

동해 중부해역 저서무척추동물의 분포특성 및 군집구조

윤병선 · 최영민¹ · 손명호² · 김종빈 · 양재형 · 박정호^{3*}

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹고래연구센터, ²제주수산연구소, ³연근해자원과

Characteristics of distribution and community structure of macrobenthic Invertebrates caught in the coastal waters of middle East Sea, Korea

Byoung-Sun YOON, Young-Min CHOI¹, Myong-Ho SOHN², Jong-Bin KIM, Jae-Hyeong YANG and Jeong-Ho PARK^{3*}

East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

¹Cetacean Fisheries Institute, National Institute of Fisheries Science, Ulsan 44780, Korea

²Jeju Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Jeju 63610, Korea

³Fisheries Resources Management Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

This present study investigated characteristics of distribution and community structure of macrobenthic invertebrates through the survey of commercial Danish seine fisheries from 2011 to 2013. In this study, a total of 28 species were sampled with a mean density of 32,568 ind./km² and mean biomass of 1,649.5 kg/km². The dominant species, comprising over 1.0% of the total number of individuals, were *Chionoecetes opilio* (11,203 ind./km², 34.4%), *Pandalus eous* (9,247 ind./km², 28.4%), Ophiuridae spp. (5,750 ind./km², 17.7%), *Argis lar* (2,631 ind./km², 8.1%), *Neocrangon communis* (994 ind./km², 3.1%), *Beryteuthis magister* (612 ind./km², 1.9%), *Sepiolo birostrata* (499 ind./km², 1.5%) and Strongylocentrotidae sp. (424 ind./km², 1.3%). The dominant species, in terms of biomass, comprising over 1.0% of the total biomass, were *C. opilio* (1,167.2 kg/km², 70.8%), *B. magister* (130.3 kg/km², 7.9%), *P. eous* (102.4 kg/km², 6.2%), Ophiuridae spp. (84.6 kg/km², 5.1%), *Enteroctopus dofleini* (45.5 kg/km², 2.8%), *A. lar* (35.7 kg/km², 2.2%), Strongylocentrotidae sp. (25.0 kg/km², 1.5%) and *S. birostrata* (22.1 kg/km², 1.3%). Among them, *S. birostrata*, *E. dofleini*, Strongylocentrotidae sp. and Ophiuridae spp. were higher abundance and biomass in the shallow water (<200 meters in depth), whereas *C. opilio*, *P. eous*, *A. lar*, *N. communis* and *B. magister* were higher in the deep water (301 ~ 500 meters in depth).

As the results of cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) analysis based on the Bray-Curtis similarity of fourth root transformed data for number of species and individuals, the macrobenthic invertebrates community by Danish seine survey was divided into two groups of station in the shallow water (<200 meters in depth, Group A) and the deep water (201 ~ 500 meters in depth, Group B). The major individual-dominant species was *S. birostrata*, Ophiuridae spp. and immature *C. opilio* in group A. But Group B was *P. eous*, *A. lar*, *B. magister* and mature *C. opilio*.

Keywords : Danish seine fishery, Macrobenthic invertebrates, Community structure

*Corresponding author: marinebio@korea.kr, Tel: +82-51-720-2281, Fax: +82-51-720-2277

서론

동해 중부해역은 대륙붕의 폭이 좁아지고 급경사 대륙사면이 형성되어 심해저로 연결되며 (Lee and Kim, 2007), 북한한류 (Yoon and Kim, 2009)와 동한난류가 약 37°N 부근에서 아극전선이 형성되어 기초생산력이 높고 다양한 먹이생물이 번식하면서 동해 수산자원의 중요한 어장과 성육장의 역할을 한다 (Choi et al., 2008; Gong et al., 2010). 아극전선 형성해역은 한류성, 난류성 및 온대성 어종들과 생활사에 따라 연안 정착성, 심해성 및 회유성 어종들이 함께 출현하고 있어, 생물다양성의 측면에서도 매우 중요한 곳이다 (Gong and Son, 1982; Kim and Nam, 2003).

동해에는 452종 (Lee, 2004)의 어류가 서식하며 최고 27만톤의 어획량을 기록하기도 하였으나 과도한 남획, 해양오염, 해양환경의 변화 (Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993; Kim et al., 2007)로 인한 갯녹음 현상 등으로 연안생산력이 지속적으로 감소하고 있다 (Yoo et al., 2004, 2007; Kim et al., 2007). 연안생산력의 감소는 물질순환의 기초가 되는 생산자와 물질순환의 경로에 있는 소비자동물과 분해자에 이르기까지 먹이망 전반에 영향을 미친다 (Yun et al., 2006; Boldina and Beninger, 2016; Brooker et al., 2016). 생태계 전반의 환경수용능력을 결정하는 일차생산력과 더불어 생태계 먹이망에서 중요한 역할을 하는 저서동물은 기질의 표면이나 기질 내부에 서식하며 부유물식자, 퇴적물식자, 포식자, 사해식자 등 다양한 섭식유형을 가지고 있다 (Yoo et al., 2007; Peng et al., 2013; Vedenin et al., 2016). 저서동물은 기질에 침적된 영양물질을 재순환시키고 (Rhoads, 1974; Henriken et al., 1980), 어류나 조류 및 포유류 등 상위 영양단계의 동물에게 중요한 먹이원이 되며 경제적으로 가치가 높은 종들이 많아 그 중요성이 매우 크다 (Lee et al., 2004; Yun et al., 2006; Kang et al., 2007; Dolbeth et al., 2011).

본 연구에 사용된 어선인 동해구외끝이중형저인망은 트롤과 유사하지만 전개판이 없고 어선 한 척이 양측에

날개그물이 달린 자루그물을 투망하여 저층생물을 그물 속에 몰아넣는 어법으로 (NFRDI, 2010a, b), 가자미류, 도루묵, 대구 등의 어류와 고동류, 갈고리흰오징어, 대게류, 새우류에 이르는 무척추동물까지 다양한 저서동물이 혼획된다 (Park et al., 2007; Park et al., 2013a). 동해구외끝이중형저인망에 관련된 연구는 어구의 전개 성능 (Shin et al., 1988)과 투양망 조업 모니터링 (Lee and Byun, 2007) 등 어구학과 관련된 연구와 저서생물 (Park et al., 2007) 및 어류 (Sohn et al., 2015)의 종조성에 대한 연구가 수행되었지만 어구에 어획되는 대형무척추동물에 대한 연구는 미비한 실정이다. 특히 대형저서동물에 대한 동해 중부연안의 다양한 지역과 수심에서의 연구와 이들의 서식밀도에 대한 정량적인 연구가 미비하여 저서생태계의 물질순환 및 저서어류의 먹이사슬을 밝히는데 많은 어려움이 있다.

본 연구는 강원 고성에서 삼척까지 동해 중부해역에서 동해구외끝이중형저인망으로 채집된 저서무척추동물의 종조성, 우점종의 변화에 따른 군집구조를 파악하고, 이들의 공간적 분포특성을 규명하여 효율적인 자원관리방안 수립을 위한 과학적 근거자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

본 연구는 동해구외끝이중형저인망 어선 (49~76톤)으로 2011년부터 2013년까지 조사시기별로 3개의 정점에서 조사를 수행하였는데, 2011년에는 4회, 2012~2013년에는 각각 3회씩 총 30개의 정점에서 조사를 실시하였다 (Table 1). 조사해역은 강원 고성에서 삼척 연안까지로 수심은 60~520 m로서 평균 수심은 220 m였으며, 시기별로 어장이 형성되는 곳의 다양한 수심에서 조사를 실시하였다 (Fig. 1).

본 연구에 사용된 어구는 어선이 실제 사용하고 있는 어구를 사용하였으며 날개그물, 자루그물과 어포부로 구성되어 길이는 뜰줄 115~130 m, 발줄 120~150 m, 날개그물을 펼친 길이는 77~85 m였고, 자루그물의 길이는 35 m, 그물코는 35 mm였다. 동해구기선저인망 어업은

투망시 부표를 띄우고 후릿줄과 끝줄을 마름모꼴로 투하한 다음 부표를 건지고 끝줄을 어선이 끌면 후릿줄이 오르라들면서 어군을 그물속으로 몰아 넣는 조업방식이다. 동해구외끝이중형저인망은 일반적으로 1일 4~5회 양망을 하지만, 본 연구에는 수심과 위치를 달리하여 3회를 실시하였다. 조사는 평균 1~2노트의 속도로 60분을 기준으로 예망하였으며, 날개그물을 펼친 면적에 그물을 끈 거리를 곱한 소해면적은 0.097~0.235 km² (평균 0.161 km²)의 범위였다 (Table 1).

어업의 특성상 1회 양망시 많을 때는 갑각류와 연체동물물을 포함하여 1~2톤까지 어획되기 때문에 어획물 중량을 바로 측정하기 불가능하여, 본 조사에서는 어획물을 동일한 박스에 넣어 평균 무게를 측정한 후 박스의 개수를 측정하여 전체 중량으로 환산하였다. 또한 어획물 중 일부분 (약 60 kg)을 정량 채집하여 측정하여 전체 어획량으로 환산하였으며, 개체수가 적은 종은 전수 채집하였다. 채집된 무척추동물은 실험실로 운반하여 절지동물은 Kim (1973, 1977)과 NFRDI (2001), 극피동물은 Shin and Rho (1996), 그리고 연체동물은 Min et al. (2004)을 참고하여 동정 및 분류하였고, 생체량 (습중량)은 전자저울을 사용하여 0.1 g까지 측정하였다.

무척추동물의 개체수와 생체량을 정량화 하기 위해 소해면적법을 이용하여 단위면적당 (km²)으로 환산하였다. 소해면적법은 어획효율 (q)을 0.5 (Prado, 1990)로 설정하여 [면적당 개체수 혹은 생체량 = N (or B) / SA(q)]으로 추정하였다. 여기서 N은 개체, B는 생체량, SA (swept area)는 소해면적, q는 어획효율을 각각 나타낸다.

동해구외끝이중형저인망에 어획된 무척추동물군집의 생태학적 특성을 분석하기 위해 종수와 개체수 자료를 이용하여 종다양도 (H', Shannon and Weaver, 1964), 종풍부도 (R, Margalef, 1963)와 종우점도도지수 (D', Simpson, 1949)를 구하였다.

조사시기와 정점별 어류군집의 유사도분석 (similarity analysis)은 출현 종수와 정량화된 면적당 개체수를 이용

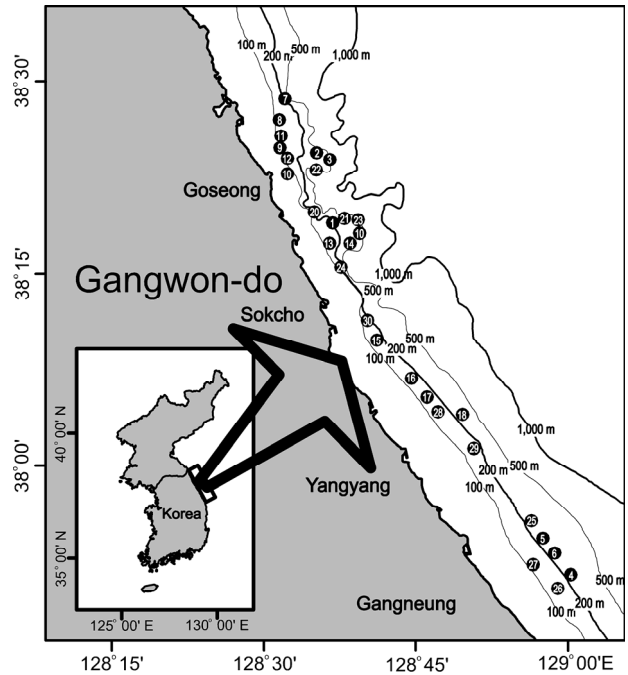


Fig. 1. Map showing the stations of Danish seine survey in the East Sea, 2011~2013.

하여 분석하였으며, 유사도는 백분율 (%)로 나타내었다. 유사도분석시 자료간 편중을 피하기 위해 네제곱근변환 (fourth root transformation)을 수행하였고, Bray-Curtis 지수 (Bray and Curtis, 1957)를 사용하여 정점간 유사도를 분석하였다. 정점별로 분석된 유사도를 바탕으로 수지도 (dendrogram)를 작성하고 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하였으며, 군집간의 연결 방식에는 완전결합법 (complete linkage)을 사용하였다. 또한 각각의 정점별로 분리된 그룹들의 공간적 분포 특성과 유사성의 차이는 다원척도분석 (MDS, multi-dimensional scaling)을 실시하여 2차원 공간에서 분석하였고, 각각의 그룹 사이의 유사도 차이를 유발하는 종을 분석하고 유사도의 차이에 대한 종들의 기여도를 분석하기 위하여 SIMPER분석을 실시하였으며, 이들의 분석에는 PRIMER (ver. 6.0)를 사용하였다 (Clarke and Warwick, 2001).

집괴분석 결과 분리된 그룹과 수심별 생물생태 특성 차이를 비교하기 위해 ANOVA test와 T-test를 실시하였고, ANOVA test의 사후 검증은 Tukey-T test를 이용하였으며,

Table 1. Sampling stations of Danish seine survey in the East Sea, 2011~2013

Station	Year	Month	Depth (m)	Latitude	Longitude	Swept area (km ²)
St. 1	2011	February	249	38°18.90'N	128°36.94'E	0.152
St. 2	2011	February	319	38°23.98'N	128°34.55'E	0.167
St. 3	2011	February	520	38°24.89'N	128°36.54'E	0.173
St. 4	2011	June	257	37°51.00'N	128°59.52'E	0.131
St. 5	2011	June	255	37°53.17'N	128°57.40'E	0.148
St. 6	2011	June	250	37°53.13'N	128°58.07'E	0.158
St. 7	2011	August	288	38°28.59'N	128°32.10'E	0.154
St. 8	2011	August	100	38°26.38'N	128°31.09'E	0.126
St. 9	2011	August	60	38°25.14'N	128°30.91'E	0.118
St. 10	2011	November	425	38°18.59'N	128°39.28'E	0.173
St. 11	2011	November	106	38°25.73'N	128°31.36'E	0.132
St. 12	2011	November	107	38°24.09'N	128°32.07'E	0.126
St. 13	2012	March	137	37°17.33'N	128°36.46'E	0.174
St. 14	2012	March	308	38°18.09'N	128°37.84'E	0.197
St. 15	2012	March	164	38°09.89'N	128°41.02'E	0.161
St. 16	2012	July	152	38°06.95'N	128°44.47'E	0.189
St. 17	2012	July	140	38°05.22'N	128°45.99'E	0.147
St. 18	2012	July	420	38°04.17'N	128°49.43'E	0.235
St. 19	2012	December	88	38°23.01'N	128°32.37'E	0.097
St. 20	2012	December	150	38°19.80'N	128°35.10'E	0.157
St. 21	2012	December	230	38°19.15'N	128°37.52'E	0.197
St. 22	2013	April	313	38°23.06'N	128°35.38'E	0.178
St. 23	2013	April	402	38°18.34'N	128°39.18'E	0.169
St. 24	2013	April	244	38°15.64'N	128°37.83'E	0.156
St. 25	2013	August	266	37°54.68'N	128°57.67'E	0.195
St. 26	2013	August	141	37°51.86'N	128°58.32'E	0.212
St. 27	2013	August	102	37°52.35'N	128°55.11'E	0.137
St. 28	2013	December	148	38°04.52'N	128°46.99'E	0.180
St. 29	2013	December	145	38°01.60'N	128°50.19'E	0.152
St. 30	2013	December	148	38°11.46'N	128°41.23'E	0.152

모든 통계분석에는 SPSS (ver. 12.0)를 사용하였다.

결 과

종수

조사 기간 동안 동해 중부해역의 30개의 정점에서 출현한 무척추동물은 총 28종으로 연체동물이 14종으로 가장 많았고, 절지동물 10종, 극피동물 4종의 순이었다 (Table 2). 정점별 종수는 정점 24에서 13종, 정점 2와 11에서 각각 12종으로 가장 높은 종수를 보였고, 정점 3, 9, 13~15와 29에서 각각 7종으로 가장 낮았다.

수심별로 출현 종수를 살펴보면, 100 m 이하에서는 총 11종으로 가장 적었고, 101~200 m에서 20종으로 가

장 많은 종수가 출현했다. 201~300 m와 401 m 이상에서는 각각 17종과 16종, 301~400 m에서는 13종이 출현했다 (Fig. 2).

개체수

조사기간 동안 출현한 무척추동물의 평균 개체수는 32,568 ind./km²이었는데, 절지동물이 24,538 ind./km²로 가장 많았고, 극피동물은 6,344 ind./km², 연체동물은 1,687 ind./km²의 순이었다 (Table 2). 정점별 개체수는 정점 10과 13에서 각각 185,508 ind./km²와 111,910 ind./km²로 가장 높았고, 정점 14와 17에서 각각 4,643 ind./km²와 3,567 ind./km²로 가장 낮았다.

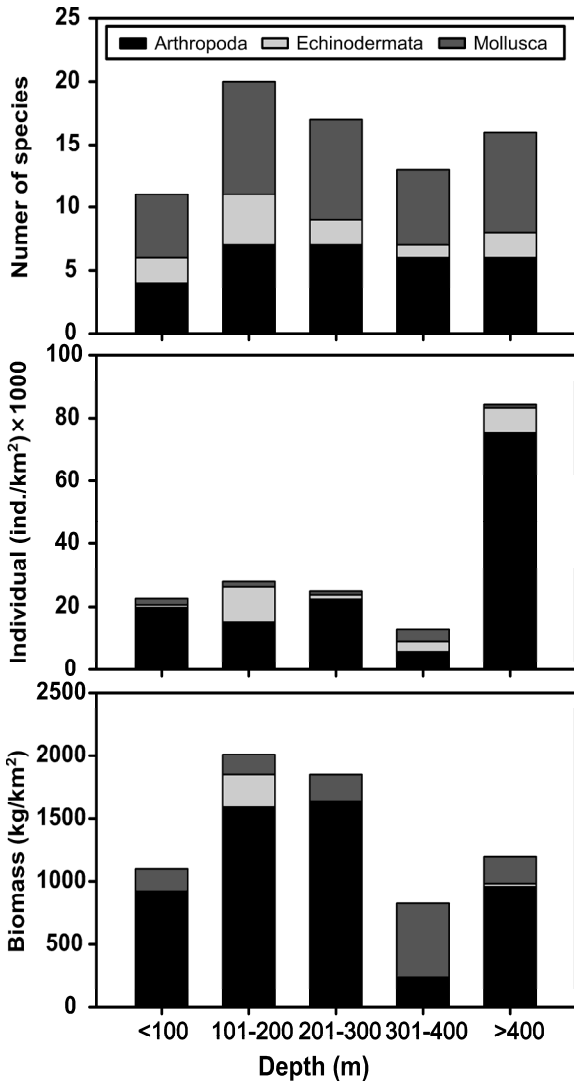


Fig. 2. Spatial variation of the number of species, individual and biomass of macrobenthic invertebrates caught by Danish seine in the East Sea, 2011–2013.

수심별 무척추동물의 개체수는 100 m 이하에서 평균 22,634 ind./km², 101~200 m에서 27,893 ind./km², 201~300 m에서 24,901 ind./km², 301~400 m에서 12,719 ind./km²로 유사했지만 401 m 이상의 수심에서는 84,266 ind./km²로 가장 높았다 (ANOVA, $p < 0.05$). 절지동물은 401 m 이상의 수심에서 평균 75,147 ind./km²로 개체수가 가장 많았고, 301~400 m에서 평균 5,725 ind./km²로 가장 적었다. 극피동물은 101~200 m에서 평균 11,242 ind./km²로 가장 많았고, 100 m 이하에서 850 ind./km²로

가장 적었다. 연체동물은 301~400 m에서 평균 3,743 ind./km²로 많은 개체수가 출현했지만 다른 수심에서는 1,018~2,014 ind./km²의 범위로 차이가 없었다 (ANOVA, $p > 0.05$, Fig. 2).

생체량

조사기간 동안 출현한 무척추동물의 평균 생체량은 1,649.5 kg/km²이었는데, 갑각류가 1,315.0 kg/km²로 가장 많았고, 연체동물과 극피동물은 각각 223.6 kg/km²과 110.9 kg/km²을 보였다 (Table 2). 정점별 생체량은 정점 12에서 10,203.7 kg/km²로 가장 높았던 반면, 정점 9, 14, 15, 17, 18, 21, 24와 28에서는 500.0 kg/km²보다 적은 생체량을 나타냈다.

수심별 출현 생체량은 101~200 m와 201~300 m의 수심에서는 각각 평균 2,010.6 kg/km²과 1,851.7 kg/km²으로 높았고, 301~400 m에서는 824.5 kg/km²로 가장 낮았다 (ANOVA, $p < 0.05$). 절지동물은 101~200 m와 201~300 m의 수심에서는 각각 평균 1,592.6 kg/km²과 1,636.0 kg/km²로 높았던 반면, 301~400 m에서는 231.7 kg/km²로 가장 낮았다 (ANOVA, $p < 0.05$). 극피동물은 101~200 m에서 평균 258.8 kg/km²로 가장 높았고, 그 외의 수심에서는 평균 30.0 kg/km² 미만의 매우 낮은 생체량을 보였다. 연체동물은 301~400 m에서 평균 582.7 kg/km²로 높은 생체량을 보였지만 100 m 이하와 101~200 m에서는 각각 176.2 kg/km²과 159.3 kg/km²로 매우 낮았다 (ANOVA, $p < 0.05$, Fig. 2).

개체수 우점종

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 개체수의 1.0% 이상을 차지하는 주요 우점종은 총 8종으로 절지동물이 4종, 연체동물과 극피동물이 각각 2종으로 나타났으며 이들 개체수의 합은 전체 개체수의 96.3%를 차지했다. 대게 (*Chionoecetes opilio*)는 평균 11,203 ind./km² (34.4%)로 출현한 무척추동물 중에서 가장 높은 개체수로 우점했으며, 다음으로는 북쪽분홍새우 (*Pandalus eous*)가 평균

9,247 ind./km² (28.4%)로 차우점했다. 그 외 빗살거미불가사리류 (*Ophiuridae spp.*)는 평균 5,750 ind./km² (17.7%), 진흙새우 (*Argis lar*)는 평균 2,631 ind./km² (8.1%), 두가시자주새우 (*Neocrangon communis*)는 평균 994 ind./km² (3.1%)의 순으로 높은 개체수를 보였다. 또한 갈고리흰오

징어 (*Berryteuthis magister*)는 평균 612 ind./km² (1.9%), 좁귀오징어 (*Sepiolo birostrata*)는 평균 499 ind./km² (1.5%), 둥근성게류 (*Strongylocentrotidae sp.*)는 평균 424 ind./km² (1.3%)의 개체수를 나타냈다.

Table 2. The number of individual (ind./km²) and biomass (kg/km²) of dominant invertebrates collected by Danish seine survey in the East Sea, 2011~2013

Species name	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Arthropoda												
<i>Argis lar</i>	558	11.9	1,100	24.0	34,132	445.2	550	4.6	132	0.7	2,184	18.2
<i>Chionoecetes opilio</i>	22,041	2,037.5	2,530	506.3	0	0	22,990	3,034.3	17,820	2,293.7	19,344	2,468.9
<i>Neocrangon communis</i>	0	0	330	0.6	3,710	7.2	1,100	4.5	264	2.0	208	0.9
<i>Pandalus eous</i>	465	3.0	990	5.1	3,074	27.0	1,540	10.8	0	0	728	2.5
Other	220	0.9	770	3.8	212	1.2	110	0.5	132	0.6	208	0.9
Echinodermata												
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	372	2.4	0	0	0	0	220	1.4	264	1.7	520	3.4
Ophiuridae spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca												
<i>Berryteuthis magister</i>	465	59.4	550	109.6	1,060	429.4	550	102.7	264	49.3	520	97.1
<i>Buccinum mirandum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enteroctopus dofleini</i>	93	20.5	110	37.4	0	0	0	0	264	47.5	52	18.4
<i>Neptunea eulimata</i>	0	0	110	10.8	212	21.1	110	18.8	0	0	0	0
<i>Octopus megalops</i>	372	53.1	110	18.0	0	0	220	31.4	264	37.7	208	29.7
<i>Sepiolo birostrata</i>	0	0	550	57.7	0	0	110	3.3	132	8.9	208	8.2
Other	592	26.3	110	4.9	212	7.5	0	0	0	0	0	0
Species name	St.7		St.8		St.9		St.10		St.11		St.12	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Arthropoda												
<i>Argis lar</i>	1,740	15.3	84	6.9	2,349	12.4	17,400	152.6	202	4.7	1,080	13.0
<i>Chionoecetes opilio</i>	13,433	1,450.0	39,984	1,243.2	0	0	4,930	293.0	9,292	1,974.1	64,080	9,904.8
<i>Neocrangon communis</i>	6,262	13.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pandalus eous</i>	45,955	539.8	0	0	0	0	162,110	1,962.0	202	2.2	0	0
Other	909	3.4	825	21.7	1,944	62.7	0	0	404	2.3	790	21.3
Echinodermata												
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	0	0	550	0.5	0	0	0	0	750	0.8	0	0
Ophiuridae spp.	0	0	550	11.2	530	10.8	0	0	1,065	21.7	2,160	43.5
Other	0	0	0	0	0	0	0	0	202	3.4	90	1.5
Mollusca												
<i>Berryteuthis magister</i>	2,020	632.8	0	0	0	0	435	157.7	0	0	0	0
<i>Buccinum mirandum</i>	0	0	750	11.9	0	0	0	0	1,065	9.0	540	5.7
<i>Enteroctopus dofleini</i>	101	35.2	880	298.9	53	17.6	53	22.0	744	164.2	145	44.8
<i>Neptunea eulimata</i>	101	8.8	0	0	0	0	145	9.9	0	0	0	0
<i>Octopus megalops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sepiolo birostrata</i>	0	0	1,176	56.6	104	5.4	0	0	1,616	74.8	2,160	164.8
Other	202	8.0	84	2.0	52	1.3	435	12.3	202	4.7	180	4.2

Table 2. Continued

Species name	St.13		St.14		St.15		St.16		St.17		St.18	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Arthropoda												
<i>Argis lar</i>	316	6.1	1,080	9.3	342	5.1	100	2.9	174	3.3	1,189	165.2
<i>Chionoecetes opilio</i>	632	17.9	540	32.2	4,275	245.1	9,800	788.5	1,856	141.5	58	14.0
<i>Neocrangon communis</i>	0	0	0	0	0	0	350	0.8	0	0	1,479	12.5
<i>Pandalus eous</i>	316	6.0	1,620	19.6	0	0	0	0	0	0	10,324	134.0
Other	0	0	0	0	0	0	2,100	34.5	0	0	0	0
Echinodermata												
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ophiuridae spp.	109,652	2,174.1	0	0	3,078	52.2	2,100	43.5	522	11.4	580	10.8
Other	158	2.7	0	0	0	0	0	0	87	1.5	0	0
Mollusca												
<i>Berryteuthis magister</i>	0	0	476	84.5	171	19.3	50	7.7	58	5.7	261	54.0
<i>Buccinum mirandum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	522	5.1	0	0
<i>Enteroctopus dofleini</i>	520	169.0	0	0	342	59.5	150	25.9	232	40.8	0	0
<i>Neptunea eulimata</i>	0	0	261	20.3	0	0	0	0	0	0	580	41.2
<i>Octopus megalops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sepiola birostrata</i>	316	6.1	612	23.1	1,197	29.0	650	24.9	116	2.4	145	10.0
Other	0	0	54	1.8	171	1.9	450	4.3	0	0	116	2.2
Species name	St.19		St.20		St.21		St.22		St.23		St.24	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Arthropoda												
<i>Argis lar</i>	920	20.1	223	5.8	530	5.0	1,060	9.9	9,024	89.4	111	0.5
<i>Chionoecetes opilio</i>	12,880	1,358.6	16,056	1,159.6	4,247	335.7	530	33.2	3,072	192.8	111	7.0
<i>Neocrangon communis</i>	0	0	223	0.3	685	3.4	212	1.1	9,120	23.5	1,073	2.3
<i>Pandalus eous</i>	0	0	0	0	137	0.6	6,201	48.6	40,464	309.2	148	0.6
Other	324	0.8	1,338	10.9	959	9.1	212	1.1	288	1.3	481	1.7
Echinodermata												
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	0	0	0	0	274	1.8	0	0	0	0	185	1.1
Ophiuridae spp.	920	20.6	1,115	22.9	0	0	9,752	30.3	31,776	98.6	7,807	24.2
Other	0	0	0	0	0	0	0	0	48	1.7	0	0
Mollusca												
<i>Berryteuthis magister</i>	0	0	1,115	309.0	274	51.2	7,844	1,285.5	96	20.5	925	155.3
<i>Buccinum mirandum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enteroctopus dofleini</i>	92	16.2	669	121.3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neptunea eulimata</i>	0	0	0	0	0	0	115	9.8	144	10.6	0	0
<i>Octopus megalops</i>	0	0	0	0	137	19.6	0	0	0	0	74	7.2
<i>Sepiola birostrata</i>	1,840	57.9	669	50.6	137	4.9	212	8.1	48	2.1	148	4.1
Other	1,012	60.9	0	0	0	0	115	3.4	131	3.3	0	0

Table 2. Continued

Species name	St.25		St.26		St.27		St.28		St.29		St.30	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Arthropoda												
<i>Argis lar</i>	490	3.7	0	0	160	1.9	540	9.2	615	13.4	545	10.4
<i>Chionoecetes opilio</i>	6,300	788.8	1,158	214.6	16,644	1,132.6	360	31.5	37,392	2,945.9	3,379	369.6
<i>Neocrangon communis</i>	1,190	5.9	0	0	0	0	2,520	7.6	0	0	1,090	3.3
<i>Pandalus eous</i>	3,150	24.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other	700	5.7	66	0.5	480	12.6	45	2.0	246	4.6	109	0.6
Echinodermata												
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	1,050	9.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ophiuridae spp.	0	0	0	0	640	13.1	0	0	246	5.0	0	0
Other	0	0	6,270	546.7	114	1.9	1,260	34.7	5,535	174.4	218	3.9
Mollusca												
<i>Berryteuthis magister</i>	560	104.6	0	0	0	0	0	0	0	0	654	172.5
<i>Buccinum mirandum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Enteroctopus dofleini</i>	0	0	264	51.8	640	108.4	360	64.7	0	0	0	0
<i>Neptunea eulimata</i>	70	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octopus megalops</i>	70	13.6	0	0	0	0	585	60.5	0	0	218	31.4
<i>Sepiola birostrata</i>	0	0	198	5.3	456	11.3	810	18.4	592	13.4	763	13.0
Other	70	8.6	132	1.9	228	4.0	0	0	0	0	0	0

생체량 우점종

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 생체량의 1.0% 이상을 차지하는 주요 우점종은 총 8종으로 절지동물과 연체동물이 각각 3종, 극피동물 2종으로 나타났으며 이들 생체량의 합은 전체 생체량의 97.8%를 차지했다. 대게는 평균 1,167.2 kg/km² (70.8%)로 출현한 무척추동물 중에서 가장 많은 생체량으로 극우점했으며, 갈고리흰오징어는 130.3 kg/km² (7.9%)로 차우점했다. 북쪽분홍새우는 평균 102.4 kg/km² (6.2%), 빗살거미불가사리류는 84.6 kg/km² (5.1%), 대문어 (*Enteroctopus dofleini*)는 45.5 kg/km² (2.8%)의 생체량을 보였다. 진흙새우는 평균 35.7 kg/km² (2.2%), 둥근성게류는 25.0

kg/km² (1.5%), 좀귀오징어는 22.1 kg/km² (1.3%)의 생체량을 나타냈다.

군집분석

조사기간 동안 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 년도별, 수심별 생태지수를 분석한 결과 종풍부도 (R)는 평균 0.84를 나타내었는데, 2011년에는 평균 0.85, 2012년에는 0.77, 2013년에는 평균 0.89로 유의한 차이가 없었다 (Fig. 3, ANOVA, P>0.05). 종다양도 (H')는 평균 1.09로 2011년에는 평균 0.91, 2012년에는 1.18, 2013년에는 평균 1.24였다. 종우점도는 평균 0.52로 2011년에 평균 0.61, 2012년에 0.47, 2013년에는 평균 0.44로 유

Table 3. Species contributions to dissimilarity between Group A and Group B in the East Sea from 2011 to 2013

Rank	Species	Average abundance (Ind./km ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
		Group A	Group B		
1	<i>Chionoecetes opilio</i>	14,543	7,863	35.68	35.68
2	<i>Pandalus eous</i>	35	18,460	21.15	56.83
3	Ophiuridae spp.	8,172	3,327	14.99	71.82
4	<i>Argis lar</i>	510	4,752	8.30	80.12
5	<i>Neocrangon communis</i>	279	1,709	3.94	84.06
6	<i>Berryteuthis magister</i>	845	1,087	3.17	87.23

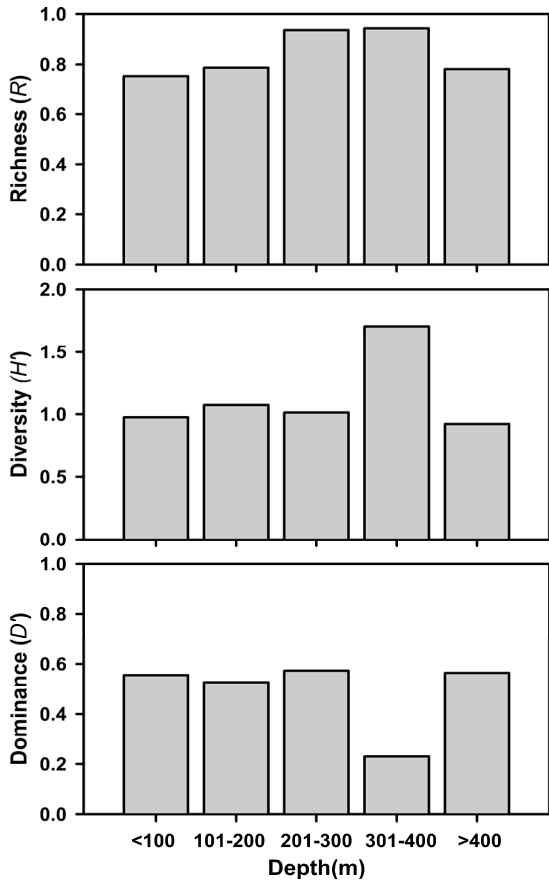


Fig. 3. Ecological indices of macrobenthic invertebrates community by sampling period collected by Danish seine in the East Sea, 2011~2013.

의한 차이가 없었다 (Fig. 3, ANOVA, $P > 0.05$). 수심별 생태지수의 변화를 보면, 종풍부도는 201~300 m와 301~400 m에서 각각 0.94로 가장 높았고, 100 m 이하에서 0.75로 가장 낮았다. 종다양도는 301~400 m에서 1.70로 401 m 이상에서 0.92로 가장 낮았으며, 종우점도는 201~300 m에서 0.57로 가장 높았고 301~400 m에서 0.23으로 가장 낮았다.

조사기간 동안 출현한 저서동물의 종수와 개체수를 바탕으로 계절별, 수심별 유사도를 구하고 집괴분석을 실시하여 생물군집의 유사성을 분석한 결과 생물군집은 크게 2개의 Group으로 구분되는 특징을 보였다 (Fig. 4). 무척추동물 군집은 계절과 지역적 차이에 상관없이 200 m보다 낮은 곳에 위치한 정점들이 Group A, 200 m보다 깊은 곳에 위치한 정점들이 Group B로 분리되었다. 또한 200 m보다 깊은 곳에 위치한 Group B의 정점들은 201~300 m의 수심에 위치한 정점들이 Group B-1, 300 m보다 깊은 수심에 위치한 Group B-2로 분리되었다.

군집분석에서 Group A와 Group B 군집의 차이에 대한 종기여도를 분석하기 위하여 SIMPER분석을 실시한 결과 종기여도에서 3.0% 이상을 차지하는 종들은 총 6종으로 나타났다 (Table 3). 대개의 비유사도에 대한 종기여도는

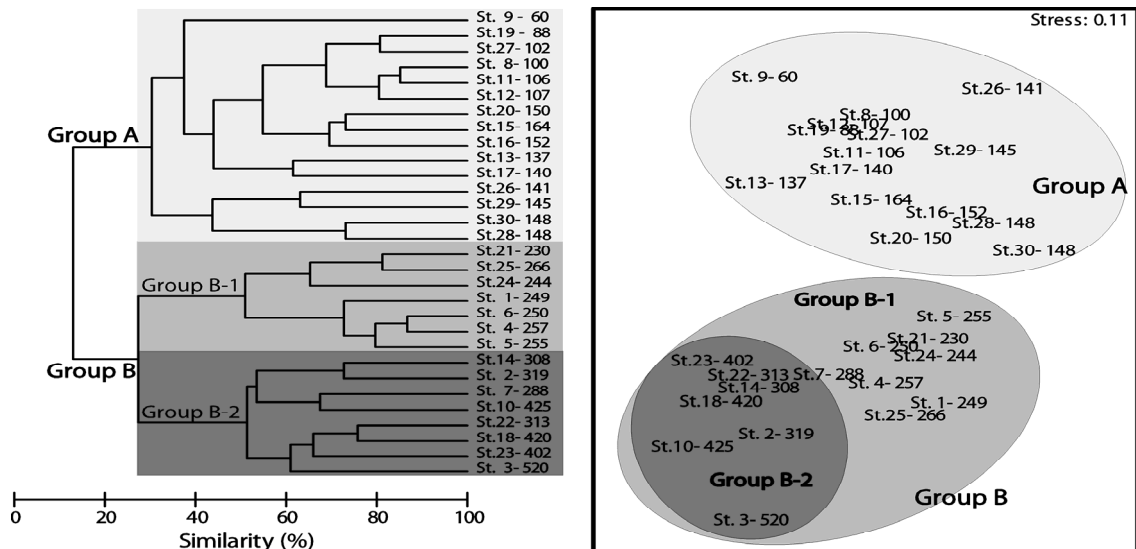


Fig. 4. Dendrogram and schematic representation of distribution based on Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species number and abundance in the East Sea, 2011~2013.

35.68%로 Group A에서는 평균 14,543 ind./km²의 높은 개체수를 보였고, Group B에서는 평균 7,863 ind./km²가 출현했다. 북쪽분홍새우는 Group A에서는 평균 35 ind./km²의 낮은 개체수를 보였지만 Group B에서는 평균 18,460 ind./km²의 높은 개체수를 보이며 21.15%의 종기여도를 나타냈다. 빗살거미불가사리류는 대개와 마찬가지로 Group A에서 평균 8,172 ind./km²의 높은 개체수를 보였지만 진흙새우, 두가지사주새우와 갈고리흰오징어는 Group B에서 평균 평균 4,752 ind./km², 1,709 ind./km²와 1,087 ind./km²로 높은 개체수를 보였다.

Group B는 Group B-1과 Group B-2로 분리되었는데, 이들의 분리에 가장 큰 기여를 하는 종은 북쪽분홍새우로 Group B-1에서는 평균 881 ind./km²의 낮은 개체수를 보였지만 수심이 깊었던 Group B-2에서는 평균 33,842 ind./km²의 높은 개체수를 보이며 33.86%의 종기여도를 나타냈다 (Table 4). 대개는 Group B-1에서 평균 13,245 ind./km²의 높은 개체수를 보였던 반면 Group B-2에서는 평균 3,137 ind./km²의 낮은 개체수를 보이며 29.68%의 종기여도를 나타냈다. 진흙새우, 빗살거미불가사리류와 두가지사주새우는 모두 수심이 깊었던 Group B-2에서 각각 평균 8,341 ind./km², 5,264 ind./km²와 2,639 ind./km²로 높은 개체수를 보이는 것으로 나타나 대개를 제외하면 대부분 수심이 깊었던 Group B-2에서 개체수가 높았다.

고 찰

동해구외끝이중형저인망 어업은 80~700 m의 다양한 수심에서 해저가 비교적 평탄한 곳에서 조업이 이루어지

고 있으며, 어획되는 어획물 중에서 현장에서 폐기하는 미이용자원의 비율은 전체 어획물 중에서 50%에 이른다 (Park et al., 2007). 동해구외끝이중형저인망 어업에 이용되는 어구의 끝자루 망목은 45 mm로 작아 어류와 대개의 미성숙개체들 뿐만 아니라 소형 갑각류와 새우류에 이르기까지 다양한 생물들이 혼획되고 있다. 최근 심해생물에 대한 관심이 증가하고 심해어류들의 식성 (Choi et al., 2009, 2013; Yoon et al., 2012; Yang et al., 2013)에 대한 연구가 활발히 진행되면서 먹이생물이 되는 무척추동물에 대한 필요성이 대두되고 있어, 동해구외끝이중형저인망에 어획되는 무척추동물의 종조성 및 수심별 분포특성을 분석하였다.

2011년부터 2013년까지 3년간 동해 중부해역에서 동해구외끝이중형저인망으로 채집된 무척추동물은 연체동물 14종, 절지동물 10종과 극피동물 4종의 총 28종이 채집되었는데, Park et al. (2007)의 2004~2006년의 동해구외끝이중형저인망을 이용한 조사에서는 연체동물이 10종, 절지동물이 9종이 출현하여 본 조사와 절지동물의 종수는 유사했지만 연체동물의 출현종수는 적었다. 동해 중부해역의 300~900 m의 수심에서 오테르롤을 이용하여 2007~2009년까지 실시한 조사 (Sohn et al., 2010)에서는 연체동물이 15종, 절지동물이 9종이 출현하여 본 조사와 차이가 없었다. 동해 중부와 남부의 7개의 정점에서 2005~2007년까지 연 4회씩 오테르롤을 사용한 조사 (Yoon et al., 2008)에서는 연체동물이 37종, 절지동물이 16종이 출현하여 본 조사에 비해 높은 종수를 보였다.

조사기간 동안 출현한 무척추동물은 평균 32,568

Table 4. Species contributions to dissimilarity between Group B-1 and Group B-2 in the East Sea from 2011 to 2013

Rank	Species	Average abundance (Ind./km ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
		Group B-1	Group B-2		
1	<i>Pandalus eous</i>	881	33,842	33.86	33.86
2	<i>Chionoecetes opilio</i>	13,265	3,137	29.68	63.54
3	<i>Argis lar</i>	651	8,341	12.81	76.35
4	Ophiuridae spp	1,115	5,264	10.60	86.95
5	<i>Neocrangon communis</i>	646	2,639	4.35	91.30

ind./km²로 절지동물 24,538 ind./km², 극피동물 6,344 ind./km², 연체동물 1,637 ind./km²의 순이었다. 본 조사에서 어획된 무척추동물 중에서 대게는 11,203 ind./km²로 가장 우점한 것으로 나타났는데, 대게는 강원 중부연안에서는 수심이 100 m보다 낮은 정점들에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 동해 중부와 남부연안에서 오터트롤 (Yoon et al., 2008)에 의해 어획된 대게는 평균 31,205 ind./km²의 서식밀도를 보여 본 조사에 비해서 높은 개체수를 보였는데, 특히 강원 중부에 위치한 정점들에서는 평균 38,769 ind./km², 21,386 ind./km², 67,417 ind./km²로 본 조사에 비해 2.1~6.7배 높은 서식밀도를 보였다. 이는 Yoon 등 (2008)의 조사의 경우 조사 수심이 150~250 m로 본 조사에서도 상대적으로 서식밀도가 높았던 해역에 위치하였기 때문으로 판단된다. 강원 중부해역의 300~900 m의 수심에서 오터트롤에 의한 조사 (Sohn et al., 2010)에서 300~400 m 수심에서는 평균 1,085 ind./km²의 개체수를 보였지만, 500 m보다 깊은 수심에서는 대게가 거의 어획되지 않는 특징을 보였다. 본 조사에서 대게는 300 m보다 낮은 수심에서는 높은 서식밀도를 보였지만 300 m보다 깊은 수심에서는 개체수가 급격하게 감소하는 경향을 보여, Sohn 등 (2010)의 연구에서의 대게의 수심별 서식밀도와 유사했지만 상대적으로 본 조사에서 높은 개체수를 보였다.

북쪽분홍새우는 본 조사에서 평균 9,247 ind./km²로 차우점한 것으로 나타났는데, 강원 중부연안의 400 m보다 깊은 정점들에서 평균 53,993 ind./km²로 매우 높은 서식밀도를 보였다. Yoon 등 (2008)의 조사의 경우 본 조사에 비해 대게는 개체수가 높았지만 북쪽분홍새우는 평균 3,200 ind./km²로 낮은 경향을 보였는데, Yoon 등 (2008)의 연구는 대부분의 정점들의 수심이 300 m보다 낮아 북쪽분홍새우의 어획량이 적었기 때문으로 판단된다. 동해 중부연안의 심해에서 오터트롤로 어획한 조사 (Sohn et al., 2010)에서는 300 m에서는 평균 4,012 ind./km², 500 m에서는 7,768 ind./km², 700 m에서는 676

ind./km²로 300~500 m의 수심에서 가장 높은 서식밀도를 보이는 것으로 나타나 본 조사와 유사한 분포특성을 보였다. 또한 본 조사와 동일한 동해구외끌이기선저인망을 조사 (Park et al., 2007)에서 북쪽분홍새우는 400 m의 수심에서 평균 45 kg/km²의 생체량을 보였지만, 본 조사에서 400 m보다 깊은 수심에서는 평균 608 kg/km²로 상대적으로 생체량이 매우 높았다. 하지만 Park 등 (2007)의 연구에서도 북쪽분홍새우는 300 m보다 낮은 수심과 700 m보다 깊은 수심에서는 매우 낮은 개체수를 보여 수심에 따른 분포 특성은 본 조사와 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과로 유추해보면 북쪽분홍새우는 동해 중부 연안의 400~600 m의 수심에서 가장 높은 서식밀도를 보이는 것으로 판단된다. 또한 개체수우점종 중에서 새우류인 진흙새우와 두가시자주새우도 북쪽분홍새우와 유사한 수심에서 높은 개체수를 보이는 것으로 나타났지만 상대적으로 개체수와 생체량에서 차지하는 비율은 낮았다. 새우류인 북쪽분홍새우, 진흙새우와 두가시자주새우는 동해의 심해에 서식하는 벌레문치 (*Lycodes tanakai*), 대구 (*Gadus macrocephalus*), 대구횃대 (*Gymnocanthus herzensteini*)와 홍가자미 (*Hippoglossoides dubius*) 등의 어류의 주요한 먹이원으로 동해 심해생태계의 물질순환에서 중요한 위치에 있어 이들의 시공간적 분포특성에 대한 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다 (Yoon et al., 2012; Choi et al., 2013; Kim, 2013; Yang et al., 2013; Lee et al., 2015).

갈고리흰오징어는 평균 612 ind./km² (1.9%)의 개체수가 출현하였으며, 생체량은 130.3 kg/km² (7.9%)로 개체수와 생체량 모두 301~400 m의 수심에서 가장 높았으며, 100 m에서 500 m 이심까지 폭 넓게 분포하는 특징을 보였다. 본 조사와 동일한 동해구외끌이기선저인망을 조사 (Park et al., 2007)와 오터트롤에 의한 동해 중부연안 심해조사 (Sohn et al., 2010)에서는 500 m의 수심에서 가장 높은 서식밀도를 보였으며 최대 900 m에서도 어획되는 특징을 보였지만 300 m보다 낮은 수심에서는 거의

어획되지 않았다. 동해 중부와 남부연안에서 오테르롤로 실시한 조사 (Yoon et al., 2008)에서는 포항 이남의 87해구와 93해구에서는 갈고리흰오징어가 출현하지 않았지만, 포항 이북에 위치한 정점들에서는 100~350 m의 다양한 수심에서 출현하는 경향을 보였으며, 특히 수심이 약 300 m 정도로 깊었던 70해구와 82해구에서는 다른 정점들에 비해 높은 개체수를 나타냈다. 본 연구와 Park 등 (2007), Yoon 등 (2008)과 Sohn 등 (2010)의 연구의 결과를 볼 때 갈고리흰오징어는 100~900 m의 폭넓은 수심에 분포하지만, 100~300 m과 600~900 m의 수심에서는 낮은 서식밀도를 보이고, 301~500 m의 수심에서 가장 높은 서식밀도를 보이는 것으로 판단된다. 갈고리흰오징어는 동해에 서식하는 대구와 벌레문치가 성숙체장 이상의 대형개체로 성장하면서 주된 먹이원으로 이용하는 것으로 나타났는데 (Yoon et al., 2012; Choi et al., 2013; Kim, 2013), 저층에 서식하는 갈고리흰오징어의 경우 크기가 크기 때문에 대부분 상대적으로 입의 크기가 큰 어류들이 먹이원으로 이용하는 것으로 판단된다. 본 조사에서 갈고리흰오징어의 평균 외투장은 17.3 cm로 크게 나타났으며, 벌레문치의 식성 연구 (Choi et al., 2013; Kim, 2013)에서 섭식된 개체들의 외투장도 15.0 cm 이상으로 나타나 크기가 큰 갈고리흰오징어가 저층의 대형어류들에 대한 먹이원으로 기여도가 높은 것으로 판단된다.

동해 중부해역은 대륙붕이 좁고 급격하게 수심이 깊어지는 특성으로 깊은 수심에서 무척추동물에 대한 연구가 미비하다. 동해의 심해에 서식하는 무척추동물 중에서 대게, 북쪽분홍새우, 진흙새우, 갈고리흰오징어 등은 상업적으로도 이용되고, 다른 무척추동물과 더불어 심해어류의 중요한 먹이원으로 작용한다. 따라서 무척추동물의 수심별 분포특성 및 자원량의 변동은 심해어류자원에 큰 영향을 미친다. 본 연구는 동해 중부연안의 다양한 수심에서 조사를 실시하여 이들의 수심별 현존량 및 체장을 분석하여 이들의 성장에 따른 분포특성을 규명하였

다. 하지만 이들의 정확한 생활사와 산란특성 등에 대한 연구는 미비한 실정으로 이들에 대한 월별 및 다양한 수심에서의 조사를 수행하여 이들의 생태학적 특성에 대한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 2011년부터 2013년까지 동해 중부해역에서 동해구의끝이중형저인망을 이용하여 저층에 서식하는 대형무척추동물의 분포특성과 군집구조를 규명하기 위하여 수행되었다. 그 결과 총 28종의 무척추동물이 평균 32,568 ind./km²개체, 1,649.5 kg/km²의 생체량을 보였다. 개체수 우점종은 대게 (11,203 ind./km², 34.4%), 북쪽분홍새우 (9,247 ind./km², 28.4%), 빛살거미불가사리류 (5,750 ind./km², 17.7%), 진흙새우 (2,631 ind./km², 8.1%), 두가지자주새우 (994 ind./km², 3.1%), 갈고리흰오징어 (612 ind./km², 1.9%), 줌귀오징어 (499 ind./km², 1.5%)와 둥근성게류 (424 ind./km², 1.3%)였다. 또한 생체량 우점종은 대게 (1,167.2 kg/km², 70.8%), 갈고리흰오징어 (130.3 kg/km², 7.9%), 북쪽분홍새우 (102.4 kg/km², 6.2%), 빛살거미불가사리류 (84.6 kg/km², 5.1%), 대문어 (45.5 kg/km², 2.8%), 진흙새우 (35.7 kg/km², 2.2%), 둥근성게류 (25.0 kg/km², 1.5%)와 줌귀오징어 (22.1 kg/km², 1.3%)였다. 우점종들 중에서 대게 암컷과 줌귀오징어, 대문어, 둥근성게류와 빛살거미불가사리류는 200 m보다 낮은 수심에서 개체수와 생체량이 높았고, 대게 수컷, 북쪽분홍새우, 진흙새우, 두가지자주새우와 갈고리흰오징어는 301~500 m의 수심에서 개체수와 생체량이 높았다. 저서동물의 종수와 개체수를 이용하여 cluster와 nMDS 방법을 사용하여 집괴분석을 실시한 결과 200 m (그룹 A)보다 낮은 수심에 위치한 정점과 201~500 m (그룹 B)에 위치한 정점의 두 개의 군집으로 분리되었다. 그룹 A에서는 줌귀오징어, 빛살거미불가사리류와 미성숙한 대게가 우점했다. 반면 그룹 B에서는 북쪽분홍새우, 진흙새우, 갈고리흰오징어와 성숙한 대게가 우점하면서 그룹의 분리에 기여했다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (2016 동해연안어업 및 환경생태조사, R2016031)의 지원으로 수행되었으며, 연구의 수행에 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

References

- Boldina I and Beninger PG. 2016. Strengthening statistical usage in marine ecology: Linear regression. *J Exp Mar Bio Ecol* 474, 81-91.
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Brooker RM, Feeney WE, White JR, Manassa RP, Johansen JL and Dixson DL. 2016. Using insights from animal behavior and behavioural ecology to inform marine conservation initiatives. *Animal Behaviour* 1-11.
- Choi JH, Hong BY, Jun YY, Kim JN, Choi YM and Yoo OH. 2009. Feeding comparison of three deep-sea fish, *Lumpenella longirostris*, *Malacocottus gibber* and *Bothrocara hollandi*, in the East Sea. *J Kor Fish Soc* 42, 151-156.
- Choi KH, Lee CI, Hwang KS, Kim SW, Park JH and Gong Y. 2008. Distribution and migration of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the southwestern part of the East (Japan) Sea. *Fish Res* 91, 281-290.
- Choi YM, Yoon BS, Kim HS, Park JH, Park KY, Lee JB, Yang JH and Sohn MH. 2013. Feeding Habits of *Lycodes tanakae* in the coastal waters of the middle East sea, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 46, 843-850. (DOI:10.5657/KFAS.2013.0843)
- Clarke KR and Warwick RM. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, Plymouth Marine Laboratory, UK, 144.
- Dolbeth M, Cardoso PG, Grilo TF, Bordalo MD, Raffaelli D and Pardal MA. 2011. Long-term change in the production by estuarine macrobenthos affected by multiple stressors. *Estua Coastal Shelf Sci* 92, 10-18. (DOI:dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.006)
- Fujita D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-Cho, Hokkaido. *Suisanzoshoku*, 35, 135-138.
- Gong Y and Son SJ. 1982. The study of the the study on the marine thermo-front in the East sea of Korea. *Rep Nat Fish Res and Dep Inst* 28, 24-25.
- Gong Y, Suh YS, Seong KT and Han IS. 2010. Climate change and marine ecosystem. *Academy Book*. Seoul, 278.
- Henriksen K, Hansen JI and Blackburn TH. 1980. The influence of benthic infauna on exchange rates of inorganic nitrogen between sediment and water. *Ophelia Suppl* 1, 249-256.
- Kang CK, Choi EH, Song HS, Park HJ, Soe IS, Jo QT and Lee KS. 2007. Isotopic determination of food sources of benthic invertebrates in two different macroalgal habitats in the Korean coasts. *J Kor Soc Oceano* 12, 380-389.
- Kim HS. 1973. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Anomura, Brachyura, 14, Sam-Hwa Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 694.
- Kim HS. 1977. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Anomura, Brachyura, 14, Sam-Hwa Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 414.
- Kim HS. 2013. Feeding Habits of *Lycodes tanakae* in the East Sea of Korea. Master Thesis, p.77, KangnungWonju National University, Kangnung, Korea.
- Kim SK, Kim YD, Jeon CY, Gong YG, Kim DS, Kim JH, Kim ML and Han HK. 2007. Algal consumption and preference of Sea urchins, *Strongylocentrotus nudus*, *S. intermedius* and Abalone, *Haliotis discus hannai*. *J Kor Fish Soc* 40, 133-140.
- Kim YS and Nam MM. 2003. Fish fauna in the East Sea. In: Son YM (ed.), Current and preservation of Korean fishes. *Sym Kor Ichthyol Soc*, 5-36.
- Lee BK and Kim SY. 2007. Sedimentary facies and processes in the Ulleung Basin and southern East Sea. *J Kor Fish Soc* 40, 160-166.
- Lee CL. 2004. Review of the fish-fauna of the West Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 16, 60-74.
- Lee DJ and Byun DS. 2007. Real-time monitoring of net setting and hauling process in fishing operations of Danish seine vessel using ECDIS. *J Korean Soc Fish Technol* 43, 347-354.
- Lee JH, Kim JN, Park JS, Park T and Nam KM. 2015. Feeding habits of the pacific cod *Gadus macrocephalus* in Southeast Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 27, 142-148. (DOI: 10.5657/KFAS.2012.0379)
- Lee JS, Hung RH, Kim KH, Kwon JN, Lee WC, Lee PY, Koo JH and Choi WJ. 2004. An evaluation of the environmental

- effects of marine cage fish farms: 1. Estimation of impact region and organic carbon cycling in sediment using sediment oxygen consumption rates and macrozoobenthos. *J Kor Soc Ocean* 9, 30-39.
- Margalef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *Amer Nature* 97, 357-374.
- NFRDI. 2001. Shrimps of the Korean waters. Han-Geul Publ. Co. Ltd., Busan, Korea, 188.
- NFRDI. 2010a. Korean coastal and offshore fishery census, Gangwon Province. Busan, 199.
- NFRDI. 2010b. Korean coastal and offshore fishery census, Gyeongbuk Province and Ulsan City. Busan, 327.
- Park HH, Jeong EC, Bae BS, Yang YS, Hwang SJ, Park JH, Kim YS, Lee SI and Choi SH. 2007. Fishing investigation and species composition of the catches caught by a bottom trawl in the deep East Sea. *J Korean Soc Fish Technol* 43, 183-191.
- Park JH, Choi YM, Park JH and Sohn MH. 2013. Fishing conditions in the East Sea, 2012. ESFRI Gangneung, 324.
- Peng S, Zhou R, Qin X, Shi H and Ding D. 2013. Application of macrobenthos functional groups to estimate the ecosystem health in a semi-enclosed bay. *Mar Pollut Bull* 74, 302-310. (DOI:10.1016/j.marpolbul.2013.06.037)
- Prado J. 1990. Fisherman's workbook. Blackwell Publ Co, Oxford, 192.
- Rhosds DC. 1974. Organism sediment relation on the muddy sea floor. *Ocean Mar Biol Ann Rev* 12, 263-300.
- Shannon CE and Weaver W. 1964. The mathematical theory of communication. Illinois Univ Press Urbana, 125.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nat* 163, 16-88.
- Shin JK, Lee JH and Oh HK. 1988. A model experiment on the sheering efficiency of Danish seine net. *Bull Kor Fish Tech Soc* 24, 22-29.
- Sin S and Rho BJ. 1996. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Echinodermata 36, Sam-Hwa Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 780.
- Sohn MH, Lee HW, Hong BK and Chun YY. 2010. Seasonal variation of species composition by depths in deep sea ecosystem of the East Sea of Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 46, 376-391. (DOI:10.3796/KSFT.2010.46.4.376)
- Sohn MH, Park JH, Yoon BS, Choi YM and Kim JK. 2015. Species composition and community structure of demersal fish caught by a Danish seine fishery in the coastal waters of the middle and southern East Sea, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 48, 529-541. (DOI: 10.13000/JFMSE.2016.28.1.211)
- Vedenin A, Budaeva N, Mokievsky V, Pantke C, Soltwedel T and Gebrul A. 2016. Spatial distribution patterns in macrobenthos along a latitudinal transect at the deep-sea observatory HAUSGARTEN. *Deep Sea Research* 114, 90-98. (DOI:10.1016/j.dsr.2016.04.015)
- Yang JH, Yoon SC, Park JH, Yoon BS, Choi YM and Lee JB. 2013. Feeding habits of the black-edged sculpin *Gymnocanthus herzensteini* in the coastal waters off Mukho, Gangwondo of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 46, 168-175.
- Yoo JW, Kim HJ, Lee HJ, Lee CG, Kim CS, Hong JS, Hong Jp and Kim DS. 2007. Interaction between invertebrate grazers and seaweeds in the East coast of Korea. *J Kor Soc Oce* 12, 125-132.
- Yoo JW, Son YS, Lee CG, Kim JS, Han CH, Kim CS, Moon YB, Kim DS and Hong JS. 2004. Distribution pattern of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in relation to predation pressure in Hosan, the East coast of Korea. *J Kor Soc Oce* 9, 40-49.
- Yoon JH and Kim YU. 2009. Review on the seasonal variation of the surface circulation in the Japan/East Sea. *J Mar Sys* 78, 197-211. (DOI:10.1016/j.jmarsys.2009.03.003)
- Yoon SC, Cha HK, Lee SI, Chang DS, Hwang SJ and Yang JH. 2008. Variations in species composition of demersal organisms caught by trawl survey in the East Sea. *J Korean Soc Fish Technol* 44, 323-344. (DOI:10.3796/KSFT.2008.44.4.323)
- Yoon SC, Yang JH, Park JH, Choi YM, Park JH and Lee DW. 2012. Feeding habits of the pacific cod *Gadus macrocephalus* in the coastal waters off Jumunjin, Gangwondo of Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 45, 379-386. (DOI:10.5657/KFAS.2012.0379)
- Yotsui T and Maesako N. 1993. Restoration experiments of *Eenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsusima islands. *Suisanzoshoku* 41, 67-70.
- Yun SG, Yoon BS, Paik SG and Kang CK. 2006. The origin of organic matters utilized by soft bottom macrozoobenthos in Tongyeong. *J Kor Fish Soc* 39, 189-197.

2016. 09. 23 Received

2016. 11. 29 Revised

2016. 11. 29 Accepted