ISSN 1225-827X (Print)
ISSN 2287-4623 (Online)
J. Korean Soc. Fish. Technol. 51 (4), 567−575, 2015
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.567

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr
〈Original Article〉

울릉도해역에서 삼중자망에 의한 어획물의 종조성

정상덕 · 차형기* · 이재봉[1] · 이해원[2] · 양재형[3]

국립수산과학원 연근해자원과, [1]국립수산과학원 원양자원과, [2]국립수산과학원 대외협력과,
국립수산과학원 독도수산연구센터

Species composition of the catches collected by trammel net in the coastal waters off Ulleungdo of Korea

Sangdeok CHUNG, Hyung Kee CHA*, Jae Bong LEE[1], Hae Won LEE[2] and Jae Hyeong YANG[3]

Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea
[1]Distant Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea
[2]Research Cooperation Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea
[3]Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Korea

Species composition in the coastal waters off Ulleungdo of Korea were examined based on catches bimonthly collected by trammel net in 2013. A total of 711 individuals and 181.9 Kg were caught and catches were composed of 4 classes 15 orders 27 families 52 species including 44 Pisces, 4 Gastropoda, 3 Cephalopoda, and 1 Echinodermata. The dominant species in biomass were File fish (*Thamnaconus modestus*), Atka mackerel (*Pleurogrammus azonus*), and Greenling (*Hexagrammos otakii*). Data were summarized using hierarchical cluster analysis (HCA) and detrended correspondence analysis (DCA) to examine similarity in species composition for each month, and community structure in Ulleungdo was divided into two groups. Community structures in February, April and December with low temperature and well-mixed surface water were distinguished from those in June, August and October with high temperature and strong stratification, which could be attributed to temporal changes in dominant species. Atka mackerel and Spear squid mainly caught in February and April, disappearing in June, August and October, and File fish outburst was shown in October. Because the water off Ulleungdo has been under low human pressure, it could be a good case study to elucidate effects of climate change on community structure and ecosystem in the East sea. Continuous surveys and further studies are required to demonstrate migration route and distribution of dominant species and long-term changes in community structure in the water of Ulleungdo.

Keywords : Ulleungdo, trammel net, species composition, file fish

*Corresponding author: cha1212@korea.kr, Tel: 051-720-2270, Fax: 051-720-2337

서 론

우리나라 연근해의 수산자원은 지난 30-40년 동안 기후변동, 어업기술발전에 의한 과도어획, 인간활동에 의한 서식지환경의 악화로 인해서 감소하고 있는 것으로 평가되고 있다 (Jung et al., 2013; Kim et al., 2007). 이에 주요 연안 수산자원을 효율적으로 관리하고 그 관리기준을 제시하기 위해서, 대상자원의 생물학적 특성, 자원평가, 관리방안에 대한 많은 연구가 진행되고 있고, 한국 동해안에서는 정기적인 수산자원조사 및 해양조사를 통해 주요어업자원의 변동과 원인, 그리고 수산자원회복 방안에 대해 많은 연구가 진행 중이다 (NFRDI, 2014).

울릉도는 우리나라 동해연안으로부터 약 130 km 떨어진 곳에 위치하며, 독도와 함께 해저로부터 솟아난 해산의 일부분이다. 울릉도의 남쪽은 수심이 약 2,000 m의 해저분지인 울릉분지가 위치하고 있고, 북쪽과 동해연안과의 사이에는 수심이 1,000 m내외인 한국대지가 위치하고 있다. 울릉도해역의 표층해류는 대한해협에서 동해안을 따라 북상하는 동한난류가 동해중부해역에서 북한한류와 만나 극전선을 이루며 동쪽의 외해로 이동하면서 울릉도 인근 해역을 통과한다 (Choi et al., 2012a; Lee and Niller, 2010). 이 극전선의 위치는 동한난류의 세기에 따라 해마다 남북방향으로 크게 변화하기 때문에, 울릉도 표층해역의 해양환경은 시공간적으로 변동성이 크다. 하지만 이러한 변화가 어떻게 울릉도해역의 어획, 수산자원의 생물학적 특성에 영향을 미치는지에 관한 연구는 전혀 없다.

군집구조의 변동에 관한 연구는 기후변화 및 해양환경변화에 따라 해양생태계가 어떻게 반응하는지를 나타내는 좋은 정보를 제공한다 (Chung et al., 2015; Collie et al., 2008; Tian et al., 2006). 따라서, 본 연구의 목적은 2013년 삼중자망어획을 통해 채집된 어획물을 대상으로 울릉도해역의 출현종과 시간적인 변화를 조사하고, 동일 어구를 사용한 동해연안의 출현종과 비교함으로써, 향후 동해 생태계 군집구조의 변동을 파악하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

2013년 울릉도 주변의 4개 정점에서 격월로 총 6회 (2, 4, 6, 8, 10, 12월)에 걸쳐 삼중자망을 사용하여 어획시험을 실시하였고, 조사 수심은 30 m내로 대부분 암반지역의 저층이었다 (Fig. 1). 조사에 사용한 삼중자망은 망폭 60 m, 망고 1.8 m, 외망목 450 mm, 내망목 83 mm로 정점별로 5폭씩 총 20폭을 사용하였으며, 기상조건에 따라 조사가 시행되지 못한 정점도 있었지만 총 폭수는 동일한 조건으로 어획하였다. 삼중자망은 오전에 투망하였고 24시간 후 양망하였다.

삼중자망에서 어획된 어획물은 시기별 출현종을 조사하기 위해서 같은 기간에 조사가 시행된 모든 정점에서 어획된 어종의 개체수와 생체량 (g)을 측정하였고, 주요 우점종의 체장은 0.1 cm 단위까지 측정하였다.

울릉도해역의 해양환경특성은 국립수산과학원에서 격월로 (2, 4, 6, 8, 10, 12월) 수행한 정선관측자료를 사용하여 분석하였고, 조사 정점 중 울릉도와 가장 근접한 정선해양관측정점 105-09의 자료를 사용하였다. 또한 독도해역의 환경과 비교하기 위해 독도와 가장 근접한 105-12의 자료를 사용하였는데, 이 정점의 경우 2월과 8월에만 조사되었기 때문에 울릉도와 독도해역의 환경변화를 비교, 조사할 때에는 이 시기의 자료만을 사용하였다.

조사자료 분석에 사용된 모든 통계분석은 R소프트웨어를 사용하여 분석하였다. 시기에 따른 군집구조의 차이를 설명하기 위해서 vegan패키지 안의 vegdist, hclust 기능을 사용하여 계층적 군집분석 (Hierarchical Cluster Analysis, HCA)을 시행하였고, adonis기능을 사용하여 탈경향 대응분석 (Detrended Correspondence Analysis,

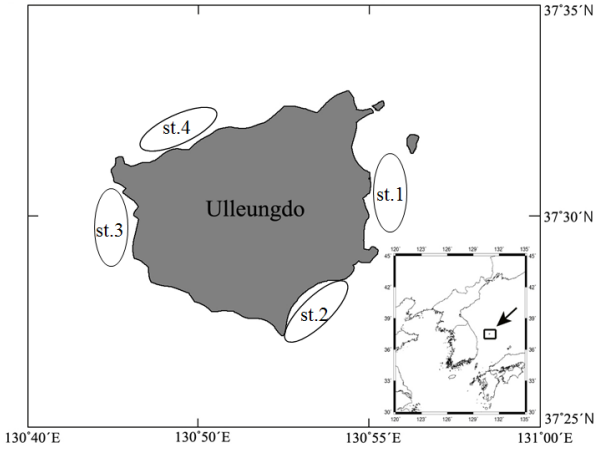

Fig. 1. Map showing the sampling area in the coastal waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

DCA)을 시행하여 군집구조의 차이를 도식화하였다 (Oksanen 2014, 2015). 유사도 지수는 Bray-Curtis similarity index를, 그룹간의 연결방식에는 complete-linkage를 사용하여 분석하였다.

결 과

수온변화

울릉도 주변 표층해역의 수온변화를 설명하기 위해 울릉도와 가장 근접한 정선해양관측정점 105-09의 수심 0-75 m의 수온자료를 확인한 결과, 뚜렷한 월별 변화를 보였다 (Fig. 2). 2월에는 전 수심이 10.3℃로 일정했으며, 4월에도 수심에 따른 수온차는 거의 나타나지 않았다. 6월에는 10 m와 20 m사이에서 온도차가 3.0℃ 이상 나타나면서 열성층이 시작되었고, 8월에는 표층수온이 25.4℃, 75 m수온은 15.8℃를 나타내며 수온차가 약 10.0℃로 강한 열성층이 확인되었다. 10월에는 열성층화가 약해졌으며, 12월에는 전 수심의 수온이 일정하게 나타나며 열성층화가 사라졌다. 삼중자망이 설치된 30 m의 수온변화를 살펴보면 2월에 10.3℃로 가장 낮았고, 10월에 18.8℃로 가장 높았다.

출현종 및 어획량

조사기간동안 울릉도해역에서 삼중자망으로 어획된 종은 4강 15목 27과 52종으로 나타났으며, 그 중 어류가 44종, 복족류가 4종, 두족류가 3종, 극피동물이 1종으로 총 711개체, 181.9 Kg이 어획되었다. 출현종은 쏨뱅이목 (Scorpaeniformes) 이 4과 19종으로 가장 많이 채집되었으며, 그 다음으로 농어목 (perciformes)이 8과 12종, 가자미목 (Pleuronectiformes) 2과 5종, 복어목 (Tetraodontiformes) 2과 3종, 원시복족목 (Archaeogastropoda)과 달고기목 (Zeiformes)이 각각 1과 2종의 순으로 많이 채집되었으며, 뱀장어목 (Anguilliformes), 순수목 (Aspidochirotida), 금눈돔목 (Beryciformes), 이복족목 (Heterogastropoda), 아귀목 (Lophiiformes), 신복족목 (Neogastropoda), 문어목 (Octopoda), 갑오징어목 (Sepioidea), 살오징어목 (Teuthoidea)이 각각 1과 1종씩 채집되었다. 양볼락과 (Scorpaenidae)가 8종으로 가장 많이 나타났으며, 다음으로 둑중개과 (Cottidae), 놀래기과 (Labridae), 볼락과 (Sebastidae)가 각각 4종으로 채집되었다 (Table 1).

개체수에서 가장 많이 어획된 종은 전체개체수의 16.3% (116개체)를 차지한 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*)이며, 그 다음으로 소라 (*Turbo cornutus*)가 14.8% (105개체)를 차지하였고, 임연수어 (*Pleurogrammus azonus*)가 6.0% (43개체), 화살꼴뚜기 (*Loligo bleekeri*)가 5.2% (37개체), 불볼락 (*Sebastes thompsoni*)이 4.5% (32개체), 도화볼락 (*Sebastes joyneri*)이 4.4% (31개체), 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)가 4.2% (30개체)를 차지하였다. 생체량을 살펴보면, 말쥐치가 14.5% (26,327 g)를 차지하며 가장 많이 어획되었고, 그 다음으로 임연수어가 13.5% (24,640 g), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*)가 7.8% (14,185 g), 소라가 7.3% (13,234 g), 물가자미가 5.5% (9,985 g), 화살꼴뚜기가 5.4% (9,791 g)를 차지하였다 (Fig. 3).

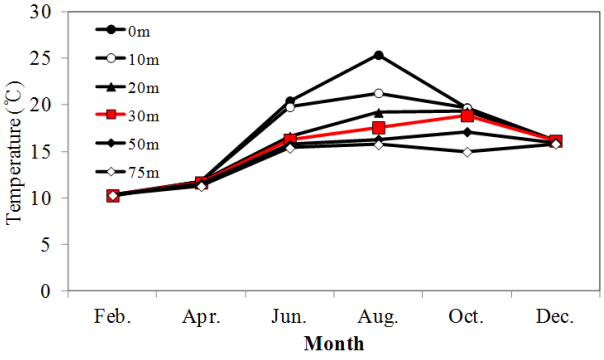

Fig. 2. Temporal changes in seawater temperature (0-75 m) in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

출현량 및 주요우점종의 변화

울릉도해역에 출현하는 어종의 시간적 변화를 확인하기 위해 각 조사시기별 출현종수는 12월에 가장 많은 24종이 출현하였고, 10월에 가장 적은 16종이 출현하였지만, 그 외의 시기는 17-22종으로 큰 변화폭을 보이지는 않았다 (Fig. 4a). 개체수는 2월에 가장 많은 193개체가 출현하였고, 그 다음으로 4월에 155개체가 출현하였으며, 가장 적게 어획된 시기는 8월로 71개체가 출현하였다 (Fig. 4b). 생체량도 개체수의 변동과 비슷한 경향을 나타내면서, 2월에 56,469 g으로 가장 많이 출현하였고, 8월에 15,246 g으로 가장 적게 출현하였다 (Fig. 4c).

Table 1. Species composition of the catches collected by trammel net in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013 (Unit: Ind., g)

Class	Order	Family	Species	Feb.		Apr.		Jun.		Aug.		Oct.		Dec.		Total	
				No.	Biomass	No.	Biomass	No.	Biomass	No.	Biomass	No.	Biomass	No.	Biomass	No.	Biomass
Piscs	Anguilliformes	Congridae	Conger japonicus			1	2,321									1	2,321
	Beryciformes	Monocentridae	*Monocentris japonica*					1	109							1	109
	Lophiiformes	Lophiidae	*Lophiomus setigerus*			1	121									1	121
	Perciformes	Carangidae	*Seriola quinqueradiata*											2	1,681	2	1,681
			Trachurus japonicus											8	251	8	251
		Embiotocidae	*Ditrematemmincki*	3	683			2	445	5	896	5	946	1	216	16	3,186
		Kyphosidae	*Girella punctata*							4	972					4	972
		Labridae	*Halichoeres poecilopterus*	1	161			14	2,235	2	240	4	234			21	2,871
			Halichoerestenuispinis			6	762									6	762
			Pseudolabrusjaponicus	7	856					8	1,306	2	253	11	1,619	28	4,034
			Semicossyphus reticulatus											1	496	1	496
		Oplegnathidae	*Oplegnathus fasciatus*	2	297					2	360	1	554			5	1,212
		Pomacentridae	*Chromis notatus*	1	61	1	54	4	204	5	328	3	200			14	846
		Priacanthidae	*Cookeolus japonicus*							1	219					1	219
		Sparidae	*Pagrus major*							1	25	16	3,212			17	3,237
	Pleuronectiformes	Paralichthyidae	*Paralichthys olivaceus*									2	1,881			2	1,881
			Pseudorhombus pentophthalmus			1	76									1	76
		Pleuronectidae	*Eopsetta grigorjewi*	4	1,934	20	6,714	4	1,046					2	290	30	9,985
			Pleuronectes schrenki			1	174									1	174
			Pleuronichthys cornutus			1	117	1	339			1	212			3	669
	Scorpaeniformes	Cottidae	*Alcichthys elongatus*	2	85					2	169					4	255
			Gymnocanthus herzensteini	19	4,656											19	4,656
			Pseudoblennius cottoides											1	34	1	34
			Pseudoblennius percoides											3	284	3	284
		Hexagrammidae	*Hexagrammos agrammus*					1	90	2	248					3	338
			Hexagrammos otakii	3	1,682	1	286	7	5,286	4	1,184	3	3,182	5	2,565	23	14,185
			Pleurogrammus azonus	25	16,127	10	3,548							8	4,965	43	24,640
		Scorpaenidae	*Scorpaenamiostoma*	4	3,991	1	333									5	4,324
			Scorpaena neglecta							7	4,452	1	455	1	159	9	5,066
			Sebastes inermis					1	240					7	1,657	8	1,897
			Sebastes joyneri	4	502	4	536	16	2,933	1	135			6	755	31	4,861
			Sebastes oblongus							1	137					1	137
			Sebastes taczanowskii	1	253			2	532			2	538	1	323	6	1,646
			Sebastesthompsoni	23	3,066	7	1,145					2	256			32	4,468
			Sebastiscus tertius			1	417			1	227					2	644
		Sebastidae	*Sebastes pachycephalus*					9	1,215	7	929			1	243	17	2,387
			Sebastes schlegeli	2	651	2	1,309					1	1,714			5	3,675
			Sebastes vulpes	9	3,407			4	1,139							13	4,546
			Sebastes zonatus	5	1,224			3	610	3	725			12	4,009	23	6,569
	Tetraodontiformes	Monacanthidae	*Stephanolepis cirrhifer*									2	255	5	304	7	559
			Thamnaconus modestus	28	2,795	8	1,264	21	2,697	6	1,118	51	18,108	2	347	116	26,327
		Tetraodontidae	*Takifugu stictonotus*					5	3,366							5	3,366
	Zeiformes	Zeidae	*Zenopsis nebulosa*											2	739	2	739
			Zeus faber							1	187					1	187
Gastropoda	Archaeogastropoda	Turbinidae	*Pomaulax japonicus*	6	2,126	4	471			6	1,206			1	291	17	4,094
			Turbo cornutus	15	4,410	82	7,070							8	1,754	105	13,234
	Heterogastropoda	Cymatidae	*Reticutriton tenuiliratus*							1	129					1	129
	Neogastropoda	Buccinidae	*Kelletia lischkei*							1	55			2	225	3	280
Cephalopoda	Octopoda	Octopodidae	*Octopus dofleini*			2	1,193	1	577					1	744	4	2,514
	Sepioidea	Sepiidae	*Sepia esculenta*									1	703			1	703
	Teuthoidea	Loliginidae	*Loligo bleekeri*	29	7,503									8	2,289	37	9,791
Echinodermata	Aspidochirotida	Stichopodidae	*Stichopus japonicus*			1	249									1	249
		Total		193	56,469	155	28,162	96	23,062	71	15,246	97	32,705	99	26,240	711	181,884

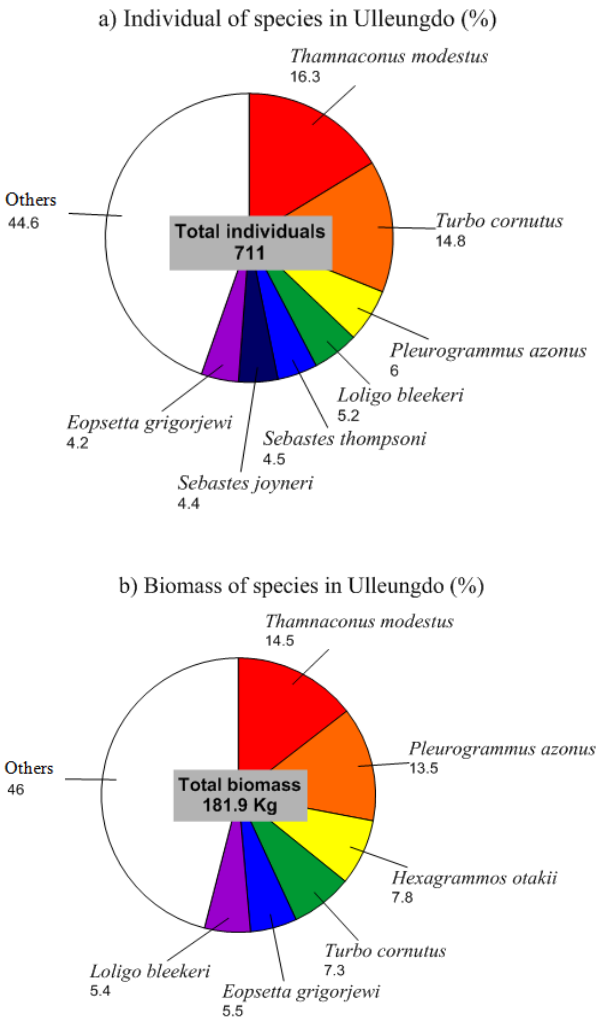

Fig. 3. Individual (a) and biomass (b) of species composition of the catches collected by trammel net in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

각 시기별 우점종 변화를 생체량 기준으로 상위 6종을 살펴보면, 수온이 가장 낮은 2월에는 임연수어와 화살꼴뚜기가 우점하였고, 4월에는 소라와 물가자미, 6월에는 쥐노래미의 출현량이 높았다. 삼중자망이 설치된 30m의 수온이 연중 가장 높은 10월에는 말쥐치가 10월 총 어획량의 55.4%를 차지하며 우점하였고, 12월에는 임연수어가 우점했다. 8월에는 상위 6종 이외에 살살치 (*Scorpaena neglecta*)가 29.2%를 차지하며 우점하였다 (Fig. 3, Fig. 5). 울릉도해역의 우점종은 시기별로 뚜렷한 변화를 보였다.

울릉도해역에서 가장 우점한 말쥐치의 체장조성을 살펴보면, 10월에 27 cm 이상의 대형개체가 주로 출현하였고, 그 외의 시기에는 21 cm 전후의 개체들이 출현하였다 (Fig. 6).

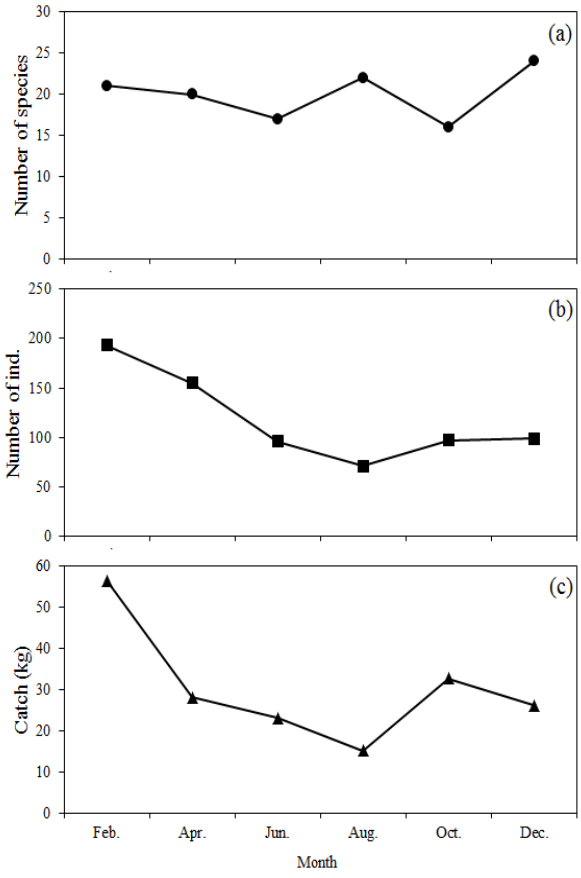

Fig. 4. Temporal variations of number of species (a), number of individual (b) and catch (c) collected by trammel net in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

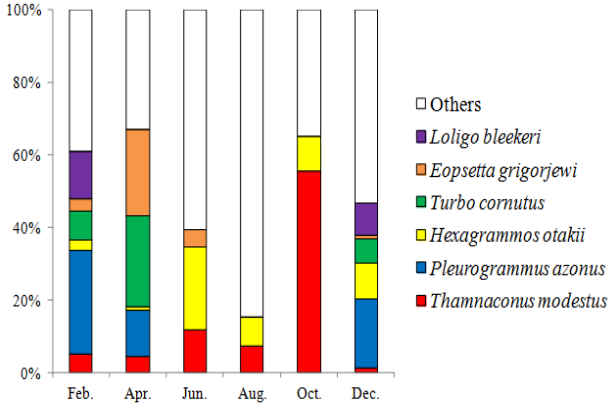

Fig. 5. Temporal variations in proportion of six dominant species in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

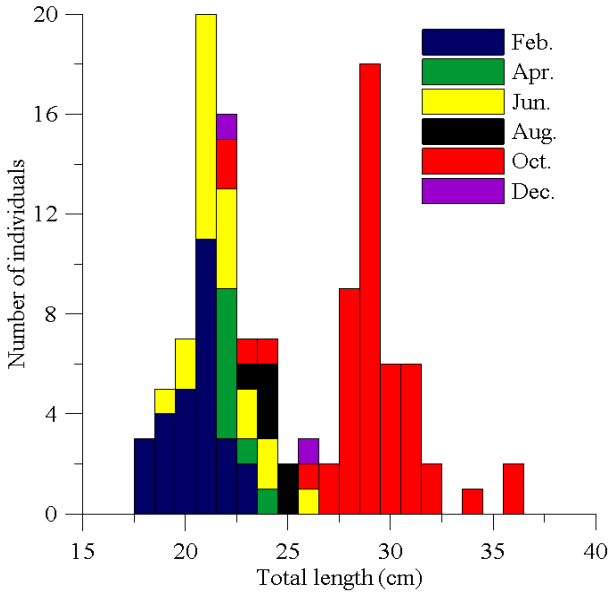

Fig. 6. Temporal changes in length-composition of filefish (*Thamnaconus modestus*) collected by trammel net in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

군집분석

울릉도해역에서의 출현종의 시기별 유사성을 분석하기 위해 유사도를 분석한 결과, 크게 2개의 그룹으로 분리되었다 (Fig. 7). 2월, 4월, 12월의 군집구조가 유사하게 나타나며 1개 그룹을 이루었고, 6월, 8월, 10월이 유사성을 보여 다른 1개의 그룹으로 분리되었다. DCA 분석에서도 수지도 (Dendrogram)에서 나타난 것처럼 시기별 군집구조의 변화가 확인되었다 (Fig. 7). 도표에서 각 위치 사이의 거리는 종조성의 유사성의 정도를 나타낸다. 울릉도해역의 시기별 군집구조는 2월, 4월 12월이 하나의 그룹으로, 6월, 8월, 10월이 같은 그룹으로 나누어졌다.

고 찰

2013년 울릉도 주변의 4정점에서 격월로 총 6회 (2, 4, 6, 8, 10, 12월) 에 걸쳐 삼중자망을 사용하여 어획시험을 실시한 결과, 출현종수는 어류 44종을 포함하여 총 52종이었고, 이는 지리적으로 인접한 독도해역에서 2008-2009년에 46종의 어류가 확인된 것과 비슷한 어종수를 보였다 (Lee et al. 2010, Table 2). 동해 연안에서 삼중자망을 이용하여 시행된 종조성조사와 비교하면, 20종과 17종이 출현한 강원도 고성과 울진 후포연안 (Choi et al. 2012b)보다는 많은 종수를 보였고, 동해의 77종 (Sohn et al. 2014)보다는 적게 출현하였는데, 동해의 경우 100-500 m 사이에서 수심을 나누어 조사를 시행하였기에 많은 어종이 어획된 것으로 보인다.

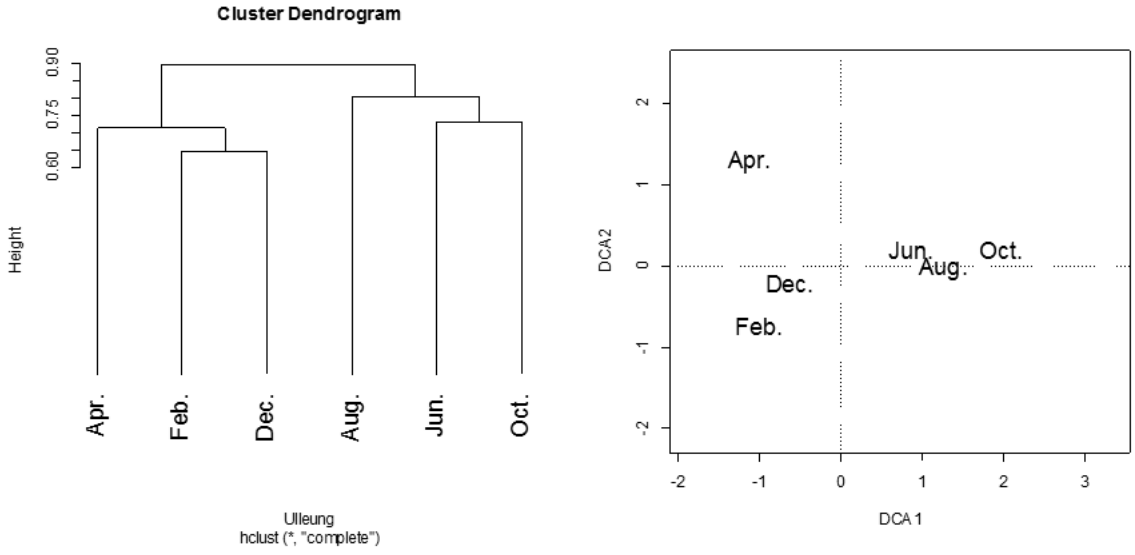

Fig. 7. Dendrogram based on hierarchical cluster analysis (left) and detrended correspondance analysis (right) based on species composition of the catches collected by trammel net in the waters off Ulleungdo of Korea, 2013.

따라서, 동해연안 각 해역별 우점종을 살펴보면 (Table 2), 울릉도해역에서는 생체량 기준으로, 말쥐치 (14.5%), 임연수어 (13.6%), 쥐노래미 (7.8%), 소라 (7.3%)의 순으로 우점하였고 (Fig. 3b), 동해연안의 경우, 기름가자미 (*Glyptocephalus stelleri*), 대구 (*Gadus macrocephalus*) (강원도 고성), 뚝지 (*Aptocyclus ventricosus*) (동해), 고무꺽정이 (*Dasycottus setiger*), 기름가자미 (울진 후포) 등이 우점하였다 (Choi et al., 2012b; Sohn et al., 2014).

본 연구에서 나타난 우점종은 동해연안의 출현종과 다른 양상을 보인 반면, 종조성에서 26종의 동일한 종이 나타나며 말쥐치, 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*) 등이 우점한 독도해역과 비슷한 종조성을 보였다 (Lee et al., 2010). 이러한 주요어종의 지역적 차이는 어획수심과 서식환경의 차이 때문일 수 있다. 동해연안의 경우 수심이 100 m 이상인 곳에서 조사가 시행되었고, 해역에 따른 차이는 있지만 조사지역의 저질은 니질과 사질로 구성되어있다. 반면, 독도해역조사의 경우 70–100 m 수심에서 시행되어 본 연구와 어획수심에서 차이는 있지만, 울릉도해역과 마찬가지로 암반지대로 구성되어 있어 암반지역에 주로 서식하는 어종의 출현이 높게 나타난 것이라 생각된다. 게다가, 울릉도해역의 표층수온은 동한난류의 세기와 방향, 경로의 변화에 의해 결정되는데 (Choi et al., 2012a), 울릉도주변의 장기적인 해양환경의 변동에 관한 보고가 없어 국립수산과학원의 정선관측자료를 바탕으로 지난 20년간의 울릉도와 독도 해역의 8월 0–75 m 평균수온변동을 살펴본 결과, 정상관관계를 가지며 비슷한 패턴으로 변화하고 있다 ($r=0.71$, $p=0.002$; Fig. 8). 비록 수온자료의 부족으로 인해 8월을 제외한 다른 시기의 수온변동패턴을 정확히 파악하는 것은 어렵지만, 표층해류의 흐름은 울릉도와 독도해역의 표층수온에 동시에 영향을 미치고, 이것이 공통된 어종이 출현하는 하나의 중요한 요인일 수 있다.

울릉도해역의 시기별 군집구조의 차이는 뚜렷이 나타났다. HCA와 DCA분석을 바탕으로, 상대적으로 저수온이고 표층해수가 잘 혼합되는 시기의 2월, 4월, 12월의 1그룹과 고수온이며 성층화가 발달되는 시기의 6월, 8월, 10월의 1그룹으로 총 2그룹으로 나뉘어졌다 (Fig. 5, Fig. 7). 이러한 차이는 각 시기별로 우점한 어종과 관련있는 것으로 생각된다. 2월과 4월에 주로 출현한 임연수어, 물가자미, 화살꼴뚜기는 6월, 8월, 10월에는 출현하지 않거나 소량만 어획되었고, 말쥐치의 경우 연중 어획되었으나 10월에 어획량이 급등하였다. 이는 종에 따라 울릉도 해역으로 계절회유를 하는 시기가 다른 것으로 생각할 수 있고, 이러한 우점종의 변화는 울릉도 해역의 군집구조가 크게 두 그룹으로 나눠지면서 시기별로 변화하는데 중요한 영향을 미칠 수 있다.

울릉도해역에서 가장 우점한 말쥐치의 체장조성을 살펴보면, 10월에 27 cm 이상의 대형개체가 주로 출현하였고, 그 외의 시기에는 21 cm 전후의 개체들이 출현하였다 (Fig. 6). 동해안에 서식하는 말쥐치는 5–6월 20–25℃에서 산란하며, 성숙체장은 21 cm로 2년 이상이 되면 산란에 참여하는 것으로 알려져 있다 (NFRDI, 2010). 울릉도해역에서 삼중자망에 의해 어획된 말쥐치는 대부분 2세 이상으로 산란이 가능한 개체로 판단이 되고, 성숙체장이상의 개체비율이 87%로 높게 나타났다. 말쥐치의 회유패턴은 1–3월 제주도 근해에서 서식하다가 4월에 대한해협을 통해 동해연안을 따라 북상하여, 7–9월에 다시 되돌아 11월에 대마도부근으로 남하하는 것으로 알려져 있다 (NFRDI, 2010). 울릉도해역에서는 10월, 독도해역에서는 8월과 11월에 말쥐치가 우점하였는데, 두 지역의 수온변동패턴 (Fig. 8)과 성층화에 의한 얕은 혼합층을 고려할 때, 하계와 추계의 표층수온의 변동은 두 지역의 말쥐치 출현에 큰 영향을 미칠 수 있다. 또한, 1990년 이후 제주도해역을 포함한 우리나라 연근해에서 말쥐치 어획량이 급격히 감소하였고, 이는 기후변화에 의한 분포범위의 변화 때문일 수도 있다 (Jung et al., 2013). 따라서, 말쥐치의 회유경로와 분포범위에 관한 더 많은 연구가 수행되어야 하고, 더 나아가 이들이 울릉도해역으로 이동하여 산란장 및 성육장으로 이용을 하는 것인지 아니면 남하할 때 일시적으로 출현을 하는지에 대한 지속적인 난자치어조사와 어획량 모니터링이 필요할 것이다.

주기적으로 변하는 기후는 어류군집구조의 변화에 큰 영향을 미치면서 해양생태계의 변화에 중요한 원인이 된다 (Chung et al., 2015; Hare and Mantua 2000; Tian et al., 2008). 지난 30년간 울릉도 해역의 표층수온을 the sequential t test analysis of regime shifts (STARS; Rodionov 2004)를 이용하여 분석한 결과, 서서히 증가하는 경향을 나타냈고 (Fig. 9), 동해 연안과 비교하여 상대적으로 인간활동에 의한 환경변화가 작기 때문에, 기후변화에 따른 생태계의 변화를 확인할 수 있는 좋은 사례연구가 될 수 있다. 본 연구에서는, 오직 2013년의

Table 2. Comparison of fish caught by trammel net in the East Sea

Study area	Period	Number of species	Survey depth	Dominant species
Ulleungdo (the present study)	2013	52	30m	*Thamnaconus modestus* *Pleurogrammus azonus*
Dokdo (Lee et al. 2010)	2008–2009	46	70–100m	*Thamnaconus modestus* *Stephanolepis cirrhifer*
Goseong, Gangwon (Choi et al. 2012)	2011–2012	20	300–450m	*Glyptocephalus stelleri* *Gadus macrocephalus* *Careproctus rastrinus*
Donghae, Gangwon (Sohn et al. 2014)	2012	78	100–500m	*Aptocyclus ventricosus*
Hupo, Gyeongbuk (Choi et al. 2012)	2011–2012	17	110–130m	*Dasycottus setiger* *Glyptocephalus stelleri*

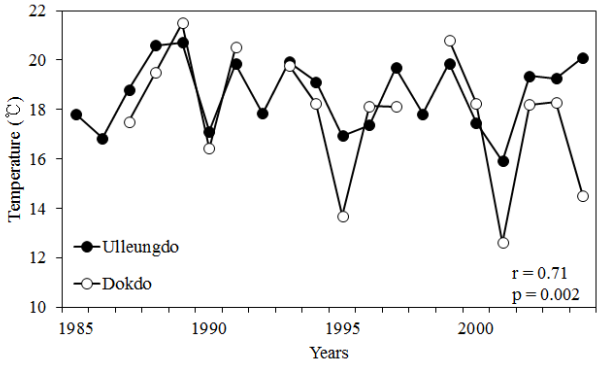

Fig. 8. Time changes in averaged-seawater temperature from 0 m to 75 m in August in the waters off Ulleungdo and Dokdo of Korea, 1995-2014.

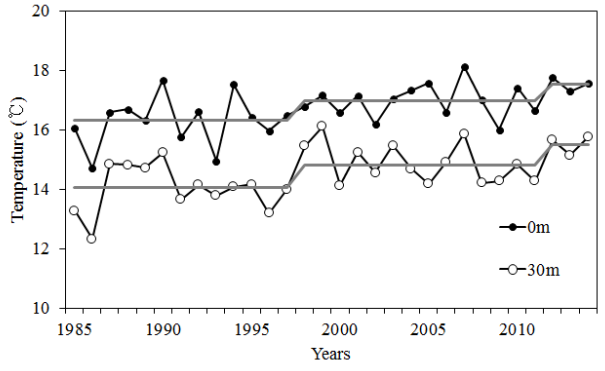

Fig. 9. Time-series of annually-averaged seawater temperature in the coastal waters off Ulleungdo from 1985 to 2014. Gray solid lines indicate averages for each regime analyzed by a sequential t test analysis of regime shifts (STARS; Rodionov 2004). STARS was implemented at the 0.5 significance level, the cutoff length of 10 years, and Huber's weight parameter of 1.

제한된 자료만을 사용하여 울릉도 해역의 종조성을 확인하였지만, 해양환경과 군집구조의 변화와 관련된 조사가 지속적으로 시행되고 그러한 변화의 원인을 밝힌다면, 기후변화에 따른 동해 생태계 군집구조변동을 파악할 수 있고, 향후 울릉도해역의 수산자원관리를 위한 좋은 정보를 제공할 것으로 생각된다.

결 론

2013년 울릉도해역에서 삼중자망을 이용하여 격월별(2, 4, 6, 8, 10, 12월)로 어획한 종을 분석하였다. 조사기간 동안 어획된 종은 4강 15목 27과 52종으로, 어류가 44종, 복족류가 4종, 두족류가 3종, 극피동물이 1종으로 총 711개체, 181.9 Kg이 어획되었다. 생체량 기준으로 가장 많이 출현한 종은 말쥐치가 14.5%를 차지하며 가장 많이 어획되었고, 그 다음으로 임연수어, 쥐노래미, 소라, 물가자미, 화살꼴뚜기의 순으로 어획되었다.

울릉도해역의 시기별 군집구조의 차이는 뚜렷이 나타났다. HCA와 DCA분석을 바탕으로, 상대적으로 저수온이고 표층해수가 잘 혼합되는 시기의 2월, 4월, 12월의 1그룹과 고수온이며 성층화가 발달되는 시기의 6월, 8월, 10월의 1그룹으로 총 2그룹으로 나뉘어졌다. 2월과 4월에 주로 출현한 임연수어, 물가자미, 화살꼴뚜기는 6월, 8월, 10월에는 출현하지 않거나 소량만 어획되었고, 말쥐치의 경우 연중 어획되었으나 10월에 어획량이 급등하였다.

사 사

이 논문은 2015년도 국립수산과학원 수산과학연구사업 (R2015028)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Choi BJ, Byun DS and Lee KH. 2012a. Satellite-altimeter-derived East Sea surface currents: estimation, description and variability pattern. J Kor Soc Oceanogr 17(4), 225-242. (doi:10.7850/jkso.2012.17.4.225)

Choi KH, Han MH, Kang CK, Park JM, Choi Jh, Park JH, Sohn MH, Baeck GW, Choy EJ and Lee CI. 2012b. Seasonal variations in species composition of fish assemblage collected net in coastal waters of the East Sea. J Kor Soc Fish Tech 48(4), 415-427. (doi: 10.3796/KSFT.2012.48.4.415)

Chung S, Suzaki H, Kasai A and Nakata H. 2015. The response of fish communities to climate and human-induced changes inferred from fishery landings in an Enclosed bay. Estuaries and Coasts 38, 1365-1375. (doi: 10.1007/s12237-014-9884-4)

Collie JS, Wood AD and Jeffries HP. 2008. Long-term Shifts in the species composition of a coastal fish community. Can J Fish Aquat Sci 65, 1352-1365. (doi: 10.1139/F08-048)

Hare S and Mantua N. 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. Prog Oceanogr 47, 103-145. (doi: 10.1016/S0079-6611(00)00033-1)

Jung SK, Ha SM and NA HN. 2013. Multi-decadal changes in fish communities Jeju island in relation to climate change. Kor J fish Aquat Sci 46(2), 186-194. (doi: 10.5657/KFAS.2013.0186)

Kim S, Zhang CI, Kim JY, Oh JH, Kan SK and Lee JB. 2007. Climate variability and its effects on major fisheries in Korea. Ocean Sci J 42(3), 179-192. (doi: 10.1007/BF03020922)

Lee DK and Niiler P. 2010. Surface circulation in the southwestern Japan/East Sea as observed from drifters and sea surface height. Deep-Sea Res 57, 1222-1232. (doi: 10.1016/j.dsr.2010.06.003)

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. Kor J Fish Aquat Sci 43(6), 693-704.

NFRDI. 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resource in Korean waters. Yemon co. Busan, p 90.

NFRDI. 2014. Technical report of National Fisheries Research & Development Institute. Busan, pp 591-612.

Oksanen J. 2014. Cluster Analysis: Tutorial with R. pp 13. Available from http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/sessio3.pdf

Oksanen J. 2015. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. pp 43. Available from http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf

Rodionov S 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts. Geophysical Research Letters 31, L09204. (doi: 10.1029/2004GL019448)

Sohn MH, Yoon BS, Park JH, Choi YM and Yang JH. 2014. Species composition and distribution of trammel net catches in the coastal waters of Gangwon province, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 47(6), 945-959.

Tian Y, Kidokoro H and Watanabe T. 2006. Long-term changes in the fish community structure from the Tsushima warm current region of the Japan/East Sea with an emphasis on the impacts of fishing and climate regime shift over the last four decades. Prog Oceanogr 68, 217-237. (doi; 10.1016/j.pocean.2006.02.009)

Tian Y. Kidokoro H, Watanabe T and Iguchi N. 2008. The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsuhima warm current in the Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mechanisms. Prog Oceanogr 77, 127-145. (doi: 10.1016/j.pocean.2008.03.007)

2015. 09. 21 Received
2015. 11. 25 Revised
2015. 11. 26 Accepted