

강원도 고성연안에서 정치망으로 채집된 어류 종조성과 군집구조

이수정 · 양재형 · 서영일 · 김진구^{1,*}

동해수산연구소, ¹부경대학교 자원생물학과

Species Composition and Assemblage Structure of Fish Collected by Set Net at the Coastal Waters of Goseong in Gangwon-do, Korea by Soo Jeong Lee, Jae-Hyeong Yang, Young Il Seo and Jin-Koo Kim^{1,*} (East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Republic of Korea; ¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea)

ABSTRACT In order to understand the seasonal variations of species composition of fish in the Goseong, middle East Sea of Korea, we surveyed fish fauna using set net during 2 years. In this study, a total of 77 taxa belonging to 40 families were collected and 75 species were identified. The dominant family were Tetraodontidae and Pleuronectidae, and the dominant species were *Arctoscopus japonicus*, *Konosirus punctatus*, *Stephanolepis cirrhifer*, *Thamnaconus modestus*, and *Trachurus japonicus*. The results of the hierarchical clustering using the number of individuals of collected species showed that they are divided into three seasonal groups: Group A (Jan.~Apr.), Group B (May~Jun., Nov.~Dec.), Group C (Jul.~Oct.). The sea surface temperature (SST) was higher than the results of previous studies in winter and spring, and species composition in spring have changed from cold-water species to the warm-water species, recently. The species composition has become similar to the that of southern Gangwon-do regions (Samcheok and Gangneung) of the previous studies. The species diversity of family Tetraodontidae has increased, which is estimated to have an effect on increase in SST and the quantity of entering the East Sea. Therefore, we assumed that the change of species composition is related to the extension of northern distribution limits and survival temperature, and abundant preys. Therefore, it is necessary that an efficient resource management policy as well as the ways of commercially use of migratory warm-water fish, rapidly.

Key words: Fish, species composition, assemblage structure, set net, Goseong, Korea

서 론

우리나라 동해는 해안선이 매우 단조롭고, 대륙붕이 급경사를 이루며 대륙사면과 연결되고, 북쪽에서는 북한한류가, 남쪽에서는 동한난류가 유입되어 정착성 및 회유성 어류가 동시에 출현하는 특징을 보인다(Chun *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2012). 동해에서는 439종의 어류가 서식하는 것으로 보고된 바 있는데, 제주도 주변해역(612종)보다 적지만 서해(339종)보다는

다양한 어종이 출현하는데 이는 난류성 및 한류성 어종이 공존하기 때문이다(Kim, 2009; Kang *et al.*, 2014). 동해에서는 최근까지 다양한 미기록종 어류가 보고되고 있으며, 이중에는 독도에서 채집된 동갈돔과(Apogonidae)와 같은 아열대성 어류와 장갱이과(Stichaeidae), 등가시치과(Zoarcidae), 날개줄고기과(Agonidae)와 같은 한류성 어종들도 함께 보고되어 동해에 출현하는 어종의 다양성은 과거보다 높게 나타날 것으로 추정된다(Kim *et al.*, 2006; Myoung *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2020).

정치망(set net)은 어군을 쫓아 어획하는 방법이 아니라 연안으로 내유한 어군을 대상으로 하는 소극적 어구로 지역적인 환경의 영향을 크게 받으며 대부분의 어획물들은 그 지역 해

저자 직위: 이수정 (해양수산연구소), 양재형 (해양수산연구소), 서영일 (해양수산연구소), 김진구 (교수)

*Corresponding author: Jin-Koo Kim Tel: 82-51-629-5927, Fax: 82-51-629-5931, E-mail: taengko@hanmail.net

황의 변화에 따라 회유하여 온 어류들로 구성되어 기후변화 등의 해양환경 요인에 따른 어류군집의 변동을 파악하기 위한 장기 모니터링에 적합하다(Kim *et al.*, 2003). 과거 동해안에서는 강원도 고성(2004~2005년, 2012~2013년)(Ryu *et al.*, 2005; Ryu and Kim, 2020), 강원도 삼척 및 경북 울진(Kang *et al.*, 2014) 등에서 정치망을 이용한 연구가 수행된 바가 있으며, 그 결과 강원도와 경상북도의 어류상 및 해양환경을 구분 하던 아한대전선이 수온 상승의 영향으로 경북 측면에서 강원도 주문진으로 북상했을 거라고 보고된 바 있다(Kang *et al.*, 2014; Ryu and Kim, 2020). 그러나 동해 표층수온은 지난 40여년간(1968~2008년) 약 1.39°C가 상승했으나, 표층수온과는 반대로 연안역 수온은 하강하는 등 동해 해양환경은 다양한 요인들에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Seong *et al.*, 2010). 따라서 본 연구에서는 동해 최북단인 강원도 고성군에서 2년간(2018~2019년) 매월 정치망을 이용하여 어류 종조성을 조사하였으며, 과거 연구와의 비교를 통해 급변하는 동해 해양환경 변화에 따른 최근 변화를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 정치망 조사는 2018년부터 2019년까지 2년간 매월 1회 수행하였다(Table 1). 정치망(길그물 길이: 400~600 m, 폭: 19~41 m, 망목 300~450 mm)은 강원도 고성군 대진항 주변해역의 수심 40 m 이내에 위치하였으며, 위판 전 어획에 참여한 모든 선박들을 방문하여 조사하거나 위판장에서 위판과 함께 조사하였다(Fig. 1). 어획된 어종은 현장에서 Kim *et al.* (2005)와 Nakabo (2013)을 참고하여 종 동정하고 현장에서 동정이 어려운 경우 시료를 구매하여 종 동정하였다. 길이는 전장(Total length; cm)을 측정했으며, 분류체계는 Nakabo (2013)와 Kim *et al.* (2019)을 참고하였다. 기후에 따른 어종의 분포특성은 Froese and Pauly (2020)를 참고하였다. 해양환경자료인 수온과 염분은 CTD (SBE-19 plus, Sea-Bird Electronics, Inc., Washington, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한, 과거 수온 및 염분과의 비교를 위해 해양환경정보포털(<http://www.meis.go.kr>)의 연안자료(2004~2005년; 2012~2013년, 고성군 거진 정점)(MEIS, 2021)를 활용하였다. 군집별 종 다양성을 파악하기 위해 종별 개체수 자료를 바탕으로 종 다양성 지수(H')를 계산하였다(Shannon and Weaver, 1963). 군집의 월별 유사도 측정을 위해 PRIMER (ver. 6.0, New Zealand)를 이용하여 Bray-Curtis 유사도 지수를 바탕으로 비가중산술평균(UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 군집분석(hierarchical cluster analysis)을 수행하였다. 어획된 어종들의 출현개체수 자료는 조사시기와 종 간의 밀도차이에 의한 자료편중과 분포

Table 1. Sampling date and number of investigated set net in this study

Date	Number of set net	Date	Number of set net
Jan. 12th. 2018.	4	Jan. 30th. 2019.	2
Feb. 9th. 2018.	3	Feb. 13th. 2019.	1
Mar. 7th. 2018.	2	Mar. 8th. 2019.	2
Apr. 10th. 2018.	2	Apr. 3rd. 2019.	3
May 11th. 2018.	3	May 16th. 2019.	3
Jun. 8th. 2018.	2	Jun. 4th. 2019.	2
Jul. 10th. 2018.	2	Jul. 23rd. 2019.	2
Aug. 1st. 2018.	3	Aug. 6th. 2019.	2
Sep. 4th. 2018.	3	Sep. 3rd. 2019.	2
Oct. 12th. 2018.	2	Oct. 1st. 2019.	2
Nov. 22nd. 2018.	3	Nov. 6th. 2019.	3
Dec. 7th. 2018.	2	Dec. 3rd. 2019.	3

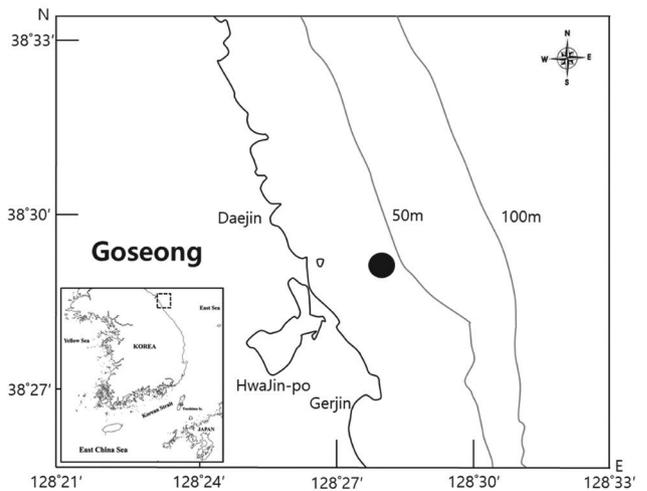


Fig. 1. Map showing the sampling sites in this study.

를 정규화하기 위하여 로그 지수(log(x + 1))로 변환하여 분석하였다. 군집된 그룹 간의 유의성을 검증하기 위해 PRIMER를 이용하여 one-way ANOSIM (analysis of similarities) 분석을 실시하였고, 군집에 기여한 종들을 파악하기 위해 SIMPER (similarity percentage procedure) 분석을 수행하였다.

결 과

1. 수온과 염분

조사기간 동안 표층(0~5 m)수온은 5.7~25.7°C로 나타났다. 표층수온은 7~8월에 23.8~25.7°C로 높게 나타났으며, 이후 점차 하강하여 12월에 13.6~17.7°C, 1~2월에 5.7~6.5°C

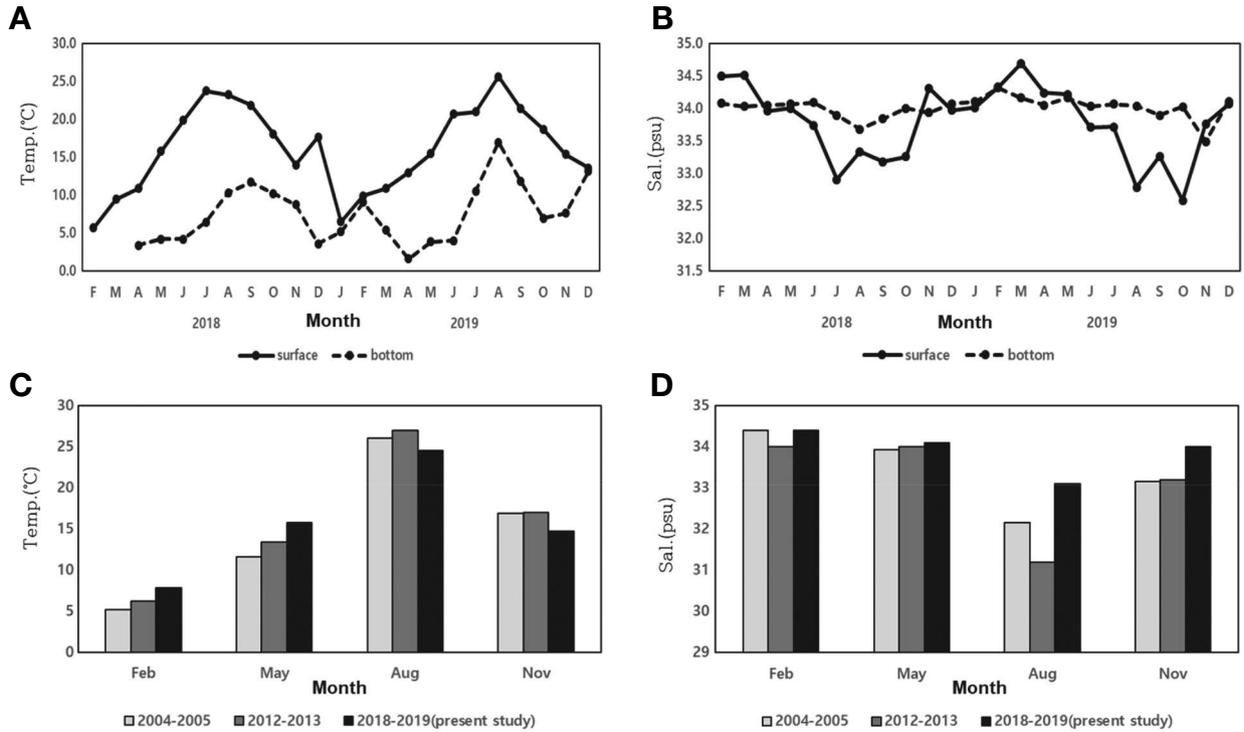


Fig. 2. Monthly variations of mean water temperature and salinity (A and B) in Goseong and comparison with those of previous studies (C and D). A: temperature, B: salinity, C: surface temperature, D: surface salinity. The data of previous studies was cited from MEIS (<http://www.meis.go.kr>).

까지 하강하였다. 저층(40 m)수온은 1.6~17.0°C로 나타났다. 저층수온은 19년 12월을 제외하고 8~10월에만 10°C 이상으로 나타났다. 표층 염분은 여름철 강우 및 태풍의 영향으로 7~10월에 상대적으로 낮게 나타났고, 저층 염분은 연중 큰 변화가 없었다(Fig. 2).

2. 어류 종조성

조사기간 동안 정치망에서는 40과 77개 분류군이 확인되었으며, 현장에서 개체수 계수와 종 동정이 용이하지 않았던 다랑어류(*Thunnus* spp.; 참다랑어와 백다랑어 혼획)와 돔발상어류(*Squalidae* sp.)를 제외하고 75개 분류군이 종 수준까지 동정되었다(Table 2). 과별로는 참복과(Tetraodontidae) 어류가 10종으로 우점했으며, 다음으로 가자미과(Pleuronectidae) 8종, 볼락과(Sebastidae) 6종, 전갱이과(Carangidae) 5종, 독중개과(Cottidae) 4종 순으로 나타났다(Fig. 3A). 종별로는 개구리깍정어(*Myoxocephalus stelleri*), 청어(*Clupea pallasii*), 대구(*Gadus macrocephalus*), 임연수어(*Pleurogrammus azonus*), 연어(*Oncorhynchus keta*), 송어(*O. masou masou*) 등 한류성 어류들의 비율이 높았으나, 방어(*Seriola quinqueradiata*), 고등어(*Scomber japonicus*), 백미돔(*Lobetes surinamensis*), 객주리(*Aluterus Monoceros*), 별복(*Arothron firmamentum*) 등의 아열

대 및 열대성 어류들도 전체 종수의 약 32%를 차지하였다.

어획 개체수를 이용한 우점종들의 출현빈도는 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 송어(*Mugil cephalus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*)가 24회 조사 중 19회로 최다 어획되었고 다음으로 황아귀(*Lophius litulon*) 16회, 참가자미(*Pseudopleuronectes herzensteini*)가 14회 어획되어 조사 해역에 연중 서식하는 것으로 생각된다. 이와 함께 동해안으로 회유하는 대표적인 난류성 어종인 고등어가 16회, 방어는 15회 어획되었다(Table 3). 조사기간 동안, 평균 어획 종수는 24종이었으며, 5~6월과 11월에 어획 종수가 많았다(Fig. 5A). 개체수는 11월에 가장 많이 어획되었는데(Fig. 5B), 개체수에서 우점했던 종은 18년은 도루묵(*Arctoscopus japonicus*)으로 전체 개체수의 49%를 차지하였고, 다음으로 전어(*Konosirus punctatus*) 29%, 방어 3.6%, 고등어, 대구 3.2% 순으로 나타났다(Fig. 3B). 19년에는 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*)가 전체 개체수의 34.4%를 차지하여 우점했으며, 다음으로 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 22.1%, 전갱이(*Trachurus japonicus*) 17.4%, 고등어 6.5%, 임연수어 3.4% 순으로 나타났다(Fig. 3C). 우점종들의 월별 평균 전장에서 도루묵은 산란기에 20 cm 내외의 개체들이 어획되었으며, 전어는 평균 24 cm 내외의 개체들이 연중 어획되었다. 쥐치는 10~12월에 평균 14 cm 개체가, 전갱이는 9~11월에 15 cm 내외의 개체가 어획되었으며, 방어와 고등어는 5월

Table 2. List of fish collected in this study

No.	Family	Scientific name	Korean name	No.	Family	Scientific name	Korean name	No.	Family	Scientific name	Korean name
1	Squalidae	<i>Squalidae</i> sp.	돔발상어류	27	Cottidae	<i>Myoxocephalus stelleri</i>	개구리꼭징이	53	Scombridae	<i>Scomberomorus niphonius</i>	삼치
2	Rajidae	<i>Beringaja pulchra</i>	참홍어	28	Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus villosus</i>	삼세기	54		<i>Thunnus</i> spp.	다랑어류
3	Dasyatidae	<i>Dasyatis matsubarai</i>	흑가오리	29	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미	55	Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>	셋돔
4	Congridae	<i>Conger myriaster</i>	봉장어	30		<i>Pleurogrammus azonus</i>	임연수어	56	Paralichthyidae	<i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치
5	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	31	Cyclopteridae	<i>Aptocyclus ventricosus</i>	뚝지	57	Pleuronectidae	<i>Clidoderma asperinum</i>	돌가자미
6	Clupeidae	<i>Clupea peltastii</i>	청어	32	Liparidae	<i>Liparis agassizii</i>	아가씨물메기	58		<i>Cleithrhis pinetorum</i>	용가자미
7		<i>Konosirus punctatus</i>	진어	33		<i>Liparis ochotensis</i>	미거지	59		<i>Platichthys bicoloratus</i>	돌가자미
8	Cyprinidae	<i>Tribolodon hakonensis</i>	황어	34	Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	60		<i>Lepidopssetta mochigarei</i>	솔봉가자미
9	Salmonidae	<i>Oncorhynchus keta</i>	연어	35	Serranidae	<i>Hyporhodus septemfasciatus</i>	농성어	61		<i>Microstomus achne</i>	찰가자미
10		<i>Oncorhynchus masou masou</i>	송어	36	Carangidae	<i>Carangoides equula</i>	갈전갱이	62		<i>Platichthys stellatus</i>	강도다리
11	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	대구	37		<i>Seriola aureovittata</i>	부시리	63		<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	참가자미
12	Lophidae	<i>Lophius litulon</i>	황아귀	38		<i>Seriola dumerilii</i>	갯방어	64		<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	문치가자미
13	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	송어	39		<i>Seriola quinqueradiata</i>	방어	65	Monacanthidae	<i>Aluterus monoceros</i>	괘주리
14	Exocoetidae	<i>Cypselurus hiraii</i>	제비날치	40		<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이	66		<i>Stephanolepis cirrifer</i>	쥐치
15	Zeidae	<i>Zenopsis nebulosa</i>	민달고기	41	Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i>	백미돔	67		<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치
16	Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>	청대치	42	Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	68	Tetraodontidae	<i>Arothron firmamentum</i>	별복
17	Sebastidae	<i>Sebastes minor</i>	좁쌀락	43		<i>Pagrus major</i>	참돔	69		<i>Lagocephalus spadiceus</i>	은밀복
18		<i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락	44	Kyphosidae	<i>Girella punctata</i>	벵에돔	70		<i>Takifugu chinensis</i>	참복
19		<i>Sebastes taczanowskii</i>	타자볼락	45	Oplegnathidae	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	71		<i>Takifugu niphobles</i>	복집
20		<i>Sebastes thompsoni</i>	볼락	46		<i>Oplegnathus punctatus</i>	강남돔	72		<i>Takifugu pardalis</i>	졸복
21		<i>Sebastes trivittatus</i>	세줄볼락	47	Embiotocidae	<i>Ditrema temminckii</i>	망상어	73		<i>Takifugu porphyreus</i>	검복
22		<i>Sebastes zonatus</i>	피볼락	48	Labridae	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	74		<i>Takifugu rubripes</i>	자주복
23	Triglidae	<i>Chelidomichthys spinosus</i>	성대	49	Stichaeidae	<i>Chirolophus japonicus</i>	괴도라치	75		<i>Takifugu Snyderi</i>	매리복
24	Cottidae	<i>Alicichthys elongatus</i>	빨간꽃대	50	Pholididae	<i>Pholis nebulosa</i>	베도라치	76		<i>Takifugu strictonotus</i>	까칠복
25		<i>Gymnancistrus intermedius</i>	가시꽃대	51	Trichodontidae	<i>Arctoscopus japonicus</i>	도루묵	77		<i>Takifugu xanthopterus</i>	까치복
26		<i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	삼꼭징이	52	Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	고등어				

Bold: tropical or subtropical species

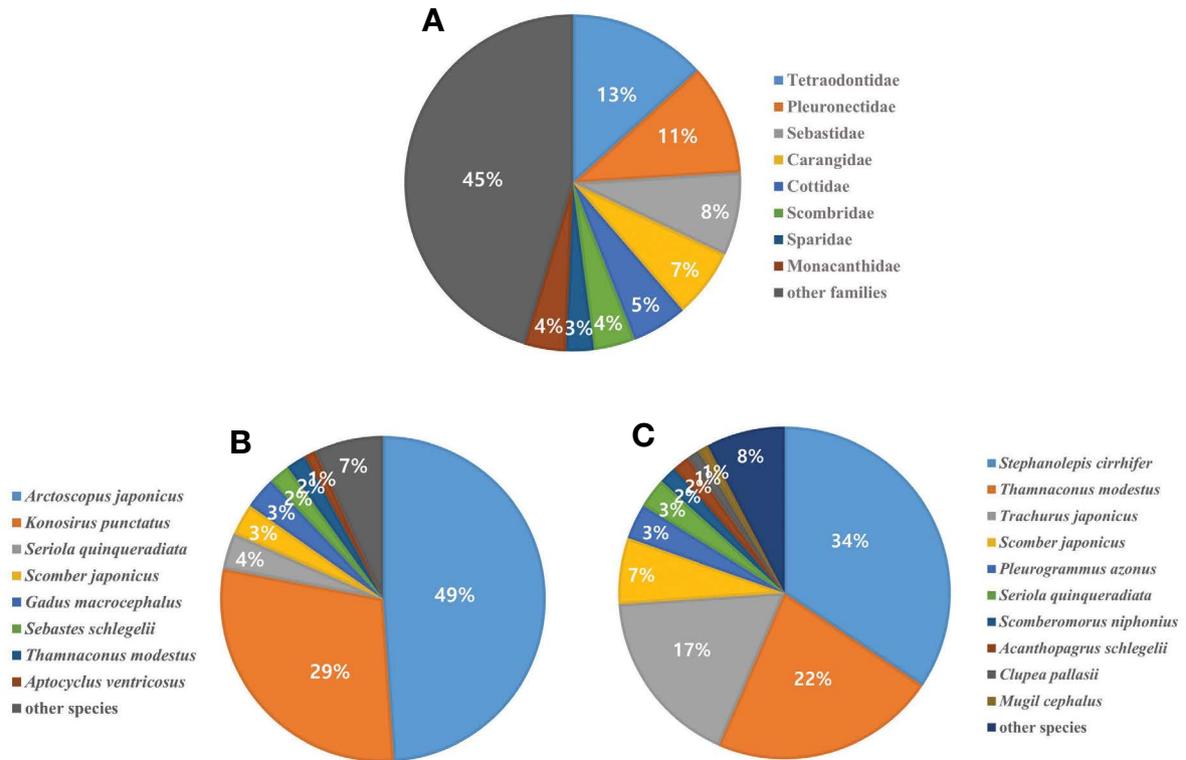


Fig. 3. Family composition by species number and species proportion by individuals collected from this study. A: family composition, B: species proportion in 2018, C: species proportion in 2019.

Table 3. Monthly variations of individual of dominant species collected by set net in 2018~2019

Scientific name	2018												2019											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Arctoscopus japonicus</i>	20										31,587													
<i>Lateolabrax japonicus</i>		2		2	23	1					110	14	1	7	62		1					1	40	
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>									43	70	153									1,200	12,842	23		
<i>Thamnaconus modestus</i>					124		1	1	1	1,120	41	1	60	36	140	26	1	670	2,624	5,462				
<i>Trachurus japonicus</i>								50	20						1		1		7,131					
<i>Scomber japonicus</i>	12				2	249	27	63	503	200	242	753				2	2	10	173	1	1,818	640		
<i>Seriola quinqueradiata</i>					16	27	435	736	185	666	234	31			22	186	101	5	50	620	206			
<i>Gadus macrocephalus</i>	13	27			2	1					2,000	360	2											
<i>Sebastes schlegelii</i>	63	3	5	2	23	29	2	12		2	122	1,100	1	7	3	47	23		6	50	146			
<i>Pleurogrammus azonus</i>	13				10			2			200	50	7	620	720	9								
<i>Scomberomorus niphonius</i>							10	200	330	5						1	2		700					
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	90	400	120	3		1				45	65	37	60	160	3	4						28	40	
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	4				125				15	50	25				2	660			3	6	3	4		
<i>Mugil cephalus</i>	26			21	171	24		2	100	45	8		3	13	17	40	80	50	70	6	2	4	140	
<i>Clupea pallasii</i>		30	43	2									410	40	53									
<i>Paralichthys olivaceus</i>	19	54	11	14	275	27	12	6	47	1	35	7	2		2	12	11	2		3		22		
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	57	80	24	20	27		6	2	1			3		9	102	89	20	3				5		
<i>Lophius litulon</i>	77		7	8	3	45		5		3		30	41	20	65	26	4	8	6			2		
<i>Chelidonichthys spinosus</i>					3	1	19	60	16	22	29	38	1			1		1	4	46	47			

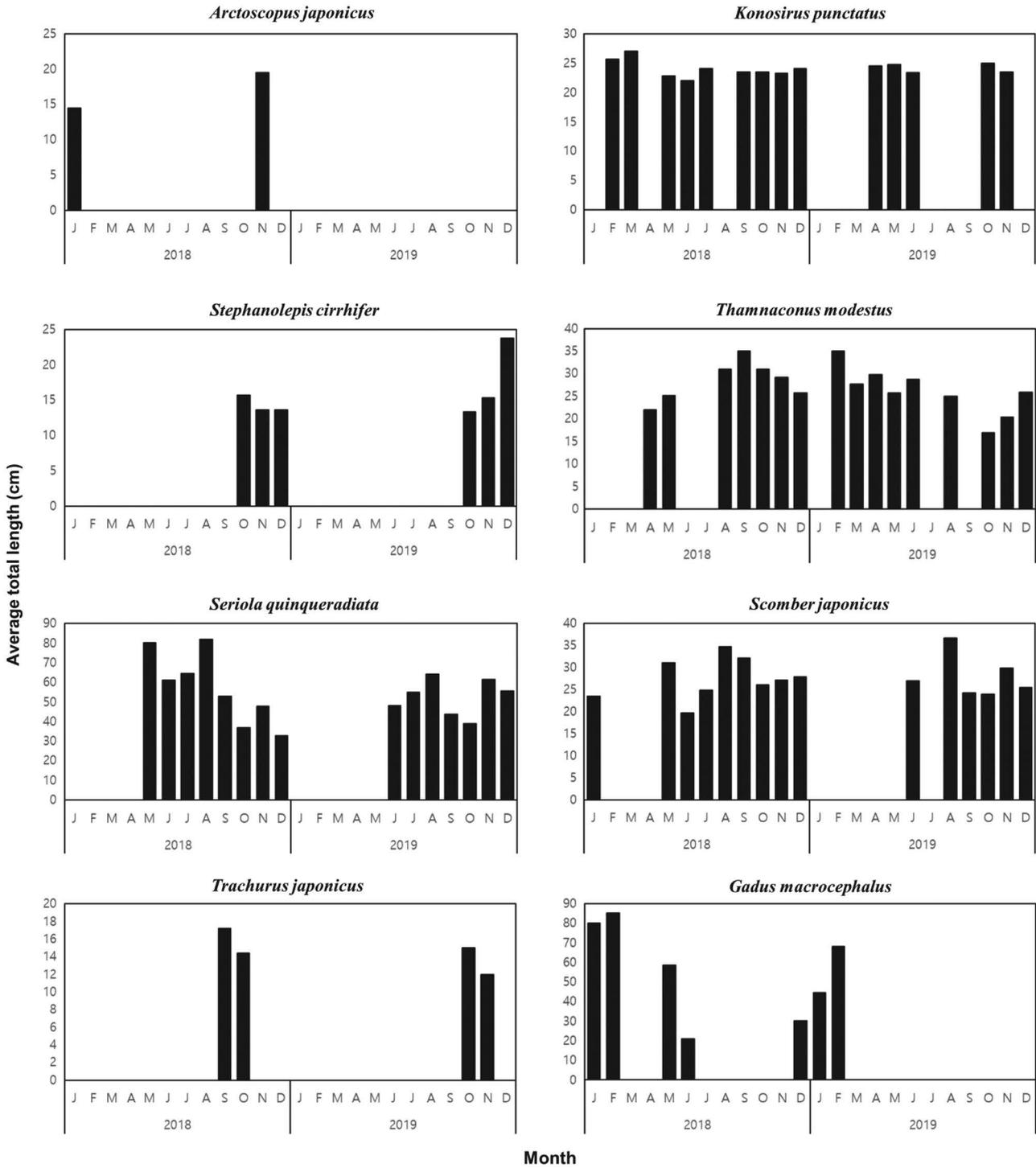


Fig. 4. Average total length of the dominant species collected by set net in this study.

부터 12월까지 다양한 크기의 개체들이 어획되었다(Fig. 4). Shannon-Wiener 종 다양도 지수는 5~6월 및 11월에 높게 나타났다(Fig. 5C).

3. 군집구조

조사기간 동안 채집된 어류의 개체수 자료를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, Bray-Curtis 유사도 지수 34% 수준에

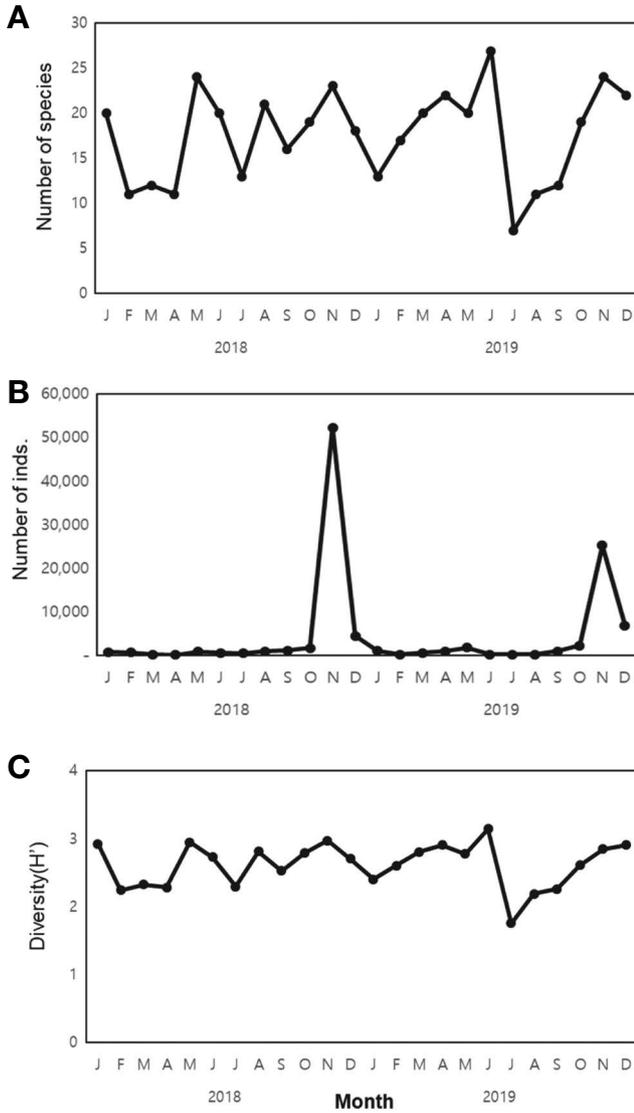


Fig. 5. The number of species (A), number of individuals (B), and diversity (C) between 2018 and 2019.

서 3개 그룹으로 구분되었다(그룹 A, B, C) (Fig. 6). 그룹 A는 1~4월, 그룹 B는 19년 10월을 포함하여 5~6월 및 11~12월이, 그룹 C는 7~10월이 포함되었다. One-way ANOSIM 분석을 통해 군집분석으로부터 나누어진 각 그룹 간 유의성을 확인한 결과, 유의하게 나타났다($R=0.817, p<0.05$). 각 그룹 간 군집에 영향을 주는 기여종을 파악하기 위해 SIMPER 분석을 통해 누적기여율이 70% 이상인 어종들을 선별한 결과 군집에 따른 차이를 관찰할 수 있었는데, 그룹 A의 군집에 기여한 종은 뚝지 (*Aptocyclus ventricosus*), 참가자미, 송어 (*Oncorhynchus masou masou*) 등으로 나타났고, 그룹 B에서는 말쥐치, 조피볼락, 방어, 고등어, 송어 등, 그룹 C에서는 방어와 고등어, 송어, 삼치 (*Scomberomorus niphonius*) 등이 군집에 대한 기여율이 높게 나타났다 (Table 4). 그룹 간 차이에서 누적기여율 30% 이상인 분류군들은 그룹 A와 B에서는 말쥐치, 방어, 고등어, 쥐치, 송어, 청어, 뚝지로 나타났고, 그룹 A와 C에서는 방어, 뚝지, 고등어, 송어, 청어로 나타났다. 그룹 B와 C에서는 말쥐치, 조피볼락, 쥐치, 고등어, 삼치, 전어, 방어가 군집 차이에 대한 기여율이 높게 나타났다 (Table 5). 그룹 A(1~4월)의 표층수온 범위는 5.7~13.0°C였으며, 그룹 B(5~6월, 11~12월)는 13.6~20.7°C, 그리고 그룹 C(7~10월)는 18.1~25.7°C로 나타났다.

고찰

1. 표층수온 변화

수온과 염분 변화를 확인하기 위해 강원도 고성에서 과거에 (2004~2005년, 2012~2013년) 수행된 연구와 비교하였다 (Ryu *et al.*, 2005; Ryu and Kim,

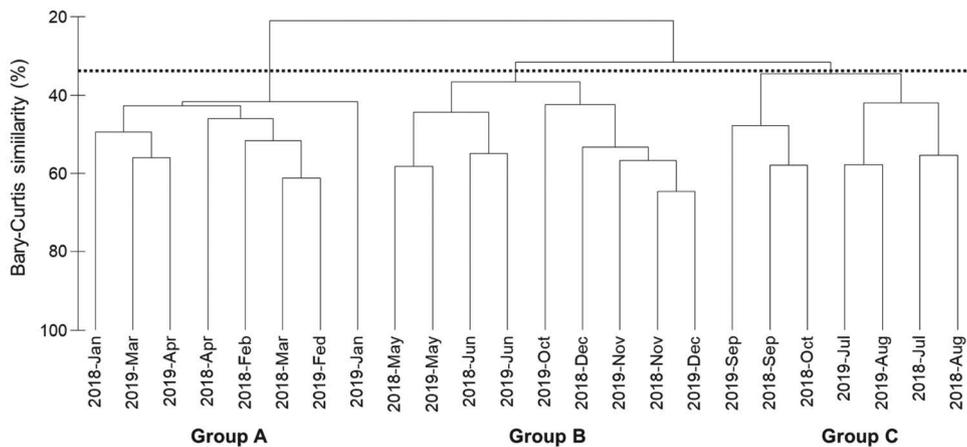


Fig. 6. Dendrogram showing the relationship among the sampling months between 2018 and 2019 based on the number of individuals of each species.

Table 4. Results from SIMPER analysis showing the species contributing between three groups

Taxon	Average similarity (%)	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
Group A (Jan.~Apr.)			
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	3.86	16.54	16.54
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	3.27	13.68	30.22
<i>Oncorhynchus masou masou</i>	3.08	12.04	42.26
<i>Lophius litulon</i>	2.86	11.19	53.45
<i>Clupea pallasii</i>	2.75	9.56	63.01
<i>Paralichthys olivaceus</i>	2.12	7.77	70.78
Group B (May~Jun., Nov.~Dec., Oct. of 2019)			
<i>Thamnaconus modestus</i>	5.20	13.56	13.56
<i>Sebastes schlegelii</i>	4.03	12.42	25.99
<i>Seriola quinqueradiata</i>	3.77	10.35	36.34
<i>Scomber japonicus</i>	3.83	7.53	43.87
<i>Mugil cephalus</i>	2.93	7.42	51.29
<i>Paralichthys olivaceus</i>	2.52	6.19	57.49
<i>Konosirus punctatus</i>	2.82	4.46	61.95
<i>Chelionichthys spinosus</i>	2.13	4.35	66.30
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	3.23	4.13	70.43
Group C (Jul.~Oct.)			
<i>Seriola quinqueradiata</i>	5.15	31.76	31.76
<i>Scomber japonicus</i>	3.95	19.65	51.41
<i>Mugil cephalus</i>	2.81	13.07	64.48
<i>Scomberomorus niphonius</i>	2.87	6.24	70.73

Table 5. Levels of contributions to average dissimilarity between groups.

Group	Dissimilarity (%)	Species	Average individuals			Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
			A	B	C		
A and B	73.2	<i>Thamnaconus modestus</i>	1	5		6.05	6.05
		<i>Seriola quinqueradiata</i>	0	4		5.10	11.15
		<i>Scomber japonicus</i>	0	4		4.94	16.09
		<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	0	3		4.23	20.32
		<i>Oncorhynchus masou masou</i>	3	0		4.19	24.52
		<i>Clupea pallasii</i>	3	0		4.00	28.51
		<i>Aptocyclus ventricosus</i>	4	2		3.7	32.22
A and C	86.5	<i>Seriola quinqueradiata</i>	0		5	8.40	8.4
		<i>Aptocyclus ventricosus</i>	4		0	6.35	14.75
		<i>Scomber japonicus</i>	0		4	5.79	20.54
		<i>Oncorhynchus masou masou</i>	3		0	5.12	25.66
		<i>Clupea pallasii</i>	3		0	4.73	30.39
B and C	68.4	<i>Thamnaconus modestus</i>		5	0	7.48	7.48
		<i>Sebastes schlegelii</i>		4	1	5.30	12.78
		<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		3	1	4.79	17.57
		<i>Scomber japonicus</i>		4	4	4.48	22.05
		<i>Scomberomorus niphonius</i>		0	3	4.08	26.13
		<i>Konosirus punctatus</i>		3	1	3.84	29.97
<i>Seriola quinqueradiata</i>		4	5	3.61	33.58		

Table 6. Comparison with dominant species between previous studies investigated by set net in the coastal waters of the East Sea

Reference	Ryu <i>et al.</i> (2005)	Kang <i>et al.</i> (2014)	Ryu and Kim (2020)	Present study
Study period	2004~2005	2006~2007	2012~2013	2018~2019
Study area	Goseong	Samcheok	Gangneung	Goseong
Study interval	Season	Season	Season	Season
Number of species	36	43	48	45
Dominant species	<i>Gadus macrocephalus</i> <i>Trachurus japonicus</i> <i>Oncorhynchus masou masou</i> <i>Ditrema temmincki</i> <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	<i>Trachurus japonicus</i> <i>Clupea pallasi</i> <i>Scomber japonicus</i> <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	<i>Trachurus japonicus</i> <i>Konosirus punctatus</i> <i>Neoditrema ransonnetii</i> <i>Oncorhynchus masou masou</i> <i>Hyperoglyphe japonica</i>	<i>Arctoscopus japonicus</i> <i>Konosirus punctatus</i> <i>Stephanolepis cirrhifer</i> <i>Thamnaconus modestus</i> <i>Trachurus japonicus</i> <i>Seriola quinqueradiata</i> <i>Sebastes schlegelii</i>

2020). 그 결과, 표층수온은 2월과 5월에는 과거부터 지속적으로 높아지는 경향을 나타냈으나, 반대로 8월과 11월에는 과거보다 낮게 나타났다(Fig. 2C). 표층염분은 2월과 5월에는 차이가 없었으나, 8월과 11월에 높게 나타났다(Fig. 2D). 비록 8월과 11월의 표층수온이 2월과 5월의 경향과는 다르게 나타났지만, 과거 Kang *et al.* (2014)의 연구가 수행되었던 2006~2007년 강원남부의 삼척과 비교해보면, 2월에만 삼척의 수온이 높았고(삼척: 10.8°C, 고성: 7.8°C) 나머지 월의 경우 모두 고성의 수온이 높게 나타났다(5월: 삼척 13.6°C vs. 고성 15.7°C; 8월: 삼척 22.0 vs. 고성 24.5°C; 11월: 삼척 14.0°C vs. 고성 14.7°C). 삼척보다 남부에 위치한 울진과의 비교에서도 2월은 울진의 수온이 높았으나(11.6°C), 5월은 고성이 높았고(울진: 14.7°C), 8월과 11월은 차이가 없었다(울진 8월: 24.7°C; 11월: 14.6°C). 해양환경정보포털의 2018~2019년 수온 자료도 5월을 제외하고는 고성 수온(8월: 25.3°C, 11월: 17.2°C)이 높게 나타났다. 과거 2012~2013년에 수행된 Ryu and Kim (2002)의 연구에서도 유사한 경향을 확인할 수 있었다. 다만, 8월의 수온이 27.4°C로 최근의 수온보다도 높게 나타났는데, 이는 당시의 특이적인 해양환경에 따른 것으로 생각된다. 따라서, 최근 고성 해역은 겨울철을 제외하고 약 15년 전의 경북 울진의 수온과 유사했다.

2. 종조성 변화

본 연구에서는 강원도 고성군에서 최근의 어류 종조성 변화를 확인하기 위해 2년간(2018~2019년) 매일 정치망에 어획되는 어류들을 조사하였다. 조사기간 동안 강원도 고성군 대진항 정치망에서는 총 77개 분류군이 어획되었다. 본 연구 지역과 인접한 동해중부 조사(고성군 죽왕면 오호리/4회 조사)(2004~2005년)에서는 23과 36종이 어획되었고 이 중 본 연구와의 중복종은 25종으로 70%를 차지하였다. 반면, 강원남부 조사(삼척시 장호/4회 조사)(2006~2007년)에서는 18과 25종이 어획되었고 중복종은 17종으로 약 50%만 유사한 결과를 보였다(Ryu *et al.*, 2005; Kang *et al.*, 2014). 과거(2012~2013년) 강원도 고성, 강릉 주문진, 삼척, 그리고 경북 포항에서 수행된 연구(4회 조사)와의 비교에서는 먼저 고성에서는 총 42종 중에 32종이 중복종으로 나타났으며, 강릉 주문진에서는 48종 중 34종, 삼척에서는 43종 중 29종, 포항에서는 45종 중 27종이 중복종으로 나타났다(Ryu and Kim, 2020)(Table 6). 선행 연구의 모든 해역에서는 40종 이상이 어획되었고 고성 및 강릉 주문진에서의 중복종 비율이 70% 이상으로 나타나 본 연구결과와 가장 유사하게 나타났다. 특히, 삼척은 Kang *et al.* (2014)의 연구에서는 중복종 비율이 약 50%였으나, 5~6년 뒤인 Ryu and Kim (2002)의 연구에서는 67%로 중복종 비율이 증가하여, 강원남부와 강원북부 고성의 종조성은 점차 유사하

게 변화할 것으로 추정된다.

본 연구에서 우점한 분류군들은 참복과, 가자미과, 볼락과, 전갱이과, 독중개과 등이었으며, 선행 연구의 우점 분류군은 참복과를 제외하고 유사했다. 참복과 어류는 이전 고성과 삼척 조사(2004~2005년, 2006~2007년)에서 복섬(*Takifugu niphobles*) 1종만이 어획되었으나, 2012~2013년 고성 조사에서는 검복(*T. porphyreus*), 까치복(*T. xanthopterus*), 국매리복(*T. vermicularis*), 매리복(*T. snyderi*)이 어획되어 종수가 증가했다(Ryu *et al.*, 2005; Kang *et al.*, 2014; Ryu and Kim, 2020). 그리고 6년 뒤인 본 연구에서는 복섬을 포함하여, 아열대성 어류인 별복, 그리고 온대성 어류인 까치복, 줄복(*T. pardalis*) 등 10종이 어획되어 최근 참복과 어류의 종 다양성이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 선행 연구에서 복어류의 회유는 난류의 이동과 관계가 있다고 보고된 바 있는데 러시아 사할린에 출현하는 검복의 기원은 동해이며, 난류를 따라 러시아 해역으로 이동한 것으로 보고된 바 있다(Poltev and Koynov, 2011). 뿐만 아니라 강원도 삼척에서 정치망에 어획된 종수의 증가는 수온의 변화와 관계가 있을 것이라고 보고된 바 있다(Ryu and Kim, 2020). 본 연구에서 참복과 어류는 줄복과 검복을 제외하고 대부분 3~5월 이후부터 어획되었는데, 이는 최근 고성의 봄철 표층수온이 과거보다 상승한 것과 관계가 있는 것으로 생각된다(Fig. 2C). 복어류(통계청 자료는 복어류로 집계)의 강원도 어획량은 약 15년 전인 2004~2007년에는 평균 748톤이었고, 2018~2019년에는 평균 769톤으로 큰 차이가 없었으나, 경상북도와 울산광역시의 경우에는 약 1.5~3배 증가하였다. 선행 연구에 따르면 동해안의 수온변화는 동해남부에서 온난화 경향이 두드러지며 특히 겨울철의 온난화 경향이 여름보다 더 뚜렷한 것으로 보고되고 있다(Kim *et al.*, 2011; KOSIS, 2021). 따라서, 동해안의 수온 상승 등 해양환경적인 요인이 참복과 어류의 종 다양성과 양적인 증가에 영향을 미치는 것으로 추정된다.

3. 군집구조

본 연구에서 어종별 개체수를 이용한 월별 군집분석에서 어류 종조성은 3개의 집단으로 구분되어졌다. 그룹 A는 뚝지, 송어, 청어 등 한류성 어종들이 기여종으로 나타난 1~4월, 그룹 B는 말쥐치, 방어, 고등어, 전어 등 난류성 어종의 기여율이 높은 5~6월, 11~12월, 마지막 그룹 C는 누적 기여율 50% 이상인 방어, 고등어의 기여율이 높은 7~10월로 나타났는데, 그룹 A보다 그룹 B와 C의 유사도가 더 높게 나타났으며, 기여종도 유사했다. Ryu *et al.* (2005)의 연구에서는 주성분분석 결과, 봄(5월)이 타 계절과 잘 구분되었고 대표어종으로 한류성 어종인 대구를 보고했다. 본 연구에서 5월은 그룹 B로 군집되었으며, 대구는 그룹 B가 아닌 그룹 A의 기여종으로 나타났다. 따

라서, 고성의 봄철 군집구조는 과거 한류성 어종에서 최근 난류성 어종으로 변화한 것으로 생각되며 이는 최근 상승한 수온의 영향으로 추정된다. 그룹 B와 그룹 C의 비유사도에 기여하는 종은 말쥐치와 삼치로 말쥐치는 11~12월에, 삼치의 경우는 9~10월에 어획량이 많았기 때문으로 생각된다. 다만, 말쥐치는 본 연구에서 2년간 1월과 7월을 제외하고 계속 어획되어 연중 분포하는 경향을 보였는데, Ryu *et al.* (2005)의 연구에서는 5월에만 소량 어획되어 차이가 있었다. 고성에서 난류성 어종인 말쥐치의 연중 어획 경향은 해양환경에 많은 변화가 있었음을 보여준다. 반면, 삼치는 18년에는 8~11월, 19년에는 9월에만 어획되어 고등어, 방어와는 다른 경향을 보였다. 이는 삼치의 식성과 관계가 있는 것으로 추정이 되는데, 선행 연구에서 삼치의 주 먹이원은 고등어와 멸치이며, 이 중에서 60cm(가랑이체장) 이하의 개체들은 주로 멸치를 섭식한다고 보고된 바 있다(Hur *et al.*, 2006). 본 연구에서 정치망에 어획된 삼치의 약 90%는 전장이 60cm 이하의 개체들이었으며 따라서, 삼치의 이동은 수온의 분포보다는 주 먹이인 멸치의 분포와 밀접한 연관이 있는 것으로 추정되나 추후 면밀한 조사가 필요하다.

본 연구의 군집분석 결과 한류성 어종이 우점했던 1~4월을 제외하고 나머지 기간은 난류성 어종들이 우점하는 경향을 보였는데, 난류성 어종들이 강원북부인 고성에서 장기간 서식하며 우점할 수 이유는 크게 세가지로 생각된다. 첫 번째는 난류성 어종들의 북방한계선 확장이다. 최근 고성의 표층수온은 앞서 제시했듯이 과거 동해남부인 경북 울진의 표층수온과 매우 유사하여 난류성 어종들의 분포 범위가 해류를 따라 북쪽으로 확장되고 있다고 생각되며, 이는 선행 연구에서도 보고된 바 있다(Ryu and Kim, 2020). 두 번째는 서식적수온대의 장기분포이다. 선행 연구에서 동해 방어 어획량 증가는 서식적수온대의 분포와 관계가 있다고 보고된 바 있으며, 특히 연안수온이 상승하는 시기에는 서식적수온대가 동해안에 계속 형성되면서 방어의 체류시간이 길어진다고 보고되어 본 연구와의 결과와도 잘 일치하였다(Kim *et al.*, 2017). 세 번째는 풍부한 먹이원이다. 본 연구에서 제시하지 않았지만, 정치망에서 어획된 방어의 위내용물에서 고등어, 전갱이, 까나리, 청어 등을 확인할 수 있었는데, 우점종이었던 전갱이는 대부분이 15cm 내외의 개체들이었으며 이들은 방어의 먹이로도 이용되고 있었다.

어류 종조성의 변화는 해양생태계 또는 어업에 많은 영향을 줄 수 있으며, 따라서 이와 관련된 연구들이 필요할 것으로 생각된다. 또한 동해안으로 유입되는 회유성 어종들의 상업적인 이용방법 모색과 동시에 효율적인 자원관리 정책의 마련도 시급하다. 뿐만 아니라, 조사에 사용된 어구별로 어획되는 종조성이 달라지기 때문에 정착성 및 저서성 어종들의 군집구조와 어획동향을 파악하기 위해서는 지역의 특색에 맞는(자망 등)

어구를 이용한 조사도 추가적으로 필요하다.

요 약

본 연구에서는 남한측 동해 최북단인 강원도 고성군에서 2년간(2018~2019년) 매일 정치망을 이용하여 어류 종조성을 확인하였으며, 과거 연구와의 비교를 통해 동해 해양환경과 어류상 간의 관계를 확인하고자 하였다. 조사기간 동안 총 77개 분류군이 어획되었으며, 이 중에서 75개 분류군이 종 수준까지 확인되었다. 우점하는 분류군은 참복과, 가자미과 등이었으며, 우점종은 도루묵, 전어, 쥐치, 말쥐치, 전갱이 등이었다. 표층수온은 과거에 비해 겨울철 및 봄철에는 지속적으로 상승하였고, 봄철 어류 종조성은 과거 한류성 어종에서 최근 난류성 어종으로 변화한 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 이전 연구보다 참복과 어류의 종 다양성이 매우 높았는데, 이는 수온 상승과 함께 동해안으로 유입되는 참복과 어류의 양적인 증가와 관계가 있는 것으로 추정된다. 어류 종조성에서는 과거 남부해역(삼척, 강릉)의 종조성과 유사해졌으며, 월별 군집분석 결과에서는 한류성 어종이 우점하는 1~4월 그룹과 방어, 고등어가 우점하는 7~10월 그룹, 그리고 난류성 어종이 우점하는 5~6월, 11~12월 그룹으로 나뉘어져서 1년 중 8개월이 동해안으로 회유하는 난류성 어종들이 우점하는 것을 확인할 수 있었다. 장기간 난류성 어종들의 우점하는 경향은 북방한계선의 확장, 서식적수온대의 장기간 형성, 그리고 풍부한 먹이에 따른 결과로 생각된다. 따라서, 동해안으로 회유하는 난류성 어종들의 상업적인 이용방법 모색과 동시에 효율적인 자원관리 정책의 마련이 필요할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2021년도 국립수산물과학원 수산과학연구소업(R2021032)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

REFERENCES

- Choi, K.H., M.H. Han, C.K. Kang, J.M. Park, J.H. Choi, J.H. Park, M.H. Sohn, G.W. Baeck, E.J. Choy and C.I. Lee. 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. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.4.415>.
- Chun, Y.Y., S.J. Hwang, Y.H. Hur and K.H. Han. 2004. Characteristics of the distribution of Ichthyoplankton along the Eastern Coast of Korea. J. Korean. Soc. Fish. Res., 6: 33-45.
- Froese, D. and D. Pauly. 2020. FishBase. World Wide Web electronic publication. version (12/2020). Available at: www.fishbase.org.
- Hur, S.H., J.M. Park and G.W. Baeck. 2006. Feeding habits of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the southern sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 39: 35-41. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.035>.
- Kang, J.H., Y.G. Kim, J.Y. Park, J.K. Kim, J.H. Ryu, C.B. Kang and J.H. Park. 2014. Comparison of fish species composition collected by set net at Hupo in Gyeong-Sang-Buk-Do, and Jangho in Gang-Won-Do, Korea. Kor. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 424-430. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0424>.
- Kim, I.S., S.Y. Kim and S.J. Hwang. 2006. Four new records of genus *Lycodes* (Perciformes: Zoarcidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 273-279.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 615pp.
- Kim, J.K. 2009. Diversity and conservation of Korean marine fishes. Korean J. Ichthyol., 21: 52-62.
- Kim, J.K., J.H. Ryu, H.J. Kwun, H.S. Ji, J.H. Park, S.H. Myoung, Y.S. Song, S.J. Lee, H.J. Yu, S.E. Bae, S.H. Jang and W.J. Lee. 2019. Distribution map of sea fishes in Korean peninsula. Mapledesign, Busan, Korea, 541pp.
- Kim, S.J., S.H. Woo, B.M. Kim and S.D. Hur. 2011. Trends in sea surface temperature (SST) change near the Korean peninsula for the past 130 years. Ocean Polar Res., 33: 281-290. <https://doi.org/10.4217/OPR.2011.33.3.281>.
- Kim, S.W., J.S. Ahn and Y. Lee. 2017. The effect of interannual variations in water temperature on the yellowtail catch, *Seriola quinqueradiata*, in the eastern part of the Korean Peninsula. Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 23: 909-917.
- Kim, Y.H., J.B. Kim and D.S. Jang. 2003. Seasonal variation of abundance and species composition of fishes caught by a set net in the coastal waters off Yosu, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36: 120-128. <http://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.2.120>.
- KOSIS. 2021. Korean statistical information service. Retrieved from www.kosis.kr. (accessed Feb. 2021).
- Lee, H.L., S.J. Lee and J.K. Kim. 2020. First record of *Lumpenopsis pavlenkoi* Soldatov, 1916 (Pisces: Stichaeidae) collected from Gosung, Gangwon Province, Korea. Korean J. Fish. Aquat. Sci., 53: 960-964. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0960>.
- MEIS. 2021. Marine Environment Information System. Retrieved from <https://www.meis.go.kr>. (accessed Mar. 2021).
- Myoung, J.G., S.H. Cho., J.H. Park and J.M. Kim. 2006. First record of the Cook's cardinalfish, *Apogon cookie* (Apogonidae, Perciformes) from Korea. Korean J. Ichthyol., 18: 148-150.
- Nakabo, T. 2013. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, 3rd ed. Tokai Univ. Press, Kanagawa, Japan, 1747pp.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resources in

- Korean Waters. Yemunsa Publisher, Busan, Korea, 405pp.
- Park, J.H., B.S. Yoon, M.H. Sohn, Y.M. Choi and J.K. Kim. 2014. First record of a poacher, *Aspidophoroides monopterygius* (Scorpaeniformes: Agonidae) from the East Sea, Korea. Korean J. Ichthyol., 26: 345-348.
- Poltev, Y.N. and A.A. Koynov. 2011. On capture of the purple puffer *Takifugu porphyreus* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) in north-eastern waters of Sakhalin. J. Ichthyol., 51: 819-823.
- Ryu, J.H. and J.K. Kim. 2020. Diversity and assemblage structure of marine fish species collected by set net in Korean peninsula during 2009-2013. Ocean Sci. J., 55: 581-591. <https://doi.org/10.1007/s12601-020-0041-7>.
- Ryu, J.H., P.K. Kim, J.K. Kim and H.J. Kim. 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.
- Seong, K.T., J.D. Hwang, I.S. Han, W.J. Go, Y.S. Suh and J.Y. Lee. 2010. Characteristic for long-term trends of temperature in the Korean waters. Korean Soc. Mar. Environ. Saf., 16: 353-360.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, U.S.A., 125pp.