossaulax bicolor</i>	56	2,707	68	3,298	46	1,606	23	1,013
Sand snail	<i>Umbonium costatum</i>	17,524	25,435	4,158	6,076	145	210	48	70
Bright and thin razor clam	<i>Siliqua pulchella</i>	2	41	2	18	-	-	-	-
Granulated periwinkle	<i>Nodilittorina radiata</i>	-	-	1	26	-	-	-	-
Jackknife clam	<i>Solen corneus</i>	-	-	4	69	4	54	4	76
Annelida									
Stink worm	<i>Travisia pupa</i>	32	63	35	67	136	697	66	350
Blood worm	<i>Glycera rouxii</i>	55	86	41	80	3	7	5	12
	<i>Glycera</i> sp.	6	29	83	402	19	60	11	38
Arthropoda									
Kuro shrimp	<i>Blepharipoda liberata</i>	25	162	228	1,453	48	374	14	115
	<i>Calappa philargius</i>	-	-	-	-	2	52	-	-
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>	1	19	-	-	-	-	-	-
Granulated mask crab	<i>Paradorippe granulata</i>	2	19	3	24	-	-	-	-
Edwards' hermit crab	<i>Diogenes edwardsii</i>	-	-	1	5	1	17	-	-
shrimp	<i>Shrimp</i> sp.	1	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Decapoda</i> sp.	1	1	-	-	1	10	1	10
Echinodermata									
Cardiac sea potato	<i>Echinocardium cordatum</i>	84	2,889	237	8,454	747	17,622	373	9,695
Sea urchin	<i>Schaphechinus brevis</i>	617	17,715	2,290	18,008	751	19,965	379	14,715
Spiny sand seastar	<i>Luidia quinaria</i>	-	-	1	28	-	-	-	-
North Pacific seastar	<i>Asterias amurensis</i>	-	-	1	37	4	120	-	-
Other									
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1	35	-	-	-	-	-	-
	<i>Zostera marina</i>	-	43	-	200	-	200	-	18
	Shells and gravels	-	5,776	-	20,510	-	30,565	-	18,890
Total		19,625	112,470	9,338	134,994	3,224	177,095	2,090	135,928
Number of species		21		21		19		18	

망목크기 조건에 따른 중량별 우점종은 15.5 mm에서 접시조개 37.3%, 비단고둥 22.6% 차지하였다. 32.7 mm는 접시조개 41.8%, 기타 종 15.2%, 무늬연잎성게 13.3%를 차지하였다. 51.1 mm에서 접시조개 31.0%,

북방대합 24.5%, 기타 종 17.4%를 보였다. 60.0 mm에는 접시조개 39.0%로 차지하였으며, 북방대합 22.9%, 기타종은 13.9% 출현하였다 (Table 3). 안면도의 사질대에서 환형동물과 연체동물이 우점하였으며 (Jung et

al., 2013), 제주남부해역은 이매패류가 최상위 우점종을 차지하였다 (Ko et al., 2012). 제주도 북부연안 사질대에 서식하는 구멍연잎성계의 생태학적 연구에서 퇴적물 입자크기가 세립질 내지 미세립의 모래에 구멍연잎성계를 비롯한 기타 저서생물 분포밀도가 높다고 하였다 (Kang et al., 1999). 본 조사에서 무늬연잎성계가 높은 우점률을 보이는 것으로 유사한 서식기질이 형성되어진 것으로 판단되어지며, 우점종으로 사질대에 서식하는 이매패류가 우점하는 것으로 타 연구 결과와 유사한 결과를 볼 수 있다.

생태지수

형망의 갈퀴 간격별 출현한 종수와 습중량을 바탕으로 분석한 결과, 종풍부도 (R)은 34.9 mm에서 1.72로

가장 높았으며, 29.9 mm에서 1.29로 낮은 값을 보였으며, 종균등도 (E)는 29.9 mm에서 0.65로 가장 높은 값을 보인 반면 34.9 mm에서 0.60로 나타났다. 종다양도 (H')는 34.9 mm에서 1.83으로 가장 높은 값을 보였다. 전반적으로 34.9 mm에서 접시조개, 북방대합 그리고 무늬연잎성계의 극우점 경향이 감소하며 종풍부도 (R) 및 종다양도 (H')에서 높은 값을 보였다 (Fig. 4, A-C). 형망의 망목크기별로 분석한 결과는 종풍부도 (R)과 종다양도 (H')는 32.7 mm에서 1.81으로 높았으며, 망목크기가 커짐에 따라 생태학적 지수가 감소하는 경향을 보였다. 전반적으로 32.7 mm에서 접시조개, 북방대합과 무늬연잎성계의 극우점 경향이 감소하여 종풍부도 (R) 및 종다양도 (H')에서 높은 값을 보인 반면, 60.0 mm에서는 접시조개, 북방대합 그리고 무늬연잎성계가 극우

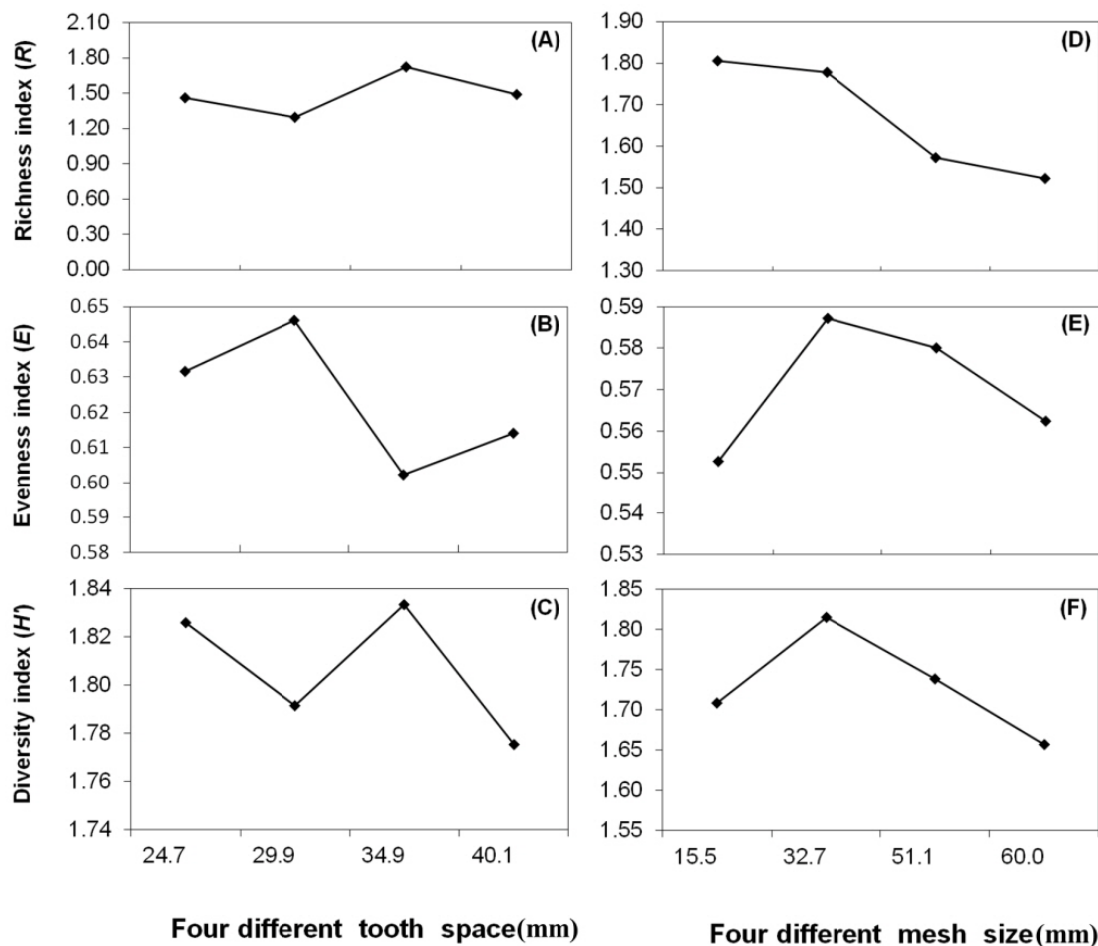


Fig. 4. Richness index (A, D), Evenness index (B, E) and Diversity index (C, F) of dredge in the Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013.

접하여 모든 생태학적 지수가 낮은 값을 보였다 (Fig. 4, D-F). 안면도해역의 종다양도 (H')는 1.1-1.6으로 보고하였으며 (Jung et al., 2013), 제주남부해역의 종다양도 (H')는 1.56-2.50으로 나타났다 (Ko et al., 2012). 사질대의 종다양도는 퇴적물 입자가 세립하고 경사가 완만할수록 증가하는 것으로 알려져 있으며 (Dexter, 1983; McLachlan, 1990), 본 조사에서 종다양도는 1.66-1.83으로 타 해역과 유사하게 나타났다.

군집분석

형망어구의 시험조건별 출현한 종수와 습중량을 바탕으로 유사도를 구하고 집괴분석과 다차원척도분석을 통해 생물군집 변화의 유사성을 분석한 결과, 형망어구의 갈퀴간격 시험조건이 Group A (24.7 mm, 29.9 mm, 34.9 mm, 40.1 mm)를 차지하였으며, 망목크기 조건에서 Group B (51.1 mm, 60.0 mm), Group C (32.7 mm), Group D (15.5 mm)의 4개 그룹으로 구분되었다.

Group A와 Group B를 비교한 결과, Group A에서 연체동물의 어획량은 4,212-5,228 개체, 65,933-83,818 g으로 Group B의 1,220-1,407 개체, 91,951-107,016 g에 비해 개체수는 많았으나 어획량은 오히려 적게 나타났으며, 특히 접시조개에서 Group B의 어획량은 52,948-54,865 g으로 Group A의 17,978-38,215 g과 차이를 보였다. 또한 비단고둥은 Group A에서 2,715-3,943 개체, 3,530-5,522 g이었고 Group B에서 48-145 개체, 70-210 g으로 두 그룹간에 차이를 보였다. Group C와 Group D의 비교에서 비단고둥의 어획량은 Group C는 17,524 개체, 25,435 g에 비해 Group D는 4,158 개체, 6,076 g으로 어획량의 차이를 보였으며, 절지동물에서 Group C는 6종의 45 개체, 213 g이 어획된 반면 Group D는 3종의 232 개체, 1,482 g 어획되었으며, 기타종에서 Group C는 5,776 g에 비해 Group D는 20,510 g으로 그룹 간의 차이로 구분되었다 (Table 2, 3 and Fig. 5).

주요 어획종의 각장 조성

형망어구의 시험조건별 주요 어획종의 각장 조성을 보면, 접시조개는 형망의 갈퀴간격별 시험조건에서 각장 범위가 총 3개의 모드로 각장 23.0-32.0 mm, 각장 38.0-51.0 mm 그리고 각장 68.0-102.0 mm로 나타났으

며, 각 모드에서 각장 26.0-27.0 mm, 각장 42.0-45.0 mm 그리고 각장 82.0-91.0 mm에서 높은 비율을 차지하며 갈퀴 간격이 좁은 시험구에서 3개 모드가 뚜렷하게 나타난 반면, 갈퀴 간격이 클수록 작은 개체의 비율이 낮아지면서 큰 개체의 모드에 집중되었다. 형망의 망목크기별 조건에서 접시조개의 각장 범위는 총 3개의 모드로 각장 21.0-31.0 mm, 각장 38.0-53.0 mm 그리고 각장 68.0-100.0 mm로 나타났으며, 각 모드에서 각장 26.0-28.0 mm, 각장 45.0-47.0 mm 그리고 각장 78.0-82.0 mm에서 높은 비율을 형성하였으며, 망목 크기가 51.1 mm 시험구 이상에서 2개 모드로 각장 40.0-51.0 mm와 각장 67.0-100.0 mm만이 관찰되며 각장 35 mm 이하의 개체는 어획되지 않았다. 북방대합의 각장 범위는 모든 시험조건에서 3개의 모드로 각장 31.0-44.0 mm, 각장 72.0-81.0 mm 그리고 각장 90.0-119.0 mm를 형성하면서 시험조건 간의 각장 조성에 대한 차이가 없었다. 북방대합은 비부착성 조개류로서 각장 100-120 mm, 중량 200-500 g에 이르는 대형종 (Lee et al., 2002)으로 모든 시험조건에서 작은 개체부터 큰 개체까지 모두 어획되었으며, 가장 높은 비율을 보인 각장은 100-105 mm로 8.5-11.5%의 비율을 차지하였다 (Fig. 6). 본 조사에서 형망 예인 중의 거동을 파악하기 위하여 잠수부를 이용하여 관찰한 결과, 북방대합과 접시조개가 서식하는 곳은 사니질로 모래입자가 작고 약간의 빨로 구성되어 있다. 형망 예인시 갈퀴가 해저를 파게 되며 모래가 갈퀴 위쪽으로 올라가 형망을 위에 붓우리가 생길 정도로 쌓였다가 뒤쪽의 자루그물 안으로 들어가거나 형망을 옆쪽으로 빠져나가게 된다 (Fig. 7). 이때 어획물 중 일부 소형 개체도 모래와 함께 빠져나가는 현상이 관찰되었다. 이런 현상에 대해 Park and Kim (2000)은 민들조개 형망의 갈퀴간격이 좁을수록 갈퀴를 타고 올라가는 모래의 양이 많아 어획량에 영향을 미칠 것으로 추측하였으며, Kim and Jo (2001)는 갈퀴간격보다 자루그물의 망목크기에 따른 어획선택성이 크다고 하였다. 그러나 본 조사에서 갈퀴간격이나 망목 크기에 따른 어획물의 종조성과 어획량의 차이는 일정한 경향을 찾아보기 어려웠으나, 우점종의 각장 조성의 경우는 망목크기가 증가하면 소형 개체의 비율이 줄어드는 경향을 보였다.

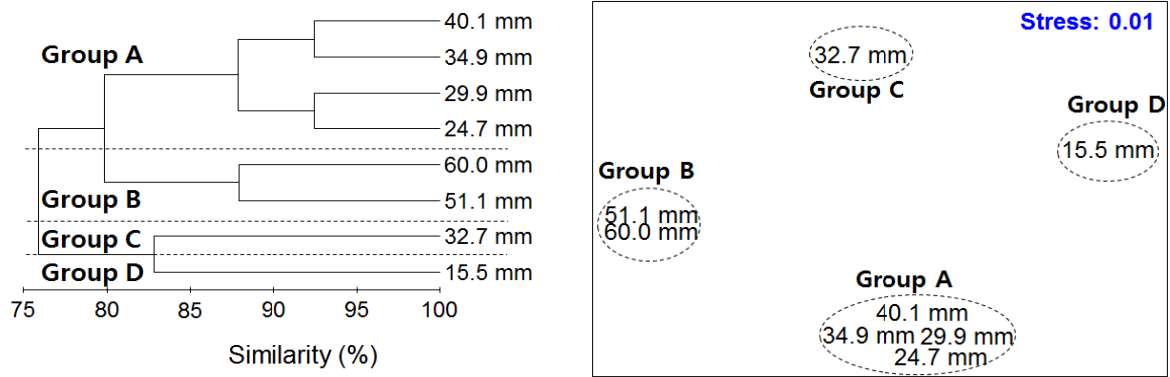


Fig. 5. Dendrogram and MDS (Multi Dimensional Scaling) plot based on Bray-curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species weight and densities in the Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013.

Megangulus venulosus

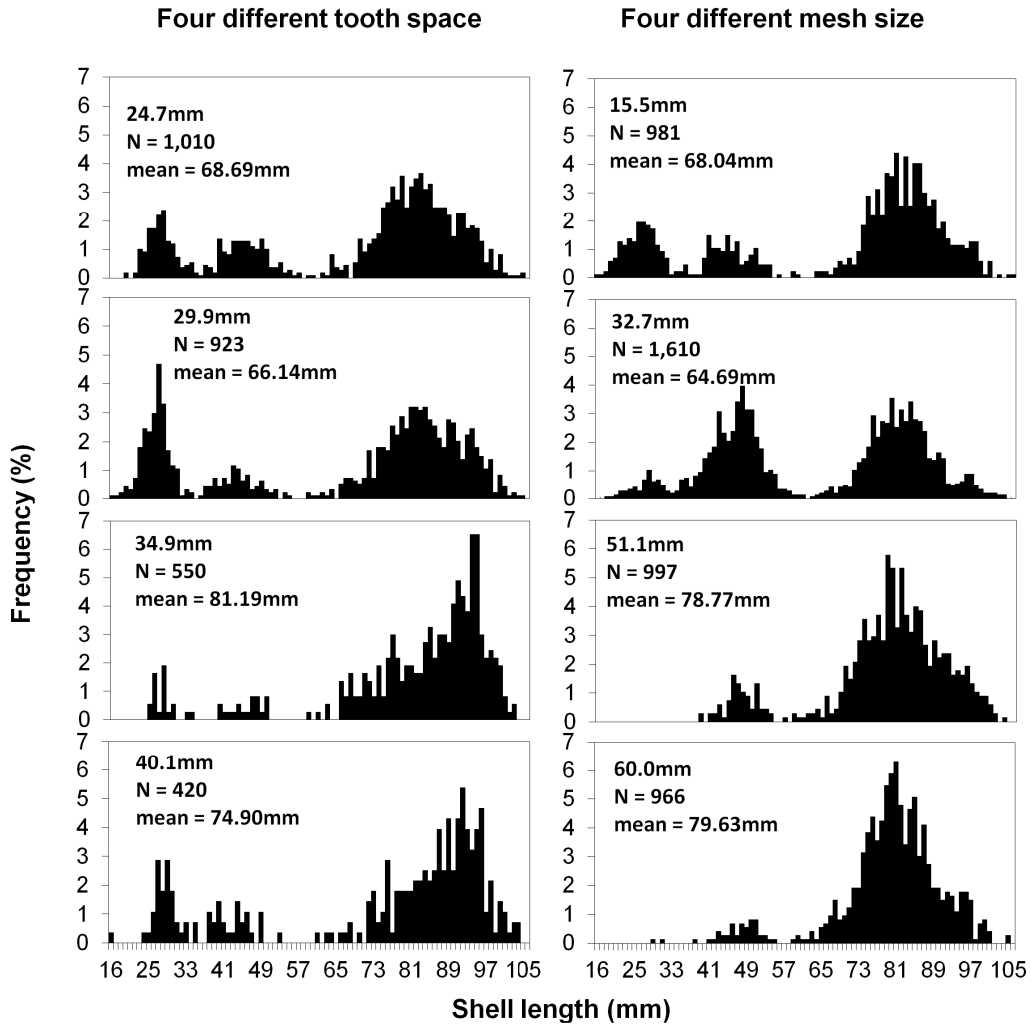


Fig. 6. Length frequency distribution of the major fish species caught by dredges in the Yeongjin waters, Gangneung city, Korea from July to December 2013.

Pseudocardium sachalinensis

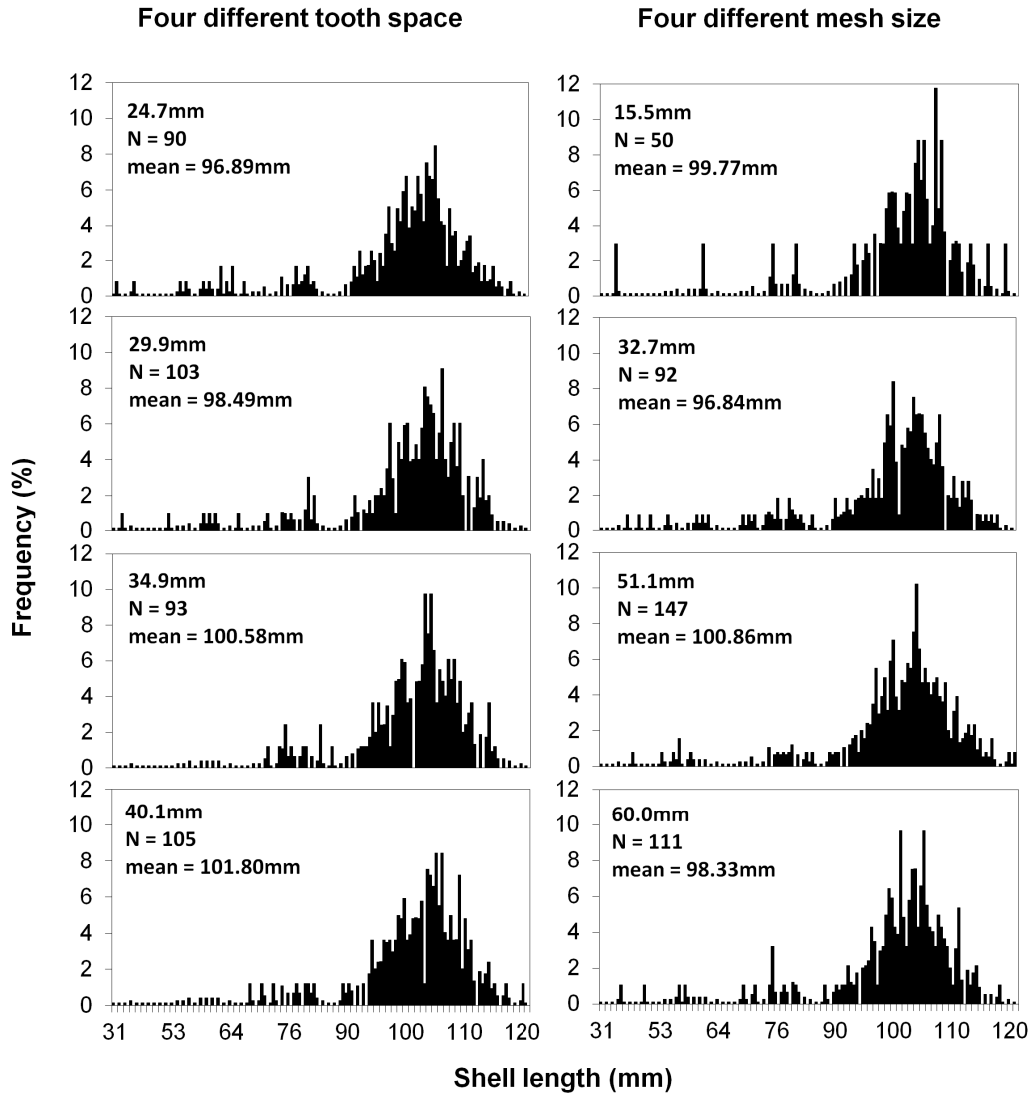


Fig. 6. Continued.



Fig. 7. Fishing operation of dredge.

결 론

강원도 강릉시 영진연안에서 형망어구의 갈퀴간격 및 망목 크기를 달리 사용하여 어획된 저서생물의 종조성과 생물군집 구조 등을 통해 강릉연안의 저서생물의 군집분포를 파악하고 효과적인 수산자원 보호를 위하여 조사를 수행하였다. 강원도 강릉시 영진연안해역에서 형망어구를 달리하여 어획된 총 출현종은 31종으로 성구동물 1종, 연체동물 13종, 환형동물 3종, 절지동물 8종, 극피동물 4종, 기타종으로 어류 1종 그리고 해산 종자식물 1종으로 나타났다. 본 조사의 결과를 바탕으로 유사성을 분석한 결과 형망어구의 갈퀴간격 조건이 Group A (24.7 mm, 29.9 mm, 34.9 mm, 40.1 mm), 망목 크기 조건에서 Group B (51.1 mm, 60.0 mm), Group C (32.7 mm), Group D (15.5 mm)으로 4개 그룹으로 나누었다. 그러나 갈퀴간격과 망목크기에 따른 어획물의 종조성과 어획량의 차이는 일정한 경향을 찾아보기 어려웠으나, 우점종의 각장 조성의 경우 망목크기에 따른 개체의 크기 차이를 볼 수 있었다. 본 조사의 결과를 토대로 Gangwon-do (2003)에서 접시조개의 채포금지 각장을 60 mm이하의 개체로 규제되어 있음으로써 접시조개에 있어 망목 크기를 조정함으로써 채포금지 각장 이상의 개체만을 어획할 수 있어 자원의 지속적 이용에 도움이 될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 수산시험연구사업 (RP-14-FE-16)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27, 325-349.
- Cha BY. 2009. Composition and catch variation of fisheries resources by set net in the Mizo fishing ground off Namhae island. *Korean K Ichthyol* 21, 191-199.
- Cha BY, Lee CS, Moon TS and Park MS. 2012. A Study on bivalves in Yeongil Bay of Gyeongsangbuk-Do Province, Korea. *Korean J Malacol* 28, 101-108.
- Cho BK. 1997. On the tooth selectivity of ark shell dredge. *J Kor Soc Fish Tech* 33, 1-8.
- Dexter DM. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. ed. McLachlan A and Erasmus T, Sandy beaches as ecosystems, Port Elizabeth, South Africa, 461-472.
- Gangwon-do. 2003. Notification of approval constraint and terms for the movable fixed area fishery (dredge). *Gangwon-do Regulation Number* 203-57.
- Gaspar MB, Leitão F, Santos MN, Sobral M, Ch'icharo L, Ch'icharo A and Monteiro CC. 2003. Size selectivity of the *Spisula solida* dredge in relation to tooth spacing and mesh size. *Fish Res* 60, 561-568.
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN, Shon HS, Kim JN, Choi JH, Kim MH and Choi IY. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. *Academy books co.* Seoul, Korea, 479.
- Hwang SJ, Lee SI, Park JH, Yang JH and Kwon HC. 2006. Abstract, Spr Meet. *Korean Soc Fish Aqu Sci*, 258.
- Jeong GS, Im YJ, Cha BY and Hwang HJ. 2012. Species composition and seasonal variation of the aquatic organism 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. (DOI:10.3796/KSFT.2012.48.4.387).
- Jung YH, Yoon KT, Park HS and Ma CW. 2013. Spatial distribution and community structure of macrobenthos on the sandy shore of Anmyeondo, Korea. *Ocean and Polar Research* 35, 27-37. (DOI:10.4217/OPR.2013.35.1.027)
- Kang JW. 1968. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea 8. Marine algae. Ministry of education, 465.
- Kang DH, Choi KS and Chung SC. 1999. An ecological study on the Sand Dollar, *Astriolypeus manni* (VERRIL, 1867), in Handock, Cheju Korea. *J Fish Soc* 32, 345-352.
- Kato Y and Hamai I. 1975. Growth and shell formation of the surf clam, *Spisula sachalinensis* (Schrenck). *Bull Fac Fish Hokkaido Univ* 25, 291-303.
- Kim IO and Jo TH. 2001. The Selectivity of venus clam dredge. *Bull Natl Fish Res Inst Korea* 59, 43-53.
- Kim IO, Mituhasi T, Jo TH, Park CD and Tokai T. 2005. Effect of tooth spacing on the contact selection and available selection of a dredge for the equilateral Venus clam *Gomphina melanaegis*. *Fish Sci* 71, 713-720. (DOI:10.1111/J.1444-2906.2005.01020.X)
- Kim MH and Son MH. 2006. Hermit crabs in Korean waters. *Academy publishing company, Inc., Seoul, Korea*, 1-89.
- Kim SG, Jang CS, An YS, Koh EH and Baek GW. 2014. Species composition of the demersal fish assemblage in the coastal waters off Geomun island, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 50, 131-138. (DOI:10.3796/KSFT.2013.49.4.341)
- Kim SK, Lee C, Kim YD, Jo QT, Lee JH, Park MW, Kim JW and Gong YG. 2009. Histological and biochemical analyses

- on reproductive cycle of *Gomphina melanaeigis* (Bivalvia; Veneridae). J Korean Fish Soc 42, 41-47.
- Ko JC, Ko HJ, Kim BY, Cha HK and Chang DS. 2012. Distribution characteristic of exploitable macrobenthic invertebrates of beach sediments in the Southern coastal water of Jeju Island. Korean J Malacol 28, 197-213. (DOI:10.9710/KJM.2012.28.3.197)
- Lee C, Lee CS, Kim SK, Kim WK and Jo QT. 2009. Analysis of population distribution on stocking area of sandy beach clam, *Gomphina melanaeigis*. J Environ Sci 18, 1163-1170.
- Lee JH, Lee JB, Zhang CI and Kang SY. 2012. A study on fluctuation of the fishing grounds of target fishes by the Korean large purse seine fishery. J Kor Soc Fish Tech 48, 107-117. (DOI:10.3796/KSFT.2012.48.2.107).
- Lee JY, Chang YJ and Chun MJ. 2002. Optimal method for fertilization of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J Korean Fish Soc 35, 135-139.
- Lee JY, Chang YJ, Kim YS, Choi YH and Chang YJ. 2002. Influence of water temperature on egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J Aquaculture 15, 39-42.
- Mann R, Munroe DM, Powel EN, Hofmann EE and Klinck JM. 2013. Bivalve molluscs: barometers of climate change in Arctic marine systems. 28th Lowell Wakefield Fisheries Symposium, 1-24.
- Margalef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. Amer Nature 97, 357-374.
- McLachlan A. 1990. Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. J Coastal Res 6, 57-71.
- MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008. Studies on the development of marine ranching program 2007 in the East, West and Jeju coast of Korea. 1062.
- MIFAFF and NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2010. Guidebook of marine life ecology at the marine afforestation area. Hanguel graphics, Busan, Korea, 922.
- Min DK, Lee JS, Koh DB and Je JG. 2004. Mollusks in Korea (revised supplementary edition). Hanguel graphics, Busan, Korea, 566.
- Nashimoto K. 1984. The selectivity of the sunray surf clam dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 50, 1145-1155 (in Japanese).
- Nashimoto K. 1985. The selectivity of the Japanese surf clam dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 51, 419-423 (in Japanese).
- Nashimoto K, Miyazawa H and Hiraishi T. 1983. The tooth selectivity of Japanese surf clam dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 49, 379-385 (in Japanese).
- NFRDI. 2008. Fishing gear of Korea. Hanguel graphics, Busan, Korea, 270-298.
- NFRDI. 2002. A study on fisheries resources by bivalves in the coastal waters of Jeju Island. 1-18.
- NFRDI. 2010. Habitats characteristics and biological research on fisheries resources enhancement in coastal area of Korea. 222.
- NFRDI ESFRI (East Sea Fisheries Research Institute). 2008. Seaweeds from East coast of Korea. Dain Communications, Busan, Korea, 165.
- Park HH and Kim SH. 2000. Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaeigis*) dredge. Bull Korean Soc Fish Tech 36, 267-273.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J Theoret Biol 13, 131-144.
- Pielou EC. 1977. Mathematical ecology, 2nd. John Wiley and Sons. Inc, New York, USA, 358.
- Sasaki K. 1981. Growth of the Sakhalin surf clam, *Spisula sachalinensis* (Schrenck) in Sendai bay. Tohoku J Agricul Res 32, 168-180.
- Seo YI, Lee JH, Oh TY, Lee JB, Choi YM and Lee DW. 2013. Distribution and seasonal variations of fisheries resources captured by the beam trawl in Namhae island, Korea. J Kor Soc Fish Tech 49, 419-431. (DOI:10.3796/KSFT.2013.49.4.341)
- Son MH, Seo IS, Kim MH and Kim DI. 2008. Korean seastars (Asteroidea and Ophiuroidea). Bokukbook, Busan, Korea, 105.
- Thorarinsdóttir GG, Jacobson L, Ragnarsson SA, Garcia EG and Gunnarsson K. 2009. Capture efficiency and size selectivity of hydraulic clam dredges used in fishing for ocean quahogs (*Arctica islandica*): simultaneous estimation in the SELECT model. ICES J Mar Sci 67, 345-354. (DOI:10.1093/icesjms/fsp236)

2014. 10.15 Received

2014. 11.25 Revised

2014. 11.26 Accepted