동해 연안 자망에서 채집된 어류 종조성의 계절변동

최광호 · 한문희¹ · 강창근² · 박주면³ · 최정화 · 박정호⁴ · 손명호⁴

백근욱⁵ · 최은정⁶ · 이충일^{7*}

국립수산물과학원 자원연구과 · ¹강릉원주대학교 대학원 해양생물공학과

²포항공과대학교 해양대학원 · ³전남대학교 해양기술학부 · ⁴동해수산연구소 자원환경과

⁵경상대학교 해양생명과학과 · ⁶극지연구소 · ⁷강릉원주대학교 해양자원육성학과

Seasonal variations in species composition of fish assemblage collected by trammel net in coastal waters of the East Sea

Kwang Ho CHOI, Moon Hee HAN¹, Chang-Keun KANG², Joo Myun PARK³,

Jung Hwa CHOI, Jeong-Ho PARK⁴, Myong Ho SOHN⁴, Gun Wook BAECK⁵,

Eun Jung CHOY⁶ and Chung Il LEE^{7*}

*Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

¹*Marine Bioscience and Technology, Graduate School, Gangneung-Wonju National University,
Gangneung 201-702, Korea*

²*POSTECH Ocean Science & Technology Institute, Pohang University of Science &
Technology (POSTECH), Pohang 790-784, Korea*

³*Division of Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea*

⁴*Fisheries Resources & Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI,
Gangneung 210-861, Korea*

⁵*Department of Marine Biology & Aquaculture, College of Marine Science, Gyeongsang National
University, Tongyeong 650-160, Korea*

⁶*Korea Polar Research Institute, KIOST, Incheon 406-840, Korea*

⁷*Department of Marine Bioscience, Gangneung-Wonju National University,
Gangneung 201-702, Korea*

Seasonal variation in species composition and abundance of fish assemblage in the north coast (NC: Ayajin) and central coast (CC: Hupo) of the East Sea were calculated using samples collected by trammel net during

*Corresponding author: leeci@gwnu.ac.kr, Tel: 82-33-640-2855, Fax: 82-33-640-2340

2011-2012. A total of 20 species from NC and 17 species from CC were collected. Of the fishes collected, the dominant fish species were *Glyptocephalus stelleri* and *Careproctus rastrinus* in the NC, and *Dasycottus setiger* and *G. stelleri* in the CC. These 2 fishes accounted for 71.7% and 81.0% of the total number of individuals collected in the NC and CC, respectively. The number of fish species, number of individuals, biomass and species diversity indices fluctuated with the seasons. The cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (MDS) based on Bray-Curtis similarity revealed that the fish assemblages classified into north and central groups. Analysis of similarity percentages of species contributions (SIMPER) indicated that most individual of *G. stelleri* and *Gadus macrocephalus* contributed to north group, and *D. setiger* and *G. stelleri* in central group, whereas 15 species contributed to 90% of the dissimilarity.

Keywords: Trammel net, Fish assemblage, East Sea, *Glyptocephalus stelleri*, *Dasycottus setiger*, *Careproctus rastrinus*, *Gadus macrocephalus*

서 론

우리나라 동해는 지형적으로 황해나 남해와는 달리 해안선이 단조롭고, 대륙붕이 급경사를 이루며 대륙사면에 연결되는 특징을 보이고 있다. 또한 북쪽에서 북한한류가 대륙붕을 따라 남하하고 남쪽에서 대한해협을 통하여 고온 고염의 동한난류가 유입되고 있어서 강한 열전선이 형성되며, 이러한 특유의 해황 때문에 남해 및 서해와는 달리 동해에서는 정착성, 심해성 및 회유성 어류가 공존하는 특성을 지닌다 (Gong and Shon, 1982).

연구 해역인 동해 북부 (강원 고성)는 국내에서 조업이 이뤄질 수 있는 최북단으로, 북한 연안을 따라 내려오는 저온, 저염의 북한한류의 영향을 받는다. 1990년대 이후 급감하여 현재 거의 자취를 감춘 명태가 존재하는 해역으로 수온 상승 등 환경적 변화가 어업 및 자원량에 영향을 미치고 있다. 동해 중남부연안에서 표층의 경우 북상하는 동한난류의 영향을 받고, 저층의 경우 남하하는 북한한류의 영향을 받으며 (Kim and Kim, 1983), 매년 표층 냉수역과 저층온수가 형성되고 소멸되는 현상이 반복된다 (Hwang et al., 2008). 동해 중부 (경북 울진) 역시 동한난류와 북한한류의 영향으로 극전선을 형성하며, 연도

별 난류와 한류의 세기와 분포에 따라 회유종의 분포가 달라지는 해역이다 (Lee, 2011).

지금까지 실시된 동해 어업별 어류 군집에 관한 연구에는 흥해 (Hwang et al., 1997), 포항 석병 (Han et al., 2002a), 고성 오호리 (Ryu et al., 2005), 울진 왕돌초 (Lee et al., 2008), 영일만 (Hong et al., 2008), 독도 (Lee et al., 2010)에서 자망 및 삼중자망에 의한 조사가 이루어졌으며, 울산 정자 (Han et al., 2002b), 고성 오호리 (Ryu et al., 2005), 고리 (Baeck et al., 2010)에서 정치망에 의한 조사와 영일만 (Lee, 1999), 시험조사선을 사용한 동해 전역 (Yoon et al., 2008), 동해 심해 (Park et al., 2007; Sohn et al., 2010), 울진과 후포 연안 (Lee, 2011)에서 저인망에 의한 조사 등 여러 연구들이 이루어져왔다. 이 중 자망은 저서 및 반저서성 어류를 연구하기에 적절한 것으로 알려져 있으며 (Hwang et al., 1997), 이들은 특정 어군을 탐색하여 포획하는 능동 어구가 아니기 때문에 조사 지역의 종조성 및 어군변동을 파악하기에 적절할 것이라 판단되어진다.

연안 어류 군집의 연간 변동을 연구하는 것은 최근 기후변동과 관련된 생태계 반응을 연구하기 위한 관심 높은 연구 분야이다. McDonald 등 (1984)은 연안 어류 군집의 연간변동 특성은 해

양 기후와 관련이 있다고 보았다. 이 같은 변동은 염분, 수온, 영양염 공급, 동물플랑크톤의 시·공간적 분포 등과 같은 많은 생물학적, 무생물학적 특성이 잠재적으로 생물의 분포에 직·간접적으로 영향을 미친다. 그러나 이러한 연구를 위해서는 꾸준한 지속적인 채집 및 관찰이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 동해에서 어류의 종조성 및 계절변동을 살펴보기 위하여 동해를 북부(고성 아야진), 중부(울진 후포)로 지역을 구분하여, 동일시기에 지역별 삼중자망에 의해 채집된 어류 군집을 비교 분석하였으며, 향후 동해 어류군집의 장기변동을 파악하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 2011년 8월에서 2012년 5월까지 계절별 (8, 11, 2, 5월)로 동해 북부해역 (고성 아야진, 수심: 300~450m)과 동해 중부해역 (울진 후포, 수심: 110~130m)에서 삼중자망을 이용하여 채집하였다 (Fig. 1). 삼중자망은 홀자망과는 달리 그물코가 큰 2장의 외망과 크물코가 작은 1장의 내망으로 어구가 구성

Fig. 1. A map showing the location of two sampling areas, north coast (NC) and central coast (CC), in the coastal waters of the East Sea.

되며, 홀자망에서 어획되기 어려운 어종이나 갑각류뿐만 아니라 자치어를 포함한 크고 작은 여러 대상을 동시에 어획하는 기능을 갖고 있어서 자원보호적인 측면에서 일부 해역과 특정어종을 제외하고는 법적으로 허가가 금지된 어구이지만 최근에는 시험조업 등을 통한 어획성능 및 망목 선택성의 연구가 진행되고 있다 (Kim and Lee, 2002). 본 조사에서 사용한 어구 크기는 동해 북부 (길이×높이: 1500×2m, 외망 망목: 600mm, 내망 망목: 85mm)와 동해 중부 (길이×높이: 900×2.8m, 외망 망목: 600mm, 내망 망목: 85mm)에서 약간의 차이가 있었다.

각 어구는 전날 오전에 설치하였고 24시간 뒤인 다음날 오전에 수거하였다. 조사해역에 출현하는 어류의 출현량 변동에 영향을 미치는 환경요인을 측정하기 위하여 CTD (SBE19plus V2)를 이용하여 어류 채집시 표층과 저층의 수온과 염분을 측정하였다. 동해 북부의 경우 저층 수온과 염분 자료가 측정되지 않았기 때문에, 조사 지점과 가장 근접한 국립수산물자원원 정선해양관측자료 (107-2, 수심: 300m)를 사용하였다. 정선해양관측은 격월 (2, 4, 6, 8, 10, 12월)로 이루어지므로, 2011년 8월과 2012년 2월 저층 환경자료는 8월과 2월의 정선해양관측자료를 사용하였다. 반면 2011년 11월과 2012년 5월 환경자료는 4월과 6월, 10월과 12월의 평균치를 사용하였다.

채집된 생물은 즉시 실험실로 운반한 후 종별로 동정, 분류하였다. 채집된 어류는 Nakabo (2002), Kim et al. (2005)을 이용하여 동정하였고, 종명과 학명은 Kim et al. (2005)을 따랐다.

각 월별 어류군집 구조를 비교하기 위하여 Shannon and Weaver의 종다양도지수 (H')를 구하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

통계분석을 위한 자료를 정규화 (normality)하고 분산을 동질화 (homocedasticity)하기 위하여 어류 출현량의 네제곱근변환 (fourth root transformation)을 수행하였다. 계절별 어류의 군집구조를 분석하기 위하여 Bray-Curtis 유사도지

수를 이용하였다. 구해진 유사도는 group-average 방법을 이용하여 집괴분석 (cluster analysis)을 실시한 뒤, 그 결과를 수상도로 나타내었다. 그리고 다차원척도법 (non-metric multi-dimensional scaling, MDS)을 이용하여 어류 군집을 도식화 하였다. 집괴분석에 의해 구분된 그룹을 결정하는데 기여하는 어종을 확인하기 위하여 SIMPER 분석을 실시하였다. 통계분석을 위하여 PRIMER v5 statistical package를 이용하였다 (Clarke and Gorley, 2001).

결 과

수온과 염분

동해 북부에서 (Fig. 2A) 표층 수온은 여름 (8월)에 25.4°C로 가장 높았으며, 가을 (11월)에 점차 감소하여 13.4°C, 겨울 (2월)에는 7.2°C까지 감소하였다. 이후 봄 (5월)에 15.4°C까지 증가하였다. 저층 수온 (수심: 300m)은 0.9~1.1°C 범위로 계절 간 큰 차이가 없었다. 표층 염분은 여름에 30.4psu로 가장 낮았으며, 가을과 겨울은 33.3psu와 33.4psu로 큰 차이를 보이지 않았고,

봄에 34.1psu로 가장 높았다. 여름 표층 염분이 낮았던 원인은 여름철 강우의 원인으로 판단된다. 저층 염분은 34.0~34.1psu 범위로 계절 간 큰 차이가 없었다.

동해 중부에서 (Fig. 2B) 표층 수온은 여름에 24.4°C로 가장 높았으며, 가을에 점차 감소하여 17.3°C, 겨울에는 10.5°C까지 감소하였다. 이후 봄에 수온이 17.9°C까지 증가하였다. 저층 수온 (수심: 114m)은 여름에 3.2°C였으며, 가을에 점차 감소하여 2.0°C까지 낮아졌다. 하지만 겨울에는 3.5°C로 증가하였고, 이후 봄에 2.8°C로 약간 감소하였다. 겨울철에는 표층과 저층 간의 원활한 혼합으로 인해 저층 수온이 증가한 것으로 판단되지만, 계절 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 표층 염분은 여름에 33.0psu로 가장 낮았으며, 가을, 겨울, 봄은 33.9~34.1psu 범위로 큰 차이가 없었다. 여름 표층 염분이 다른 계절에 비해 낮았으나 북부처럼 계절 간 큰 차이를 보이지는 않았다. 저층 염분은 33.9~34.0psu 범위로 계절 간 큰 차이가 없었다.

Fig. 2. Seasonal variations on surface and bottom water temperature, and salinity in the north (A) and central (B) coast of the East Sea.

종조성

조사기간 동안 동해 북부에서 5목, 10과, 20종, 1,151개체, 497,443.0g의 어류가 채집되었다 (Table 1). 분류군별 (Order) 출현어종 수를 살펴보면 썸뱅이목 (Scorpaeniformes) 어류가 4과 9종으로 가장 많이 채집되었으며, 그 다음으로 농어목 (Perciformes) 어류가 3과 6종, 대구목 (Gadiformes), 가자미목 (Pleuronectiformes) 어류가 각각 1과 2종씩, 홍어목 (Rajiformes) 어류가 1과 1종 채집되었다. 개체수에서 가장 많이 채집된 어종은 기름가자미 (*Glyptocephalus stelleri*)로 588개체가 채집되어 전체 채집개체수의 51.1%를 차지하였다. 그 다음으로 분홍꼼치 (*Careproctus rastrinus*)가 237개체로 20.6%를 차지하였으며, 대구 (*Gadus macrocephalus*)가 79개체 (6.9%), 고무걱정어 (*Dasycottus setiger*)가 45개체 (3.9%), 주먹물수배기 (*Malacocottus gibber*)가 43개체 (3.7%) 순으로 채집되었다. 상기 5종은 전체 채집개체수의 86.2%를 차지하였다. 생체량에서는 대구가

216,497.8g 채집되어 전체 채집생체량의 43.5%를 차지하였다. 그 다음으로 분홍꼼치가 82,792.6g으로 16.6%를 차지하였으며, 독지 (*Aptocyclus ventricosus*)가 67,621.9g (13.6%), 기름가자미가 53,102.6g (10.7%), 미거지 (*Liparis ochotensis*)가 31,505.4g (6.3%) 순으로 채집되었다. 상기 5종은 전체 채집생체량의 90.7%를 차지하였다.

동해 중부에서는 6목, 11과, 17종, 904개체, 225,664.0g의 어류가 채집되었다 (Table 2). 분류군별 (Order) 출현어종 수를 살펴보면 썸뱅이목 어류가 4과 7종으로 가장 많이 채집되었으며, 그 다음으로 농어목 어류가 2과 3종, 가자미목 어류가 1과 3종, 청어목 (Clupeiformes) 어류가 2과 2종, 연어목 (Salmoniformes)과 대구목 어류가 1과 1종씩 채집되었다. 개체수에서 가장 많이 채집된 어종은 고무걱정어로 426개체가 채집되어 전체 채집개체수의 47.1%를 차지하였다. 그 다음으로 기름가자미가 306개체로 33.8%를 차지하였으며, 줄가시횃대 (*Icelus cataphractus*)가 56개

Table 1. Species composition of fish assemblage in the north coast (NC) of the East Sea

Order	Family	Species	NC_Aug		NC_Nov		NC_Feb		NC_May		Total			
			N	W	N	W	N	W	N	W	N	%N	W	%W
Rajiformes	Rajidae	<i>Dipturus kwangtungensis</i>					3	2,649.7			3	0.3	2,649.7	0.5
Gadiformes	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	3	934.9	63	197,823.5	4	6,513.2	9	11,226.2	79	6.9	216,497.8	43.5
		<i>Theragra chalcogramma</i>			1	945.1					1	<0.1	945.1	0.2
Scorpaeniformes	Cottidae	<i>Icelus cataphractus</i>	2	77.3							2	0.2	77.3	<0.1
	Psychrolutidae	<i>Dasycottus setiger</i>	1	52.9			1	541.2	43	574.5	45	3.9	1,168.6	0.2
		<i>Malacocottus gibber</i>	1	320.1			24	10,767.0	18	4,216.3	43	3.7	15,303.4	3.1
	Cyclopteridae	<i>Aptocyclus ventricosus</i>	6	9,804.8	22	42,681.0	10	15,136.1			38	3.3	67,621.9	13.6
		<i>Eumicrotremus birulai</i>					2	196.0			2	0.2	196.0	<0.1
	Liparidae	<i>Crystallichthys matsushimae</i>					1	622.9			1	<0.1	622.9	0.1
		<i>Liparis ochotensis</i>	1	301.3	3	1,625.2	2	1,256.9	15	28,322.0	21	1.8	31,505.4	6.3
		<i>Careproctus rastrinus</i>					37	18,785.1	200	64,007.5	237	20.6	82,792.6	16.6
		<i>Liparis agassizii</i>					2	620.6			2	0.2	620.6	0.1
Perciformes	Zoarcidae	<i>Lycodes nakamurai</i>					17	8,365.3			17	1.5	8,365.3	1.7
		<i>Lycodes tanakai</i>					4	2,647.6	6	4,875.1	10	0.9	7,522.7	1.5
		<i>Bothrocara hollndi</i>					1	347.9			1	<0.1	347.9	<0.1
		<i>Petroschmidia toyamensis</i>	3	1,085.9					3	1,095.2	6	0.5	2,181.1	0.4
	Stichaeidae	<i>Lumpenella longirostris</i>	1	110.6	2	280.2	21	2,312.2	1	61.7	25	2.2	2,764.7	0.6
	Trichodontidae	<i>Arctoscopus japonicus</i>			28	2,809.4	1	66.6			29	2.5	2,876.0	0.6
	Pleuronectidae	<i>Glyptocephalus stelleri</i>	66	8,720.8	300	25,506.4	28	2,481.1	194	16,394.3	588	51.1	53,102.6	10.7
		<i>Hippoglossoides dubius</i>	1	281.4							1	<0.1	281.4	<0.1
Total			85	21,690.0	419	271,670.8	158	73,309.4	489	130,772.8	1,151	100.0	497,443.0	100.0

Table 2. Species composition of fish assemblage in the central coast (CC) of the East Sea

Order	Family	Species	CC_Aug		CC_Nov		CC_Feb		CC_May		Total			
			N	W	N	W	N	W	N	W	N	%N	W	%W
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>			1	22.8					1	0.1	22.8	<0.1
	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>					1	330.5	3	422.0	4	0.4	752.5	0.3
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus masou masou</i>					1	595.8			1	0.1	595.8	0.3
Gadiformes	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	4	2,227.0					3	1,086.0	7	0.8	3,313.0	1.5
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Sebastes steindachneri</i>					1	251.5			1	0.1	251.5	0.1
	Cottidae	<i>Gymnoanthus herzensteini</i>			1	157.0					1	0.1	157.0	<0.1
		<i>Icelus cataphractus</i>	9	847.3	11	817.5	1	157.5	35	2,003.0	56	6.2	3,825.3	1.7
	Psychrolutidae	<i>Dasyctotus setiger</i>	45	16,254.6	194	40,943.0	39	9,509.7	148	29,089.9	426	47.1	95,797.2	42.5
	Liparidae	<i>Liparis tessellatus</i>					1	41.1			1	0.1	41.1	<0.1
		<i>Crystallichthys matsushimae</i>	1	16.1	3	633.4	1	209.3	1	182.7	6	0.7	1,041.5	0.5
		<i>Liparis ochotensis</i>	1	266.7	3	1,264.7					4	0.4	1,531.4	0.7
Perciformes	Zoarcidae	<i>Lycodes tanakai</i>	33	44,382.3	4	6,790.7	1	1,758.2	15	23,406.9	53	5.9	76,338.1	33.8
		<i>Petroschmidia toyamensis</i>	2	801.1	1	393.0					3	0.3	1,194.1	0.5
	Trichodontidae	<i>Arctoscopus japonicus</i>			5	372.7					5	0.6	372.7	0.2
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Glyptocephalus stelleri</i>	8	1,309.5	105	10,589.9	109	9,793.9	84	11,256.2	306	33.8	32,949.5	14.6
		<i>Hippoglossoides pinetorum</i>			8	1,316.1	7	914.9			15	1.7	2,231.0	1.0
		<i>Hippoglossoides dubius</i>	3	1,387.8			8	2,805.3	3	1,056.4	14	1.5	5,249.5	2.3
Total			106	67,492.4	336	63,300.8	170	26,367.7	292	68,503.1	904	100.0	225,664.0	100.0

체 (6.2%), 벌레문치 (*Lycodes tanakai*)가 53개체 (5.9%), 용가자미 (*Hippoglossoides pinetorum*)가 15개체 (1.7%) 순으로 채집되었다. 상기 5종은 전체 채집개체수의 94.7%를 차지하였다. 생체량에서는 고무꺼정이가 95,797.2g 채집되어 전체 채집생체량의 42.5%를 차지하였다. 그 다음으로 벌레문치가 76,338.1g으로 33.8%를 차지하였으며, 기름가자미가 32,949.5g (14.6%), 홍가자미 (*Hippoglossoides dubius*)가 5,249.5g (2.3%), 줄가시횃대가 3,825.3g (1.7%) 순으로 채집되었다. 상기 5종은 전체 채집생체량의 94.9%를 차지하였다.

계절변동

동해 북부에서 채집 어종수의 계절변동을 살펴보면, 조사기간 동안 7~16종이 채집되었다 (Fig. 3). 겨울 (2월)에 가장 많은 16종이 채집되었고, 가을 (11월)에 가장 적은 7종이 채집되었지만, 여름 (8월)과 봄 (5월) 또한 10종, 9종이 채집되어 2월을 제외한 나머지 계절에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 채집개체수는 봄에 489개

체로 가장 많았으며, 그 다음은 가을로 419개체였다. 반면 겨울과 여름은 158개체, 85개체로 채집개체수가 적었다. 채집생체량 또한 가을이 271,670.8g으로 가장 높았으며, 그 다음은 봄으로 130,772.8g였다. 겨울과 여름은 73,309.4g과 21,690.3g으로 낮은 채집생체량 보였다. 종다양도지수는 겨울에 가장 높았으며, 가을에 가장 낮았는데 이것은 가을에 기름가자미의 채집량이 높았던 결과로 판단된다.

동해 중부에서 채집 어종수의 계절변동을 살펴보면, 가을과 겨울에 11종으로 가장 많은 종이 채집되었고, 여름과 봄에는 상대적으로 적은 9종과 8종이 채집되었다 (Fig. 3). 채집개체수는 가을에 336개체로 가장 많았으며, 그 다음은 봄으로 292개체였다. 반면 겨울과 여름은 170개체, 106개체로 채집개체수가 적었다. 채집생체량은 봄이 68,503.1g으로 가장 높았으며, 그 다음은 여름 67,492.4g, 가을 63,300.8g, 겨울 26,367.7g 순이었다. 여름에 채집개체수에 비해 채집생체량이 높아진 이유는 주요 우점종인 기름가자미가 적게 어획되었고, 상대적으로 중량이 많이 나가

동해 연안 자망에서 채집된 어류 종조성의 계절변동

Fig. 3. Seasonal variations in number of species, number of individuals, biomass and diversity index of fish assemblage collected by trammel net in the north coast (NC) and central coast (CC) of the East Sea.

Fig. 4. Seasonal variations in abundance of common fish species in the north (A) and central (B) coast of the East Sea.

는 벌레문치가 다수 어획되었기 때문이다. 종다양도지수는 여름에 가장 높았으며, 겨울에 가장 낮았다.

개체수 기준으로 상위 4종의 우점종의 계절별 출현양상을 살펴보면 (Fig. 4), 각 어종들은 뚜렷한 시간적 출현량 변동을 보였다. 동해 북부에서 기름가자미는 4계절 모두 출현하였으며, 특히 가을과 봄에 출현량이 높았다 (Fig. 4A). 분홍꼼치는 오직 겨울과 봄에만 출현하였으며, 봄에 대부분의 개체들이 출현하였다. 대구 또한 4계절 모두 출현하였으나 가을에 대부분 개체들이 출현하였으며, 고무걱정이는 봄에 출현량이 높았다.

동해 중부에서 고무걱정이는 4계절 모두 출현하였으며, 가을과 봄에 출현량이 높았다 (Fig. 4B). 기름가자미 4계절 모두 출현하였지만, 가을, 겨울, 봄에는 출현량이 유사하였지만, 여름에는 출현량이 낮았다. 줄가시횃대와 벌레문치 역시 4계절 모두 출현하였는데, 줄가시횃대는 가을과 봄, 벌레문치는 여름과 봄에 출현량이 높았다.

군집구조

집괴분석을 이용한 동해안 북부와 중부 어류 군집의 50% 유사도 수준에서 북부와 중부 군집으로 구분되었다. 북부 군집은 다시 겨울과 봄, 여름과 가을의 두 개의 그룹으로 구분할 수 있었고, 중부는 여름과 봄, 가을과 겨울 두 개의 그룹으로 구분되었다 (Fig. 5). 북부와 중부 어류군집은 MDS 분석 결과에서도 확인할 수 있었으나, 중부에서 유사도가 더 높음을 알 수 있었다.

동해 북부와 중부 어류군집의 SIMPER 분석 결과 각 그룹을 구분하는 평균 유사도 (similarity)와 비유사도 (dissimilarity)가 낮게 나타남을 알 수 있었다 (Table 3). 북부에서는 7종, 중부에서는 6종의 어류가 그룹화 하는데 90% 기여하였다. 각 그룹에서 기여도가 높은 상위 3종을 살펴보면, 북부에서는 기름가자미, 대구, 미거지가 57.56% 기여하였고, 중부에서는 고무걱정이, 기름가자미, 줄가시횃대가 62.44% 기여하였는데, 북부와 중부 공통적으로 기름가자미가 상위 종에 속하였다. 북부와 중부 어류 군집을 구분하는데 90% 기여하는 종은 총 15종이 있으며, 고무걱정이,

Table 3. SIMPER analysis results from comparison at two regions (north coast (NC) and central coast (CC)) of the East Sea. Analysis was performed on untransformed data. Those species contributing to, in total, >90% to the average similarity are listed

Species	Average abundance		Average similarity (%)		Dissimilarity between groups (%)
	NC	CC	54.51	68.69	58.03
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	147.00	76.50	29.99	22.50	4.98
<i>Gadus macrocephalus</i>	19.75	1.75	15.45		6.38
<i>Liparis ochotensis</i>	5.25	1.00	21.11		4.55
<i>Lumpenella longirostris</i>	6.25	—	11.25		7.07
<i>Aptocyclus ventricosus</i>	9.50	—	9.38		7.71
<i>Malacocottus gibber</i>	10.75	—	6.71		6.70
<i>Dasycottus setiger</i>	11.25	106.50	5.12	25.43	10.75
<i>Icelus cataphractu</i>	0.50	14.50		14.51	8.04
<i>Lycodes tanakai</i>	2.50	13.25		12.25	6.29
<i>Crystallichthys matsushimae</i>	0.25	1.50		9.49	4.65
<i>Hippoglossoides dubius</i>	0.25	3.50		6.50	5.18
<i>Careproctus rastrinus</i>	59.25	—			7.58
<i>Arctoscopus japonicus</i>	7.25	1.25			4.91
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	—	3.75			4.49
<i>Petroschmidtia toyamensis</i>	1.50	0.75			3.59

Fig. 5. Dendrogram of hierarchical clustering (upper) and non-metric dimensional scaling (MDS) ordination (lower) on fish assemblage for seasonal sampling (NC : north coast, CC : central coast).

줄가시횃대, 뚝지, 분홍꼼치, 가시베도라치 (*Lumpenella longirostris*) 등의 순으로 기여도가 높았다.

고 찰

동해안의 강원과 경북 해역에서는 중형저인망, 근해트롤, 선망, 채낚기, 자망, 통발, 연승, 연안복합, 정치망 등 다양한 어구에 의해 어업이 이루어진다. 그중 자망에 의한 어업 비중은 90년대에 평균적으로 약 19%를 차지하였으나, 2003년 이후 최근까지 13%까지 감소하고 있다 (KOSIS, 1990~2011). 자망은 주로 영세 어민들

에 의해 사용되며, 이들은 동해안 어민들의 생계수단에 직접적으로 연관된 조업 방식이다. 최근 어구사용규제 (삼중자망), 산란기 포획 금지, 포획/채취 금지 체장 등의 자원관리 규제와 생계를 위한 어민들의 조업활동 사이에서 마찰이 발생하고 있으며, 이에 지역별 특성에 따라 규제를 재정비하고 자원 또한 보전하기 위한 방안이 요구되는 실정이다. 그렇기에 지역별, 시기별 출현하는 종의 종조성 및 군집 구조 연구를 통한 기초 자료 수집이 필요하다.

본 연구는 2011년 8월에서 2012년 5월까지 동해 북부와 중부에서 계절별로 채집한 어류를 분석하였다. 그 결과 동해 북부에서 20종, 중부에서 17종이 채집되었고, 소수종에 의해 군집이 우점되는 특징을 나타내었다. 북부에서는 기름가자미 (51.1%), 분홍꼼치 (20.6%), 대구 (6.9%)가 우점하였고, 중부에서는 고무꺼정이가 (47.1%)와 기름가자미 (33.3%)가 가장 우점하였다 (Table 1, 2). 두 지역에서 우점종의 차이로 인해 집괴분석 (cluster analysis)과 다차원척도법 (MDS) 결과 북부와 중부 어류 군집이 각각의 그룹으로 구분되었다 (Fig. 5). SIMPER 분석 결과 여러 어종이 북부와 중부 어류 군집으로 그룹화하는데 기여하였으며, 북부에서는 기름가자미와 대구, 중부에서는 고무꺼정이가 기름가자미 등 소수종의 기여도가 높았다. 그러나 북부와 중부 어류군집에서 기름가자미와 같이 공통으로 출현한 종이 많아 평균 유사도와 비유사도는 낮게 나타났다. 동해 북부와 중부연안에서 공통으로 출현한 종은 대구, 줄가시횃대, 고무꺼정이가, 물미거지 (*Crystallichthys matsushimae*), 미거지, 벌레문치, 칠성갈치 (*Petroschmidia toyamensis*), 도루묵 (*Arctoscopus japonicus*), 기름가자미, 홍가자미 10종으로 출현종의 상당수가 일치함을 알 수 있었다.

본 연구에서 기름가자미는 두 지역에서 4계절 모두 출현하였고, 동해북부에서 최우점하였고, 중부에서 차우점하였다. 고무꺼정이는 동해 중

부에서 4계절 모두 출현하였고, 중부에서 최우점하였다. 고성 오희리 (Ryu et al., 2005)와 울진 왕돌초 (Lee et al., 2008), 영일만 (Hong et al., 2008)에서 자망에 의한 연구에서는 기름가자미가 모두 출현하였으며, 고무걱정이는 중부 해역인 울진 왕돌초에서만 출현하였다. 시험조사선을 사용한 동해 전역 (Yoon et al., 2008)의 트롤 연구에서도 기름가자미는 동해 전 해역에서 출현하였으며, 고무걱정이는 중부 해역 (70, 76, 80 해구)에서만 주로 출현하였다. 그러나 울진과 후포 연안 (Lee, 2011)은 중부 해역이지만 기름가자미만 출현하였다. 이들의 결과를 종합해 보았을 때, 기름가자미는 동해 북부, 중부 전역에 걸쳐 분포하며, 고무걱정이의 경우 동해 중부에서 분포가 집중되고 있다고 생각되어진다. 다만 기름가자미가 고무걱정이 보다 연안과 외양에서 더 넓게 분포하며, 서식 수심도 광범위 할 것이라 추측된다.

본 연구에서 동해 북부와 중부에서 우점한 어종들은 뚜렷한 계절적 출현양상을 나타내었다 (Fig. 4). 기름가자미의 경우 북부와 중부에서 연간 꾸준히 출현하였고, 여름의 중부지역을 제외하면 계절 간 출현양상에서 큰 차이가 없었다. 기름가자미는 바닥이 펄이나 모래질인 수심 40~700m의 해역에 광범위하게 서식하며, 주로 수심 300m보다 깊은 곳에 서식하는 저서성 어종으로 산란기에는 가까운 연안으로 이동하는 특징을 보인다 (Choi et al., 2003; NFRDI, 2004). 그리고 고무걱정이는 북부에서 출현량이 낮았지만, 중부에서는 최우점종으로 계절별로 꾸준히 출현하였고, 큰 출현량 변동이 없었다. 고무걱정이는 냉수성 어종으로서 수심 20~800m의 바닥에 서식한다 (Choi et al., 2003). 따라서 기름가자미와 고무걱정이는 동해 북부와 중부에 연중 서식하는 주거종으로 판단할 수 있다. 반면, 북부에서 분홍꼼치와 대구는 계절별 뚜렷한 출현양상을 나타내었는데, 분홍꼼치는 겨울과 봄, 대구는 가을에 출현량이 높았다. 분홍꼼치는 100~

200m에 서식하는 저서성 어종으로 동해 북부에서 여름과 가을에 조사해역의 수심 (300~450m) 보다 더 깊거나 얇은 곳으로 이동하였기 때문에 채집되지 않았던 것으로 생각해 볼 수 있다. 대구는 45~450m 수심의 한랭한 바다에서 군집을 이루고 사는 냉수성 어종으로 우리나라에서는 크게 서해와 동해계군으로 구분할 수 있는데 (Seo et al., 2007), 베링해에서 동해 북부에 걸쳐 주로 서식하는 동해 계군의 경우 겨울철 냉수층을 따라 산란을 위해 우리나라 남해 동부 (주로 진해만) 연안으로 이동하였다가 봄이 되면 다시 북쪽으로 이동한다 (NFRDI, 2004). 따라서 본 연구에서 대구는 늦가을인 11월에 냉수층을 따라 남쪽으로 이동하던 개체들이 동해 북부에서 다수 채집된 것으로 판단된다.

국립수산과학원 동해수산연구소에서 수행한 어업자원조사에서는 동해안에 기름가자미와 고무걱정이의 분포 밀도가 높은 것으로 나타났으며, 이들 자원의 지속적인 관리의 필요성을 제기하였다 (Cha et al., 2008; Yang et al., 2007). 하지만 국내의 연구는 동해안 기름가자미의 성숙과 산란 (Cha et al., 2008)과 동해안 고무걱정이의 성숙과 산란 (Yang et al., 2007) 외는 전무한 실정이다. 분홍꼼치는 저층 트롤 등에 의해 어획되는 부수 어종으로 (NFRDI, 2009), 식용으로는 이용되지 않기 때문에, 어획 후 다시 방류되거나 버려지는 실정이고 연구 또한 전무하다. 대구는 북태평양의 연안해역에서 상업적으로 중요한 어종으로 알려져 있으며, 동해에 출현하는 다른 어종에 비해 비교적 많은 연구들이 이루어졌다 (Choi et al., 2011; Lee et al., 2005; Seo et al., 2007). 지금까지 국내 어류의 연구는 대부분 상업적 대표 종에 국한되어있는 실정이며, 동해 어류의 군집구조를 이해하기 위해서는 출현종의 생태 연구 역시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구의 동해 북부와 중부 자망에서 채집된 우점종들은 대부분 저서·반저서성 어류였다. 과거 동해에서 자망으로 채집된 어류 군집의 지

Table 4. Comparison with dominant species between previous studies of fish assemblage collected by trammel net in the coastal waters of the East Sea

Source	Hwang et al. (1997)	Han et al. (2002)	Ryu et al. (2005)	Hong et al. (2008)	Lee et al. (2008)
Study period	1989-1990	1998	2004-2005	2001-2002	2002-2004
Study area	Heunghae	Seokbyeong	Oho-ri	Youngil Bay	Wangdol-cho
Study interval	Season	Monthly	Season	Monthly	Season
Study depth	10~30m	11~12m	40~50m	10~25m	50, 75, 100, 120m
Dominant species (%N)	<i>Sebastes inermis</i> (23.3)	<i>Ditrema temmincki</i> (19.4)	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (10.8)	<i>Engrulis japonicus</i> (33.4)	<i>Pleurogrammus azonus</i> (41.3)
	<i>Hexagrammos otakii</i> (17.4)	<i>Hexagrammos agrammus</i> (8.7)	<i>Paralichthys olivaceus</i> (6.3)	<i>Pleuronectes yokohamae</i> (27.9)	<i>Gadus macrocephalus</i> (19.2)
	<i>Stephanolepis cirrifer</i> (13.6)	<i>Hexagrammos otakii</i> (6.9)	<i>Glyptocephalus stelleri</i> (6.3)	<i>Thamnaconus modestus</i> (8.1)	<i>Sebastes thompsoni</i> (16.6)
	<i>Hexagrammos agrammus</i> (10.5)	<i>Halichoeres poecilopterus</i> (6.1)	<i>Gadus macrocephalus</i> (5.4)	<i>Zoarces gilli</i> (4.4)	<i>Glyptocephalus stelleri</i> (7.3)
	<i>Thamnaconus modestus</i> (10.5)	<i>Stephanolepis cirrifer</i> (5.1)	<i>Sebastes owstoni</i> (5.4)	<i>Stephanolepis cirrifer</i> (3.4)	<i>Alcichthys alcicomis</i> (4.8)
	<i>Eneidias nebulosus</i> (4.1)	<i>Sebastes inermis</i> (4.8)	<i>Liparis tanakai</i> (5.4)	<i>Konosirus punctatus</i> (3.0)	<i>Sebastes schlegeli</i> (3.1)

역별 우점종을 살펴보면 (Table 4), 동해 중부 지역인 흥해에서는 볼락 (*Sebastes inermis*), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 쥐치 (*Stephanolepis cirrifer*), 노래미 (*H. agrammus*) 등이 개체수에서 우점하였고 (Hwang et al., 1997), 포항 석병에서는 망상어 (*Ditrema temmincki*), 노래미, 쥐노래미, 용치놀래기 (*Halichoeres poecilopterus*)가 우점하였으며 (Han et al., 2002a), 영일만에서는 멸치 (*Engrulis japonicus*), 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*), 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*), 등가시치 (*Zoarces gilli*)가 우점하였다 (Hong et al., 2008). 이들은 대부분 정착성인 부어류 또는 반저서성 어류들로 본 연구에서 채집된 어종과는 차이가 있었다. 이것은 지역 및 시기에 따른 어류 출현의 차이와 함께 연구 수심의 영향도 작용한 것으로 보인다. 이전 연구들은 10~30m 수심 범위에서 어류를 채집함으로써 대부분 연안에서 서식하는 정착성 어류들이 우점적으로 채집되었고, 본 연구에서는 이전 연구들에 비해 더 깊은 수심에서 어류를 채집하여 우점종의 차이를 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 동해 북부지역인 고성 오희리에서는 앞선 연구들보다 깊은 수심인 45~50m에서 어류를 채집하였고, 참가자미 (*Pseudopleuronectes herzensteini*), 넙치 (*Paralichthys olivaceus*), 기름가자미, 대구 등이 우점하여, 이전 연구보다는 본 연구의 북부

지역 어류상과 유사한 결과를 제시했다 (Ryu et al., 2005). 또한 울진 왕돌초 해역에서는 수심 (50, 75, 100, 120m)에 따라 우점종의 차이가 있었으나, 중부 해역과 가장 비슷한 수심인 120m에서의 우점종은 임연수어 (*Pleurogrammus azonus*), 대구, 기름가자미, 빨간횃대 (*Alcichthys elongatus*)였으며 (Lee et al., 2008), 본 연구에서 기름가자미와 대구가 우점종에서 일치했다. 기존 연구들과 비교해보았을 때, 비슷한 지역의 동일 채집어구라 할지라도 종조성에 차이가 있음을 확인하였다. 그렇기에 지역별, 어구별 종조성의 변화를 조사할 때는 수심 등 지역적 환경의 특성에 따른 차이도 고려해야 할 것이다.

결론

동해에서 어류의 종조성 및 계절변동을 살펴보기 위하여 동해를 북부 (고성 아야진), 중부 (울진 후포)로 지역을 구분하였으며, 동일시기에 지역별 삼중자망에 의해 채집된 어류 군집을 비교 분석하였다. 동해 북부에서 20종, 동해 중부에서 17종이 채집되어 북부에서 더 많은 종이 채집되었으나 지역간 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 지역간 우점종에서 차이를 보였는데, 북부에서는 기름가자미와 분홍꼼치, 중부에서는 고무떡정어리와 기름가자미가 가장 우점하였다. 이러한 우점종의 차이로 인해 집괴분석 (cluster

analysis)과 다차원척도법(MDS) 결과 북부와 중부 어류 군집이 각각의 그룹으로 구분되었으며, SIMPER 분석 결과 북부에서는 기름가자미와 대구, 중부에서는 고무걱정리와 기름가자미의 기여도가 가장 높았다.

사 사

이 논문은 2012년 국토해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원 (장기해양생태계 연구: 환경변화와 생태계 반응)과 국립수산물과학원(RP-2012-FR-051)의 연구지원에 의해 수행되었습니다. 자료조사에 도움을 주신 고성군 아야진의 홍철이 선생님, 속초시 금성수산의 김종성 님, 울진군 후포의 김종일 선생님께 감사드립니다.

참고문헌

- Baeck GW, Huh SH, Park SC, Kim JH and Park JM. 2010. Seasonal variation in species composition and abundance of fish assemblages collected by a three-side fyke net in the coastal waters off Gori, Korea. Kor J Ichthyol 22, 186–194.
- Cha HK, Kwon HC, Lee SI, Yang JH, Chang DS and Chun YY. 2008. Maturity and spawning of Korean flounder *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) in the East Sea of Korea. Kor J Ichthyol 20, 263–271.
- Choi Y, Kim JH and Park JY. 2003. Marine Fishes of Korea. Kyo-Hak Publ, Seoul, Republic of Korea., pp. 646.
- Choi YU, Park HS and Oh SY. 2011. Effects of stocking density and feeding frequency on the growth of the pacific cod, *Gadus macrocephalus*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 58–63.
- Clarke KR and Gorley RN. 2001. Getting started with PRIMER v5, user manual. tutorial. Primer-E, Plymouth.
- Gong Y and Shon SJ. 1982. The study on the marine thermo-front in the east sea of Korea. Rep Nat Fish Res Dep Inst 28, 24–54.
- Han KH, Son JC, Hwang DS, and Choi SH. 2002a. Species composition and quantitative fluctuation of fishes collected by trammel Net in coastal waters of Seokbyeong, Pohang. Kor J Ichthyol 14, 109–120.
- Han KH, Kim JH and Baek SR. 2002b. Seasonal variation of species composition of fishes collected by set net in coastal waters of Ulsan, Korea. Kor J Ichthyol 14, 61–69.
- 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 JD, Lee YH, Shim JM, Youn SH, Jin HG, Kim YS, Kwon KY and Yoon SC. 2008. Physical oceanographic characteristics in Hupo coastal area during summer and autumn. 2007. J Kor Fish Soc 41, 505–510.
- 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 CH and Kim K. 1983. Characteristics and origin of the cold water mass along the east coast of Korea. J Ocean Soc Kor 18, 73–83.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Books of Korean Fishes. Kyo-Hak Publ, Seoul, Republic of Korea., pp. 615.
- Kim SH and Lee JH. 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull Korean Soc Fish Tech 38, 91–100.
- KOSIS. 1990–2011. Statistic Database for Fisheries Production. Retrieved from <http://www.kosis.kr/>
- Lee CS, Hur YH, Lee JY, Kim WK, Hong SH, Hwang SJ and Choi SH. 2005. Maturity and spawning of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the East Sea. J Kor Fish Soc 38, 245–250.
- 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, 693–704.
- 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, Korea. Kor J Ichthyol 20, 291–302.
- Lee TW. 1999. Seasonal variation in species composition of demersal fish in Yongil Bay, east coast of Korea. J Kor Fish Soc 32, 512–519.
- 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.
- MacDonald JS, Dadswell MJ, Appy RJ, Melvin GD and Methven DA. 1984. Fishes, fish assemblages and their seasonal movements in the lower Bay of Fundy and Passamaquoddy Bay, Canada. Fish Bull 82, 121–139.
- Nakabo T. 2002. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press., 1474.
- NFRDI. 2004. Commercial Fisher of the Coastal and Offshores Waters in Korea. 2nd Natl Fish Res Dev Ins., 333.
- NFRDI. 2009. Fishes of the Pacific Ocean. Natl Fish Res Dev Ins., 333.
- 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.
- 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. Kor J Ichthyol 17, 279–286.
- Seo YS, Park ME, Park JG and Lee SU. 2007. Egg development and juvenile growth of the pacific cod *Gadus macrocephalus* (Korean East Sea Population). J Kor Fish Soc 40, 380–386.
- Shannon CE and Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana., 177.
- 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.
- Yang JH, Lee SI, Hwang SJ, Park JH, Kwon HC, Park KY and Choi SH. 2007. Maturity and spawning of spinyhead Sculpin, *Dasycottus setiger* (Bean) in the East Sea, Korea. Kor J Ichthyol 19, 179–184.
- 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.

2012년 9월 25일 접수

2012년 11월 12일 1차 수정

2012년 11월 14일 수리