

# 남해 서부해역 저수온수 출현에 따른 진도 연안 낭장망에 채집된 어류 군집구조 변화

유준택\* · 성기탁 · 김영혜

국립수산과학원 남해수산연구소 자원환경과

## Changes in the Community Structure of Fish Collected by a Gape Net with Wings in the Coastal Waters of Jindo Island in Response to a Cold Water Appearance in the Southwestern Sea of Korea

Joon-Taek Yoo\*, Ki Tack Seong and Yeong Hye Kim

Fisheries Resources and Environment Division, Southwestern Sea Fisheries Research Institute, Yeosu 59780, Korea

We examined the community structure of fish off the coast of Jindo Island in response to a cold water appearance in the southwestern sea of Korea each August between 2013–2015. Using a gape net with wings, we collected 31 taxa during the study period, wherein the most dominant species was *Engraulis japonicus*. *Collichthys lucidus* and *Neosalanx andersoni*, which are mainly distributed in the western sea of Korea, increased in abundance and were dominant in August 2013, possibly due to the apparent intrusion of cold water (< 19°C) from offshore into the coastal waters of Jindo Island. Meanwhile, *Scomberomorus niphonius* and *Sardinella zunasi*, which are known as warm-water migratory species, increased in abundance and were dominant in August 2015, likely influenced by the warmer water (> 20°C) at the coast, which resulted in a noticeable lessening of the cold water in the study area. However, no significant differences were observed in fish community structure in the month of August between 2013–2015. This implies that the small-scale spatial and temporal variations in the cold water had limited effects on the fish community structure, even though the abundances of several dominant species varied in the coastal waters.

Key words: Cold water, Fish community, Jindo Island, Gape net

### 서 론

한국 남해 서부해역은 많은 도서로 이루어진 다도해로서 수심이 50 m 내외로 얕은 천해역을 이루고 있고(Jeong, 2001), 참조기, 강달이, 고등어 등의 주요 어장으로 알려져 있으며(Cho, 1982; Cho, 1986; Yang and Cho, 1982), 정치성 어구인 낭장망을 사용하여 주로 멸치를 대상으로 많은 조업이 이루어지고 있다(Kim et al., 2012; Yoo et al., 2014). 또한, 이 해역은 하계에 저수온수가 출현하여 주변 외해역의 고수온수와 사이에 전선이 형성되는 해양학적 특성을 가지고 있다(Jeong, 2001).

수온변화는 해양생물의 군집구조를 변화시키는 중요한 환경요인이다(Costa, 1990; Tittensor et al., 2010). Stefansdottir et al. (2009)은 아이슬란드 연안역에서 수온 증가에 따른 난류성

어종의 유입을 구체적으로 나타냈고, Sobocinski et al. (2013)은 미국의 체서피크만 주변 해조장에서 수온변화에 따른 어류의 군집구조 변화를 보고하였다. 따라서, 남해 서부해역에서 하계에 출현하는 저수온수의 세력 변화에 따라 서식하는 어류의 생물상에도 변화가 있을 것으로 추정되나, 이를 구체적으로 살펴본 연구 사례는 거의 없다. Yoo et al. (2014)은 완도 연안 낭장망 어획물을 대상으로 2001년과 2013년 간 군집구조를 비교한 결과, 2013년 여름철에 난류성 회유 우점종의 개체수 감소는 수온 상승 둔화에 따른 것으로 보고하였으나, 저수온수 세력 변화에 따른 어류 생물상 변화를 직접적으로 살펴본 것은 아니다.

해양에서 생물다양성(biodiversity)은 생태계의 구조와 기능에 중요한 역할을 수행한다(Johnson et al., 2011). 해양환경 변화에 따른 생물다양성 변화를 밝히는 것은 서식하는 생물의 군

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0776>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 48(5) 776-782, October 2015

Received 23 September 2015; Revised 15 October 2015; Accepted 16 October 2015

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

E-mail address: yoojt@korea.kr

집 변화를 예측하고, 이에 따른 해양자원의 보존을 위한 생태계 기반 관리 전략을 수립하는 데 중요하다.

연안 가까이에 설치되는 낭장망에는 4 mm 내외의 세목망이 끝자루(cod end) 부분에 부착되므로 멸치 외에 다양한 어종들이 혼획되며(Kim et al., 2012), 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 진도 연안 낭장망에 어획되는 어획물을 대상으로 남해 서부해역에서 하계에 출현하는 저수온수의 세력 변화와 이에 따른 연안에 서식하는 어류의 군집구조 변화를 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 수온 조사 및 멸치 어획량 자료

남해 서부해역에서 하계 수온변화를 살펴보기 위해, 2013-2015년간 매년 8월에 총 18개 정점에서 CTD (Conductivity-Temperature-Depth)에 의한 연직수온을 관측하였다(Fig. 1). 또한, 해양수산부에서 매년 발간하는 해양수산통계연보의 진라남도 낭장망 멸치 어획량 자료를 사용하여 남해 서부해역에서 하계 수온변화에 따른 낭장망 멸치 어획량 변화를 살펴보았다. 남해 서부해역에 위치한 진도군과 완도군의 낭장망 허가건수가 진라남도 전체 허가건수의 62.3%를 차지하고 있기 때문에 해양수산통계연보의 어획량 자료를 통해 여름철 남해 서부해역에서의 낭장망 멸치의 어획량 변동 경향은 파악이 가능할 것으로 간주하였다.

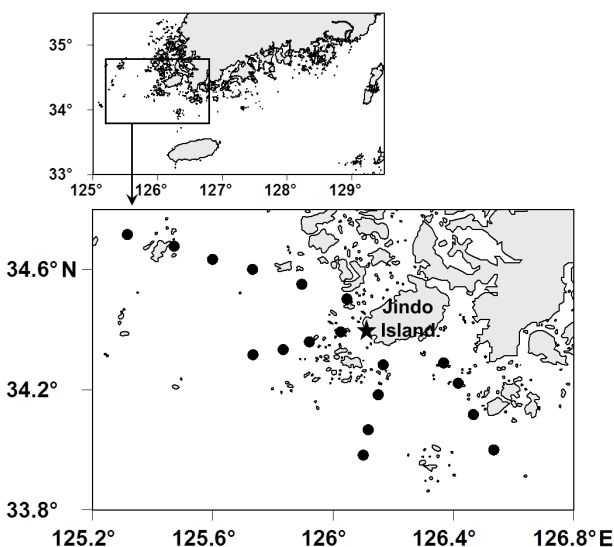


Fig. 1. Stations of CTD observation (black circles) and fish sample (a star) for the study area.

### 낭장망 어획물 채집

남해 서부 연안에 위치한 진도군 심상리 어장(Fig. 1)에서 조업 중인 낭장망 중 하나를 선정하여 수온조사와 같은 기간 동안 어획물을 매일 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.

### 군집구조 분석

조사기간 동안 채집된 어류의 종조성을 보면(Table 1), 채집 개체수가 1-2마리 뿐인 희박종(rare species)이 많이 출현하였다(Pabis et al., 2015; Rossi, 2011). 본 연구에서는 희박종의 출현 변화에 덜 민감하게 반응하고(Smith and Grassle, 1977), 출현개체수 크기에 독립적인 종 풍부도 지수로 알려진 Rarefaction curve에 의한 출현종수의 기대값( $ES$ )을 구하여 연도별 종 다양성을 비교하였다(Hsieh and Li, 1998; Hurlbert, 1971).

다음으로 연도별 군집 간 유사도를 파악하기 위해 비가중 산술평균(UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 집괴분석(hierarchical cluster analysis)과 nMDS (non-metric multidimensional scaling)을 수행하였다. 거리 산출에 사용된 유사도 지수는 희박종이 많이 출현하였을 경우 유효한 것으로 알려진 Chao-Jaccard 유사도지수를 사용하였고(Doi and Okamura, 2011; Chao et al., 2006), 소수 출현 분류군에 의한 유사도지수의 과대평가를 낮추기 위해 로그 변환한 개체수 자료를 이용하였다. 또한, 비모수분산분석인 PERMANOVA (Permutational multivariate analysis of variance)을 통해 연도별 군집 간 유의한 차이를 검증하였다(Anderson, 2001; Harding et al., 2011). 위의 모든 분석에는 R 통계에서 제공하고 있는 vegan 패키지를 사용하였다(Oksanen et al., 2014).

## 결 과

### 표면수온 및 멸치 어획량 비교

2013-2015년간 매년 8월에 남해 서부 해역에서 관측한 표면수온의 수평분포도를 Fig. 2에 나타냈다. 2013년 8월에는 19°C 이하의 저수온수가 조사해역의 중심부에 분포하였고, 이 저수온수는 주변과 비교적 강한 수온전선을 형성하면서 진도 남서쪽 연안을 뒤덮고 있었다. 2014년 8월에도 조사해역의 중심부에 19°C 이하의 저수온수가 출현하였으나, 그 세력은 2013년에 비해 약하여 진도 연안까지는 미치지 못하였고, 진도 연안의 표면수온대는 20-21°C 이었다. 2015년 8월에는 19°C 이하의 저수온수가 진도 북서쪽 외해의 가장자리 끝에 일부 관찰되었고, 진도 남쪽 외해로부터 24°C 이상의 상대적으로 따뜻한 해수가 연안으로 유입하고 있었다. 이들 해역을 제외한 나머지 해역에서의 표면수온은 대부분 20-23°C 이었다.

본 연구에서는 위에 기술한 것처럼 표면수온이 가장 낮았던 2013년 8월을 기준으로 저수온수의 중심수온을 편의상 19℃ 이하로 보고, 상대적인 수온차이를 살펴보았다. 이를 통해 본 연구에서는 2013년 8월은 저수온수 세력이 강했던 기간이었고, 2014년 8월은 2013년에 비해 저수온수가 약하게 존재했던 기간이었고, 2015년 8월은 저수온수 세력이 매우 약했던 기간으로 판단하였다.

Table 1. Species composition of fishes caught by gape net with wings in the coastal waters of Jindo Island each August between 2013–2015

Scientific name	2013	2014	2015
<i>Engraulis japonicus</i>	1,710	1,283	1,956
Gobiidae spp.	269		
<i>Neosalanx andersoni</i>	116	60	8
<i>Collichthys lucidus</i>	116		2
<i>Thryssa kammalensis</i>	2	9	13
<i>Scomberomorus niphonius</i>			24
<i>Sardinella zunasi</i>			24
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>		1	12
<i>Konosirus punctatus</i>	2		10
<i>Upeneus bensasi</i>	3	8	1
<i>Trichiurus lepturus</i>	2	1	7
<i>Coilia nasus</i>	3		
<i>Chelidonichthys spinosus</i>		1	2
<i>Thryssa adalae</i>	1	1	
<i>Conger myriaster</i>	2		
<i>Clupea pallasii</i>			2
<i>Leiognathus nuchalis</i>		1	
<i>Trachurus japonicus</i>		1	
<i>Chaetodon modestus</i>		1	
<i>Ctenoprypauchen microcephalus</i>	1		
<i>Sebastes inermis</i>	1		
<i>Pholis nebulosa</i>	1		
<i>Setipinna taty</i>	1		
<i>Bregmaceros japonicus</i>		1	
<i>Salanx ariakensis</i>		1	
<i>Cynoglossus robustus</i>	1		
<i>Ophichthus urolophus</i>	1		
<i>Repomucenus lunatus</i>			1
<i>Takifugu snyderi</i>			1
Unidentified A	1		
Unidentified B	1		
Number of species	19	13	14
Total individuals	2,234	1,369	2,063

다음으로 2013-2015년간 여름철(7-8월) 전라남도 낭장망 멸치의 평균 어획량 변동을 보면, 2013년에는 332톤, 2014년에는 558톤, 2015년에는 338톤이었다(Fig. 2). 즉, 남해 서부해역에서 하계에 저수온수 세력이 강했던 2013년에 낭장망 멸치 어획량은 가장 적었다.

군집구조 비교

조사기간 동안 진도 연안 낭장망에서 총 31개 분류군에 총 5,666 개체의 어류가 채집되었다. 2013년 8월에는 19종 2,234 개체의 어류가 출현하였고, 2014년에는 13종, 1,369 개체의 어류가 출현하였고, 2015년에는 14종, 2,063 개체의 어류가 출현하였다(Table 1). 우점종 변화를 살펴보면, 멸치(*Engraulis*

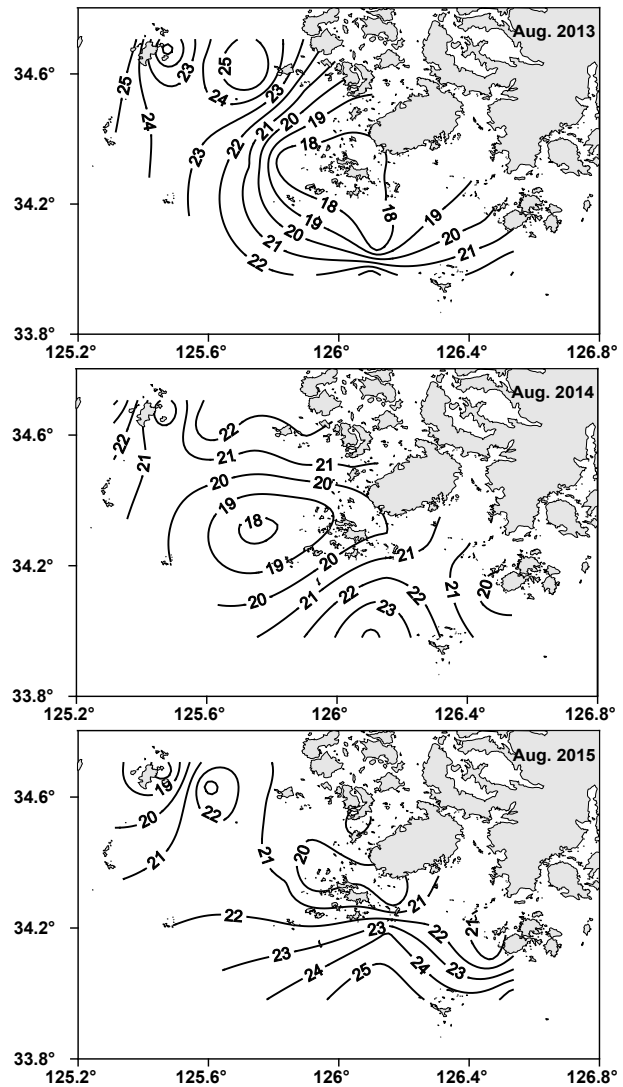


Fig. 2. Horizontal distribution of sea surface temperature in each August between 2013-2015.

*japonicus*)가 전체 개체수의 87.3%를 차지하여 매년 가장 우점하였다. 멸치를 제외한 우점종으로는 저수온수 세력이 강했던 2013년 8월에는 망둑어과(Gobiidae spp.), 황강달이(*Collichthys lucidus*), 도화뱅어(*Neosalanx andersoni*) 등이 우점하였고, 저수온수 세력이 약했던 2014년 8월에는 도화뱅어(*N. andersoni*), 저수온수 세력이 매우 약했던 2015년 8월에는 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*) 등이 우점하였다.

연도별 Rarefaction curve를 Fig. 4에 나타냈다. 1,369 개체 (2014년 8월 총 출현개체수)가 동일하게 관찰되었다고 했을 때, 출현종수의 기대값(*ES*)은 2013년 8월에는 15종, 2014년 8월과 2015년 8월에는 12종으로 추정할 수 있었다. 즉, 저수온수 세력이 강했던 2013년 8월의 종 풍부도가 저수온수 세력이 약했던

다른 해 8월 보다 다소 높게 나타났다.

집괴분석을 이용하여 조사기간 동안 연도별 유사성을 살펴 보면(Fig. 5), 유사도지수에 의한 거리 0.5 수준에서 저수온수 세력이 강했던 2013년 8월을 하나의 그룹으로, 저수온수 세력이 약했던 2014년 8월과 2015년 8월을 또 하나의 그룹으로 나눌 수 있었다. 그러나 nMDS에 의해 2차원 공간에서 연도별 유사성을 보면, 뚜렷한 군집으로 묶어지지 않았다. 또한, PERMANOVA에 의해 집괴분석으로부터 나누어진 두 개의 그룹 (2013년 8월, 2014년 8월 & 2015년 8월) 간 유의한 차이와 연도별 군집 간 유의한 차이를 확인한 결과, 둘 다 95% 신뢰수준에서 유의한 차이는 없었다.

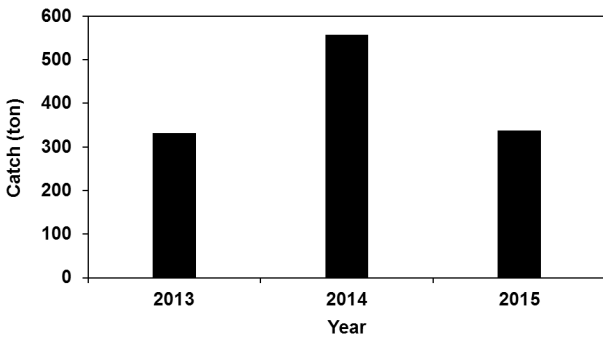


Fig. 3. Anchovy *Engraulis japonicus* catch by gape net with wings averaged from July to August in the coast of Jeollanam-do, 2013-2015.

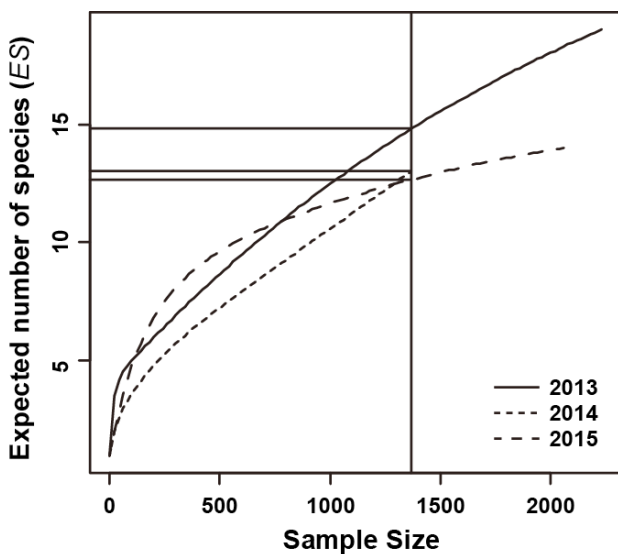
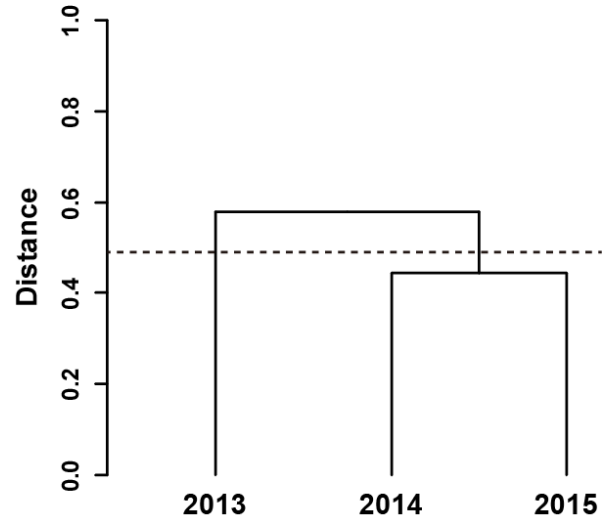


Fig. 4. Rarefaction curves calculated from sequential monthly samples in each August between 2013-2015.

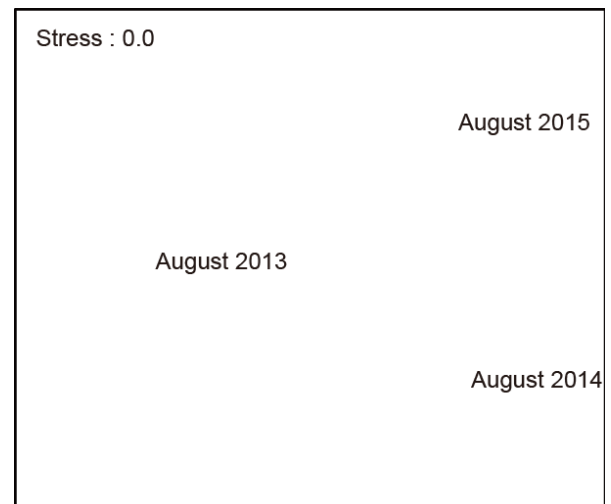


Fig. 5. Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and nMDS ordination plot (lower). The log (x+1) transformed abundance for each fish collected in every August from 2013 to 2015 was used in the clustering and nMDS ordination in different months.

## 고 찰

본 연구는 하계에 진도 연안 낭장망 어장에 분포하는 저수온수의 세력 변화와 이에 따른 어류의 종조성 변화 등의 군집구조 변화를 구체적으로 살펴보았다. 저수온수 세력이 강했던(표면수온 19℃ 이하) 2013년 하계의 종 풍부도는 저수온수가 약했던(표면수온 20℃ 이상) 2014년 8월과 2015년 8월보다 약간 높았다. 특히, 2013년 하계에는 망둑어과(*Gobiidae* spp.), 황강달이(*C. lucidus*)와 도화뱅어(*N. andersoni*)의 개체수가 두드러졌다. 망둑어과 어류는 우리나라 주변해역에서 대표적인 주거종(resident species)이나, 종 분류가 어렵고 생태적 특성에 대해서도 알려진 바가 적다. 황강달이(*C. lucidus*)의 경우, 서식장과 5-6월 산란장은 서해안으로 알려져 있고(Kim et al., 2005), 도화뱅어(*N. andersoni*)의 경우, 분포해역은 서해안이고 전남 신안군에서 자치어가 출현하였다고 언급되어지는 것으로 미루어 주 분포해역은 서해안을 추정된다(Kim et al., 2001). 따라서, 2013년 8월에 서해 남부 외해에서 진도 연안 가까이까지 분포하는 저수온수는 서해안에 주로 분포하는 생물들의 낭장망 어장으로의 유입에도 긍정적인 영향을 미쳤을 것이고, 이것이 저수온수 세력이 약했던 시기보다 종 다양도를 다소 높였던 이유이었을 것으로 추정된다.

2015년 8월의 경우, 삼치(*S. niphonius*)와 밴댕이(*S. zunasi*)의 개체수가 다른 해에 비해 두드러지게 증가하였다. 삼치(*S. niphonius*)는 대표적인 난류성 회유종이고(Inoue et al., 2007), 밴댕이의 여름철 산란기 동안 산란 적정수온은 21-22℃이다(Oda, 2007). 2015년 8월은 조사기간 동안 저수온수 세력이 가장 약했고, 진도 남쪽 외해로부터 난류가 연안쪽으로 유입하는 등 해수는 전반적으로 따뜻했고, 이로 인해 난류성 및 산란 회유 종들의 연안 낭장망 어장으로의 가입이 상대적으로 많았을 것으로 추정된다.

하지만, 조사기간 동안 연도별 군집 간 유의한 차이를 확인하기 위해 실시한 PERMANOVA 결과, 연도별 군집 간에는 유의한 차가 없었다. 이는 비록 위에 언급한 것처럼 하계에 진도 연안 낭장망 어장에 출현하는 저수온수의 세력 변화에 따른 몇몇 어종의 출현 변화를 확인하였으나, 이것이 연도별 군집구조 간에 유의한 차이를 일으킬 정도는 아니라는 것을 의미한다. 즉, 남해 서부 해역에 출현하는 저수온수는 그 분포범위가 60-90 km이고(Jeong et al., 2009), 7월 말-8월 초경에 가장 발달한다(Yun et al., 2005). 이와 같이 짧은 기간 동안에 진도 연안에 출현하는 소규모(> 100 km 이하) 저수온수가 진도 연안에 서식하는 어류의 군집구조 전체를 크게 변화시키기에는 한계가 있을 것이다.

본 연구에서는 남해 서부해역에서 하계에 출현하는 저수온수의 세력 변화에 따른 낭장망 멸치 어획량 변동도 살펴보았는데, 저수온수 세력이 강했던 2013년에 비해 저수온수 세력이 약했던 2014-2015년에 낭장망 멸치 어획량이 많아지는 경향을 보

였다(Fig. 2). Kim et al. (2002)도 1999-2001년간 완도군 수협 의 낭장망 멸치 위판량 자료를 사용하여 완도 연안에서 하계에 상대적으로 수온이 낮았던 2000년에 어획량이 가장 적었음을 보였고, 이 연구에서 언급한 것처럼 수온과 멸치 어획량 간에는 상관관계가 있는 것으로 본 연구의 결과에서도 판단된다.

한편, 낭장망은 조류에 의해 휩쓸려 들어오는 어류를 수동적으로 어획하는 어구이므로 유영능력이 큰 어류들의 채집에는 한계가 있고(Huh and Kwak, 1998b), 낭장망에 어획된 어획물이 남해 서부해역 전체를 대표하고 있다고 보기 힘들다. 또한, 본 연구에서 조사된 종조성 자료를 보면(Table 1), 채집 개체수가 1-2마리 뿐인 희박종이 다수 출현하고 있고, 이들 출현이 저수온수의 세력 변화에 의한 것인지 판단하기 힘들었다. 한 해역에서 서식하는 생물상을 정확히 파악하기 위해서는 여러 종류의 채집도구를 동시에 사용하는 것이 바람직하다(Huh and Kwak, 1998b). 따라서, 남해 서부해역에서 저수온수의 세력 변화가 서식 어류의 군집구조 변화에 미치는 영향을 보다 정확히 파악하기 위해서는 향후 수동어구 외에 저인망과 같은 능동어구를 이용한 생물 채집이 필요할 것으로 판단되나, 여러 어구들을 동시에 사용하는 데에는 경비가 많이 소요된다는 해결해야 할 문제점이 있다.

또한, Jeong (2001)은 남해 서부해역에서 하계에 출현하는 저수온수는 저층의 저수온수가 강한 조석혼합에 의해 상하 연직 혼합함으로써 나타난다고 설명하였으나, 저수온수 출현에 주기적인 경년 변화가 있는지, 하계에 황해 중앙골을 따라 남하하는 황해저층냉수와의 관계(Jang et al., 2011), 저수온수의 명확한 기준 등 불명확한 점이 많다. 수온변화가 생물의 군집구조 변화를 유발시키는 중요한 환경요인이므로(Tittensor et al., 2010), 남해 서부해역에서 생물의 군집구조 변화를 예측하기 위해서는 저수온수의 출현에 대한 장기적인 모니터링과 함께 보다 명확한 물리적 기작은 구명되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 2015년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(낭장망 어업의 합리적 관리방안 연구, 15-FE-28)의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- Anderson M. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol* 26, 32-46.
- Costa MJ. 1990. Expected effects of temperature changes on estuarine fish populations. In: *Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems*. Beukema JJ, Wolff WJ and Brouns JJWM, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 99-103.
- Chao A, Chazdon RL, Colwell RK and Shen TJ. 2006. Abundance-based similarity indices and their estimation when

- there are unseen species in samples. *Biometrics* 62, 361-371.
- Cho KD. 1982. On the influence of the Yellow Sea Bottom Cold Water on the demersal fishing grounds. *Bull Korean Fish Tech Soc* 18, 25-33.
- Cho KD. 1986. Environment of the purse-seiner fishing ground in the East China Sea. *Bull Korean Fish Tech Soc* 22, 104-116.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Iljisa Publishing Co, Seoul, Korea.
- Doi H and Okamura H. 2011. Similarity indices, ordination, and community analysis tests using the software R. *Ecol Soc Japan* 61, 3-20.
- Han KH and Oh YS. 2007. Species composition and quantitative fluctuation of fishes collected by gape net in coastal waters of Yeosu, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 43, 261-273.
- Harding JA, Ammann AJ and MacFarlane RB. 2011. Regional and seasonal patterns of epipelagic fish assemblages from the central California Current. *Fish Bull* 109, 261-281.
- Hsieh HL and Li LA. 1998. Rarefaction diversity: a case study of polychaete communities using an amended fortran program. *Zool Stud* 37, 13-21.
- Inoue T, Wada Y, Tojima T and Takeno K. 2007. Age and migration of the Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the coastal waters of Kyoto Prefecture. *Bull Kyoto Inst Ocean Fish Sci* 29, 1-6.
- 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.
- Jang SJ, Lee JH, Kim CH, Jang CJ and Jang YS. 2011. Movement of cold water mass in the northern East China Sea in summer. *The Sea* 16, 1-13.
- Jeong HD. 2001. On the mechanism of cold water appearance and variation of oceanographic conditions in the southwest coastal waters of Korea in summer. Ph.D.Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Jeong HD, Kwoun CH, Kim SW and Cho KD. 2009. Fluctuation of tidal front and expansion of cold water region in the southwestern sea of Korea. *J Korean Soc Mar Environ Safe* 15, 289-296.
- 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 Marine: pattern and role of zooplankton and pelagic nekton. *PLoS One* 6, 1-18.
- 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, 1-615.
- 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 SH, Park CD and Park SW. 2012. A study on a bycatch of the gape net in Jindo area of Jeollanam-do. *Jour Fish Mar Sci Edu* 24, 137-145.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2005. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. National Fisheries Research & Development Institute, Busan, Korea, 1-333.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JG. 2001. The marine fishes of Korea. Hanguel, Busan, Korea, 1-382.
- 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.
- Pabis K, Józwiak P, Lörz AN, Schnabel K and Błażewicz-Paszkowycz M. 2015. First insights into the deep-sea tanai-dacean fauna of the Ross Sea: species richness and composition across the shelf break, slope and abyss. *Polar Biol* 38, 1429-1437.
- Rossi JP. 2011. rich: an R package to analyse species richness. *Diversity* 3, 112-120.
- Smith W and Grassle JF. 1977. Sampling properties of a family of diversity measures. *Biometrics* 33, 283-292.
- Sobocinski KL, Orth RJ, Fabrizio MC and Latour RJ. 2013. Historical comparison of fish community structure in lower Chesapeake Bay seagrass habitats. *Estuaries Coasts* 36, 775-794.
- Stefansdottir L, Solmundsson J, Marteinsdottir G, Kristinsson K and Jonasson JP. 2010. Groundfish species diversity and assemblage structure in Icelandic waters during recent years of warming. *Fish Oceanogr* 19, 42-62.
- 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.
- Yang SK and Cho KD. 1982. The relationship between oceanographic condition and fishing ground distribution of Yellow croaker in the East China Sea and the Yellow Sea. *Bull Korean Fish Soc* 15, 26-34.
- Yoo JT, Kim JK and Choi MS. 2014. Change of structure community of fish collected by a gape net with wings after 12 years in the coast of Wando Island, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 659-666. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0659>.

Yun JH, Jeong HE, Cho KD, Kim DS and Lee EB. 2005. A study on relationship between cold water appearance and fog formation in the southwest coastal waters of Korea. J Korean Navigation Port Res 29, 583-588.