

완도 연안 낭장망에 채집된 어류 군집구조의 12년 전후 변화

유준택* · 김진구¹ · 최문성

국립수산과학원 남서해수산연구소 자원환경과

부경대학교 자원생물학과

Change of Structure Community of Fish Collected by a Gape Net with Wings after 12 Years in the Coast of Wando Island, Korea

Joon-Taek Yoo*, Jin-Koo Kim¹ and Mun-Seong Choi

Fisheries Resources and Environment Division, Southwestern Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

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

Our aim was to compare the community structure of fish in the coast of Wando Island between 2001 and 2013. Using a gape net with wings, we collected 61 taxa, wherein the most dominant species was *Engraulis japonicus*. The sea temperature in the middle layer of the survey station in 2001 (after June) was obviously higher than that in 2013, which was < 20°C. Except for *Thryssa kammalensis* in 2013, the log transformed individuals of seven dominant species, selected using a SIMPER (similarity-percentages procedure) analysis, decreased. Decreases in the individuals of Gobiidae spp., the warm-water species *Trichiurus japonicus* and *Conger myriaster*, and the migratory species *Syngnathus schlegeli*, *Setipinna taty* and *Sardinella zunasi*, which arrive in the southern coastal waters of Korea during summer-autumn, could be due to decreasing sea temperature in 2013. Thus, fish species diversity, estimated from rarefaction and *k*-dominance curves, declined in the coastal waters of Wando Island from 2001 to 2013, resulting in a significant difference in fish community structure

Key words: Fish community, Wando Island, Gape net

서 론

생물다양성(biodiversity)은 건강한 생태계를 나타내는 하나의 척도로 사용되어지며(Costanza and Mageau, 1999), 해양에서도 생태계의 구조와 기능에 중요한 역할을 수행하므로 생태계 기반 관리에 있어 해양자원의 보존을 위한 관리 전략 수립 시 중요 자료로 사용되어진다(Johnson et al., 2011).

해양에서 생물다양성 변화는 수온변화와 밀접하게 관련되어 있다(Tittensor et al., 2010). 우리나라 연근해 수온 상승은 지난 39년(1968-2006년) 동안 동해, 남해, 서해에서 각각 0.80°C, 1.04°C, 0.97°C 상승하였고(Seo and Yoon, 2008), Kang (2000)에 의하면 1966-1995년간 한국 연안에 위치한 18개 정점에서 관측한 연평균 표면수온은 0.024°C/year의 증가율로 선형적인

증가 추세에 있었다. 이러한 한반도 해역의 수온 상승은 난류성 어종의 어획량 증가 등 어종 교체와 아열대성 어종의 잦은 출현을 유발하는 것으로 추정되고 있으나(Kang and Jeong, 2000; Seo and Yoon, 2008; Kim, 2009), 어류의 군집구조 변화를 과거와 구체적으로 비교한 연구 사례는 Kim (2009)의 간단한 언급을 제외하면 극히 드물다. Kim (2009)은 서해 영광해역에서 1986년(Lee and Gill, 1998) 및 1995년(Hwang et al., 1998) 트롤에 의한 어류상 조사 결과를 비교하였는데, 1986년에 우점했던 보구치가 1995년에 감소한 것이 기후변화와 연관이 있을 것으로 추정하였으나 구체적인 증거 자료는 제시하지 못하였다. 최근 Jung et al. (2013)은 제주도 주변해역에서 30년간 수산생물의 종조성 변화로부터 수산생물 군집이 80년대와 90년대 초반에 유의한 체제변이가 있었음을 보고하면서, 종조성 변

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0659>



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(5) 659-666, October 2014

Received 22 September 2014; Revised 17 October 2014; Accepted 22 October 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8945 Fax: +82. 61. 686. 1588

E-mail address: yoojt@korea.kr

화와 수온, 염분 등의 해양환경 변동과의 관계를 통계적인 분석을 통해 살펴보았다. 하지만, Jung et al. (2013)의 논문에서 사용한 자료는 주요 어획 대상종에 대한 과거 어획기록물로서, 대상해역에서 서식하는 어류의 생물상 변화를 정확히 파악하고 있는 것은 아니다.

우리나라 남해안은 황해와 동중국해, 동해로 연결되는 여러 수괴가 상존하며, 연안수의 영향을 받는 곳으로 다양한 종류의 어류가 서식, 분포한다(Han et al., 2002). 남해안 연안에서 사용되고 있는 대표적인 정치성 어구 중 하나로서 낭장망을 들 수 있다. 낭장망 어업은 조류를 이용하는 어법의 일종이고, 끝자루(cod end) 부분에 4 mm 내외의 세목망을 부착하여 조업하므로, 치어에서부터 성어까지 여러 크기의 다양한 어종들이 어획된다. 낭장망 어획물을 가지고 특정 해역에서 계절별 어류의 생물상 변화 등을 살펴본 연구가 다수 수행된 바 있다(Huh and Kwak, 1998a; Hwang, 1998; Kim et al., 2002; Han and Oh, 2007).

본 연구는 장기적인 연안 생태계 변화에 따른 생물다양성 차이를 파악하기 위한 목적에 따라 남해안 중서부해역에 위치한 완도 연안 낭장망에 채집되는 어류를 대상으로 12년전(2001년)과 후(2013년)의 군집구조 변화를 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

낭장망 어획물 채집과 수온 조사

2001년에 Kim et al. (2002)은 완도군 정도리 어장(Fig. 1)에서 매월(5-10월) 주야간에 낭장망(길이: 70 m, 끝자루 망목크기: 4.3 mm)에 어획된 어획물을 3 kg씩 무작위로 표본 채집하여 월별 출현종을 보고하였다. 본 연구에서는 Kim et al. (2002)이 보고한 어류의 종조성 자료 중 주간보다는 야간에 출현종이 많기 때문에 야간에 채집된 어획물 자료를 12년 전 어류의 군집구조 비교 자료로서 사용하였다.

2013년 Kim et al. (2002)의 조사대상 어장과 동일한 어장에서 일몰 이후 야간에 낭장망(길이: 64 m, 끝자루 망목크기: 7.8 mm)에 어획된 어획물을 매월 5 kg씩 무작위로 표본 채집하였고, 시료의 부패를 막기 위해 드라이아이스와 함께 밀봉하여 연구실까지 운반하였다. 채집한 어류의 동정은 Chyung (1977), Kim et al. (2005) 및 Kim et al. (2005)을 참고하였고, 종 수준에서 개체수 및 중량을 측정하였다.

또한, 낭장망 어업은 수심 20 m내외의 연안 가까이에서 이루어지며, 조업 시 어구는 수심 10 m내외의 수층에 펼쳐진다. 따라서, 일별 수온을 파악하기 위해 조사대상 어구에 소형수온계(HOBO Water Temp Pro v2)를 설치하여 매시간 수온을 측정하였고, 여기서 측정된 값들은 중층에서의 수온 변화를 나타내고 있다. Kim et al. (2002)은 동일한 조사대상 해역에서 월별로 표층과 저층에서 수온을 조사하였는데, 이들의 월 평균과 본 연구에서 측정된 수온의 월 평균을 상호 비교하였다. 또한, Kim et

al. (2002)과 본 연구에서 수온을 측정된 수심이 다르기 때문에 좀 더 객관적인 수온 변화를 살펴보기 위하여 국립수산물과학원에서 매년 발간하는 해양조사연보의 연안정지 해양관측 자료에 기재된 표면수온 자료를 사용하여 2001년과 2013년의 수온 변화를 비교하였다. 2013년 조사결과에 대한 해양조사연보가 아직 미발간 중이므로 수온 자료의 입수가 가능한 완도 인근 당사도(구 자지도) 연안의 표면 수온 자료를 사용하였다.

자료 분석

2001년 Kim et al. (2002)과 2013년 본 연구의 조사대상 낭장망 어구 간에 규모에 약간의 차이가 있고, 채집량도 다르다. 이와 같은 채집노력량 차이에 의해 출현개체수에 차이가 발생하고, 이는 출현종수에도 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 출현개체수 크기에 독립적인 종 풍부도 지수로서 Rarefaction curve를 통해 출현개체수 당 출현종수의 기대값(ES)을 구하였다(Hurlbert, 1971; Choi et al., 2008; Godínez-Domínguez et al., 2009).

$$ES(n) = \sum_i [1 - \left(\frac{N - N_i}{n}\right) / \left(\frac{N}{n}\right)]$$

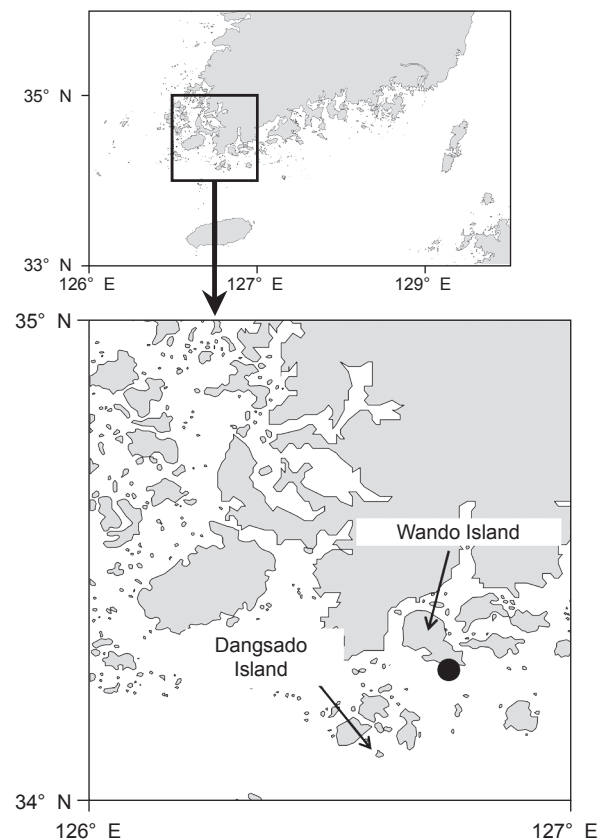


Fig. 1. Sampling station (a black circle) for the study in the coast of Wando Island.

여기서 $ES(n)$ 는 n 개체수 크기에 있어서의 출현종수의 기대값, N 과 S 는 각각 총 출현개체수와 출현종수, N_i 는 i 종의 개체수를 나타낸다. 그리고 연도별로 출현종에 대한 우점도 경향은 k -dominance curve를 통해 비교하였다(Lambhead et al., 1983).

다음으로, 채집노력량 차이에 따른 오차(bias)를 최소화하기 위해 낭장망에 채집된 어류의 개체수 자료를 Rarefaction 방법에 의해 월별로 동일하게 되도록 종수별로 무작위 조정하였고, 조정된 개체수 자료를 다시 로그 변환시킨 후, one-way ANOSIM (Analysis of similarities) 분석을 통해 2001년과 2013년 간 군집의 유의한 차이를 검증하는데 사용하였다. 마지막으로 군집의 유의한 차이에 기여하는 분류군을 파악하기 위해 SIMPER (Similarity-percentages procedure) 분석을 수행하였다(Yoo et al., 2013). 위의 모든 분석에는 R 통계에서 제공하고 있는 vegan과 forams패키지를 사용하였다(Aluizio, 2014; Oksanen et al., 2014).

결 과

수온 비교

2001년과 2013년에 완도 정도리 낭장망 어장과 당사도 연안에서 관측된 수온 변화를 Fig. 2에 나타냈다. 정도리 어장과 당사도 연안에서의 수온 변화는 거의 유사하였다. 전반적으로 수온은 9월까지 상승하는 경향을 보였고, 이후 상승세는 주춤하였다. 완도 정도리 어장의 경우, 6월까지의 약 17°C 이하에서

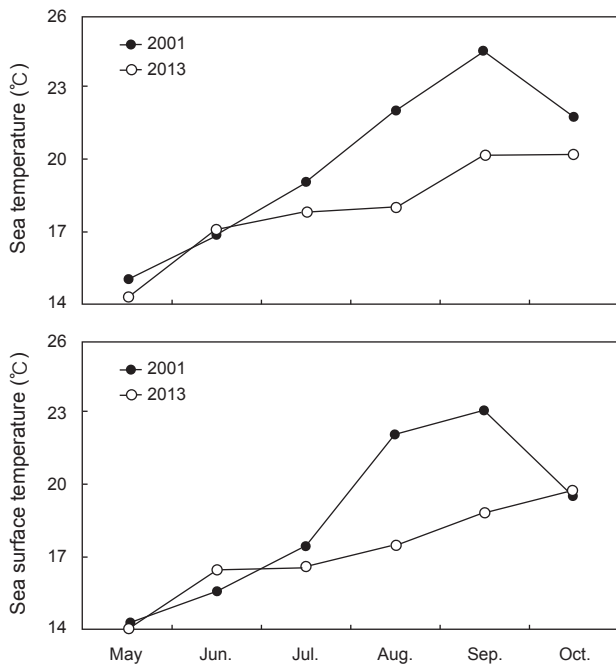


Fig. 2. Monthly variations of sea temperature in the coast of Wando (top) and Dangsado (bottom) Islands in 2001 and 2013.

2001년과 2013년에 비슷하였으나, 이후 1°C 이상 차이를 보이며 8월 들어 2001년에 21°C 이상인 것에 비해 2013년에 수온이 20°C 이하로 낮았다. 완도 정도리 어장에서 2001년과 2013년 간 수온차이는 9월에 4.3°C로 가장 컸다.

군집구조 비교

2001년과 2013년에 완도 연안 낭장망에서 총 61개 분류군에 총 72,578 개체의 어류가 채집되었다(Table 1). 2001년에는 42종, 24,919 개체의 어류가 출현하였고, 2013년에는 26종, 47,659 개체의 어류가 출현하였다.

총 출현 개체수가 50 개체 이상인 어류를 중심으로 우점종을 살펴보면, 2001년에는 멸치(*Engraulis japonicus*)가 매월 가장 많이 출현하여 우점하였으며, 전체 개체수의 85.8%를 차지하였다. 다음으로 망둑어과(*Gobiidae* spp.)가 봄과 여름에 우점하였고, 가을이 되면서 반지(*Setipinna taty*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 청보리멸(*Sillago japonica*), 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*)가 우점하였다. 붕장어(*Conger myriaster*)는 거의 대부분 엽상자어(leptocephalus) 형태로 7월을 제외한 전월에 걸쳐 골고루 출현하였고, 실고기(*Syngnathus schlegeli*)는 여름 이후에 출현하였다.

2013년에는 2001년과 마찬가지로 멸치가 전체 개체수의 96.5%를 차지하여 가장 우점하였다. 다음으로 청멸(*Thryssa kammalensis*)이 봄, 여름(6월), 가을에 우점하였고, 갈치(*Trichiurus japonicus*)는 여름(8월)에 우점하였다. 망둑어과 어류 및 전갱이(*Trachurus japonicus*)는 각각 7월과 5월에 우점하였다.

연도별 Rarefaction curve와 k -dominance curve를 Fig. 3에 나타냈다. 24,919 개체(2001년 총 출현개체수)가 동일하게 관찰되었다고 했을 때, 2001년과 2013년의 출현종수의 기대값(ES)은 각각 45종과 24종으로 추정할 수 있었다. 즉, 2001년보다 2013년에 종 풍부도는 낮게 나타났다. 또한, k -dominance curve에서 2001년보다 2013년에 누적 우점율이 높았기 때문에 2001년보다 2013년에 종 우점도가 높았음을 알 수 있었다. 다음으로 월별 종 풍부도를 살펴보면, 5월과 8월을 제외한 전월에서 종수의 기대값(ES)은 2013년에 적었다(Fig. 4). 특히, ES 는 9월 들어 큰 차이를 보였다.

한편, 2001년과 2013년 간 군집의 유의한 차이를 one-way ANOSIM 분석을 통해 확인한 결과, 군집에는 유의한($P < 0.05$) 차이가 나타났다(Table 2). 또한, 이러한 유의한 군집 구분에 영향을 끼친 분류군을 명확히 하기 위해 수행한 SIMPER 분석에서 각 군집의 누적기여율이 50% 이상인 상위 분류군을 선별한 결과를 Table 3에 나타냈다. 망둑어과 어류가 0.08%의 비유사도와 13.87%의 기여율로 가장 큰 영향을 미치는 종으로 나타났다. 다음으로 청멸이 9.39%, 밴댕이가 5.86%, 갈치가 5.71%, 반지가 5.44%, 실고기가 4.63%, 붕장어가 4.35%의 순이었다(Table 3). 또한, 위의 7개 상위 분류군 중 2013년에 개체수가 감

Table 1. Monthly variation in species composition of fishes caught by gape net with wings in the coast of Wando Island in 2001 and 2013

	2001						2013					
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
<i>Engraulis japonicus</i>	1,659	1,053	1,522	11,524	4,586	1,039	436	20,258	14,705	8,074	2,282	355
Gobiidae spp.	360	281	829	184				2	57			
<i>Thryssa kammalensis</i>	13						96	60			104	676
<i>Setipinna taty</i>					560	251				3	4	
<i>Sardinella zunasi</i>					268	80	28	10			2	9
<i>Sillago japonica</i>	3	1			192							
<i>Trichiurus japonicus</i>	3	6	16	16	3	3		5	10	105		5
<i>Conger myriaster</i>	6	2		4	40	33	15	2		3		1
<i>Konosirus punctatus</i>							72	3		26		
<i>Omobranchus elegans</i>					86	3						
<i>Trachurus japonicus</i>	1	2			14	3	53	3			2	
<i>Thryssa adalae</i>							6	44		11	10	
<i>Syngnathus schlegeli</i>			3	20	8	36						
<i>Clupea pallasii</i>								1	39			1
<i>Hippocampus mohnikei</i>				12	21	4						
<i>Platycephalus indicus</i>					27							
<i>Leiognathus nuchalis</i>	3			4	11	3	1			1		1
<i>Upeneus bensasi</i>			1		1				19	2		
<i>Ammodytes personatus</i>							17					
<i>Erisphex pottii</i>					11	5						
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>					5	10						
<i>Harpadon nehereus</i>					10							
<i>Siganus fuscescens</i>					9							
<i>Repomucenus lunatus</i>				8	1							
<i>Sphyræna pinguis</i>					1			2		1	4	
<i>Saurida</i> sp.	1			4	2							
<i>Maurolicus muelleri</i>	2	4										
<i>Parapercis sexfasciata</i>										5		
<i>Larimichthys polyactis</i>								2			2	1
<i>Gymnapogon urospilotus</i>					5							
<i>Megalops cyprinoides</i>					4	1						
<i>Trachyrhamphus serratus</i>										1		3
<i>Sebastes inermis</i>								1	2		1	
<i>Mugil cephalus</i>									4			
<i>Tridentiger barbatus</i>				4								
<i>Fistularia commersonii</i>				4								
<i>Gnathagnus elongatus</i>						3						
<i>Benthoosema pterotum</i>			1				1					
<i>Etrumeus teres</i>												2
<i>Pleuronectes yokohamae</i>									2			
<i>Repomucenus koreanus</i>									2			

Table 1. Continued

	2001						2013					
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
<i>Chaetodon auripes</i>					1	1						
Sparidae sp.					2							
<i>Petroscirtes breviceps</i>					2							
<i>Pholis nebulosa</i>	1					1						
<i>Triacanthodes anomalus</i>					2							
<i>Champsodon snyderi</i>					2							
Cottidae sp.								1				
<i>Acentrogobius pellicebilis</i>										1		
<i>Cynoglossus joyneri</i>									1			
<i>Hapalogeny mucronatus</i>	1											
<i>Paralichthys olivaceus</i>					1							
<i>Neosalanx andersoni</i>					1							
<i>Acanthogobius flavimanus</i>					1							
<i>Epinephelus akaara</i>					1							
<i>Entomacrodus stellifer lighti</i>					1							
<i>Hexagrammos otakii</i>	1											
<i>Apogon kiensis</i>				1								
<i>Lethotremus awae</i>		1										
Unidentified A									1			
Unidentified B				2		1						
Number of species	13	8	8	11	33	16	10	14	11	12	9	10
Total individuals	2,054	1,350	2,375	11,784	5,880	1,476	725	20,394	14,842	8,233	2,411	1,054

Table 2. R-value resulting from one-way ANOSIM test. The R-value after Bonferroni correction was significance ($P < 0.05$)

	2001	2013
2001	0	-
2013	0.35	0

소한 종으로는 망둑어과 어류, 뱀망이, 갈치, 반지, 실고기, 붕장어를 들 수 있었고, 청멸의 개체수는 2013년에 증가하였다.

고찰

본 연구는 완도 연안 낭장망 어장에서 12년 전후의 수온과 어류의 군집구조 차이를 비교하여, 수온변화에 따른 군집구조의 변화를 조사하였다. 2001년에 비해 수온이 낮았던 2013년에 종수의 기대값(ES)이 낮았고, 종 우점도는 높았다. 특히 조사해역에서 수온 차이가 가장 컸던 9월에 ES 역시 큰 차이를 보였다. 이러한 결과들로 인해 12년 전후의 군집 간에 유의한 차이가 나타나는 것으로 추정된다(Table 2). 또한, 유의한 군집 구분에 영향을 끼친 상위 분류군을 선별한 결과, 청멸을 제외한 모든 분

류군에서 2013년에 개체수가 2001년에 비해 적었다(Table 3).

선별된 상위 분류군 중 2013년에 개체수가 감소한 분류군과 수온이 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다. Yoo et al. (2013)은 망둑어과 어류는 우리나라 주변해역에서 대표적인 주거종(resident species)으로 동중국해 북부해역에서 수온이 상대적으로 높았던 기간에 망둑어과 어류의 생물량이 많았다고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과 역시 망둑어과 어류의 개체수가 10년 전에 비해 감소한 것은 상대적으로 낮은 수온과 관련되어 있을 것으로 추정된다.

갈치와 붕장어는 남해안 낭장망에 어획되는 어류 중 우점종이고, 대부분 10 cm 이하의 유어이다(Huh and Kwak, 1998a; Han and Oh, 2007). 본 연구에서도 이들 종의 개체수는 비교적 많았다(Table 1). 갈치는 난류성 어종으로 동중국해에서 월동하다가 봄철부터 북상 회유하여 하계에 우리나라 남해연안과 서해남부해역에서 산란을 한다고 알려져 있다(Kim et al., 2011). 갈치의 산란기는 다양하게 보고되어지고 있으나(Kim et al., 2011), Hanabuchi (1989)는 대마난류수역에서의 갈치의 산란기를 4월 중순에서 11월 상순까지라고 보고하였다. 봄부터 낭장망에 어획되는 갈치의 대부분이 유어인 점으로 미루어 연안

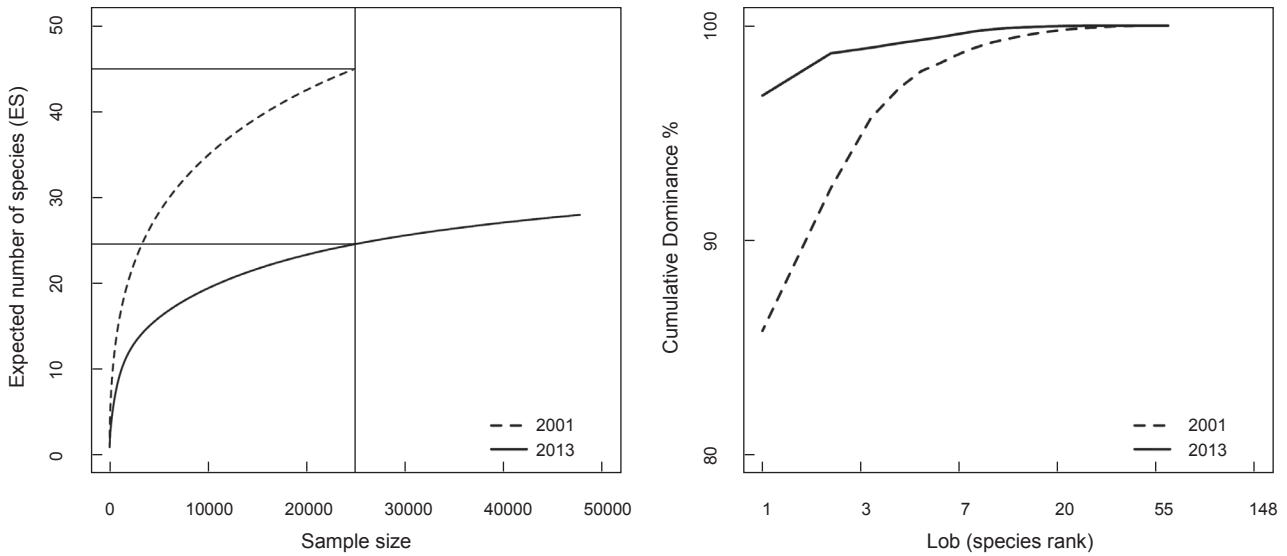


Fig. 3. Rarefaction (left) and K-dominance (right) curves calculated from sequential monthly samples in 2001 and 2013.

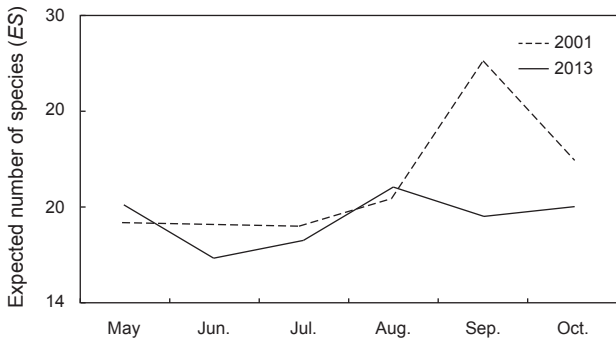


Fig. 4. Monthly variations in the number of species expected from rarefaction curves (ES).

역으로 대마난류수 유입에 의해 수송된 개체들과 남해안에서 태어나서 자란 개체들이 혼재되어 어획되고 있는 것으로 추정된다. 또한, 낚장망에 어획되는 붕장어 염상자어는 대마난류에

의해 외해로부터 연안역으로 분산 유입되는 것으로 알려져 있다(Ma et al., 2007). 이처럼 갈치와 붕장어 자치어 및 유어의 연안역으로의 수송에는 대마난류수의 유입이 크게 기여하고 있을 것이며, 이에 따른 수온 변화는 산란에도 영향을 미칠 것이다.

밴댕이와 반지의 개체수는 10년 전에 비해 9-10월에, 실고기의 개체수는 8-10월에 감소가 두드러졌다(Table 1). 실고기의 경우, Sogabe et al. (2012)은 일본 세토내해(Seto Inland Sea)에서 초여름에서 가을에 개체수가 증가하였음을 보고하여, 본 연구에서의 2001년 월별 출현경향과 거의 일치하였다. 이들 종들의 개체수가 일반적으로 수온이 상승하는 여름에서 가을철에 감소하였던 점으로 미루어, 수온 하락과 관계되었을 것으로 추측할 수 있는데, 밴댕이의 경우, Oda (2007)에 의하면 일본 태평양 남부연안에서 산란기는 6-9월이며, 이 때의 적정수온은 21-22℃이다. 본 연구의 조사대상 어장에서 2001년 9-10월 수온은 21℃ 이상이었으나, 2013년 동 기간의 수온은 20℃ 이하로 산란하기에는 부적절한 수온 범위였고(Fig. 2), 이로 인해 2013년

Table 3. Species contribution (%) to average dissimilarity resulting from SIMPER analysis based on log transformed individual data between 2001 and 2013

	Average abundance		Average dissimilarity	Contribution (%)	Cumulative (%)
	2001	2013			
Gobiidae spp.	1.60	0.19	0.08	13.87	13.87
<i>Thryssa kammalensis</i>	0.13	1.26	0.06	9.39	23.26
<i>Sardinella zunasi</i>	0.64	0.54	0.04	5.86	29.12
<i>Trichiurus japonicus</i>	0.70	0.52	0.04	5.71	34.83
<i>Setipinna taty</i>	0.77	0.22	0.03	5.44	40.27
<i>Syngnathus schlegeli</i>	0.64	0.00	0.03	4.63	44.90
<i>Conger myriaster</i>	0.66	0.35	0.03	4.35	49.25

에 어장으로 내유하는 개체수가 감소하였던 것으로 풀이된다. 반지는 가을철이 되면 서해안에서 황해냉수의 영향을 피하기 위해 남쪽으로 이동하는 것으로 알려져 있고(Kim et al., 2005), 12년 전의 가을철에 비해 낮은 수온 때문에 완도 연안 어장으로 회유하는 개체가 적었던 것으로 추정된다.

종합해보면, 2013년 완도 연안 낭장망 어장에서는 수온이 지속적으로 상승하여야 할 여름에서 초가을에 수온 상승이 둔화됨에 따라 망둑어과 어류와 난류성 회유 우점종의 개체수가 감소됨과 더불어 초가을 경에 내유하는 계절종들의 개체수도 감소되었고, 이로 인해 완도 연안에 서식하는 어류의 다양성이 12년 전에 비해 감소된 것으로 추정된다.

Tittensor et al. (2010)이 언급한 것처럼 본 연구에서도 어류의 군집구조 변화는 수온변화와 관련되어 있음을 보였다. 기후온난화 등 전지구적인 기후변화는 우리나라 주변해역에서 수온변화를 유발시키는 요인으로 작용할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만, Kang (2000)은 30년간 우리나라 연근해의 표면수온 변화를 살펴보고, 연평균과 겨울철 수온은 선형적인 상승추세에 있었으나, 여름철에는 오히려 하락하는 경향을 보였다고 보고하였다. 본 연구의 조사대상 어장에서 여름과 가을에 12년전에 비해 수온이 하락하였다(Fig. 2).

여름철 남해안 수온에는 쿠로시오의 지류인 대마난류, 양자강 하천수에서 기원하는 중국대륙연안수, 황해저층냉수 등 서로 다른 성질의 수괴가 복합적으로 영향을 미치고 있다. 따라서, 여름철 남해안 수온변화에는 기후변화에 따른 변화 이외에 여러 이질의 수괴들의 상호 역학적인 관계에 의해서도 나타날 수 있다. 본 연구의 조사대상 어장에서 12년 전후의 수온 변화가 장기적인 기후변화에 따른 것인지, 여러 수괴들의 해수 순환 변화에 따른 것인지, 아니면 어떠한 물리적 과정에 의해 생성되는 지역적인 냉수괴인지 확인할 수 없고, 이것을 명확히 하는 것은 본 연구의 목적과도 거리가 있다. 하지만, 수온변화가 생물의 군집구조 변화를 유발시키는 중요한 환경요인이므로(Tittensor et al., 2010), 생물의 군집구조 변화를 예측하기 위해서는 수온을 변화시키는 물리적 기작에 대한 구명은 필요하다.

낭장망은 조류에 의해 휩쓸려 들어오는 어류를 수동적으로 어획하는 어구이므로 유영능력이 큰 어류들의 채집에는 한계가 있다(Huh and Kwak, 1998a). Hwang et al. (1997)은 수동어구와 저인망과 같은 능동어구를 이용한 생물 채집에 대한 각각의 장·단점을 언급하였다. 한 해역에 서식하는 생물상을 정확히 파악하기 위해서는 여러 종류의 채집도구를 동시에 사용하는 것이 바람직하다(Huh and Kwak, 1988a; Hwang et al., 1998). Huh and Kwak (1998a, 1998b)는 남해도 연안해역에서 같은 기간 동안 낭장망과 저인망을 이용하여 어류의 종조성 및 계절변동을 살펴보고, Hwang et al.(1998)은 서해안 영광 연안에서 비슷한 시기에 주목망과 저인망에 채집된 어류의 종조성을 비교하였다. 하지만, 서식생물의 군집구조 변화에 대한 정보가 중장기적인 기후변화에 따른 자원관리 계획 수립에 도움을 주

기 위해서는 서식 생물상에 대한 지속적인 모니터링이 필요한데, 여러 어구들을 동시에 사용하는 조사에는 경비가 많이 소요된다는 문제점이 있다. 이러한 점은 앞으로 풀어가야 될 과제가 될 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(RP-2014-FR-044)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

References

Aluizio R. 2014. Forams: foraminifera and community ecology analyses. R package version 2.0-4. Retrieved from <http://cran.r-project.org/web/packages/forams> on September 17.

Costanze R and Mageau M. 1999. What is a healthy ecosystem?. *Aquat Ecol* 33, 105-115.

Choi JK, Mitamura O, Lee DJ and Shin HS. 2008. Ichthyofauna and ecological community analysis in the Dong River. *Korean J Env Eco* 22, 616-624.

Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa Publishing Co, Seoul, Korea.

Godínez-Domínguez E, Freire J, Franco-Gordo C and Gonzalez-Sanson G. 2009. Decomposing diversity patterns of a soft-bottom macroinvertebrate community in the tropical eastern Pacific. *J Mar Biol Assoc U.K.* 89, 31-38.

Han KH and Oh YS. 2007. Species composition and quantitative fluctuation of fishes collected by gape net in coastal waters of Yeosu, Korea. *J Korean Soc Fish Tech* 43, 261-273.

Han KH, Shin YH and Hwang DS. 2002. Seasonal variations in species composition of ichthyoplankton off Kohung Peninsula, Korea. *Korean J Ichthyol* 14, 45-52.

Hanabuchi S. 1989. Age and growth of cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in the Tsushima waters. *Bull Seikai Reg Fish Res Lab* 67, 37-57.

Huh SH and Kwak SN. 1998a. Species composition and seasonal variations of fishes collected by winged stow nets on anchors off Namhae Island. *Bull Korean Soc Fish Tech* 34, 309-319.

Huh SH and Kwak SN. 1998b. Seasonal variations in species composition of fishes collected by an otter trawl in the coastal water off Namhae Island. *Korean J Ichthyol* 10, 11-23.

Hurlbert SH. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52, 577-586.

Hwang SD. 1998. Diel and seasonal variations in species composition of fishery resources collected by a bag net off Kogunsan-gundo. *Korean J Ichthyol* 10, 155-163.

Hwang SD, Im YJ, Song HI, Choi YS and Moon HT. 1998. Fishery resources off Youngkwang II. Species composition of catch by an otter trawl. *J Korean Fish Soc* 31, 739-748.

Hwang SD, Park YJ, Choi SH and Lee TW. 1997. Species composition of fish collected by a trammel net off Heunghae,

- Korea. J Korean Fish Soc 30, 105-113.
- Johnson CL, Runge JA, Alexandra Curtis K, Durbin EG, Hare JA, Incze LS, Link JS, Melvin GD, O'Brien TD and Guelpen LV. 2011. Biodiversity and ecosystem function in the Gulf of Maine: pattern and role of zooplankton and pelagic nekton. PLoS ONE 6, 1-18.
- Jung S, Ha S and Na H. 2013. Multi-decadal changes in fish communities Jeju Island in relation to climate change. Korean J Fish Aquat Sci 46, 186-194.
- Kang YQ. 2000. Warming trend of coastal waters of Korea during recent 60 years (1936-1995). J Fish Sci Tech 3, 173-179.
- Kang YS and Jeong GG. 2000. Global warming and sea. Susan Tamgu 2, 65-69.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, Korea.
- Kim JK. 2009. Diversity and conservation of Korean marine fishes. Korean J Ichthyol 21(Supplement), 52-62.
- Kim JK, Choi OI, Chang DS and Kim JI. 2002. Fluctuation of bag-net catches off Wando, Korea and the effect of sea water temperature. J Korean Fish Soc 35, 497-503.
- Kim Y, Yoo JT, Lee E, Oh TY and Lee DW. 2011. Age and growth of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. Kor J Fish Aquat Sci 44, 695-700.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2005. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea.
- Lambshead PJD, Platt HM and Shaw KM. 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. J Nat Hist 17, 859-874.
- Lee TW and Gill JW. 1998. Seasonal variation in species composition of demersal fish off Yongkwang in 1986-1987. Korean J Ichthyol 10, 241-249.
- Ma T, Miller MJ, Aoyama J and Tsukamoto K. 2007. Genetic identification of *Conger myriaster leptocephali* in the East China Sea. Fish Sci 73, 989-994.
- Oda N. 2007. Age, growth and maturity of the Japanese sardinella *Sardinella zunasi* caught in Bisan Seto of the Seto Inland Sea, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 73, 233-243.
- Oksanen J and co-authors. 2014. Vegan: community ecology package. R package version 2.0-10. Retrieved from <http://cran.r-project.org/web/packages/vegan> on September 17.
- Seo WC and Yoon HJ. 2008. Relations NOAA/AVHRR SST between migratory fishes in the Korean seas. Korea Inst Marit Informat and Communicat Sci 12, 2265-2270.
- Sogabe A, Mohri K and Shoji J. 2012. Reproductive seasonality of the seaweed pipefish *Syngnathus schlegeli* (Syngnathidae) in the Seto Island Sea, Japan. Ichthyol Res 59, 223-229.
- Tittensor DP, Mora C, Jetz W, Lotze HK, Ricard D, Berghe EV and Worm B. 2010. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. Nature 466, 1098-1101.
- Yoo JT, Choi JH, Kim JY, Kim JB and Choi KH. 2013. Comparison of community structure of fish larvae in the northern East China Sea in normal and El Niño/La Niña periods. Korean J Fish Aquat Sci 46, 907-916.