

포항 영일만 형망어업의 어획 및 혼획 실태

안희춘 · 박해훈 · 박종명 · 홍성익¹ · 윤병선 · 박창두² · 배재현*

국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과, ¹바다생태리서치, ²국립수산과학원 수산공학과

Catch and Bycatch of Dredge in the Yeongil Bay, Pohang

Heui-Chun AN, Hae-Hoon PARK, Jong-Myung PARK, Sung-Eic HONG¹, Byoung-Sun YOON, Chang-Doo PARK²
and Jae-Hyun BAE*

Fisheries Resources and Environment Research Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 210-861, Korea

¹*Bada Ecology Research, Gangneung 210-851, Korea*

²*Fisheries Engineering Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 619-705, Korea*

Species composition and bycatch rate of the catches by dredge with bycatch reduction device to reduce bycatch were estimated around Yeongil Bay, Korea at June, 2015. Total catches were collected 31 species as Chordata 10 species, mollusca 8 species, arthropoda 6 species, echinodermata 5 species, sipunculida 1 species, annelida 1 species during the experiment at the Yeongil Bay. The dominant species were *Scapharca broughtonii*, *Callithaca adamsi*, and *Atrina pectinata* and they reached 79.9% of the total catch. The catch rate of *Scapharca broughtonii* and *Callithaca adamsi* was 69.6% and 10.4% respectively. The rate of bycatch was 20.1%, consisted with Echinodermata 13.0%, Chordata 3.6%. The catch of ordinary dredge was 27 species 1,307 number 85,052g and that of dredge with escapement device was 21 species 1,690 number 91,648g. In conclusion, the dredge gear with bycatch reduction device has higher catch rate of target species and lower bycatch rate to non-target species than ordinary one.

Keywords: catch, bycatch, dredge, species composition, escapement device

서론

형망은 주로 해저의 모래나 펄에 서식하는 조개류를 어획 대상으로 하며 자루그물 입구에 일정한 고정틀을 설치한 어구로 바닥을 긁어서 어획 대상물을 잡는 어구 어법이다 (NFRDI, 2008). 동해안에서 조업하는 형망어업은 이동성구획어업에 속하며 이때패류와 저서생활을 하는 생물이 어획된다.

구획형망은 수산업법 시행령에 의하여 갈퀴 간격은 3.5 cm 이상, 망목 크기는 5.0 cm 이상을 사용하도록 규정되어 있다 (MOF, 2015). 그러나 구획형망의 포획 대상이 되는 이때패류의 종류와 종에 따른 개체 크기가 다양하여 본 규정은 시·도지사가 해양수산부장관의 승인을 받아 고시로 정할 수 있도록 규정되어 있다.

우리나라 동해 남부에 위치하고 있는 포항시 영일만

*Corresponding author: jhbae01@korea.kr, Tel: 82-33-660-8555, Fax: 82-33-661-8514

은 수심 10~35 m의 반폐쇄형 해역이다. 저질은 니질과 사니질로 이루어져 있으며, 외해측보다 내만 안으로 갈수록 퇴적물의 입도가 세립질의 형태를 띠는 니질의 특성을 보이고 있다 (Cha et al., 2012b). 이매패류는 대부분이 연성저질로 이루어져 있는 곳에 서식하며, 퇴적물의 유기물 함량과 입도 조성 등 환경 요인에 의해 서식 분포가 결정되며, 퇴적물 중에서는 모래질의 함량이 상대적으로 낮고 점토질의 함량이 높은 곳에 주로 분포하는 경향을 보이고 있다 (Lim et al., 1995; Lim and Park, 1998).

형망을 대상으로 한 선행 연구는 일본에서 북방대합과 개랑조개의 갈퀴에 따른 어획선택성 연구 (Nashimoto et al., 1983; Nashimoto, 1984, 1985)가 수행되었고, 한국에서는 피조개 형망의 씨레에 의한 어획선택성 연구 (Cho, 1997) 등이 있는데, 이들 연구는 이론적 방법을 사용하여 어획선택성을 추정한 것이다. 시험조업 결과로 얻어진 이매패류의 각장 (Shell length) 자료를 기초로 하여 형망의 갈퀴와 망목에 따른 어획선택성 연구로는 민들조개, 개랑조개 등이 연구되었다 (Kim and Jo, 2001; Park and Kim, 2000; Kim et al., 2005). 형망을 이용하여 어획되는 이매패류의 생태학적 연구는 진해만의 아기반투명조개 (Lim et al., 1995), 목포 연안의 종돔 (Lim and Park, 1998), 광양만의 바지락 (Shin and Shin, 1999), 강원도와 경상북도 일원의 이매패류 군집 분포 (NFRDI, 2002) 등이 있다. 포항 영일만 해역은 지형의 특성상 해류에 의한 회유성 어종과 정착성 어종 등 다양한 어종이 분포하므로 수산생물의 종조성이 다양하고 생산성이 높으며, 어업 방법에 의한 연구로 오테 트롤을 이용한 저어류 종조성 (Lee, 1999), 정치망을 이용한 어류의 종조성과 계절변동 (Han et al., 1997), 부유성 난과 자치어 종조성과 계절변동 (Han et al.,

2003), 자망을 이용한 어류의 종조성 (Hong et al., 2008)과 같은 연구가 이루어졌다.

그러나 영일만 해역에서 형망어구를 이용한 저서생물의 분포 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그리고, 해양수산부에서는 어업에서 혼획을 관리하고자 형망과 연안조망 및 새우조망 어구에서 비목표종 혼획의 허용 범위를 제한하고 혼획저감장치를 사용하도록 규정하고 있는데 그 중 형망어업의 혼획 허용 범위를 10%로 규정하였다 (MOF, 2015).

따라서, 본 연구는 구획형망어업의 혼획 저감 방안을 모색하기 위한 기초연구로 포항 영일만 해역에서 형망에 어획되는 생물의 종조성과 어획실태 그리고 혼획저감장치 (ED) 부착시 혼획율의 변화에 관한 시험 조업을 수행함으로써 형망어업 자원의 지속적 이용을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

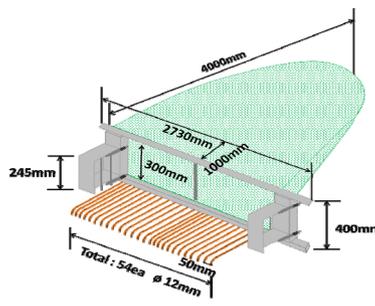
재료 및 방법

시험어구의 구성

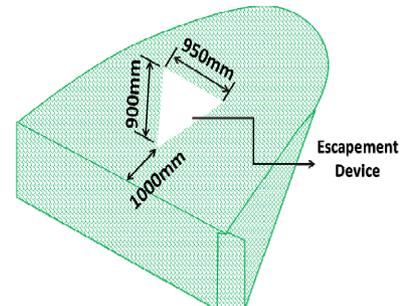
시험에 사용한 영일만 구획형망 어구 (Fig. 1)는 피조개와 아담스백합을 목표종으로 하며, 어구는 앞쪽에 철제빔이 있고 뒤쪽으로 자루그물이 부착되어 있는 모양이다. 빔은 폭이 2,730 mm, 높이가 400 mm이며, 자루그물은 망목의 내경이 평균 50.7 mm, 길이가 4,000 mm, 폭이 100코인 2매식 그물로 되어 있다. 빔의 앞쪽 하부에는 직경 12 mm, 길이 288 mm인 갈퀴가 54개 부착되어 있으며, 갈퀴의 간격은 50 mm이다. 혼획저감장치 (Escapement Device: ED)는 어구에 입망된 혼획종이 그물 밖으로 빠져나갈 수 있도록 상부 그물의 앞쪽에서 1m되는 곳의 중심에서 빗변이 900 mm, 밑변이 950 mm인 이등변삼각형 모양으로 그물을 잘라 만들었다 (Fig. 1).



(a) Research vessel (4.94 ton)



(b) Schematic diagram of dredge net



(c) Schematic diagram of Escapement device

Fig. 1. Dredge and research vessel used in the experiment.

시험조업 및 어획물 측정

구획형망의 어획 조사는 2015년 6월 11일에 상업용 형망어선 (영신호, 4.94톤)을 이용하여, 시험선의 좌현에는 기존 형망 어구를, 우현에는 혼획저감장치 (Escapement Device: ED)를 부착한 형망 어구를 사용하여 동일 해역에서 시험 조건별 종 조성 및 혼획율을 조사하였다. 어구의 예망 속도는 3~4노트로 60분 내외를 예망하여 1회의 시험으로 하고 총 4회 반복 시험한 결과를 분석하였다. 시험 조업은 영일만 해역에서 실시하였는데 조업 수심은 22~23m 였고 저질은 빨이었다.

시험조업에서 어획된 생물은 종별로 분류하고, Kim and Son (2006), MIFAFF and NFRDI (2010), Min et al. (2004), Son et al. (2008), Hong et al. (2006)등을 이용하여 동정하였다. 목표종인 패류에 대하여 각장(Shell length: SL)·각고 (Shell height: SH)·각폭(Shell width: SW)을 Digital Calipers를 사용하여 0.1 mm, 습중량 (Total weight: TW)은 전자저울을 이용하여 0.1 g 단위까지 전량 측정하였고, 주요 어획종에 대해서는 체장과 습중량 (g)을, 기타 어획물에 대해서는 각 종별로 개체수 및 습중량 (g)을 측정하였다.

데이터 분석

혼획 및 투기에 대해서는 연구자와 국가에 따라 서로 다르게 정의하고 있으며 (Matsuoka, 2008), 본 연구에서는 FAO의 정의 (Alverson et al. 1994, Kelleher 2005)에 의하여 목표 어획 (Target Catch)은 어떤 어업에서 주로 어획하려고 하는 단일 (다수) 어종, 특정 개체 크기 또는 암 (수)를 말하고, 부수 어획 (Incidental Catch)은 비목표종으로 투기되지 않고 남겨진 어획물, 혼획 (Bycatch)은 투기된 어획과 부수어획을 합한 것, 투기 (Discards)는 어획물 중 상업적, 법률적 또는 개인적인 사유로 바다에 던져지거나 버려진 동물을 말한다. 본 연구에서는 조개류를 목표 어획물로 하고 그 외의 종들은 혼획으로 하여 데이터를 분석하였다.

그리고, 조사회수별로 어구의 형태에 따른 어획량과 혼획량의 차이를 분석하기 위하여 paired t-test를 실시하였으며, 평균 간의 유의성 검정 (P<0.05)에는 SPSS program (Ver. 14.0)을 사용하였다.

결과 및 고찰

형망 어획물의 종조성 및 어획량

기존 형망 어구와 혼획저감장치 (ED)를 설치한 어구에서 어획된 생물의 종 조성을 비교한 결과 기존 형망에서는 총 17목 24과 27종 (척삭동물 9종, 연체동물 6종, 절지동물 6종, 극피동물 4종, 자포동물 1종, 성구동물 1종)으로 나타났다. 또한 혼획저감장치 설치 형망에서는 총 18목 19과 21종 (연체동물 7종, 척삭동물 5종, 극피동물 4종, 절지동물 2종, 자포동물 1종, 성구동물 1종, 환형동물 1종)으로 혼획저감장치를 설치한 어구가 기존 어구에 비해 어획종이 6종 적게 나타났다 (Table 1). 본 연구에서는 척삭동물이 10종, 연체동물 8종의 순이었던 반면 강릉 영진 해역에서 형망에 어획된 생물은 총 31종으로 이 중 연체동물이 11종으로 가장 많았으며 (An et al., 2014), 안면도 사질대의 출현 종은 총 62종으로 이중 환형동물이 26종, 절지동물이 20종으로 많이 출현하는 결과를 보였다 (Jung et al., 2013). 또한, 동해안은 서해나 남해에 비해 퇴적물의 입도조성이 크기 때문에 상대적으로 이매패류의 출현 종수가 작은 편인데, 동해 8종, 울진 9종, 경주 13종이 출현하는 것으로 알려졌으며 (NFRDI, 2010), 제주도의 7개 지역에서 이매패류는 총 4~13종 (NFRDI, 2002), 그리고 영일만에서는 총 2종의 이매패류가 출현하였다 (Cha et al., 2012a). 본 조사에서 총 32종이 출현하였으며, 이 중에서 2종의 이매패류가 조사됨에 따라 타 해역에 비해 비교적 적은 종이 관찰되었다.

Table 1. Species composition of catch by dredge in the Yeongil Bay, Pohang

Species	Existing Device		Escapement Device	
	N	%N	N	%N
Cnidaria	1	13.24	1	13.96
Sipunculida	1	1.07	1	1.72
Mollusca	6	61.51	7	52.96
Annelida	-	-	1	0.12
Arthropoda	6	2.07	2	0.53
Echinodermata	4	20.05	4	29.88
Chordata	9	2.07	5	0.83
Total species	27	100.0	21	100.0

* N: number, %N: rate according to number (%)

Table 2. Species composition and amount of catch by dredge in the Yeongil Bay, Pohang

Species Common name (scientific name)	Existing Device			Escapement Device			Total	
	N	W	W(%)	N	W	W(%)	N(%)	W(%)
Cnidaria	173	301	0.35	236	491	0.54	409(13.65)	792(0.45)
Tubercled sea anemone (<i>Hormathia andersoni</i>)	173	301	0.35	236	491	0.54	409(13.65)	792(0.45)
Sipunculida	14	127	0.15	29	255	0.28	43(1.43)	382(0.22)
Peanut worm (<i>Phascolosoma scolops</i>)	14	127	0.15	29	255	0.28	43(1.43)	382(0.22)
Mollusca	804	69,998	82.30	895	75,811	82.72	1,699(56.69)	145,809(82.52)
Ark shell (<i>Scapharca broughtonii</i>)	387	60,171	70.75	404	62,721	68.44	791(26.39)	122,892(69.55)
Admas' venus clam (<i>Callithaca adamsi</i>)	128	7,387	8.69	184	10,976	11.98	312(10.41)	18,363(10.39)
Brown-lined whelk (<i>Siphonalia spadicea fuscolineata</i>)	246	927	1.09	274	1,042	1.14	520(17.35)	1,969(1.11)
Violet-mouthed moon snail (<i>Cryptonatica janthostomoides</i>)	35	875	1.03	27	678	0.74	62(2.07)	1,553(0.88)
Long arm octopus (<i>Octopus minor</i>)	7	544	0.64	3	204	0.22	10(0.33)	748(0.42)
Neptune whelk (<i>Neptunea arthritica cimingi</i>)	–	–	–	2	167	0.18	2(0.07)	167(0.09)
Japanese dogwhelk (<i>Nucella heyseana</i>)	1	94	0.11	–	–	–	1(0.03)	94(0.05)
Morse's bobtail (<i>Euprymna morsei</i>)	–	–	–	1	23	0.03	1(0.03)	23(0.01)
Annelida	–	–	–	2	46	0.05	2(0.07)	46(0.03)
Sea mouse (<i>Aproditia japonica</i>)	–	–	–	2	46	0.05	2(0.07)	46(0.03)
Arthropoda	27	205	0.24	9	104	0.11	36(1.20)	309(0.17)
Japanese mantis shrimp (<i>Oratosquilla oratoria</i>)	6	72	0.08	5	72	0.08	11(0.37)	144(0.08)
Hairy goneplacid crab (<i>Carinoplax vestita</i>)	14	104	0.12	4	32	0.04	18(0.60)	136(0.08)
Gray shrimp (<i>Neocrangon communis</i>)	3	12	0.01	–	–	–	3(0.10)	12(0.01)
Kuro shrimp (<i>Argis lar</i>)	2	8	0.01	–	–	–	2(0.07)	8(0.005)
Gibbous rock crab (<i>Cancer gibbosulus</i>)	1	5	0.01	–	–	–	1(0.03)	5(0.003)
Granulated mask crab (<i>Paradorippe granulata</i>)	1	4	0.005	–	–	–	1(0.03)	4(0.002)
Echinodermata	262	9,098	10.70	505	13,874	15.14	767(25.59)	22,972(13.00)
Bat seastar (<i>Asterina pectinifera</i>)	221	7,735	9.09	337	10,206	11.14	558(18.62)	17,941(10.15)
Lacunal sea potato (<i>Schizaster lacunosus</i>)	13	525	0.62	102	2,522	2.75	115(3.84)	3,047(1.72)
Spiny sand seaster (<i>Luidia quinaria</i>)	25	455	0.54	65	1,139	1.24	90(3.00)	1,594(0.90)
North Pacific seastar (<i>Asterias amurensis</i>)	3	383	0.45	1	7	0.01	4(0.13)	390(0.22)
Japanese sea cucumber (<i>Stichopus japonicus</i>)	–	–	–	–	–	–	–	–
Chordata	27	5,324	6.26	14	1,068	1.17	41(1.37)	6,392(3.62)
Yellow goosefish (<i>Lophius litulon</i>)	3	1,610	1.89	–	–	–	3(0.10)	1,610(0.91)
Marbled sole (<i>Pleuronectes yokohamae</i>)	5	675	0.79	7	614	0.67	12(0.40)	1,289(0.73)
Starry flounder (<i>Platichthys stellatus</i>)	1	1,199	1.41	–	–	–	1(0.03)	1,199(0.68)
Brown sole <i>Pleuronectes herzensteini</i>	6	604	0.71	4	305	0.33	10(0.33)	909(0.51)
Blotched eelpout (<i>Zoarces gillii</i>)	3	670	0.79	–	–	–	3(0.10)	670(0.38)
Chub mackerel (<i>Scomber japonicus</i>)	1	346	0.41	–	–	–	1(0.03)	346(0.20)
Red gurnard (<i>Chelidonichthys spinosus</i>)	1	117	0.14	1	101	0.11	2(0.07)	218(0.12)
Richaedson's dragonet (<i>Repomucenus curvicornis</i>)	5	61	0.07	1	10	0.01	6(0.20)	71(0.04)
Bartail flathead (<i>Platycephalus indicus</i>)	2	42	0.05	–	–	–	2(0.07)	42(0.02)
Cubed snailfish (<i>Liparis tessellatus</i>)	–	–	–	1	39	0.04	1(0.03)	39(0.02)
Total species	1,307	85,052	100.0	1,690	91,648	100.0	2,997(100.0)	176,700(100.0)
No. of Species		27			21			32

* N: number, W: weight(g), %N: rate according to number (%), %W: rate according to weight (%)

한편, 어획된 생물량은 기존 형망에서 1,307마리 85,052g, 혼획저감장치 설치 형망에서 1,690마리 91,648g으로 혼획저감장치를 설치한 형망어구에서 어획된 생물량이 기존의 형망어구에 비해 383마리 6,596g이 더 많은 것으로 나타났다 (paired t-test, P<0.05). 그리고, 어획량에서 가장 우점했던 연체동물의 어획량 비중은 82.3-82.7%로 타 분류군에 비해 월등하게 높게 나타났으며, 연체동물 중 목표 종인 피조개와 아담스백합의 어획량은 각각 69.6%, 10.4%를 차지하였다 (Table 2). 반면 강릉 영진 해역에서 형망어구에 어획된 연체동물이 62.7-77.5% (An et al. 2014)로 본 연구에서 목표종에 대한 어획비율이 5.2%로 높게 나타나 상대적으로 어획량에서 혼획비율이 낮게 나타났다.

혼획저감장치에 따른 혼획율

포항시 영일만 해역에서 형망을 이용하여 어획한 연체동물은 평균 82.5%였으며 목표종인 피조개와 아담스백합의 어획량은 중량 기준으로 전체 어획량의 79.9%의 높은 비중을 차지하였다 (Table 3). 기타 종의 혼획율은 전체 어획량의 20.1%였으며, 이중 극피동물이 전체 어획량의 13.0%를 차지하면서 가장 높은 우점율을 나타내었다. 또한 기존 형망과 혼획저감장치 (ED)를 설치한 형망의 혼획율을 비교한 결과 기존 형망에서는 혼획율이 20.6%, 혼획저감장치 설치 어구의 혼획율은 19.6%로 두 어구 사이에 큰 차이는 없었다. 그리고, 어

류가 포함된 척삭동물 (Chordata)의 경우 중량 기준으로 기존 형망에서 어획율이 6.3%로 혼획저감장치 설치 어구의 1.2% 보다 높게 나타났다.

한편, 영일만 해역에서 형망에 어획된 종 가운데 산업적 유용종의 전체 어획량은 1,157개체 (38.6%) 148,585 g (84.1%)이고 비유용종은 1,840개체 (61.4%) 28,115 g (15.9%)으로 산업적 유용종이 비유용종에 비해 개체 수는 22.8% 적지만 중량은 68.2% 많아 유용종의 생체량이 상대적으로 높은 개체들이 어획되었음을 알 수 있다 (Table 4). 산업적 유용종의 어획량을 분석해 보면 주 어획 대상인 이매패류의 어획율은 95.1%이고 이중 피조개가 82.7%로 가장 높게 나타났다. 유용종인 어류와 낙지 등의 혼획율은 4.9%로 나타났다. 산업적 유용종 중 어류는 문치가자미, 참가자미, 황아귀 등 10종이 어획되었는데, 기존 어구에서 27마리 5,324g, 혼획저감장치 설치 어구에서 14마리 1,068g이 혼획저감장치를 설치한 형망어구에서 13마리 4,256g 낮은 혼획률을 보여 운동성을 가진 개체들에 대한 낮은 혼획 효과를 나타냈다 (paired t-test, P<0.05). 한편, 목표종인 피조개와 아담스백합의 어획량은 기존어구에서 67,558g, 혼획저감장치를 부착한 어구에서 73,697g으로 혼획저감장치를 부착한 어구에서 더 많이 어획되었다.

금번 실험에서 혼획저감장치의 효과를 규명하기 위하여 수중카메라로 촬영을 시도하였으나 영일만은 수중에 부유물이 많아 영상을 판독하기 어려운 실정이었

Table 3. Catch rate (%) of species by dredge in the Yeongil Bay, Pohang

Species	Existing Device		Escapement Device		Total	
	%N	%W	%N	%W	%N	%W
Major fish species	39.40	79.43	34.79	80.41	36.80	79.94
Admas' venus clam (<i>Callithaca adamsi</i>)	9.79	8.69	10.89	11.98	10.41	10.39
Ark shell (<i>Scapharca broughtonii</i>)	29.61	70.75	23.91	68.44	26.39	69.55
Others	60.60	20.57	65.21	19.59	63.20	20.06
Cnidaria	13.24	0.35	13.96	0.54	13.65	0.45
Sipunculida	1.07	0.15	1.72	0.28	1.43	0.22
Mollusca	22.11	2.87	18.17	2.31	19.89	2.58
Annelida	-	-	0.12	0.05	0.07	0.03
Arthropoda	2.07	0.24	0.53	0.11	1.20	0.17
Echinodermata	20.05	10.70	29.88	15.14	25.59	13.00
Chordata	2.07	6.26	0.83	1.17	1.37	3.62
Total species	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

* %N: rate according to number (%), %W: rate according to weight (%)

Table 4. Catch of industrial useful species by dredge in the Yeongil Bay, Pohang

Species Common name(scientific name)	Existing Device		Escapement Device		Total	
	N	W	N	W	N(%)	W(%)
Industrial species	549	73,426	608	75,159	1,157(38.61)	148,585(84.09)
Ark shell(<i>Scapharca broughtonii</i>)	387	60,171	404	62,721	791(26.39)	122,892(69.55)
Admas' venus clam(<i>Callithaca adamsi</i>)	128	7,387	184	10,976	312(10.41)	18,363(10.39)
Yellow goosfish(<i>Lophius litulon</i>)	3	1,610	–	–	3(0.10)	1,610(0.91)
Marbled sole(<i>Pleuronectes yokohamae</i>)	5	675	7	614	12(0.40)	1,289(0.73)
Starry flounder(<i>Platichthys stellatus</i>)	1	1,199	–	–	1(0.03)	1,199(0.68)
Brown sole(<i>Pleuronectes herzensteini</i>)	6	604	4	305	10(0.33)	909(0.51)
Long arm octopus(<i>Octopus minor</i>)	7	544	3	204	10(0.33)	748(0.42)
Blotched eelpout(<i>Zoarces gillii</i>)	3	670	–	–	3(0.10)	670(0.38)
Chub mackerel(<i>Scomber japonicus</i>)	1	346	–	–	1(0.03)	346(0.20)
Red gurnard(<i>Chelidonichthys spinosus</i>)	1	117	1	101	2(0.07)	218(0.12)
Neptune whelk(<i>Neptunea arthritica cimingi</i>)	–	–	2	167	2(0.07)	167(0.09)
Richaedson's dragonet(<i>Repomucenus curvicornis</i>)	5	61	1	10	6(0.20)	71(0.04)
Bartail flathead(<i>Platycephalus indicus</i>)	2	42	–	–	2(0.07)	42(0.02)
Cubed snailfish(<i>Liparis tessellatus</i>)	–	–	1	39	1(0.03)	39(0.02)
Morse's bobtail(<i>Euprymna morsei</i>)	–	–	1	23	1(0.03)	23(0.01)
Non-industrial species	758	11,626	1,082	16,489	1,840(61.39)	28,115(15.91)
Bat seastar(<i>Asterina pectinifera</i>)	221	7,735	337	10,206	558(18.62)	17,941(10.15)
Lacunal sea potato(<i>Schizaster lacunosus</i>)	13	525	102	2,522	115(3.84)	3,047(1.72)
Brown-lined whelk(<i>Siphonalia spadicea fuscolineata</i>)	246	927	274	1,042	520(17.35)	1,969(1.11)
Spiny sand seaster(<i>Luidia quinaria</i>)	25	455	65	1,139	90(3.00)	1,594(0.90)
Violet-mouthed moon snail(<i>Cryptonatica janthostomoides</i>)	35	875	27	678	62(2.07)	1,553(0.88)
Tubercled sea anemone(<i>Hormathia andersoni</i>)	173	301	236	491	409(13.65)	792(0.45)
North Pacific seastar(<i>Asterias amurensis</i>)	3	383	1	7	4(0.13)	390(0.22)
Peanut worm(<i>Phascolosoma scolops</i>)	14	127	29	255	43(1.43)	382(0.22)
Japanese mantis shrimp(<i>Oratosquilla oratoria</i>)	6	72	5	72	11(0.37)	144(0.08)
Hairy goneplacid crab(<i>Carinoplax vestita</i>)	14	104	4	32	18(0.60)	136(0.08)
Japanese dogwhelk(<i>Nucella heyseana</i>)	1	94	–	–	1(0.03)	94(0.05)
Sea mouse(<i>Aprodita japonica</i>)	–	–	2	46	2(0.07)	46(0.03)
Gray shrimp(<i>Neocrangon communis</i>)	3	12	–	–	3(0.10)	12(0.01)
Kuro shrimp(<i>Argis lar</i>)	2	8	–	–	2(0.07)	8(0.005)
Gibbous rock crab(<i>Cancer gibbosulus</i>)	1	5	–	–	1(0.03)	5(0.003)
Granulated mask crab(<i>Paradorippe granulata</i>)	1	4	–	–	1(0.03)	4(0.002)
Total species	1,307	85,052	1,690	91,648	2,997(100.0)	176,700(100.0)

* N: number, W: weight(g), %N: rate according to number (%), %W: rate according to weight (%)

Table 5. Catch of bivalves in the Yeongil Bay, Pohang

Species	Existing Device			Escapement Device			Total	
	N	W	%W	N	W	%W	%N	%W
Bivalve	515	67,558	92.01	588	73,697	98.06	1,103(95.33)	141,255(95.07)
Ark shell(<i>Scapharca broughtonii</i>)	387	60,171	81.95	404	62,721	83.45	791(68.37)	122,892(82.71)
Admas' venus clam(<i>Callithaca adamsi</i>)	128	7,387	10.06	184	10,976	14.60	312(26.97)	18,363(12.36)
Bycatches	34	5868	7.99	20	1461.4	1.94	54(4.67)	7,330(4.93)
Yellow goosfish(<i>Lophius litulon</i>)	3	1,610	2.19	-	-	-	3(0.26)	1,610(1.08)
Marbled sole(<i>Pleuronectes yokohamae</i>)	5	675	0.92	7	614	0.82	12(1.04)	1,289(0.87)
Starry flounder(<i>Platichthys stellatus</i>)	1	1,199	1.63	-	-	-	1(0.09)	1,199(0.81)
Brown sole(<i>Pleuronectes herzensteini</i>)	6	604	0.82	4	305	0.41	10(0.86)	909(0.61)
Long arm octopus(<i>Octopus minor</i>)	7	544	0.74	3	204	0.27	10(0.86)	748(0.50)
Blotched eelpout(<i>Zoarces gillii</i>)	3	670	0.91	-	-	-	3(0.26)	670(0.45)
Chub mackerel(<i>Scomber japonicus</i>)	1	346	0.47	-	-	-	1(0.09)	346(0.23)
Red gurnard(<i>Chelidonichthys spinosus</i>)	1	117	0.16	1	101	0.13	2(0.17)	218(0.15)
Neptune whelk(<i>Neptunea arthritica cimingi</i>)	-	-	-	2	167	0.22	2(0.17)	167(0.11)
Richaedson's dragonet(<i>Repomucenus curvicornis</i>)	5	61	0.08	1	10	0.01	6(0.52)	71(0.05)
Bartail flathead(<i>Platycephalus indicus</i>)	2	42	0.06	-	-	-	2(0.17)	42(0.03)
Cubed snailfish(<i>Liparis tessellatus</i>)	-	-	-	1	39	0.05	1(0.09)	39(0.03)
Morse's bobtail(<i>Euprymna morsei</i>)	-	-	-	1	23	0.03	1(0.09)	23(0.02)
	549	73,426	100	608	75,159	100	1,157(100.0)	148,585(100.0)

* N: number, W: weight(g), %N: rate according to number (%), %W: rate according to weight (%)

으며, 다만, 형망의 자루그물에 혼획저감장치가 있으면 자루그물로 들어온 유체의 소통이 잘 되므로 빨과 조개류의 입망이 원활해지고 어류는 혼획저감장치를 통하여 도피할 수 있기 때문에 혼획저감장치를 부착한 형망에서 어획된 어류의 양은 적고 목표종인 이매패류의 어획량은 많게 나타난 것으로 사료된다.

한편, Gaspar et al. (2003)은 대서양 동죽 (*Spisula solida*) 형망의 갈퀴 간격과 망목 크기에 따른 동죽의 크기 선택성에서 갈퀴 간격은 동죽의 선택성에 영향을 미치지 않고 망목 크기가 영향을 미친다고 보고하였으며, 그러나 형망에서 혼획저감장치의 효과에 대한 연구 결과는 보고된 것이 거의 없는 실정이다. Cha et al. (2012a)은 새우조망에서 혼획저감장치 (BRD)를 사용하여 혼획을 17-68% 줄일 수 있다고 하였고, Boutson et al. (2009)은 태국의 꽃게통발에 탈출구를 부착하여 미성숙어의 혼획을 70.5%이던 것을 11.0%까지 줄일 수 있다고 보고하였다. Horie et al. (2001)은 가자미 저인망에서 대게 분리 기구를 사용하여 대게의 혼획을 90%까지 감소시켰다고 하였으며, Purbayanto (2013)는 새우트롤에서 JTED (Juvenile and trash excluder device) 사용으로 미성숙어의 혼획이 33% 감소하였다고 하였

는데, 본 연구에서도 혼획저감장치가 비목표종의 혼획을 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있었으며 앞으로 혼획저감장치의 형태와 적정 규모에 대해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

형망어구에 어획된 목표종의 어획특성과 일반성장 분석

포항시 영일만해역에서 기존 형망 어구와 혼획저감장치 (ED)를 설치한 어구를 사용하여 목표종인 피조개와 아담스백합을 채집한 결과 기존 형망에서 피조개는 평균 각장 82.36 mm, 각고 65.51 mm, 각폭 53.16 mm, 습중량 152.4 g을 보였고, 혼획저감장치 (ED)를 설치한 형망에서는 평균 각장 82.53 mm, 각고 65.15 mm, 각폭 53.43 mm, 습중량 154.0 g로 나타나 어구에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다 (t-test, P>0.05). 또한 아담스백합은 기존 형망에서 평균 각장 58.98 mm, 각고 52.55 mm, 각폭 30.36 mm, 습중량 58.22 g을 보였고, 혼획저감장치 (ED)를 설치한 형망에서는 평균 각장 58.75 mm, 각고 52.95 mm, 각폭 30.31 mm, 습중량 57.41 g로 나타나 어구에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다 (t-test, P>0.05). 어구에서 어획된 주요 목표종인 피조개와 아담스백합의 크기에 대한 유의한 차이를 보이지 않는

것으로 보아 어구의 어획능력의 차이는 없는 것으로 판단되어 어획된 모든 개체를 대상으로 피조개와 아담스백합의 일반 성장을 분석하였으며 결과는 다음과 같다.

1) 피조개의 일반 성장

피조개의 평균 각장은 82.45 mm로 나타났으며, 최대 각장 119.09 mm, 최소 각장 52.64 mm로 나타났다. 개체 분포는 각장 범위 84.0~84.9 mm에서 41개체, 85.0~85.9 mm에서 39개체로 가장 높은 분포 범위를 보였다 (Fig. 2). 각장 (SL)과 각고 (SH)의 관계식은 $SH = 0.6269SL + 13.643$ ($R^2 = 0.7627$)로 나타났으며, 각장 (SL)과 각폭 (SW)의 관계식은 $SW = 0.6069SL + 3.258$ ($R^2 = 0.7778$), 각고 (SH)와 각폭 (SW)의 관계식은 $SW = 0.8265SH - 0.6938$ ($R^2 = 0.743$)으로 나타나 각장 (SL)이 커짐에 따라 각고 (SH)와 각폭 (SW)이 성장하는 것으로 나타났다. 각장 (SL)과 습중량 (TW)의 관계식은 $TW = 0.0023SL^{2.5118}$ ($R^2 = 0.8799$)로 나타나 각장 (SL)이 커짐에 따라 습중량 (TW) 또한 증가하는 것으로 나타났다 (Fig. 3~6).

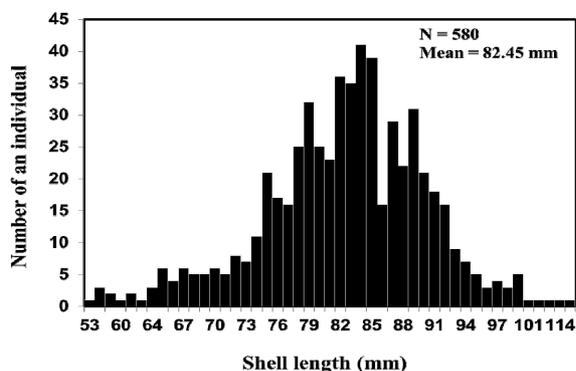


Fig. 2. Length frequency distribution of the Red shell

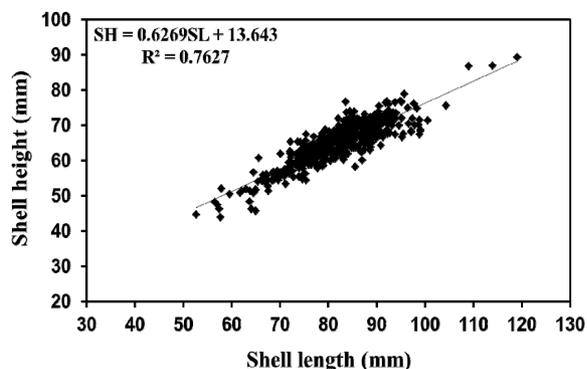


Fig. 3. Correlation between SL and SH of the Red shell

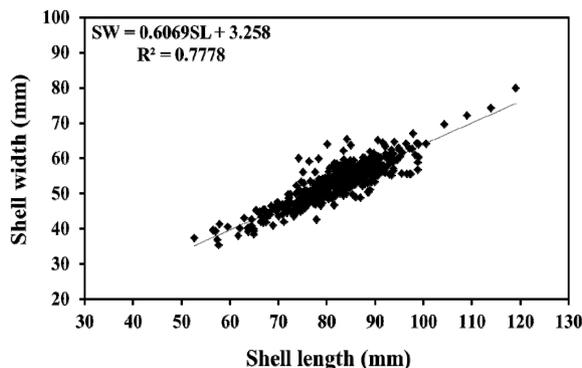


Fig. 4. Correlation between SL and SW of the Red shell

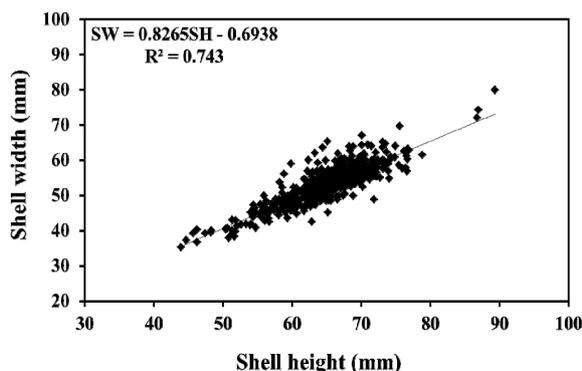


Fig. 5. Correlation between SH and SW of the Red shell

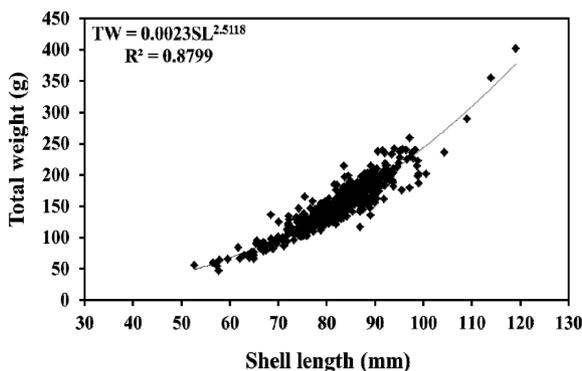


Fig. 6. Correlation between SL and TW of the Red shell

2) 아담스백합의 일반 성장

아담스백합의 평균 각장 58.85 mm로 최대 각장 87.86 mm, 최소 각장 45.53 mm으로 관찰되었으며, 개체 분포는 각장범위 56.0~56.9 mm에서 36개체, 58.0~58.9 mm에서 35개체, 59.0~59.9 mm에서 33개체에서 가장 높은 분포 범위를 보였다 (Fig. 7). 각장 (SL)과 각고 (SH)의 관계식은 $SH = 0.8835SL + 0.7874$ ($R^2 = 0.8189$)로

나타났으며, 각장 (SL)과 각폭 (SW)의 관계식은 $SW=0.2681SL+14.556$ ($R^2=0.7003$), 각고 (SH)와 각폭 (SW)의 관계식은 $SW=0.2626SH+16.471$ ($R^2=0.6406$)으로 나타나 각장 (SL)이 커짐에 따라 각고(SH)와 각폭 (SW)이 성장하는 것으로 나타났다. 각장(SL)과 습중량 (TW)의 관계식은 $TW=0.0148SL^{2.0269}$ ($R^2=0.6964$)로 나타나 각장 (SL)이 커짐에 따라 습중량 (TW) 또한 증가하는 것으로 나타났다 (Fig. 8~11).

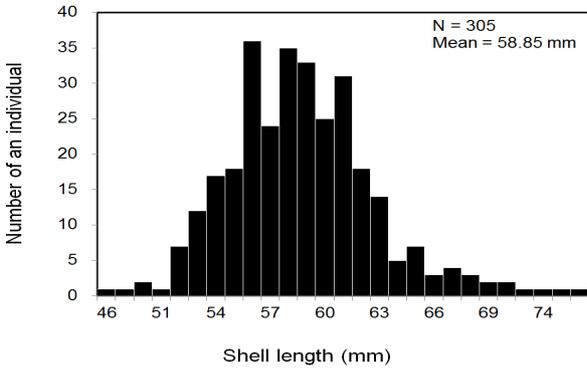


Fig. 7. Length frequency distribution of the Admas venus clam

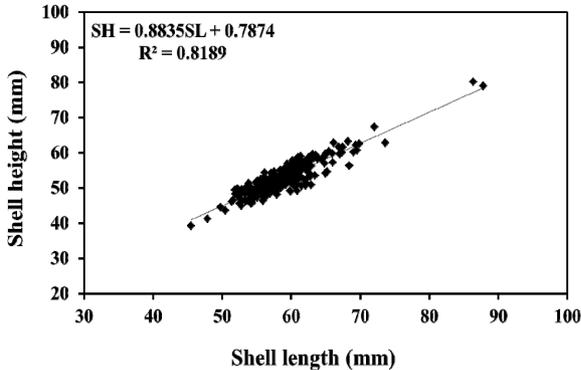


Fig. 8. Correlation between SL and SH of the Admas venus clam

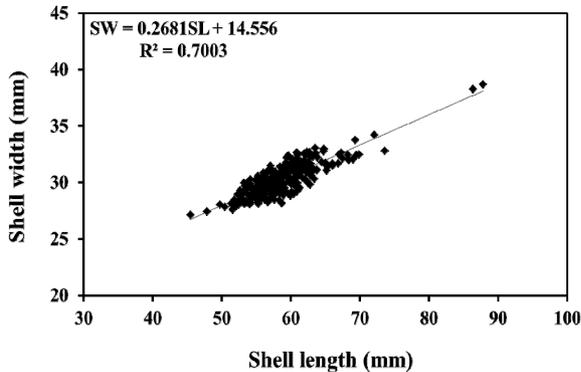


Fig. 9. Correlation between SL and SW of the Admas venus clam

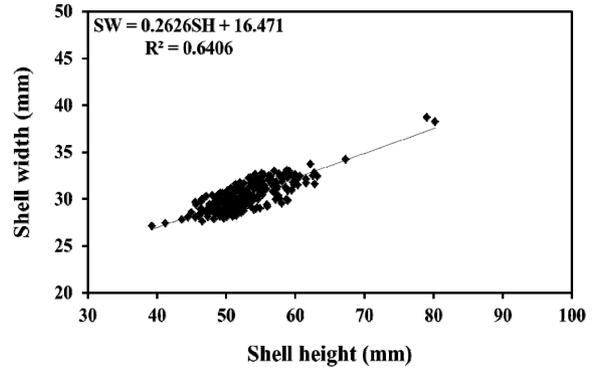


Fig. 10. Correlation between SH and SW of the Admas venus clam

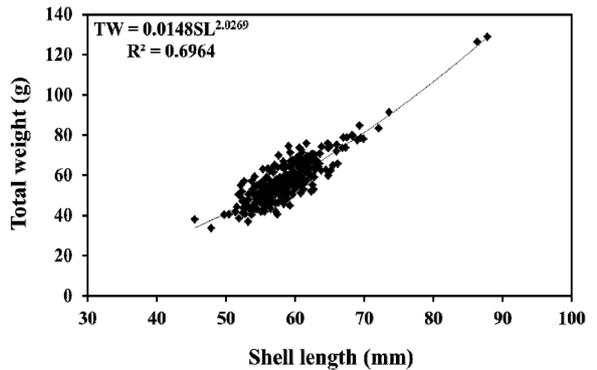


Fig. 11. Correlation between SL and TW of the Admas venus clam

결론

어업에서 발생하는 혼획과 투기를 줄이는 것은 어업 자원의 지속적 이용 측면에서 매우 중요하다. 본 연구에서는 우리나라 연안 수역에서 조업하는 이동성구획 형망어업의 혼획 실태를 조사하고 비목표종의 혼획을 줄이기 위하여 2015년 6월에 경상북도 포항시 영일만 해역에서 기존 형망과 혼획저감장치(ED)를 부착한 형망 어구를 사용하여 어획된 생물의 종 구성과 혼획을 등을 조사, 분석하였다.

포항시 영일만 해역에서 형망에 어획된 종은 총 19목 27과 32종으로 척삭동물 10종, 연체동물 8종, 절지동물 6종, 극피동물 5종, 성구동물 1종, 자포동물 1종, 환형동물 1종으로 나타났다.

형망 어구에 어획된 주요 종은 피조개, 아담스백합으로 전체 어획량의 79.9%로 나타났으며 이중 피조개가 69.6%를 차지하였고 다음으로 아담스백합이 10.4%였다. 기타 종의 혼획은 20.1%로 관찰되었으며, 극피동물이 13.0%로 불가사리류가 많았으며, 다음으로 척삭동

물이 3.62% 관찰되었다. 한편, 산업적 유용종의 어획량은 1,157개체 (38.6%), 148,585 g (84.1%)으로 피조개 (69.6%), 아담스백합 (10.4%)의 어획량이 많았다. 그 외 산업적 이용도가 높은 어류 (가자미류, 황아귀, 양태류 등)와 낙지의 어획율은 4.2%였다. 반면, 비 산업종은 1,840개체 (61.39%), 28,115 g (15.9%)을 차지하였으며, 갈색고리돼지고둥, 고둥끈말미잘, 별불가사리 등과 같은 일부 종의 어획량이 1,486개체 (49.6%), 20,702 g (11.7%)를 차지하였다.

기존 형망과 혼획저감장치 (ED)를 설치한 어구의 어획 비교 시험에서는 기존 형망에서 27종 1,307개체, 85,052 g이 어획되었고, 혼획저감장치 (ED)를 부착한 어구에는 21종 1,690개체, 91,648 g이 어획되어, 혼획저감장치 (ED)를 설치한 형망에서 어획된 종의 수는 적었으나 어획량은 많은 것으로 나타났다. 목표종인 이패매류의 어획량을 보면, 피조개는 기존 형망 어구에는 387개체, 60,170 g이 어획되었으며, 혼획저감장치 (ED) 설치 어구에서는 404개체, 62,721 g으로 나타났으며, 다음으로 아담스백합은 기존 형망어구는 128개체, 7,387 g, 혼획저감장치 (ED) 설치 어구는 184개체, 10,976 g으로 나타나 혼획저감장치 (ED) 설치 어구의 목표종 어획량이 더 많은 것으로 관찰되었다. 따라서 혼획저감장치를 설치한 형망이 비 목표종의 혼획을 줄이는데 효과가 있음을 알 수 있었으며, 앞으로 혼획저감장치의 형태와 적적 규모에 대해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 수산과학연구사업 (R2015046)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Alverson DL, Freeberg MH, Murawski SA and Pope JG. 1994. A global assessment of fisheries by-catch and discards. FAO technical Paper 339, 5-41.
- An HC, Bae JH, Park JM, Park CD and Hong SE. 2014. 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. J Kor Soc Fish Tech 50(4), 530-541. (doi: 10.3796/ksft.2014.50.4.530)
- Boutson A, Mahasawasde C, Mahasawasde S, Tunkijjanukij S and Arimoto T. 2009. Use of escape vents to improve size and species selectivity of collapsible pot for blue swimming crab *Portunus pelagicus* in Thailand. Fish Sci 75, 25-33. (doi: 10.1007/s12562-008-0010-z)
- Cha BJ, Cho Sk, Ahn HC, Kim IO and Rose C. 2012a. Development of a bycatch reduction device (BRD) for shrimp beam trawl using flexible materials. Iranian J Fish Sci 11, 89-104.
- Cha BY, Lee CS, Moon TS and Park MS. 2012b. A Study on bivalves in Yeongil Bay of Gyeongsangbuk-DO Province, Korea. Korean J Malacol 28(2), 101-108. (doi: 10.9710/kjm.2012.28.2.101)
- Cho BK. 1997. On the tooth selectivity of ark shell dredge. Bull Korean Soc Fish Tech 33, 1-8.
- Gaspar MB, Leitão F, Santos MN, Sobral M, Chicharo L, Chicharo 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.
- Han KH, Choi SH, Kim BK, Park JH and Jeong DS. 1997. Seasonal variation of species composition of fishes collected by set net in Yeongil Bay, Eastern coast of Korea. Rep Nat Fish Res & Dep Inst 53, 13-54.
- Han KH, Hong JS, Kim YS, Jeon KA, Kim YS, Hong BK and Hwang DS. 2003. Species composition and seasonal variations of ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil Bay, Korea. Korean J Ichthyol 15(2) 87-94.
- Horie M, Yasuda M and Hashimoto H. 2001. Development of seine net for separating snow crab from flatfish. Nippon Suisan Gakkaishi 67, 444-448.
- Hong BK, Kim JK, Park KD, Jeon KA, Chun YY, Hwang KS, Kim YS and Park KY. 2008. Species composition of fish collected in gill nets from Yeongil Bay, East of Korea. J Kor Fish Soc 41(5) 353-362. (doi: 10.5657/kfas.2008.41.5.353)
- 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, p 479.
- 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)
- Kim IO and Jo TH. 2001. The selectivity of venus clam Dredge. Bull Nat'l Fish Res Dev 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 melanaeigis*. Fish sci 71, 173-220. (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, pp 1-89.
- Kelleher K. 2005. Discards in the world's marine fisheries An update. FAO Fisheries technical paper, p 470.
- Lee TW. 1999. Seasonal variation in species composition of demersal fish in Yongil Bay, East coast of Korea. J Korean Fish Soc 32(4), 512-519.
- Lim HS and Park KY. 1998. Population ecology of the mud mussel *Musculista senhousia* (Bivalvia: Mytilidae) on the mud tidal flat in Mokpo coastal area, southwest coast of Korea 1. Distribution and growth. Korean J Malacol 14(2), 121-130.
- Lim HS, Hong JS and Je JG. 1995. Abundance and distribution pattern of the Smelid Bivalve, *Theora fragilis* A. Adams in Chinhae Bay, Korea. Korean J Malacol 11(1), 21-34.
- Matsuoka T. 2008. A review of bycatch and discard issue toward solution. Fisheries for Global Welfare and Environment 5th world Fisheries congress, pp 169-180.
- MIFAFF and NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2010. Guidebook of marine life ecology at the marine afforestation area. Hangeul graphics, Busan, Korea, p 922.
- Min DK, Lee JS, Koj DB and JE JG. 2004. Mollusks in Korea (revised supplementary edition). Hangeul graphics, Busan, Korea, p 566.
- MOF. 2015. Enforcement decree of the fisheries act. Ministry of oceaances and fisheries. Provision 27-2. <http://www.mof.go.kr/bridge/frameView.do?menuKey=398>
- Nashimoto K. 1984. The selectivity of the Sunray Surf Clam Dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 50(7), 1145-1155.
- Nashimoto K. 1985. The selectivity of the Japanese Surf Clam Dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 51(3), 419-423. (doi: 10.2331/suisan.51.419)
- Nashimoto K, Miyazawa H and Hiraishi T. 1983. The Tooth Selectivity of Japanese Surf Clam Dredge. Bull Japanese Soc Sci Fish 49(3), 379-385.
- NFRDI. 2008. Fishing gear of Korea. Hangeul graphics, Busan, Korea, pp 270-298.
- NFRDI (National fisheries Research & Development Institute). 2002. A Study of Fisheries Resources by bivalves in the Coastal waters of Jeju Island. p 1-18.
- NFRDI (National fisheries Research & Development Institute). 2010. Habitats characteristics and biological research on fisheries resources enhancement in coastal area of Korea. p 222.
- Park HH and Kim SH. 2000. Tooth selectivity on venus clam(*Gomphina melanaegis*) dredge. Bull Korean Soc Fish Tech 36(4), 267-273.
- Purbayanto A. 2013. Research on by-catch of shrimp trawl fishery in Arafura Sea: volume, reduction devices, and utilization of discarded by-catch. Indonesia, ICES-FAO WGFTFB meeting 2013, Bangkok, Thailand.
- Shin HC and Shin SH. 1999. Population biology of short-necked clam(*Ruditapes philippinarum*:Bivalvia) in Kwangyang bay, the southern coast of Korea. II. Population dynamic and secondary production. Korean J Malacol 19(1), 31-39.
- Son MH, Seo IS, Kim MH and Kim DI. 2008. Korean seastars (Asteroidea and Ophiuroidea). Bokukbook, Busan, Korea, p 105.

2015. 08. 07 Received

2015. 11. 20 Revised

2015. 11. 26 Accepted