

경상북도 후포와 강원도 장호에서 정치망으로 채집된 어류 종조성 비교

강정하 · 김이경 · 박중연 · 김진구¹ · 유정화^{2*} · 강충배³ · 박정호⁴

국립수산과학원 생물공학과, ¹부경대학교 자원생물학과, ²유정화해양연구소, ³국립해양생물자원관, ⁴국립수산과학원 동해수산연구소

Comparison of Fish Species Composition Collected by Set Net at Hupo in Gyeong-Sang-Buk-Do, and Jangho in Gang-Won-Do, Korea

Kang Jung-Ha, Yi-Gyeong Kim, Jung-Youn Park, Jin-Koo Kim¹, Jung-Hwa Ryu^{2*}, Chung-Bae Kang³ and Jeong-Ho Park⁴

Biotechnology Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Ryujunghwa Marine Research Institute, Busan 614-811, Korea

³Marine Biodiversity Institute of Korea, Seocheon 325-900, Korea

⁴East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

Two major temperature fronts, the Subpolar (Gosung, Gang-won-do; 38°-41° N) and Thermal (Jukbyun, Gyeong-sang-buk-do; 36°-37° N) fronts, are found in the East Sea along the east coast of Korea. These are located roughly where the Tsushima Warm Current and North Korea Cold Current intersect. To clarify the effect of the Thermal Front, we investigated seasonal variation in fish species composition using set nets in two areas located north (Jangho, Gang-won-do) and south (Hupo, Gyeong-sang-buk-do) of Jukbyun, Gyeong-sang-buk-do, and compared the sea water temperature and salinity. We collected a total of 38 fish species in Hupo and 25 in Jangho. *Trachurus japonicus* was the most common species at both sites, but the subdominant species differed. At Hupo, the subdominant species were *Konosirus punctatus* and *Diodon holocanthus*, whereas *Clupea pallasii* and *Scomber japonicus* were subdominant at Jangho. Based on Froese and Pauly (2014), subtropical fishes accounted for 55% of fish in Hupo but only for 33% in Jangho. The difference in fish species composition was most obvious in May and August. According to the Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, sea surface temperature and salinity were slightly higher at Hupo than at Jangho. Our findings suggest that the oceanographic boundary resulting from the Thermal Front near Jukbyun, Gyeong-sang-buk-do may have a major effect on the distribution of migratory fish species.

Key words: Fish, Species composition, Hupo, Jangho, East Sea, Thermal front

서론

우리나라 동해는 해안선이 단조롭고, 섬과 만이 거의 없으며, 해류 역시 매우 단조로운 구조를 이룬다. 동해는 수심 300-400 m의 표층수와 그 이심의 동해고유수로 구분되며, 동해의 해황은 이들 두 수괴의 상호작용으로 변동한다. 또한, 동해에는 북상하는 대마난류와 남하하는 북한한류가 북위 38-41° 부근에서 충돌하여 동서방향으로 아극전선(subpolar front)이 형성된다(Isoda, 1991; Cho et al., 2004). 그외 동해 남부의 대마난류 수괴를 중심으로 주변의 수괴들이 만나 형성되는 상대적으로

불안정한 열전선이 존재한다(Choi et al., 2010). 동해에 형성되는 것으로 알려진 다양한 전선은 동중국해에서 산란된 고등어, 전갱이, 꽂치 등 회유성 어종의 유어가 동해로 수송되는 도중에 풍부한 먹이를 제공해 준다(Cho et al., 2004). 이처럼 전선역은 풍부한 생산력으로 다양한 해양생물이 서식하기에 적합하며(Browan and Easias, 1977; Gong and Son, 1982), 전선역이 생물에 미치는 영향에 대해 동물플랑크톤(Park et al., 1998; Rebstock and Kang, 2003), 오징어(Cho et al., 2004), 멸치(Lee and Kim, 2007) 등을 대상으로 한 연구가 있으나 어류 분포에 관한 연구는 없다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0424>



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

Kor J Fish Aquat Sci 47(4) 424-430, August 2014

Received 30 May 2014; Revised 14 July 2014; Accepted 8 August 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 894. 7262 Fax: +82. 51. 895. 7845

E-mail address: okdom-ryu@hanmail.net

우리나라 동해에 출현하는 어류는 439종(Kim and Nam, 2003)으로, 제주도 619종(Kim and Lee, 1994), 서해 304종(Lee, 2003), 남해 301종(Han, 2003)과 비교하면 두번째로 다양한 어종이 출현하는데, 이는 동해에 난류성 및 한류성 어종이 공존하기 때문이다(Lee, 2011). 동해에서 수행된 어류상 조사는 경남 울산에서 정치망으로 6회 89종(Han et al., 2002), 경북 영일만에서 정치망으로 12회 82종(Han et al., 1997), 강원도 고성에서 정치망으로 4회 36종(Ryu et al., 2005) 등 단편적인 보고만 있을 뿐 동해 전선이 어류분포에 미치는 영향에 대한 연구는 없다.

본 연구에서 조사 대상으로 삼은 정치망 어업은 회유성 어군을 유도해서 어획하는 소극적인 어업이지만, 채집효율이 높고 다양한 어류를 채집하기에 매우 적합한 것으로 알려져 있다(Go and Shin, 1988; Cha et al., 2001, 2004; Kim et al., 2003). 특히 정치망에서 어획되는 어류 종조성은 비교적 뚜렷한 계절 변동을 보이기 때문에(Hwang et al., 2006) 전선이 어종 분포에 미치는 영향을 파악하기에도 매우 적합한 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구는 동해에 형성되는 2개의 전선 중 동해남부(경상북도)와 중부(강원도) 사이에 형성되는 불안정한 열전선을 중심으로 수온/염분의 계절 변동과 어류 종조성의 계절변동을 비교하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 2006년 11월부터 2007년 8월까지 계절별(11, 2, 5, 8월)로 총 4회 경상북도 울진군 후포 및 강원도 삼척시 장호(Fig. 1)의 2개 지역에서 정치망 조사를 실시하였다. 정치망에서 1일간 어획된 어류는 전량 채집하여 종조성 조사를 실시하였다. 채집된 어류는 빙장상태로 실험실로 운반 후 Nakabo (2002), Kim et al. (2005)을 참고하여 종을 동정하였으며, 종별 개체수와 중량을 측정하였다. 종다양도지수(H')는 Primer program version 6.0을 이용하여 구하였다(Shannon and Wiener, 1963). 본 연구에서 채집된 어종은 Froese and Pauly (2014)에 따라 아열대성, 온대성, 아한대성으로 하였다. 한편, 조사기간 중 후포와 장호의 수온 및 염분자료는 국립해양조사원 국가해양관측정보망(KHOA, 2014)에서 자료를 수집하여 분석에 활용하였다.

결 과

수온과 염분

국립해양조사원 국가해양관측정보망에서 수집한 수온, 염분 자료에 의하면, 11월 후포는 14.6℃, 장호는 14.0℃, 2월은 각각 11.6℃, 10.8℃, 5월은 14.7℃, 13.6℃, 8월은 24.7℃, 22.0℃였다. 염분은 11월 후포는 35.5 psu, 장호는 33.9 psu, 2월은 35.9 psu, 34.4 psu, 5월은 35.1 psu, 34.3 psu, 8월은 34.8 psu, 33.2

psu였다. 이상의 결과에서, 표층수온과 표층염분은 후포가 장호에 비해 고온고염으로 나타났다(Fig. 2).

후포 어류 종조성의 계절변동

후포에서는 총 10목 24과 38종이 채집되었으며, 계절별 종수를 보면 11월(16종)과 8월(16종)에 가장 많은 종이 채집되었고, 5월(13종)과 2월(10종)에는 비교적 적은 종수가 채집되었다. 개체수는 11월(2,599개체)에 가장 많은 개체가 채집되었으며, 5월(58개체)에 가장 적게 채집되었다. 종다양도지수(H')는 개체수가 가장 적게 채집된 5월(1.74)에 가장 높았고, 개체수가 최대였던 11월(0.23)에 가장 낮았다. 우점 분류군 현황을 보면, 목(order) 수준에서는 농어목이 10과(86.2%)로 가장 우점하였고, 과(family) 수준에서는 양볼락과 및 참복과 어류가 각 4종(16.7%)으로 우점하였다. 또한, 개체수에서 전갱이가 2,626개체(85.2%)로 가장 우점하였으며, 이어 전어 189개체(6.1%), 가시복 40개체(1.3%) 순으로 우점하였다. 한편, 계절별 우점종은 11월에 전갱이, 2월에 전어, 5월에 아귀, 8월에 전갱이가 각각 우점하였다(Table 1, Fig. 3).

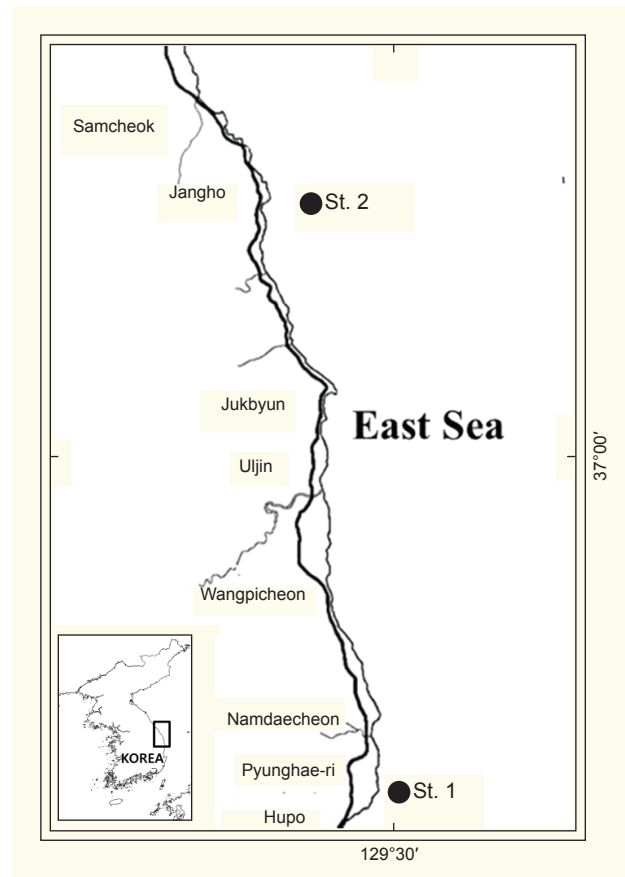


Fig. 1. Map showing the sampling areas, Hupo, Gyeong-sang-buk-do (St. 1) and Jangho, Gang-won-do (St. 2) which are located at southern East Sea and middle East Sea, respectively.

장호 어류 종조성의 계절변동

장호에서는 총 8목 18과 25종이 채집되었고, 계절별 종수는 11월(17종)에 가장 많았고, 이어 2월(10종)에 비교적 많은 종수가 채집되었으나, 5월(4종)과 8월(5종)에는 종수가 현저히 줄어들었다. 개체수는 11월(13,044개체)에 가장 많이 채집되었으며, 8월(7개체)에 가장 적게 채집되었다. 종다양도지수(H')는 개체수가 많이 채집된 11월(0.05)에 가장 낮았고, 개체수가 비교적 적고 종수가 많았던 2월(2.13)에 가장 높았다. 우점 분류군 현황을 보면, 목 수준에서는 농어목이 7과(38.9%)로 가장 우점하였고, 과 수준에서는 양볼락과 및 가자미과 어류가 각 3종(12.0%)으로 우점하였다. 개체수에서 전갱이가 12,969개체(99.0%)로 가장 우점하였으며 이어 청어 28개체(0.2%), 고등어 25개체(0.2%) 순으로 나타났고, 계절별로는 11월에 전갱이, 2월에 도루묵, 5월에 청어, 8월에 청어/조피볼락이 우점하였다 (Table 2, Fig. 3).

고 찰

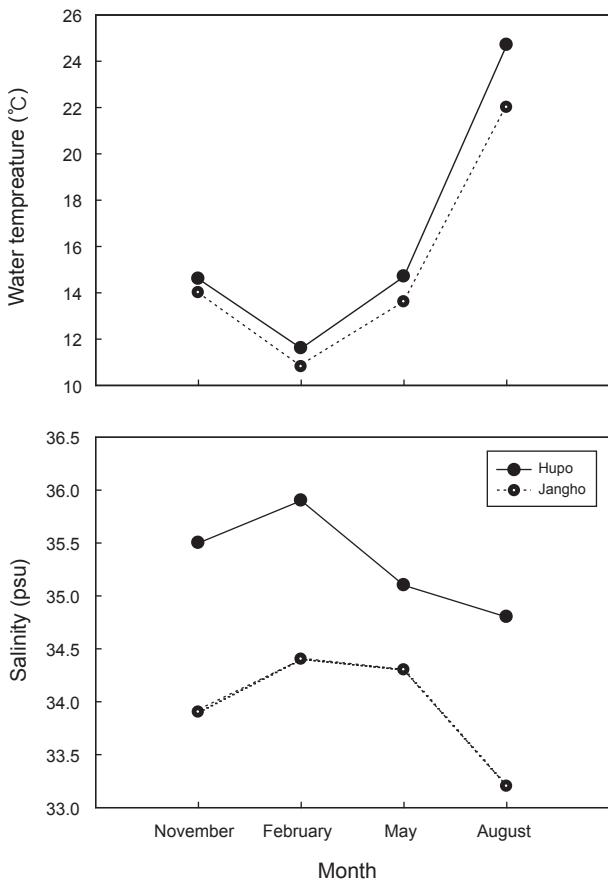


Fig. 2. Seasonal variation of the sea surface temperature and salinity between Hupo, Gyeong-sang-buk-do and Jangho, Gang-won-do. Data were download from <http://www.khoa.go.kr>.

본 연구는 동해 남부와 중부 사이에 형성되는 열전선이 희유성 어류 분포에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2006년 11월부터 2007년 8월까지 경상북도 울진군 후포와 강원도 삼척시 장호의 2개 지역에서 정치망으로 어류 종조성의 계절변동을 조사하였다. 이 두 지역을 선정 한 이유는 동해 남부와 중부가 경상북도 죽변을 경계로 구분되는데(Kim et al., 2012), 후포는 죽변의 남부(동해남부), 장호는 죽변의 북부(동해중부)에 위치하

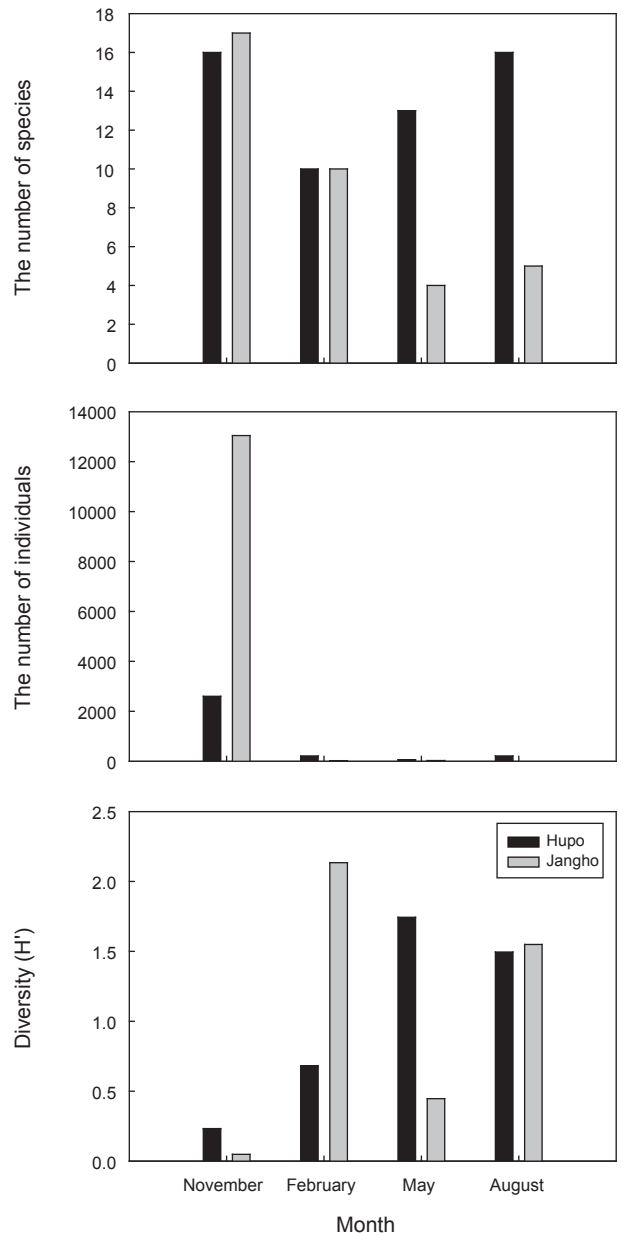


Fig. 3. Seasonal variation of the number of fish species, individuals and diversity (H') between Hupo, Gyeong-sang-buk-do and Jangho, Gang-won-do.

Table 1. The number of individuals for fish species collected by set net at Hupo, Gyeong-sang-buk-do, between November, 2006 and August, 2007

Scientific name	Nov 06	Feb 07	May 07	Aug 07	Sum	%
<i>Ophichthus urolophus</i>	0	1	0	0	1	0.032
<i>Konosirus punctatus</i>	0	182	4	3	189	6.130
<i>Tribolodon hakonensis</i>	0	0	0	6	6	0.195
<i>Lophiomus setigerus</i>	0	12	31	1	44	1.427
<i>Mugil cephalus</i>	46	0	2	0	48	1.557
<i>Zenopsis nebulosa</i>	0	0	2	2	4	0.130
<i>Zeus faber</i>	0	0	1	1	2	0.065
<i>Sebastes inermis</i>	3	0	0	0	3	0.097
<i>Sebastes owstoni</i>	0	0	1	0	1	0.032
<i>Sebastes schlegelii</i>	0	3	1	0	4	0.130
<i>Sebastes thompsoni</i>	0	0	1	0	1	0.032
<i>Liparis tessellatus</i>	0	0	6	0	6	0.195
<i>Scombrops boops</i>	0	0	1	0	1	0.032
<i>Alectis ciliaris</i>	0	0	0	1	1	0.032
<i>Seriola quinqueradiata</i>	0	0	0	30	30	0.973
<i>Trachurus japonicus</i>	2500	0	0	126	2626	85.177
<i>Lobotes surinamensis</i>	1	0	0	0	1	0.032
<i>Girella punctata</i>	3	0	0	0	3	0.097
<i>Microcanthus strigatus</i>	0	1	0	0	1	0.032
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	0	0	1	0	1	0.032
<i>Ditrema temminckii</i>	2	0	0	1	3	0.097
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0	0	4	0	4	0.130
<i>Sphyaena pinguis</i>	0	0	0	3	3	0.097
<i>Auxis rochei</i>	1	0	0	0	1	0.032
<i>Scomber japonicus</i>	10	0	0	4	14	0.454
<i>Psenopsis anomala</i>	8	0	0	11	19	0.616
<i>Paralichthys olivaceus</i>	3	4	0	0	7	0.227
<i>Kareius bicoloratus</i>	1	0	0	0	1	0.032
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	0	2	0	0	2	0.065
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	0	0	0	1	1	0.032
<i>Aluterus monoceros</i>	3	0	0	0	3	0.097
<i>Thamnaconus modestus</i>	0	0	3	0	3	0.097
<i>Ostracion immaculatus</i>	1	0	0	0	1	0.032
<i>Lagocephalus wheeleri</i>	0	1	0	0	1	0.032
<i>Takifugu niphobles</i>	1	0	0	0	1	0.032
<i>Takifugu snyderi</i>	1	2	0	1	4	0.130
<i>Takifugu stictonotus</i>	0	0	0	2	2	0.065
<i>Diodon holocanthus</i>	15	5	0	20	40	1.297
Sum	2599	213	58	213	3083	100
%	84.30	6.91	1.88	6.91	100	

Table 2. The number of individuals for fish species collected by set net at Jangho, Gang-won-do, between November, 2006 and August, 2007

Scientific name	Nov 06	Feb 07	May 07	Aug 07	Sum	%
<i>Engraulis japonicus</i>	6	0	0	0	6	0.046
<i>Clupea pallasii</i>	0	0	26	2	28	0.214
<i>Tribolodon hakonensis</i>	0	4	0	0	4	0.031
<i>Lophiomus setigerus</i>	0	2	1	1	4	0.031
<i>Zeus faber</i>	1	2	0	0	3	0.023
<i>Sebastes inermis</i>	1	1	0	0	2	0.015
<i>Sebastes pachycephalus</i>	2	0	0	0	2	0.015
<i>Sebastes schlegelii</i>	7	2	0	2	11	0.084
<i>Kaiwarinus equula</i>	1	0	0	0	1	0.008
<i>Trachurus japonicus</i>	12969	0	0	0	12969	98.992
<i>Pagrus major</i>	0	1	0	0	1	0.008
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	5	1	0	0	6	0.046
<i>Neoditrema ransonnetii</i>	2	0	0	0	2	0.015
<i>Arctoscopus japonicus</i>	1	5	0	0	6	0.046
<i>Scomber japonicus</i>	25	0	0	0	25	0.191
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	2	0	0	0	2	0.015
<i>Psenopsis anomala</i>	8	0	0	0	8	0.061
<i>Paralichthys olivaceus</i>	0	1	0	0	1	0.008
<i>Kareius bicoloratus</i>	0	0	1	0	1	0.008
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	1	0	0	0	1	0.008
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	0	0	0	1	1	0.008
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	7	0	0	1	8	0.061
<i>Thamnaconus modestus</i>	5	0	1	0	6	0.046
<i>Takifugu niphobles</i>	0	3	0	0	3	0.023
<i>Diodon holocanthus</i>	1	0	0	0	1	0.008
Sum	13044	22	29	7	13102	100
%	99.557	0.168	0.221	0.053	100	

기 때문이다.

조사결과, 동해남부(후포)에서는 10목 24과 38종, 동해중부(장호)에서는 8목 18과 25종이 채집되어 동해남부(후포)가 동해중부(장호)보다 다양한 어종이 출현하였다. 흥미로운 점은 두 지역에서 채집된 어종을 비교한 결과 Froese and Pauly (2014)가 아열대어종으로 분류한 종들이 동해중부(장호)보다 동해남부(후포)에서 더 많이 출현하고 있다는 점이다. 갈물뱀, 객주리, 국매리복, 꼬치고기, 몽치다래, 방어, 백미돔, 범돔, 송어, 실전갱이, 전어 등 11종은 아열대어류로 분류되는 종들로(Froese and Pauly, 2014) 동해남부(후포)에서만 출현한 어류이다. 이들 어류의 출현시기를 보면 수온이 가장 높은 8월(Fig. 3)에 집중되며, 두번째로 높은 11월에도 출현하는 양상을 보였다(Table 1).

한편, 계절별로는 5월과 8월에 동해남부(후포)가 동해중부(장호)보다 훨씬 다양한 종이 출현하여 두 해역간 뚜렷한 차이를

보였다. 그중 5월의 경우 동해남부(후포)가 동해중부(장호)에 비해, 아열대 및 온대어류가 다양하게 출현하는 경향을 보였다. 특히, 8월에는 그 차이가 분명해지는데, 동해남부(후포)에는 전어, 실전갱이, 방어, 꼬치고기, 고등어, 샛돔, 국매리복, 가시복 등 아열대어류가 대거 출현하는 반면, 동해중부(장호)에는 쥐치, 청어 등 온대 또는 아한대 어류가 주요하게 출현하는 양상을 보였다. 즉, 동해남부(후포)가 동해중부(장호)에 비해 다양한 어류가 출현하는 동시에 아열대어류의 출현빈도가 더 높다는 것을 알 수 있다.

조사지역인 동해남부(후포)와 동해중부(장호)가 약 70 km 떨어진 가까운 거리임에도 불구하고, 어류 종조성에서 비교적 명확한 차이를 보이는데, 이는 수온과 염분 차이에서 기인한 것으로 추정된다. 국립해양조사원 국가해양관측정보망에서 수집한 수온, 염분자료에 의하면, 표층수온은 동해남부(후포)가 동해

중부(장호)보다 연중 0.6-2.7°C 높고, 표층염분은 동해남부(후포)가 동해중부(장호)보다 연중 0.8-1.6 psu 높은 것을 알 수 있다(Fig. 2). 이는 동해 남부와 중부가 강원도 죽변을 경계로 구분된다는 이전 학자의 견해(Kim et al., 2012)를 지지해 주는 것으로 향후 보다 광범위한 지역을 대상으로 세밀한 조사를 수행한다면 해양학적 경계가 생태계에 미치는 영향을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

두 지역에서 공통적으로 극우점하게 출현했던 전갱이는 전장 5-10 cm 유어가 주로 채집되었는데, 이들 유어는 해류를 따라 북상하면서 동해남부(후포)와 동해중부(장호) 사이에 형성되는 열전선의 영향을 적게 받는 것으로 추정된다. 즉, 전갱이가 표층수온이 낮은 동해중부(장호)에서도 출현할 수 있었던 것은 전갱이가 다른 어류와 달리 온대성 어류이기 때문으로 사료된다(Froese and Pauly, 2014).

본 연구결과와 동해 다른 지역에서 수행된 정치망 연구결과를 비교하면, 경상남도 울산은 6회 89종(Han et al., 2002), 경상북도 영일만은 12회 82종(Han et al., 1997), 강원도 고성은 4회 36종(Ryu et al., 2005)으로, 본 연구에서 경상북도 후포 4회 38종, 강원도 장호 4회 25종의 출현종수를 나타내어 남에서 북으로 갈수록 정치망에서 출현하는 어류의 종수는 감소하는 경향을 보인다. 특히, 수온, 염분 등 환경변화가 심한 전선의 북쪽에 인접한 강원도 장호의 경우, 종수가 급격히 감소하는 것으로 보아, 급격한 환경변화가 회유성 어종의 지리적 장벽 역할을 하는 것으로 추측된다. 이를 증명하기 위해서는 매월 조사 등과 같은 집중 조사가 필요하다.

사계절 모두 수온과 염분이 높았던 동해남부(후포)에서 아열대어류의 출현빈도가 더 높게 나타난 본 연구결과를 통해, 동해남부(후포)와 동해중부(장호) 사이에 해양학적 장벽 뿐만 아니라 생물지리학적 장벽도 존재할 것으로 추정된다. 우리나라에서 생물지리학적 장벽에 관한 연구는 까나리(Kim et al., 2006), 무늬발게(Hong et al., 2012), 거복손(Yoon et al., 2013), 전어(Myung and Kim, In press) 등을 대상으로 비교적 최근에 활발한 연구가 진행 중이다. 이 결과를 종합하면 동해에 뚜렷한 생물지리학적 장벽이 존재한다는 것을 제시하고 있다. 본 연구에서 처음으로 조사가 이루어진 동해남부와 중부 사이의 열전선이 회유성 어류의 분포에 미치는 영향을 토대로 향후 좀 더 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 동해중부와 동해북부 사이에 위치하는 아극전선이 어류 분포에 미치는 영향에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원의 지원에 의해 수행되었습니다. 본 논문의 보다 높은 질적 수준을 위해 세심하게 검토하여 주신 정석근교수(제주대학교)와 익명의 세분 심사위원께 감사드립니다.

References

- Brown MJ and Easias WE. 1977. Oceanic front in the coastal processes. Springer-Verlag, 114.
- Cha BY, Kim BY and Jang DS. 2004. Seasonal variation of fish catch by a set net in Hamdeuk fishing ground off Jeju Island. J Kor Soc Fish Tech 37, 65-72.
- Cha BY, Kim BY and Oh SW. 2001. Catch variation and fishing period of the set net fishery in coastal waters of Jeju Island. Korean J Ichthyol 13, 210-219.
- Cho KD, Kim SW, Kang GH, Lee CI, Kim DS, Choi YS and Choi KH. 2004. Relationship between fishing condition of common squid and oceanic condition in the East Sea. J Korean Soc Mar Environ and Safety 10, 61-67.
- Choi YK, Jeong HD and Kwon KY. 2010. Water distribution at the east coast of Korea in 2006. J Environ Sci 19, 399-406.
- Froese R and Pauly D. Editors. 2014. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2014).
- Go YB and Shin HS. 1988. Species occurrence and food chain of fisheries resources, nekton, on the coast Pukchon, Cheju Island. I. species composition and diversity. Bull Korean Soc 21, 131-138.
- Gong Y and Son SJ. 1982. A study of oceanic thermal fronts in the southernwest Japan Sea. Bull Nat' l Fish Res Dev Agency 28, 25-54.
- Han KH, Choi SH, Kim BK, Park JH and Jeong DS. 1997. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes collected by set net fishery in Yeongil Bay. Bull Fish Res and Dev Agency 53, 14-54.
- Han KH, Kim JH and Baek SR. 2002. Seasonal variation of species composition of fishes collected by set net in coastal waters of Ulsan, Korea. Korean J Ichthyol 14, 61-69.
- Han KH. 2003. Fish fauna in the South Sea. In: Son YM (ed), Current and Preservation of Korean fishes, The Korean Ichthyol Soc 37-75.
- Hong SE, Kim JK, Yu JN, Kim KY, Lee CI, Hong KE, Park KY and Yoon MG. 2012. Genetic variation in the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus* in Korean coastal waters as inferred from mitochondrial DNA sequences. Fish Aquat Sci 15, 49-56. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2012.0049>.
- Hwang SD, Kim JY, Kim JI, Kim ST, Seo YI, Kim JB, Kim YH and Heo SJ. 2006. Species composition using the daily catch data of a set net in coastal waters off Yeosu, Korea. Korean J Ichthyol 18, 223-233.
- Isoda Y, Saitoh S and Mihara M. 1991. SST structure of the polar front in the Japan Sea, In: Oceanography of Asian Marginal Seas, Takano K, ed. Elsevier, Amsterdam, NL.
- KHOA (The Korea Hydrographic and Oceanographic Administration). 2014. <http://www.khoa.go.kr>
- Kim IS and Lee WO. 1994. Fish fauna from Cheju Island, Korea. Rec Korean Fish Fauna 1, 1-51.

- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Gyohaksa, Seoul, Korea.
- Kim JK, Park JY and Kim YS. 2006. Genetic diversity, relationships and demographic history of three geographic populations of *Ammodytes personatus* (Ammodytidae) from Korea Inferred from mitochondrial DNA control region and 16S rRNA sequence data. *Gene & Genomics* 28, 343-351.
- Kim YH, Kim JB and Chang DS. 2003. Seasonal variation of abundance and species composition of fishes caught by a set net in the coastal waters off Yeosu, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 36, 120-128.
- Kim YS and Nam MM. 2003. Fish fauna in the East Sea. In: Son Y.M. (ed.), Current and reservation of Korean fishes, The Korean Ichthyol Soc 5-36.
- Kim YS, Lee YH and Choi HG. 2012. Water quality assessment at coastal area of the East Sea of Korea. *J Korean Soc Mar Environ and Safety* 18, 15-24.
- Kim YU, Myung JK, Kim YS, Han KH, Kang CB, Kim JK and Ryu JH. 2005. Marine Fishes of Korea, 2nd ed. Hangul, Busan, Korea.
- Lee CI and Kim HJ. 2007. Effect of temperature on anchovy catch and laver production in the eastern part of South Sea of Korea. *J Environ Sci* 16, 897-906.
- 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. *Korean J Ichthyol* 23, 187-197.
- Lee, CL. 2003. Fish fauna in the West Sea. In: Son YM (ed), Current and Preservation of Korean fishes, The Korean Ichthyol Soc 97-112.
- Myoung SH and Kim JK. 2014. Genetic diversity and population structure of the gizzard shad, *Konosirus punctatus* (Clupeidae, Pisces), in Korean waters based on mitochondrial DNA control region sequences. *Genes & Genomics*. <http://dx.doi.org/10.1007/s13258-014-0197-6>.
- Nakabo, T. (ed). 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai University Press, Tokyo, Japan.
- Park C, Lee CR and Kim JC. 1998. Zooplankton Community in the front zone of East Sea (the Sea of Japan), Korea: 2. Relationship between abundance distribution and seawater temperature. *J Korean Fish Soc* 31, 749-759.
- Rebstock GA and Kang YS. 2003. A comparison of three marine ecosystems surrounding the Korean peninsula: Responses to climate change. *Prog Oceanogra* 59, 357-379.
- Ryu JH, Kim PK, Kim JK and Kim HJ. 2005. Seasonal variation of species composition of fishes collected by gill net and set net in the Middle East Sea of Korea. *Korean J Ichthyol* 17, 279-286.
- Shannon CE and Wiener W. 1963. The Mathematical Theory of Communication Urbana, Illinois University Press, 125.
- Tian Y, Kidokoro H, Watanabe T and Iguchi N. 2008. The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mechanisms. *Prog Oceanogra* 77, 127-145.
- Yoon MG, Jung JY and Kim DS. 2013. Genetic diversity and gene flow patterns in *Pollicipes mitella* in Korea inferred from mitochondrial DNA sequence analysis. *Fish Aquat Sci* 16, 243-251. <http://dx.doi.org/10.5657/FAS.2013.0243>.