

동해구외끌이중형저인망에 의한 동해 중남부 해역 저어류의 종조성 및 군집구조

손명호 · 박정호* · 윤병선 · 최영민¹ · 김진구²

국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, ²부경대학교 자원생물학과

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

Myoung Ho Sohn, Jeong-Ho Park*, Byoung Sun Yoon, Young Min Choi¹ and Jin-Koo Kim²

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Gangnung 25431, Korea

¹ Fisheries Resources and Environment Division, West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 22384, Korea

² Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

We examined the species composition and community structure of demersal fish in the middle and southern coastal waters of the East Sea of Korea by surveying a commercial Danish seine fishery from 2010 to 2013. We considered the waters north of 37°N as middle and those south of 37°N as southern waters. A total of 79 demersal fish species belonging to 18 families were collected. Of these, 59 species (77.6%) inhabited only the East Sea as opposed to the West and South Seas of Korea, and most were resident species. The species and biomass were similar between the two portions of the study area. The sandfish *Arctoscopus japonicus* (78.0%) and the blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* (65.1%) were the most common species and accounted for the most biomass in the middle and southern waters, respectively. Fish were most abundant at shallow depths (50-100 m) in the middle portion of the East Sea. Using a cluster analysis, we divided the species composition and community structure at the sampling stations into three groups: middle portion (group A), deep area of the southern portion (group B), and shallow areas of the southern portion (group C). *A. japonicus* and *G. stelleri* were dominant in groups A and B, while *G. stelleri* and *Clupea pallasii* were dominant in group C.

Key words: Danish seine fishery, Community structure, Species composition, Demersal fish, East Sea

서론

동해는 동아시아와 일본에 둘러싸인 반폐쇄구조의 대륙 주변 해로서, 총 면적이 1.01×10^6 km²이고 수심은 평균 1,350 m, 최대 3,700 m이다. 동해의 북쪽은 폭이 좁은 대륙붕에서 급경사 대륙사면이 형성되어 심해저로 연결되지만, 남쪽은 북쪽에 비해 넓은 대륙붕이 형성되어 있으며 대한해협을 지나 동쪽으로 평균 수심 120 m 정도의 평탄한 지형으로 이루어져 있다(Lee and Kim, 2007). 동해는 북한한류가 대륙붕 연안을 따라 남하

하다가 대한해협을 통해 유입되는 고온고염의 대만난류와 약 37°N 부근에서 강한 수온전선을 형성하는데, 이 해역은 기초생산력이 높고 다양한 먹이 생물이 번식하여 동해 수산자원의 중요한 어장과 성육장의 역할을 한다(Choi et al., 2008; Gong et al., 2010). 또한 수온에 따라 다양한 한류성, 난류성, 온대성 어종들이 서식하고 회유나 생활사에 따라 연안 정착성, 심해성, 회유성 어종들이 함께 출현하고 있어, 생물다양성의 측면에서도 매우 중요한 곳이다(Kim and Nam, 2003).

우리나라에 서식하는 전체 해산어류는 약 947종이고, 이 중

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0529>



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

Korean J Fish Aquat Sci 48(4) 529-541, August 2015

Received 29 April 2015; Revised 18 June 2015; Accepted 8 July 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8524 Fax: +82. 33. 661. 8513

E-mail address: marinebio@korea.kr

동해에는 약 452종이 출현하여 전체의 47.7% 가량을 차지한다고 알려져 있으며, 동해에 출현하는 어류 중에서 135종은 동해에만 출현하는 어종으로 알려져 있다(Lee, 2004). 동해는 서해나 남해에 비해 수심이 깊어 심해에 서식하는 생물들의 종조성이나 자원량에 대한 조사가 미비한 실정이다. 최근 어업기술이 발달하면서 심해에 서식하는 미기록종이 보고되고 있지만(Park et al., 2013b, 2014), 동해에는 보고되지 않은 미기록종들이 많은 편이다.

본 연구에 사용된 상업어선인 동해구외끌이중형저인망은 트롤과 유사하지만 전개판이 없는 능동어구를 사용하고, 어선 한 척이 양측에 날개그물이 달린 자루그물을 투망하여 저층생물을 그물 속에 몰아넣는 어법으로(NFRDI, 2010b, 2010c), 주요 어획대상종은 가자미류, 도루묵, 대구, 벌레문치, 고무꺼정어 등이다(Park et al., 2013a).

동해안에서 상업어선을 이용한 어류 군집 조사에는 크게 트롤, 자망 등의 어구를 사용하여 왔는데, 저서 혹은 반저서어류를 연구하기에 적절한 자망 조사는 포항 흥해(Hwang et al., 1997), 영일만(Hong et al., 2008), 왕돌초(Lee et al., 2008), 독도(Lee et al., 2010), 고성 아야진과 울진 후포(Choi et al., 2012), 동해와 양양(Park, 2013) 등 많은 연구가 이루어졌다. 반면 본 연구에 사용된 동해구외끌이중형저인망에 관련된 연구는 어구의 전개성능(Shin et al., 1988)과 투망망 조업 모니터링(Lee and Byun, 2007) 등 어구학과 관련된 것이고, 이 방법을 이용한 어류 군집 조사는 보고된 바 없다. 특정 해역의 어류 군집조사를

위해 시험조사선이나 상업어선을 이용한 조사가 이루어지는데, 시험조사선은 정확한 자료를 얻을 수 있는 장점이 있지만 시공간 제약으로 인해 자료에 변동성이 크고 비용이 많이 드는 단점이 있다. 반면 상업어선 조사는 비상업종 폐기, 시기별로 어군이 밀집된 곳에 어장에 형성되기 때문에 정확한 어획자료를 얻기는 힘들지만, 정확한 동정이나 어획량 기록 등의 자료 수준만 높아진다면 시공간 제약을 받지 않는 자료를 확보할 수 있고 비용도 적게 드는 장점이 있다(Lee et al., 2011). 따라서 두 가지 조사방법의 서로 간의 단점을 보완하기 위해 시험조사선과 상업어선 조사를 병행하여 자료를 비교 분석하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 강원 고성에서 경북 영덕까지의 동해 중남부 해역에서 상업어선인 동해구외끌이중형저인망으로 채집된 저어류의 종조성, 우점종의 변화와 군집구조를 파악하여 효율적인 자원관리방안 수립을 위한 과학적 근거자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

본 연구는 동해를 37°N을 경계로 중부해역과 남부해역으로 구분하여 2011년부터 2013년까지 동해구외끌이중형저인망어선(49-76톤)을 이용하여 계절별로 2011년 4회, 2012-2013년 각각 3회씩 총 10회를 조사하였다. 동해 중부해역은 강원 고성에서 삼척 연안까지, 남부해역은 죽변에서 영덕 연안까지 시기별로 어장이 형성되는 곳에서 조사를 실시하였다(Fig. 1).

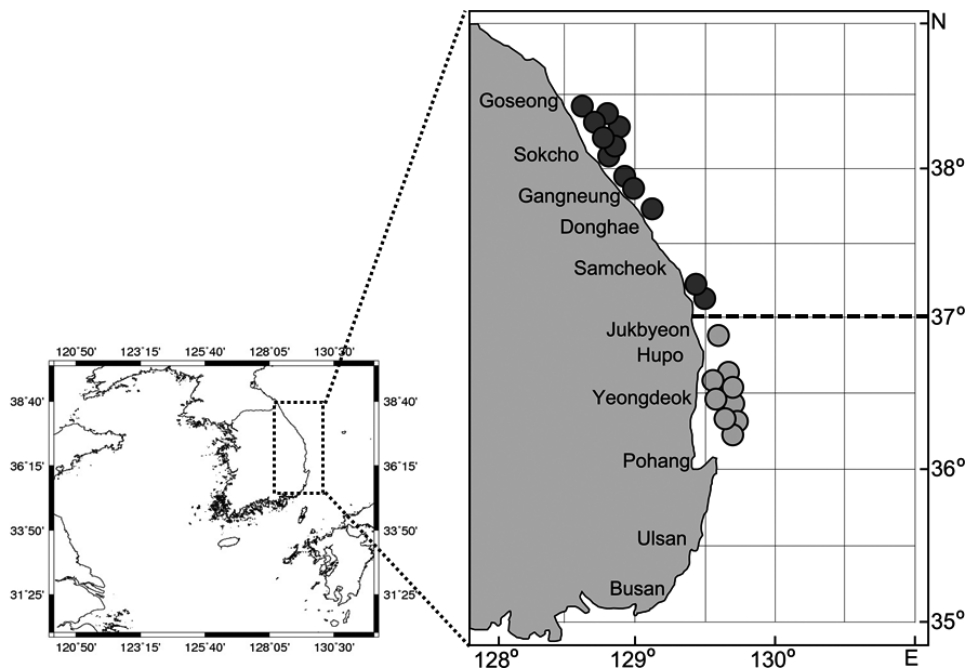


Fig. 1. Map showing the stations of Danish seine survey in the East Sea from 2011 to 2013. The dot line denotes the boundary between the middle and the southern areas of the study area.

본 연구에 사용된 어구는 날개그물, 자루그물과 어포부로 구성되어 길이는 뜰줄 115-130 m, 발줄 120-150 m, 어구 90-100 m이며 그물폭은 66-85 m였다. 어구형태는 트롤과 유사하지만 조업방식이 달라서 투망시 부표를 띄우고 후릿줄과 끝줄을 마름모꼴로 투하한 다음 부표를 건지고 끝줄을 어선이 끌면서 후릿줄이 오르려들면서 어군을 그물속으로 몰아 넣는 조업방식이다.

동해 중부해역 조사는 대륙사면이 급경사를 이루는 400 m 이심(평균 수심 220 m)까지, 대륙붕이 넓게 발달된 남부해역에서는 평균 수심이 130 m로 상대적으로 얕은 해역에서 조사를 실시하였다. 동해구외끝이중형저인망은 일반적으로 하루에 4-5회 투·양망을 하는데, 그 중 수심과 위치를 달리해서 3회만 채집하였다. 각 투망시 1-2노트의 속도로 평균 60분을 기준으로 예망하였으며, 전체 조사 수심은 60-429 m (평균 174 m)였고 소해면적은 0.085-2.049 km² (평균 0.195 km²)의 범위였다.

상업어선의 특성상 1회 양망시 많을 때는 갑각류와 연체동물 등을 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. 어획물 중 약 60 kg의 정량 관찰 표본을 추출하였다. 이 때 개체수가 적은 어종은 전수를 조사하였다. 어획된 어류는 마리수를 계수하였고, 체장은 0.1 cm, 중량은 1.0 g 단위까지 측정하였다. 각 정점의 마리수와 생체량은 단위면적당(km²)으로 환산하여 정량화 하였는데, 어획효율(q)을 0.5 (Prado, 1990)로 설정하여 소해면적법[면적당 개체수 혹은 생체량 = N (or B) / SA × q]으로 추정하였다. 여기서 N은 마리수, B는 생체량, SA (swept area)는 소해면적, q는 어획효율을 각각 나타낸다. 또한, 어류군집의 생태학적 특성을 분석하기 위해 종수와 개체수 자료를 이용하여 종다양도지수(H', Shannon and Weaver, 1964)를 구하였다.

우리나라의 동·서·남해에서 출현하는 전체 해산어류 중에서 동해에서만 서식하는 종을 동해종(East Sea species)이라 지칭하였고, 생활사에 따라 주거종(resident species)과 회유종(migratory species)으로 구분하였다(Froese and Pauly, 2014).

조사시기와 정점별 어류군집의 유사도분석(similarity analysis)은 출현 종수와 정량화된 면적당 마리수를 이용하여 분석하였으며, 유사도분석시 자료간 편중을 피하기 위해 네제곱근 변환(fourth root transformation)을 수행하였고, Bray-Curtis 지수(Bray and Curtis, 1957)를 사용하여 정점간 유사도를 구하였다. 군집분석을 실시할 때 군집(그룹)간의 연결 방식에는 완전결합법(complete linkage)을 사용하였고, 그룹간 유사도를 바탕으로 수지도(dendrogram)를 작성하고 집괴분석(cluster analysis)을 실시하였으며, 집괴분석에는 PRIMER (ver. 5.0)를 사용하였다. 또한 각각의 조사시기(정점별)와 분리된 그룹간 유사도 분포 특성을 분석하기 위해서 다원척도분석(MDS, multi-dimensional scaling)을 실시하여 2차원 공간에서 군집의 유사

성을 파악하였다.

집괴분석 결과 분리된 그룹 사이의 생물·생태 특성 차이를 비교하기 위해 ANOVA test를 실시하였고, 사후 검증은 Tukey-T test를 이용하였다. 또한 동해중부와 남부의 차이를 분석하기 위해 paired T-test를 실시하였으며, 모든 통계분석에는 SPSS (ver. 12.0)를 사용하였다.

결 과

출현종

2011년부터 2013년까지 동해 중남부 해역에서 동해구외끝이중형저인망으로 채집된 어류는 미동정과 미기록종을 포함하여 총 18과 76종이었고, 총 63종이 출현한 중부해역이 남부해역의 총 54종보다 많았다. 전체 어종 가운데 59종이 동해에만 서식하는 동해 고유종으로 전체의 77.6%를 차지하였고, 해역별로 나누어 보면 중부해역은 54종으로 전체의 85.7% (평균 89.6%), 남부해역은 38종으로 전체의 70.4% (평균 69.1%)를 차지하여 중부해역에서 동해종이 차지하는 비율이 더 높았다(Fig. 2, paired T-test, P=0.006) (Kim and Nam, 2003; Lee, 2004; Park et al., 2013b). 또한 회유나 생활사에 따라 주거종과 회유종으로 나누어 보면, 대부분 주거종이었고 중부해역과 남부해역에서 각각 6종의 회유종이 출현하였다. 과별로는 독중개과가 15종으로 가장 많았고, 가자미과 10종, 날개줄고기과 9종, 등가시치과 7종, 장갱이과 7종 순이었다.

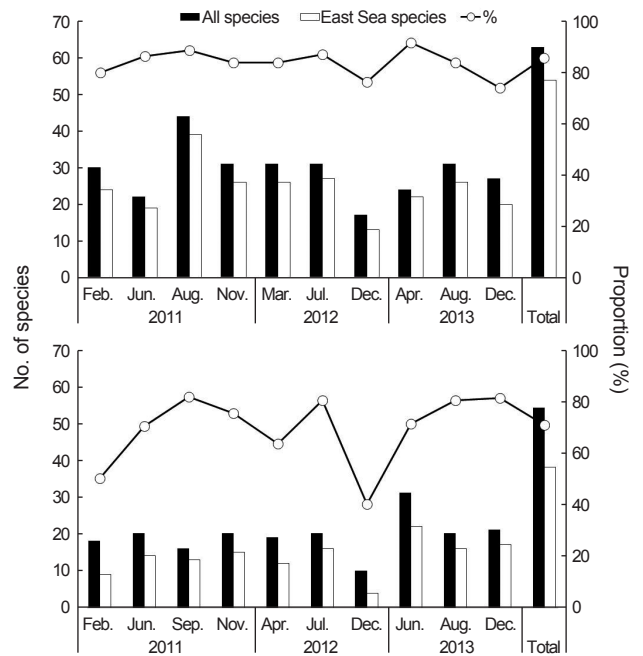


Fig. 2. Variation of number of all and East Sea species by Danish seine survey in the East Sea (A, middle; B, southern).

종조성의 계절변동

해역별, 시기별 출현 어종수를 살펴보면, 중부해역에서는 평균 29종이 출현하였는데, 2011년 8월에 43종으로 가장 많았고 2012년 12월에 17종으로 가장 적었다. 전체 출현 종수에 대한 동해종의 비율은 2013년 4월에 91.7%로 가장 높았고, 2012년 12월에 76.5%와 2013년 12월에 74.1%로 낮았으며, 나머지 시기는 동해종 비율이 80% 이상으로 매우 높았으며 조사 시기별 비율 차이는 적었다(Table 1, Fig. 2).

동해 남부해역은 평균 20종, 중부 해역은 평균 29종으로 남부해역에서 출현한 어류의 종수가 적었고(paired T-test, $P=0.009$), 동해종의 비율은 2011년 9월에 81.3%, 2012년 7월에 80.0%로 높았지만, 2012년 12월에 40.0%, 2011년 2월에 50.0%로 낮아 시기에 따라 동해 고유종이 차지하는 비율의 차이가 많았다(Table 2, Fig. 2).

우점종의 분포특성

조사기간 동안 채집된 어류 중 전체 개체수 및 생체량의 2.0% 이상을 차지하는 우점종은 공통적으로 도루묵(*Arctoscopus japonicus*), 기름가자미(*Glyptocephalus stelleri*), 고무꺼정어(*Dasyctotus setiger*), 청자갈치(*Allolepis hollandi*)의 4종이었고, 개체수에서는 줄가시횃대(*Icelus cataphractus*), 청어(*Clupea pallasii*)가(Fig. 3, 4), 생체량에서는 대구횃대, 대구가 추가로 우점하여(Fig. 5, 6) 전체 개체수 및 생체량의 90.6%, 87.4%를 각각 차지하였다.

단위면적당 개체수(ind./km²) 및 생체량(kg/km²)의 최우점종인 도루묵은 평균 89,448 ind./km²로, 3,361 kg/km²로 전체의 44.5%, 41.2%를 차지하였다. 해역별로는 중부해역에서는 평균 153,967 ind./km², 6,085 kg/km², 남부해역에서는 24,929 ind./km², 638 kg/km²로 대부분 중부해역에서 출현하였고, 해역별로 큰 차이를 나타내었다. 중부해역에서는 2011년 6월에 337 ind./km², 6 kg/km²로 최소였던 반면, 2012년 12월에는 988,310 ind./km², 39,975 kg/km²로 최대값을 나타내었다. 남부해역에서는 2011년 2월에 211 ind./km², 11 kg/km²로 최소였지만, 2012년 4월에 132,923 ind./km², 2,199 kg/km²로 가장 많았다.

기름가자미는 74,458 ind./km², 2,207 kg/km²으로 전체 개체수 및 생체량의 37.0%, 27.0%로 차우점하였고, 도루묵과 기름가자미 개체수 및 생체량의 합이 각각 전체의 81.5%, 68.2%를 차지하여 극우점하였다. 해역별로는 중부해역에서 17,260 ind./km², 740 kg/km², 남부해역에서는 131,657 ind./km², 3,674 kg/km²으로 남부해역의 서식밀도 및 생체량이 더 높았다($p=0.04$, $P=0.01$). 시기별로는 중부해역에서 2013년 4월에 1,928 ind./km², 126 kg/km²으로 가장 적은 반면, 2012년 7월에 67,422 ind./km², 1,914 kg/km²으로 가장 서식밀도가 높았다. 남부해역에서는 2012년 7월에 개체수가 19,507 ind./km²로 최소였으나, 생체량은 2012년 4월에 1,163 kg/km²으로 가장

적었으며, 2011년 2월에 465,619 ind./km², 8,906 kg/km²으로 가장 많은 개체수 및 생체량을 나타내었다.

청자갈치는 평균 4,518 ind./km², 283 kg/km²으로 전체의 2.2%, 3.5%를 각각 차지하였고, 중부해역에서는 5,442 ind./km², 316 kg/km², 남부해역에서는 3,592 ind./km², 251 kg/km²으로 해역간 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

고무꺼정어는 평균 401 kg/km²으로 전체 생체량의 4.9%를 차지하였고, 172 kg/km²인 중부해역에 비해 남부해역이 629 kg/km²으로 더 많았다($P=0.04$). 시기별로는 중부해역에서는 2012년 12월에 4 kg/km²으로 최소였고 2011년 6월에 676 kg/km²으로 최대값을 보였다. 남부해역에서는 2011년 2월과 2012년 12월에 각각 4 kg/km², 6 kg/km²으로 최소였고 2011년 9월과 2013년 6월에 각각 1,793 kg/km², 1,548 kg/km²으로 최대 생체량을 나타냈다.

대구횃대(*Gymnocanthus herzensteini*)는 평균 5,092 ind./km², 707 kg/km²으로 전체의 2.5%, 8.7%를 차지하였고, 8,214 ind./km², 1,403 kg/km²인 남부해역이 중부해역의 1,968 ind./km², 11 kg/km²보다 더 많이 출현하였다($P=0.03$). 중부해역에서는 2012년 12월에 148 ind./km², 35 kg/km²로 가장 높은 서식밀도를 보였고, 남부해역에서는 2013년 6월에 18,838 ind./km², 8,398 kg/km²으로 가장 많이 출현하였다.

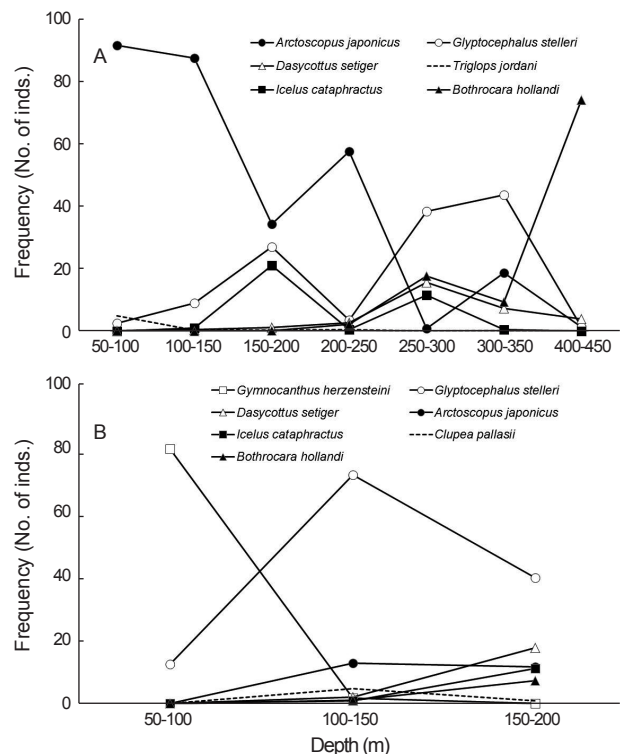


Fig. 3. Abundance of dominant demersal fish species by depth caught Danish seine survey in the East Sea (A, middle; B, southern).

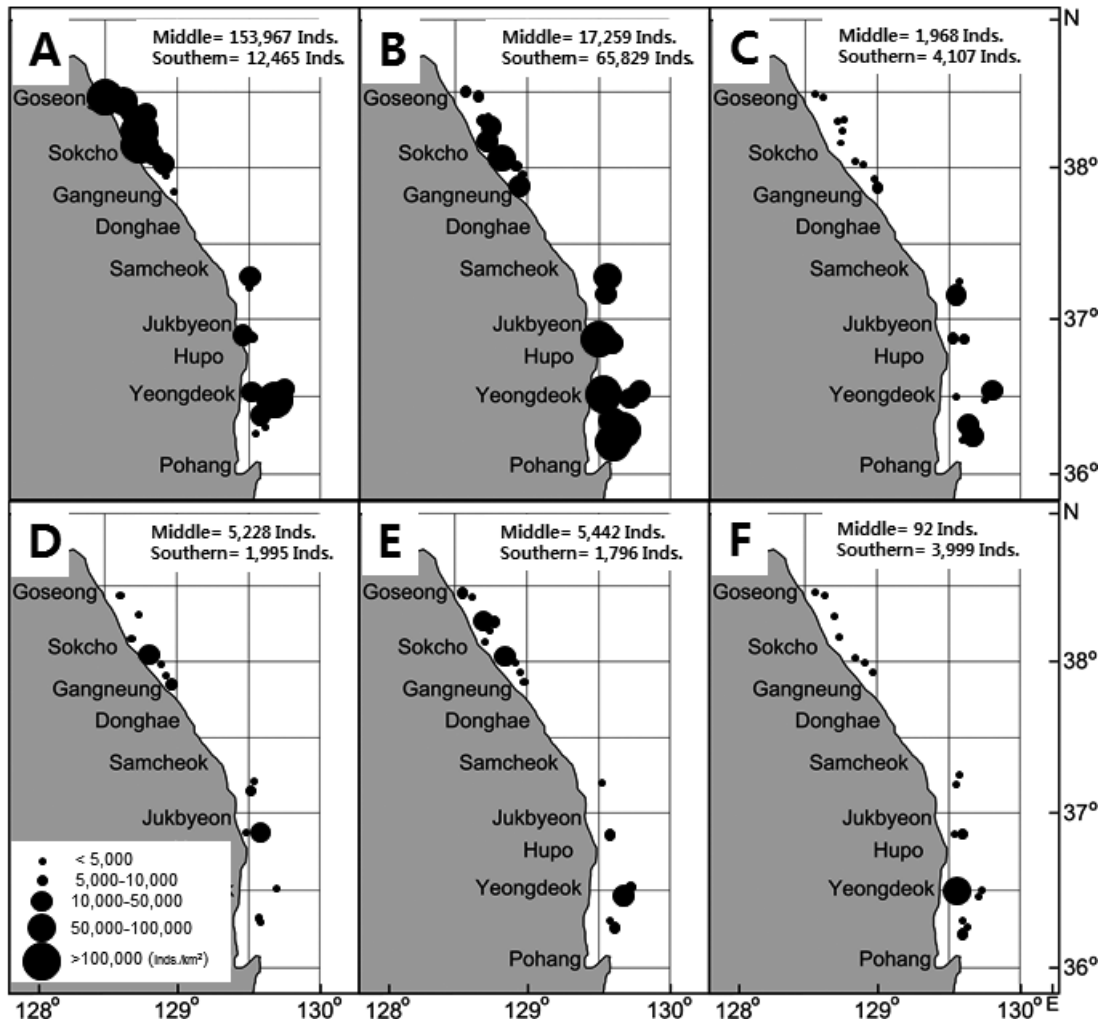


Fig. 4. Spatial distribution of abundance (inds./km²) of six dominant species caught Danish seine survey in the East Sea (A, *Arctoscopus japonicus*; B, *Glyptocephalus stelleri*; C, *Gymnocanthus herzensteini*; D, *Icelus cataphractus*; E, *Bothrocara hollandi*; F, *Clupea pallasii*).

출가시횃대는 평균 4,608 inds./km²로 전체 개체수의 2.3%였고, 중부해역에서는 5,228 inds./km², 남부해역은 3,990 inds./km²로 해역간 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 청어는 전체 개체수의 2.0%를 차지하였으며, 중부해역보다 남부해역에 서식 밀도가 높았다. 마지막으로 대구(*G. macrocephalus*)는 평균 181 kg/km²로 전체의 2.2%를 차지했으며, 중부해역에서는 165 kg/km², 남부해역에서는 196 kg/km²로 서로 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

군집구조 특성분석

동해 중남부 해역에서 동해구외끝이중형저인망으로 조사된 어류군집의 특성을 파악하기 위해 종다양도지수(H')를 분석한 결과 평균 1.23로 나타났다(Fig. 7). 해역별로 동해 중부해역에서 종다양도지수는 평균 1.29로 2012년 12월에 0.16으로 가장 낮았으며 2013년 8월에 2.12로 가장 높았다. 남부해역에서는

평균 1.16으로 중부와 유의한 차이를 보이지 않았고($P>0.05$), 2011년 2월에 0.29로 가장 낮았고 2013년 8월에 1.90으로 가장 높았다.

동해구외끝이중형저인망에 채집된 저어류 군집의 유사성을 분석한 결과 크게 세 그룹으로 나누어졌다. 조사 시기에 상관없이 동해 중부해역에서 실시한 10번의 조사가 그룹 A로 구분되었고, 동해 남부해역에서 실시한 10번의 조사 중 비교적 얕은 수심에서 조사한 2011년 2월, 6월과 2012년 12월이 그룹 C로 구분하였으며, 그 외 깊은 수심에서 수행된 7번의 조사가 그룹 B로 구분되었다(Fig. 8).

분리된 세 그룹의 개체수 및 생체량을 분석한 결과, 어종수는 그룹 A 평균 28.8종, 그룹 B 평균 21.0종과 그룹 C 평균 16.0종으로 그룹 A는 B와 C에 비해 종수가 많았고($P=0.040$, $P=0.010$), B와 C는 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

단위면적당개체수(inds./km²)는 그룹 A에서 평균 199,866

Table 1. Species composition of demersal fishes collected by Danish seine in the middle East Sea from 2011 to 2013 (unit : inds./km²)

Family name	Scientific name	East Sea species	Resident/ migratory	2011				2012			2013		
				Feb.	Jun.	Aug.	Nov.	Mar.	Jul.	Dec.	Apr.	Aug.	Dec.
Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>		M	53		69	32	662	14			18	73
Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>		M	86	1178	286	50	362	431	21	2389	236	60
	<i>Theragra chalcogramma</i>	+	M	8		51							
Lophiidae	<i>Lophius litulon</i>		R			63							
Scorpaenidae	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>		R									2	
	<i>Sebastes minor</i>	+	R				201						
Hexagrammidae	<i>Sebastes owstoni</i>	+	R	432	40	42		825	563		496	28	105
	<i>Hexagrammos otakii</i>		R	12						10			26
Cottidae	<i>Pleurogrammus azonus</i>	+	M	109						107			106
	<i>Alicichthys alcicornis</i>	+	R									2	
Cottidae	Cottidae sp.1	+	R			13							
	<i>Cottiusculus schmidti</i>		R						5940	1361		1222	454
Cottidae	<i>Cottiusculus</i> sp.	+	R			63					15		
	<i>Enophrys diceraus</i>	+	R			277	1100	273	21				
Cottidae	<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	+	R	85		63	71	28		284		14	106
	<i>Hemilepidotus gilberti</i>	+	R			325	134	111	193	755	92	26	
Cottidae	<i>Icelus cataphractus</i>	+	R		6070	74		553	43236		38	1885	421
	<i>Icelus ochotensis</i>	+	R		74	32			14			10	
Cottidae	<i>Icelus toyamensis</i>	+	R					253			26		
	<i>Myoxocephalus</i> sp.	+	R			51							
Cottidae	<i>Taurocottus bergii</i>	+	R	13							26	71	51
	<i>Triglops jordani</i>	+	R	103		47953		458	104	936	38	165	621
Cottidae	<i>Triglops szepticus</i>	+	R					27	265				172
	<i>Blepsias</i> sp.	+	R			46							
Hemipteridae	<i>Hemipterus villosus</i>		R	13			233	8					66
	Agonidae sp.	+	R				54						
Agonidae	<i>Anoplagonus occidentalis</i>	+	R					15					53
	<i>Freemanichthys</i> sp.	+	R						14				
Agonidae	<i>Freemanichthys thompsoni</i>	+	R	40		218	128	14		862		110	715
	<i>Hypsagonus corniger</i>	+	R			697	34		653			149	
Agonidae	<i>Hypsagonus proboscoidalis</i>	+	R			17							
	<i>Leptagonus leptorhynchus</i>	+	R	13		1529	84	312	41	520		63	329
Psychrolutidae	<i>Tilesina gibbosa</i>	+	R	13		187	67	14	193		26	35	13
	<i>Dasycottus setiger</i>	+	R	4487	7565	1337	482	1395	1468	148	1396	250	1156
Psychrolutidae	<i>Malacocottus gibber</i>	+	R	885	58	363	158		9		216		
	<i>Malacocottus zonurus</i>	+	R			52							
Cyclopteridae	<i>Psychrolutes paradoxus</i>	+	R			63						8	
	<i>Aptocyclus ventricosus</i>	+	M			16	88		9				
Cyclopteridae	<i>Cyclopteropsis bergi</i>	+	R		27							8	60
	<i>Eumicrotremus birulai</i>	+	R	1669	348	814	17	2214	180	148	1781	24	147
Liparidae	<i>Careproctus rastrinus</i>	+	R	863	470	26	398	14	111		233	8	
	<i>Crystallichthys matsushimae</i>	+	R	60	57	246	48	51	11		174	2	13
Liparidae	<i>Liparis agassizii</i>	+	R				16						
	<i>Liparis ochotensis</i>	+	R	181	26	98	74	249		74	303		
Liparidae	<i>Liparis tessellatus</i>	+	R	238	15	147	17	78	14		13	6	26
	<i>Bothrocara hollandi</i>	+	R	12147	4444	3523	7257	2601	15634	1213	5907	1682	11
Zoarcidae	<i>Lycodes nakamurae</i>	+	R	1265	226	501		81	86		127	8	
	<i>Lycodes sadoensis</i>	+	R		62				79				
Zoarcidae	<i>Lycodes tanakae</i>	+	R	514	1729	349	29	946	34		113	37	40
	<i>Petoschmidtia toyamensis</i>	+	R	23	15		96		181		162	4	
Stichaeidae	<i>Anisarchus macrops</i>	+	R	13		17							
	<i>Anisarchus macrops</i>	+	R						14				
Stichaeidae	<i>Askoldia variegata knipowitschi</i>	+	R			109	17						
	<i>Chirolophis snyderi</i>	+	R					39					
Stichaeidae	<i>Lumpenella longirostris</i>	+	R	9264	619	972	519	27	1005		1009		
	<i>Lumpenus sagitta</i>	+	R			184		21732		128		27	
Stichaeidae	<i>Stichaeus grigorjewi</i>	+	R			17	17						
	<i>Arctoscopus japonicus</i>	+	M	43656	337	62357	148379	231873	14650	988310	15896	1138	33071
Pleuronectidae	<i>Acanthopsetta nadeshnyi</i>	+	R			155							
	<i>Glyptocephalus stelleri</i>		R	8514	20533	7893	5644	28066	67422	23476	1928	2643	6475
Pleuronectidae	<i>Hippoglossoides dubius</i>	+	R		285	509	449	392	184	153	11	42	29
	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>		R	311	62	325	117	12					13
Pleuronectidae	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	+	R	40		337							

Table 2. Species composition of demersal fishes collected by Danish seine in the southern East Sea from 2011 to 2013 (unit : inds./km²)

Family name	Scientific name	East Sea species	Resident/ migratory	2011				2012			2013			
				Feb.	Jun.	Sep.	Nov.	Apr.	Jul.	Dec.	Jun.	Aug.	Dec.	
Rajidae	<i>Raja pulchra</i>		R			14								
Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>		M	8088	905	2480	1166	46	236	60832	75	5822	324	
Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>		M	825	234	1190	123	28	329	335	295	561	3218	
Lophiidae	<i>Lophius litulon</i>		R	48										
Scorpaenidae	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>		R	273	28			39	11	270	22			
	<i>Sebastes minor</i>	+	R								22			
	<i>Sebastes owstoni</i>	+	R		230			133	33		11			
Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>		R	52							32			
	<i>Pleurogrammus azonus</i>	+	M								108			
Cottidae	<i>Alcichthys alcicornis</i>	+	R	506			13				908			
	<i>Cottiusculus schmidti</i>		R				98			1423	1066	944	23	
	<i>Cottiusculus</i> sp.	+	R	927	8674		1658							
	<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	+	R					68			51975		26818	
	<i>Gymnocanthus intermedius</i>	+	R								1601			
	<i>Hemilepidotus gilberti</i>	+	R						44		106	22	2063	
	<i>Icelus cataphractus</i>	+	R		2337	961	98		401		9303	25074	1722	
	<i>Icelus toyamensis</i>	+	R					174	645					
	<i>Taurocottus bergii</i>	+	R											661
	<i>Triglops jordani</i>	+	R											1086
Hemitripterae	<i>Hemitripterus villosus</i>		R	109						16				
Agonidae	<i>Freemanichthys thompsoni</i>	+	R											1601
	<i>Hypsagonus corniger</i>	+	R		14									1572
	<i>Leptagonus leptorhynchus</i>	+	R		28						11	11	3562	
	<i>Aspidophoroides monopterygius</i>	+	R								126		12	
Psychrolutidae	<i>Dasycottus setiger</i>	+	R	205	7407	18838	12069	4780	14123	106	18141	6050	421	
	<i>Psychrolutes paradoxus</i>	+	R		72									
Cyclopteridae	<i>Cyclopteropsis bergi</i>	+	R					53	523					25
	<i>Eumicrotremus birulai</i>	+	R		234	71	121	297	915		382	22	46	
Liparidae	<i>Careproctus rastrinus</i>	+	R											11
	<i>Crystallichthys matsushimae</i>	+	R			35	62	43	206		11	11	11	
	<i>Liparis ochotensis</i>	+	R		52		41	257	561					
	<i>Liparis tessellatus</i>	+	R	10464	29553	2176	412	5154	2204	667	1621	770	48	
Zoarcidae	<i>Bothrocara hollandi</i>	+	R			2726	6034	13065	5745		673	7683		
	<i>Davidjordania poecilimon</i>	+	R											12
	<i>Lycodes nakamurae</i>	+	R			18981	2651		865		75	5655		
	<i>Lycodes sadoensis</i>	+	R			450	806		33			494		
	<i>Lycodes tanakae</i>	+	R			669		13	142		278	247		
	<i>Petroschmidtia toyamensis</i>	+	R			2267	12					11		
	<i>Zoarces gillii</i>		R								11			
Stichaeidae	<i>Anisarchus macrops</i>	+	R		135									
	<i>Lumpenus sagitta</i>	+	R	147	1747						119			
	<i>Stichaeus grigorjewi</i>	+	R	39		83	191							
Trichodontidae	<i>Arctoscopus japonicus</i>	+	M	211	11002	37204	3185	132923	27422	19110	2207	5129	10899	
Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>		M								238			
Stromateidae	<i>Pampus echinogaster</i>		M	96										
Pleuronectidae	<i>Dexistes</i> sp.		R					10						
	<i>Eopsetta grigorjewi</i>		R					10						
	<i>Glyptocephalus stelleri</i>		R	465619	189517	712672	53626	21456	19507	187193	23747	22886	61756	
	<i>Hippoglossoides dubius</i>	+	R	879	508	783	951		12	40	186	604		
	<i>Microstomus achne</i>		R					39						
	<i>Platichthys stellatus</i>	+	R									11		
	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>		R	2438	235		109				74			
	<i>Pleuronectes mochigarei</i>	+	R								22		11	
	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	+	R	271							1637			

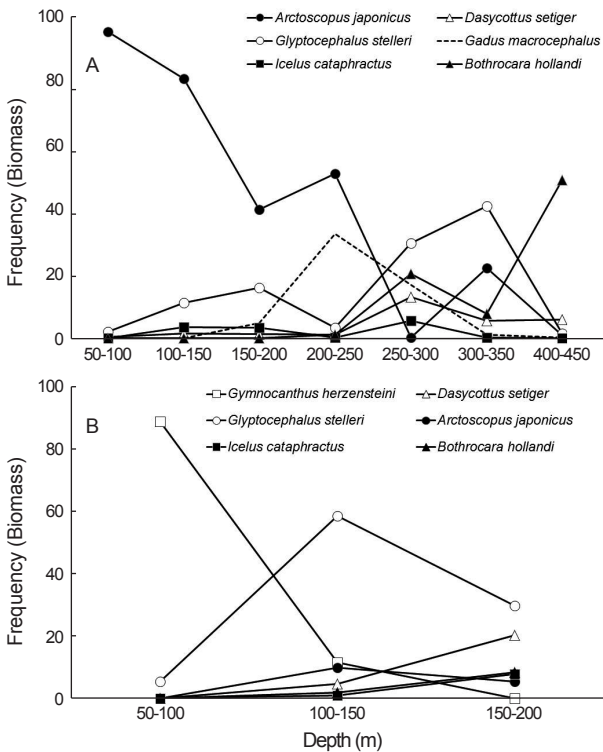


Fig. 5. Biomass of dominant demersal fish species by depth caught Danish seine survey in the East Sea (A, middle; B, southern).

inds./km², B의 평균 144,163 inds./km²와 C에서 평균 338,039 inds./km²로 그룹간 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 개체수에서는 도루묵과 기름가자미가 극우점하였고, 이 두 종의 개체수가 전체 개체수의 변동에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 단위면적당생체량(kg/km²)은 그룹 A에서 평균 228,564 kg/km², 그룹 B에서 평균 189,338 kg/km²와 그룹 C에서는 평균 385,227 kg/km²로 나타나 그룹 간에 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$).

그룹별 생태지수의 차이를 분석한 결과, 종다양도는 그룹 A에서 평균 1.29, B에서 평균 1.36, C에서는 평균 0.70으로 나타나 그룹간 차이를 보이지 않았다($P>0.05$, Fig. 9).

군집별 우점종 분석

그룹별 개체수 우점종을 분석한 결과(Table 3), 그룹 A에서는 도루묵이 전체 개체수의 77.0%, 기름가자미가 8.6%를 차지하여 도루묵과 기름가자미의 합은 전체 개체수의 85.7%를 차지할 정도로 우점도가 높았다. 청자갈치, 줄가시횃대와 줄단횃대(*Triglops jordanii*)는 유사한 서식밀도를 보였으며 전체 개체수의 2.5-2.7%를 차지하였다.

그룹 B에는 A에 비해 특정 어종의 극우점 현상이 적었는데, 기름가자미가 전체의 47.0%, 도루묵이 21.7%를 차지하였다. 대구횃대와 고무겨정이는 유사한 개체수를 보였고, 줄가시횃

대와 청자갈치는 전체의 3.7%, 3.6%를 차지하였다.

그룹 C에서는 기름가자미가 전체의 83.1%, 청어 6.8%로 두 종이 전체 개체수의 89.9%를 차지하여 극우점하였다. 또한 물메기(*Liparis tessellatus*)와 도루묵은 각각 전체의 4.0%와 3.0%를 나타냈다.

그룹별 생체량 우점종을 분석한 결과(Table 3), 그룹 A에서는 도루묵이 전체의 73.8%로 극우점하였고, 기름가자미 9.0%, 청자갈치 3.8% 등의 순으로 우점하였다.

그룹 B에서는 특정 어종에 의한 극우점 현상이 적었는데, 기름가자미가 전체 생체량의 33.3%, 대구횃대 24.3%로 두 종이 전체 생체량의 57.6%를 차지하였다.

그룹 C는 A와 같이 특정 어종의 극우점 현상을 보였는데, 기름가자미 75.8%, 청어 6.0%로 두 종이 전체 생체량의 81.8%를 차지하였다

고찰

2011년부터 2013년까지 3년간 동해 중남부 해역에서 상업어선인 동해구외끌이중형저인망으로 채집된 어류는 총 76종이며 이 중 동해종은 59종으로서 전체 어종의 77.6%를 차지하였고, 동해 중부해역은 동해종의 비율이 85.7%로서 남부해역의 70.4%보다 높았다. 본 동해구외끌이중형저인망 조사는 동해 중부해역에서는 평균 220 m, 남부에서는 평균 130 m의 수심에서 실시하여, 수온이 낮고 깊은 수심에서 서식하는 특성을 가진 동해종이 상대적으로 동해 중부해역에서 출현 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 동해종 중에서 일부 어종들은 깊은 수심에서 생활하다가 산란기가 되면 낮은 수심의 연안으로 이동하는 특성을 가진 개체들이 있어 낮은 수심에서만 조사가 이루어진 남부연안에서는 조사 시기에 따라 동해종의 비율이 큰 차이를 보였을 것으로 판단된다(Choi et al., 2013a, b; Sohn et al., 2014a, b).

중부해역의 주요 우점종은 도루묵으로 전체의 78.0%, 기름가자미 8.7%로 우점하였으며 다음으로는 비상업종인 청자갈치, 줄단횃대, 줄가시횃대 순이었다. 도루묵은 중부해역에서 12월에서 이듬해 3월 사이에 매우 높은 서식밀도를 보였는데, 이는 Yang et al. (2012)의 도루묵의 어장분포가 연안을 중심으로 형성된다는 결과와 유사하게 나타나 도루묵의 산란 회유특성과 산란장을 중심으로 밀집하는 특성을 잘 반영하였다. 남부해역은 기름가자미가 전체의 65.1%로 최우점하였고, 도루묵 12.3%, 고무겨정이 4.1%, 청어 4.0%의 순이었다. 남부해역은 중부해역에 비해 경사가 완만하고 대륙붕이 넓게 발달하여 있어 기름가자미와 고무겨정이 등의 서식밀도가 높았을 뿐만 아니라, 기름가자미가 상업적으로 중요한 어획대상이며, 서식밀도가 높은 130-180 m 수심에서 주로 조업을 하기 때문에 기름가자미의 우점도가 높았던 것으로 판단된다.

중부해역의 생체량은 조사 시기에 따라 큰 차이를 보이는데, 주요 우점종인 도루묵의 어획량 변화에 의한 것으로 도루묵은

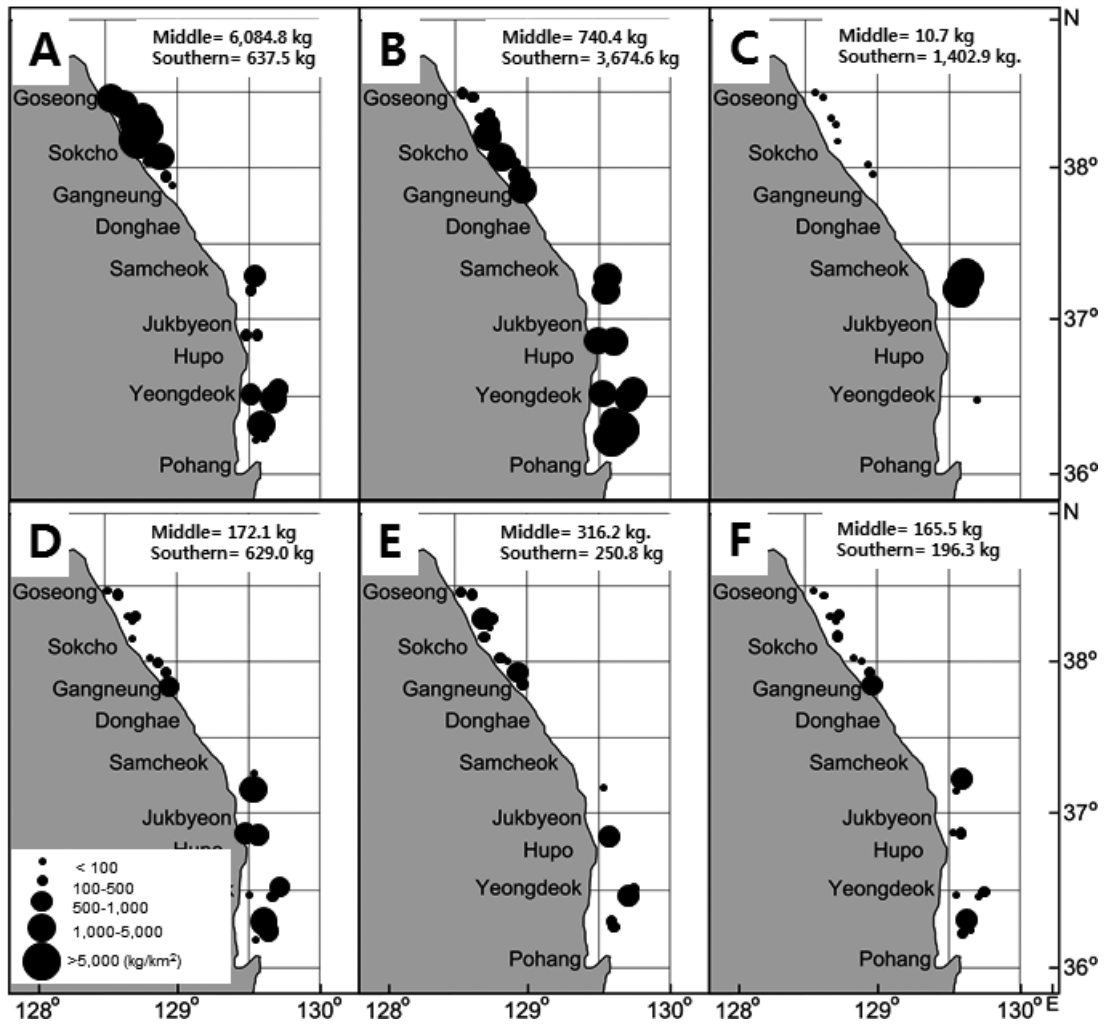


Fig. 6. Spatial distribution of biomass (kg/km²) of six dominant species caught Danish seine survey in the East Sea (A, *Arctoscopus japonicus*; B, *Glyptocephalus stelleri*; C, *Gymnocanthus herzensteini*; D, *Dascottus setiger*; E, *Bothrocara hollandi*; F, *Gadus macrocephalus*).

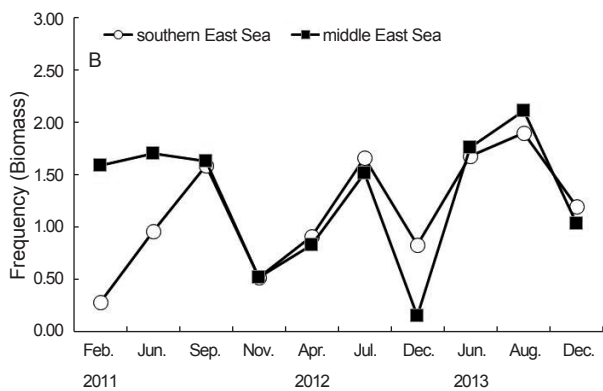


Fig. 7. Variation in species diversity (H') of demersal fish by sampling period collected by Danish seine in the East Sea.

산란을 위해 11-12월에 강원 연안으로 이동하여 산란을 마치고 깊은 수심으로 이동하며 수온이 상승하는 봄철에는 동해 남부해역으로 이동하는 특성을 가지고 있다(NFRDI, 2010a; Yang et al., 2012). 이러한 도루묵의 산란회유 특성으로 인하여 11월부터 이듬해 3월 사이의 중부해역의 생체량이 높은 반면 그 외에는 상대적으로 생체량이 감소하는 경향을 보였다. 남부해역은 조사시기에 따른 생체량의 차이가 비교적 적은 경향을 보였는데, 이는 전체 생체량의 45.4%를 차지하는 기름가자미 생체량이 일정수준을 유지하고, 조사수심에 따라 대구횃대(17.4%), 도루묵(7.9%), 고무꺼정(7.8%) 등의 생체량 변동이 적었기 때문으로 판단된다. 따라서 동해구의끌이중형저인망을 이용한 어업은 중부해역에서는 산란을 위해 회유하는 도루묵을 대상으로 조업이 이루어지고, 남부해역은 수심이 일정하고 펄의 함량이 높고 대륙붕이 잘 발달된 곳에서 서식하는 기름가자미를 대

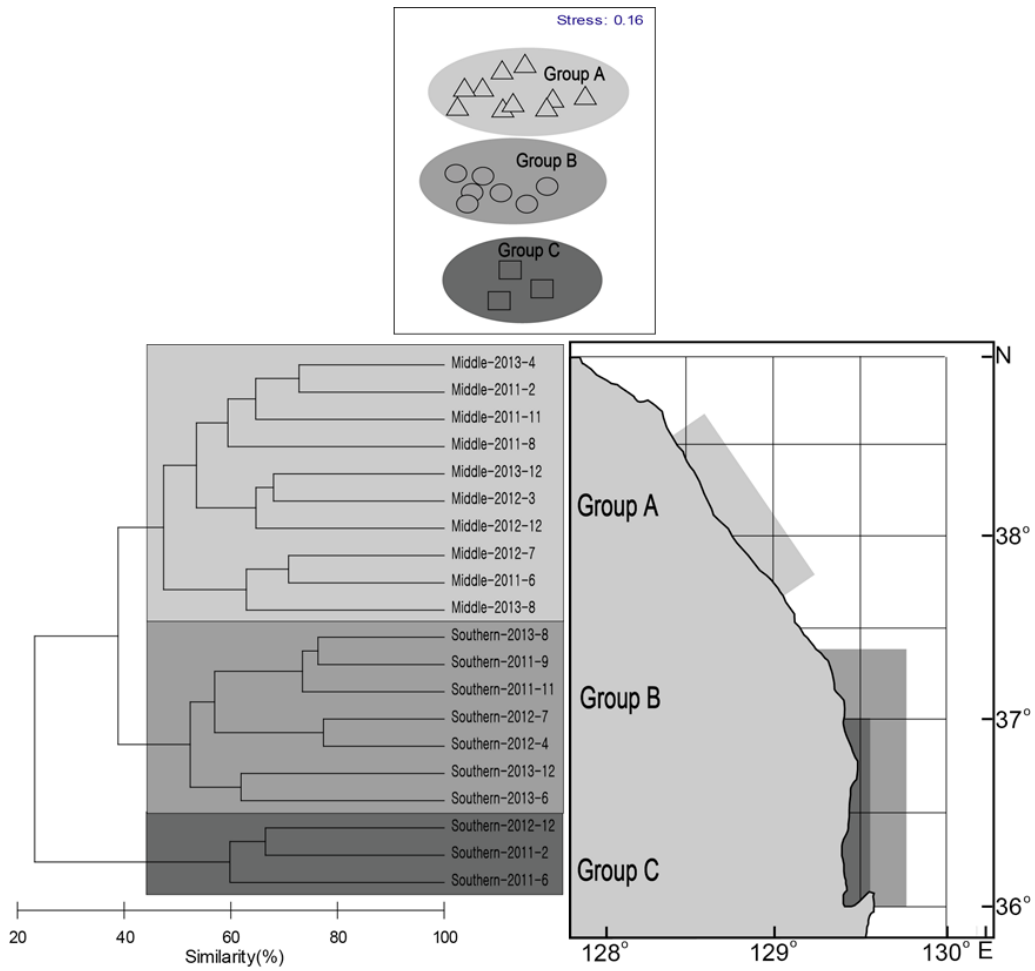


Fig. 8. Dendrogram based on cluster analysis of demersal fishes collected by Danish seine survey in the middle and southern East Sea.

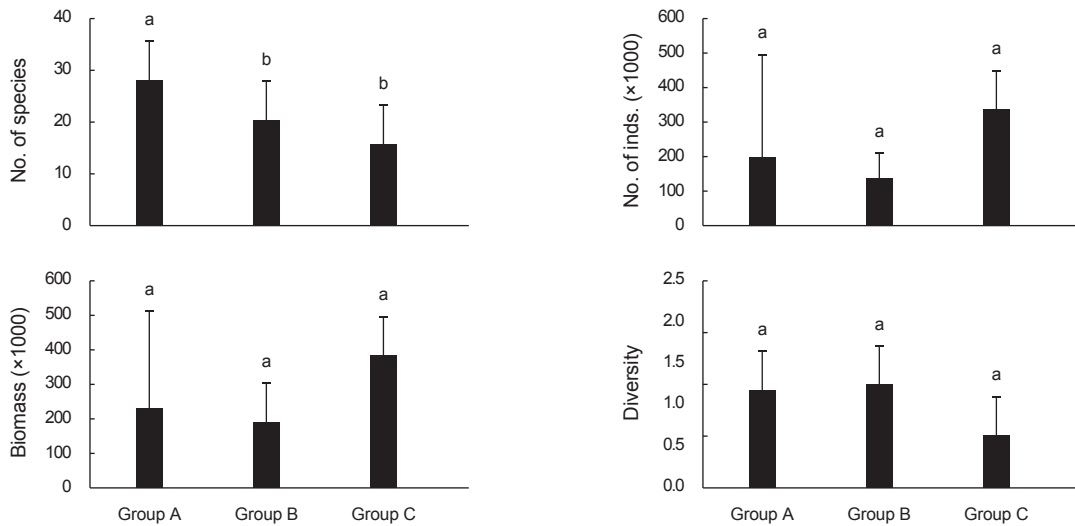


Fig. 9. Mean and standard deviation in community indices for three groups defined by the cluster analysis of Danish seine survey in the middle and southern East Sea. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

Table 3. Abundance of dominant species among three groups divided by cluster analysis by Danish seine in the middle and southern East Sea (Mean±SD)

Species	Numer of individuals (inds./km ²)		
	Group A	Group B	Group C
<i>Allolepis hollandi</i>	5,442±5,018	5,132±4,521	0
<i>Arctoscopus japonicus</i>	153,967±302,368	31,281±46,753	10,107±9,481
<i>Clupea pallasii</i>	92±202	1,450±2,116	23,275±32,723
<i>Dasycottus setiger</i>	1,968±2,312	10,632±7,041	2,573±4,187
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	17,259±19,581	67,749±84,674	280,776±160,083
<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	65±86	11,266±20,543	0
<i>Icelus cataphractus</i>	5,228±13,486	5,366±9,290	779±1,349
<i>Liparis tessellatus</i>	55±78	1,769±1,715	13,561±14,690
<i>Lycodes nakamurai</i>	229±395	4,033±6,907	0
<i>Triglops jordani</i>	5,038±15082	155±410	0
	Biomass (kg/km ²)		
<i>Allolepis hollandi</i>	316±258	358±267	0
<i>Arctoscopus japonicus</i>	6,085±12,232	760±754	352±413
<i>Clupea pallasii</i>	3±4	49±54	458±461
<i>Dasycottus setiger</i>	172±191	809±627	208±352
<i>Gadus macrocephalus</i>	166±236	251±304	68±38
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	740±566	2,755±1,929	5,821±2,745
<i>Gymnocanthus herzensteini</i>	11±11	2,004±3,513	0
<i>Icelus cataphractus</i>	123±201	249±462	9±16
<i>Liparis tessellatus</i>	3±4	71±69	436±545
<i>Lycodes nakamurai</i>	22±37	381±653	0
<i>Lycodes tanakae</i>	64±113	209±390	0

상으로 조업이 이루어지고 있다(NFRDI, 2010a).

종다양도지수는 종 수가 증가함에 따라 증가하고 반대의 경우에는 감소하는 특성을 보이는데, 동해구외끝이중형저인망 조사에서 중부해역은 도루묵이 극우점하는 시기에는 종수가 감소하고 개체수 및 생체량에서 도루묵이 극우점하는 경향을 보이며 종다양도 값이 낮아지는 경향을 보였다. 또한 남부해역은 겨울철에 높은 어획량을 보이는 기름가자미와 낮은 수심에서 높은 어획량을 보였던 대구횃대, 봄철에 중부해역에서 남하하는 도루묵 어획으로 종다양도지수가 감소하는 변동특성을 보였다. 동해구외끝이중형저인망 조사에 있어, 중부해역은 수심이 급격히 깊어지고 경사가 심하지만 남부해역은 대륙붕이 넓게 발달하고 수심이 얕아서 두 해역간 어종 차이가 나타났다. 즉 중부해역의 50-100 m에서 도루묵이 극우점하며 가장 높은 생체량을 보였지만, 200-350 m에서는 대구와 기름가자미, 400-450 m에서는 비상업종인 청자갈치가 49%로 우점하였다. 이러한 결과는 중부해역에서 트롤조사를 이용한 Yoon et al. (2008)과 Sohn et al. (2010)의 연구결과인 300 m 이심에서는 대구, 고무꼭정어, 기름가자미 등이 우점하고, 400-900 m 수심에서는 청

자갈치가 우점하는 비슷한 어류분포 특성을 보였다. 반면 남부해역은 수심이 200 m 미만으로 100 m 이심에서는 대구횃대가 극우점하였고, 100-200 m에서는 기름가자미, 고무꼭정어, 떡갈치가 많이 출현하여 Sohn et al. (2014a)이 삼중자망을 이용한 조사와 유사한 어류분포 특성을 보였다.

군집분석 결과, 동해 중남부 해역의 어류 군집 구조는 중부해역 전체가 한 개 그룹, 남부해역의 수심에 따른 두 그룹으로 분리되어 총 세 개의 그룹으로 나누어졌다. 그룹간 유의한 차이는 없었지만 그룹 A가 그룹 B와 C에 비해 종수가 많은 것으로 나타났는데, 그룹 A는 평균 수심이 200 m 이심으로 수온이 낮아 그룹 B와 C에서 출현하지 않은 가시가자미(*Acanthopsetta nadeshnyi*), 가시베도라치(*Lumpenella longirostris*), 얼룩피도라치(*Ascoldia variegata*) 등 10여종의 냉수성 어종이 출현하였기 때문에 판단된다(Kim et al, 2005).

그룹별로 우점종을 분석한 결과 그룹 A에서는 200 m보다 얕은 곳에서는 도루묵, 200-300 m에서는 기름가자미, 300 m 이상에서는 청자갈치가 우점했고, 그룹 B에서는 100-200 m에서는 기름가자미와 도루묵, 100 m보다 낮은 수심에서는 대구횃

대가 우점하였고 그룹 C에서는 기름가자미가 극우점하는 경향을 보였다. 그룹 A와 그룹 B의 어류군집의 가장 큰 차이는 그룹 A에서는 도루묵, 졸단횃대, 가시베도라치의 출현빈도가 높았던 반면, 그룹 B에서는 기름가자미, 대구횃대, 고무క్క정어, 물메기 등 퇴적물 중에 펄의 함량이 높은 곳에서 높은 서식밀도를 보이는 어종이 많이 출현하는 경향을 보였다(Sohn et al., 2014a). 그룹 A와 그룹 C의 어류군집의 차이를 보면 그룹 A는 도루묵, 청자갈치, 줄가시횃대 등이 상대적으로 높은 서식밀도를 보여 냉수성 및 심해성 어종이 출현하는 특징을 보였던 반면 그룹 C는 기름가자미, 청어와 물메기 등의 개체수가 높아 그룹 A와 C의 수심에 따른 우점종의 차이를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다(Park et al., 2007; Yoon et al., 2008; Sohn et al., 2010; Choi et al., 2012; Sohn et al., 2014a).

도루묵은 그룹 A에서 전체 생체량의 73.8%를 차지할 정도로 극우점하는 경향을 보였지만 그룹 B와 C에서는 각각 9.2%와 4.6%를 차지할 정도로 감소하는 경향을 나타내 산란을 위해 강원 북부연안으로 밀집하여 이동하는 도루묵의 특성을 이용하여 겨울철에 집중적으로 어획하는 동해구의끝이중형저인망 어업의 특징을 잘 반영하고 있다(NFRDI, 2010a ; Yang et al., 2012). 그룹 B와 C에서는 기름가자미가 최우점종으로 나타났는데, 수심이 얇은 그룹 C에서 어획되는 기름가자미의 평균 체장이 작고 미성숙 개체의 비율이 높은 것으로 보아 기름가자미는 연안에서 산란하고 100 m 이하의 얇은 수심에서 성육하고 성장하면서 150-200 m 수심으로 이동하는 경향을 보여 울진과 후포 연안조사 및 동해 심해 트롤조사 결과와 일치하는 경향을 보였다(Park et al., 2007; Lee, 2011; Sohn et al., 2013). 또한 그룹 B의 대구횃대, 그룹 C의 청어, 물메기의 생체량이 얇은 수심에서 높았던 반면, 그룹 B의 150 m 이심에서는 청자갈치, 멍갈치, 고무క్క정어 등이 높은 생체량을 보여 Park et al. (2007)과 Sohn et al. (2010)의 수심의 변화에 따른 어류군집의 분포 특성과 유사한 결과를 보였다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(동해연안어업 및 환경생태조사, RP-2015-FR-018)의 지원으로 수행되었으며, 연구의 수행에 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

References

- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Choi KH, Han MH, Kang CK, Park JM, Choi JH, Park IH, Sohn MH, Baeck GW, Choy EJ and Lee CI. 2012. Seasonal variations in species composition of fish assemblage collected by trammel net in coastal waters of the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 415-427.
- 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, Park JH, Yoon SC, Lee JB, Sohn MH, Park JH, Yang JH, Yoon BS. 2012. Final Report on the Research of Fisheries Resources by Trammel Net in Gangwon Province. West Sea Fisheries Research Institute, 93.
- Choi YM, Yoon BS, Kim HS, Park JH, Park KY, Lee JB, Yang JH and Sohn MH. 2013a. Feeding Habits of *Lycodes tanakae* in the coastal waters of the middle East Sea, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 843-850. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0843>.
- Choi YM, Yoon BS, Park JH, Park KY, Sohn MH, Lee JB and Kim JW. 2013b. Maturation and spawning of the flathead flounder *Hippoglossides dubius* off the coast of Gangwon province, East Sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 835-842. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0835>.
- Froses R and Pauly D. 2014. Fishbase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, ver 06/2014.
- Gong Y, Suh YS, Seong KT and Han IS. 2010. Climate change and marine ecosystem. Academy Book. Seoul, Korea, 278.
- 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 Youngil Bay, East Sea of Korea. *J Kor Fish Soc* 41, 353-362.
- Hwang SD, Park YJ, Choi SH and Lee TW. 1997. Species composition of fish collected by trammel net off Heunghae, Korea. *J Kor Fish Soc* 30, 105-113.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing. Seoul, Korea, 615.
- 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 Kor Soc Fish Tech* 43, 347-354.
- Lee DW, Lee JB, Kim YH and Kang S. 2011. Analysis of species assemblages caught by large-pair-trawler in Korean waters. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 499-505. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0499>.
- Lee HW, Hong BK, Sohn MH, Chun YY, Lee DW, Choi YM and Hwang KS. 2010. Seasonal variation in species composition of fish collected by trammel net around Dokdo, East Sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 693-704. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0693>.

- Lee SI, Hwang SJ, Yang JH and Shim JM. 2008. Seasonal variation in species composition of gill net and trammel net catches in the coastal waters off Wangdol-cho. *Kor J Ichthyol* 20, 291-302.
- Lee TW. 2011. Seasonal variation in species composition of demersal fish in the coastal water off Uljin and Hupo in the East Sea of Korea in 2002. *Kor J Ichthyol* 23, 187-197.
- NFRDI. 2010a. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters, 5th ed. Yemunsa. Busan, 405.
- NFRDI. 2010b. Korean coastal and offshore fishery census, Gangwon Province. Busan, Korea, 199.
- NFRDI. 2010c. Korean coastal and offshore fishery census, Gyeongbuk Province and Ulsan City. Busan, Korea, 327.
- Park HH. 2013. Fishing investigation with trammel nets by mesh size in the Korean deep-water of the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 1-17.
- 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 Kor Soc Fish Tech* 43, 183-191.
- Park JH, Choi YM, Park JH and Sohn MH. 2013a. Fishing conditions in the East Sea, 2012. ESFRI Gangneung, Korea, 324.
- Park JH, Ji HS, Yoon BS, Choi YM, Ban TW and Kim JK. 2013b. First record of a snailfish, *Careproctus colletti* (Scorpaeniformes: Liparidae) from the East Sea, Korea. *Kor J Ichthyol* 25, 46-49.
- Park JH, Yoon BS, Sohn MH, Choi YM and Kim JK. 2014. First record of a Poacher, *Aspidophoroides monopterygius* (Scorpaeniformes: Agonidae) from the East Sea, Korea. *Kor J Ichthyol* 26, 345-348.
- Prado J. 1990. Fisherman's workbook. Blackwell Publ Co, Oxford, 192.
- Shannon CE and Weaver W. 1964. The mathematical theory of communication. Illinois Univ Press Urbana, 125.
- 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.
- 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 Kor Soc Fish Tech* 46, 376-391.
- Sohn MH, Yang JH, Park JH, Lee HW, Choi YM and Lee JB. 2013. Stock assessment and optimal catch of blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* in the East Sea, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 598-606. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0598>.
- Sohn MH, Yoon BS, Park JH, Choi YM and Yang JH. 2014a. Species composition and distribution of trammel net catches in the coastal water of Gangwon Province, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 945-959. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0945>.
- Sohn MH, Yoon BS, Park JH, Choi YM, Lee JB, Lee HW, Cha HK and Yang JH. 2014b. Maturity and spawning of *Lycodes tanakae* in the coastal waters of the middle East Sea. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 255-263. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0255>.
- Yang JH, Lee SI, Park KY, Yoon SC, Kim JB, Chun YY, Kim SW and Lee JB. 2012. Migration and distribution changes of the sandfish, *Arctoscopus japonicas* in the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 48, 401-414.
- 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 Kor Soc Fish Tech* 44, 323-344.