

대형선망어업의 주요 목표종의 어장 변동

이종희 · 이재봉^{1*} · 장창익² · 강수경 · 최영민¹ · 이동우
국립수산과학원 자원관리과, ¹동해수산연구소 자원환경과, ²부경대학교
해양생산시스템관리학부

A study on fluctuation of the fishing grounds of target fishes by the Korean large purse seine fishery

**Jong Hee LEE, Jae Bong LEE^{1*}, Chang Ik ZHANG², Sukyung KANG,
Young Min CHOI¹ and Dong Woo LEE**

Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

*¹Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Institute,
Gangneung 210-861, Korea*

²Division of Marine Production System management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Korean large purse seine fishery catches chub mackerel, sardine, jack mackerel, Spanish mackerel, etc. which are mainly pelagic fish species. The proportion of chub mackerel was 60% over in Korean large purse seine fishery. Sea surface temperature (SST) increased 0.0253° C per year and total rising rate was 0.759° C from 1980 to 2009 in the southern sea of Korea, where is mainly fishing grounds of Korean large purse seine. It was that $p < 0.01$ level was statistically significant. It is northward movement that the center of fishing grounds of chub mackerel by Korean large purse seine fishery moved 4.57km/yr. It was rapidly northward movement about 7.1km/yr, 8.13km/yr to move Spanish mackerel and bluefin tuna fishing grounds. However, the fishing grounds of jack mackerel were moved further south in the 2000s than the 1980s. Catch of tunas and bluefin tuna consistently increased in Korean waters. There was a significantly positive correlation between SST and catch of bluefin tuna in the fishing grounds of Korean waters.

Key words: Korean large purse seine fishery, Chub mackerel, Bluefin tuna, SST, Korean waters

*Corresponding author: leejb@nfrdi.go.kr, Tel: 82-33-660-8522, Fax: 82-33-661-8513

서 론

지구의 세계적 규모의 기후 또는 10년 이상의 장기적인 지역적 기후의 시간에 따른 대기의 평균적인 상태의 변화가 기후변화이다. 지구공전 궤도 및 지축기울기의 변화, 세차운동, 화산활동, 지각활동 등의 자연적인 요인과 온실가스 및 에어로졸의 농도증가 등의 인위적인 요인 등에 의해 기후변화가 나타난다 (IPCC, 2007). 기후변화는 수온변화는 물론이고 동물플랑크톤의 양적변화, 난류성 어종의 어획량 증가 현상 등을 유발하고 있고, 우리나라 연근해에서도 이와 같은 기후변화 특히, 온난화의 징후가 나타나고 있다. 우리나라에서는 1990년대 중반 이후부터 연근해의 수온상승현상과 동물플랑크톤 분포 밀도 변화에 관한 연구, 해황변화와 연관된 장기 어황변동, 엘니뇨가 우리나라 주변해역에 미치는 영향, 엘니뇨와 한반도 기상 특성, 기후변화와 북태평양 수산자원 변동 등에 관한 연구 등이 수행되었다 (Park et al., 2000).

최근에는 해양환경 변화에 따른 수산자원의 변동뿐만 아니라, 모델을 사용하여 대기-해양 사이의 변화와 전지구적규모의 수산자원 분포 변화 예측에 관한 연구가 활발하다. IPCC SERS 이산화탄소 방출 모델을 기초로 한 대기-해양 연계모델을 사용하여 전지구적 규모에서 수산자원의 분포 변화 예측한 연구가 대표적인 예이다 (Cheung et al., 2009). 대기-해양 모델의 규모축소 (downscaling)를 통하여 지역규모의 해양환경 변화를 예측하고 이에 따른 수산자원의 분포 변화 연구가 수행되고 있다 (Cheung et al., 2011; Mueter et al., 2011). 우리나라 주변에서 IPCC SRES 기후변화 시나리오를 바탕으로 미래 동아시아 기후를 예측한 결과를 보면, 대기의 온실가스가 증가하게 되면 해양과 대기에서 모두 온난화가 발생하였다 (Moon et al., 2008). 평균기온의 공간패턴은 위도가 높아짐에 따라 기온상승 폭이 크며 해양보다 육지에서 더 두드러질 것으로 전망되었다. 21세기 후반으로 갈수록

한반도 근처의 동서방향의 등온선이 조밀하게 배치되면서 기온 등의 기상요소의 변화가 심화되는 경향을 보일 것으로 예상된다 (Kim et al., 2008). 우리나라에서도 대기와 해양의 변화가 예측되고 있으며 이에 따른 수산자원의 변화에 대한 연구도 더욱 요구되고 있다.

대형선망어업은 다획성 어업의 대표적인 업종으로 대상어종은 표층이나 중층에 서식하며, 밀집성이 강한 고등어, 전갱이, 정어리, 삼치, 오징어 등이다. 선망어업은 본선 1척, 등선 2척, 운반선 3척으로 구성된 6척으로 선단을 이루어 조업하며, 대상어종을 어망에 둘러서 어류를 포획하는 기업적 어업으로 자본규모가 가장 큰 근해 어업이다. 우리나라의 주요 연근해어업으로 일 반해면어업 어획량의 약 18%를 차지하고 있으며, 주 어획종인 고등어, 전갱이와 정어리는 TAC 대상어종이다 (Lee and Kim, 2011). 대형선망어업에 관한 연구는 어장분포와 어획변동에 관한 연구 (Cho, 1981; Yang et al., 1999)와 고등어 어군의 분포와 해황에 관한 연구 (Cho et al., 1984; Kim et al., 1999), 그리고 한중일 어업협정 이후의 한국 연근해 고등어 어획특성과 어장환경에 관한 연구가 수행되었다 (Lee and Kim, 2011). 개별 어종에 대한 생태학적인 조사와 연구는 지속적으로 이어지고 있으나, 우리나라의 대표적인 어업인 대형선망어업과 목표종에 대한 연구는 미약한 상황이다.

어업자원의 분포는 그들이 분포하는 해역의 환경에 따라 변동하므로 수온에 따라 회유의 범위와 어장 형성해역 등이 변하게 된다. 특히, 우리나라 연근해는 계절에 따라 해황의 변화가 일어나기 때문에 어업자원의 어장형성과 어황 변동의 계절성이 뚜렷하다. 그러므로 어업자원의 변동 특성을 밝히기 위해서는 우선적으로 해양환경의 변동에 관한 연구가 필요하다 (Park et al., 2000). 본 연구는 우리나라 주변 해역의 대표적인 어업인 대형선망어업의 어장 및 목표종의 변동을 해양환경의 변동의 주요 요인인 수

온과의 관련성을 파악하는 것을 목표로 한다. 이러한 연구는 수산자원을 효과적으로 관리하기 위하여 해양환경 변동에 따른 수산자원의 변동 관계를 파악하고, 나아가 앞으로 변화하는 해양 환경의 변화에 따른 해양생태계의 변화를 예측하는 데에 기초자료로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

자료 및 방법

국립수산과학원의 정선관측자료의 수온은 매년 2월부터 12월까지 격월마다 관측된 자료를 정점별로 평균하여 연평균 값으로 계산하였다. 한국 주변해역의 수온변동을 보기 위한 시계열 수온자료는 1980년부터 2009년까지 30년 동안의 국립수산과학원의 정선관측자료를 사용하였다. 수온자료가 수집된 해역은 한국근해 주요 어업인 대형선망어업의 주된 조업해역인 한국 남해안이다 (Fig. 1). 한국 남해안에서 관측된 수온을 수층에 따라 평균하여 연평균 값을 계산하였으며, 이를 수온변동 시계열로 작성하였다.

한국 주변해역의 주요 어업의 어장의 변동을 파악하기 위하여 한국 근해 어업중 부유성 어류를 목표종으로 어획하는 대형선망어업을 선정

하였다. 어업의 어획량 경년변동은 1980년부터 2009년까지 30년간 통계청의 어업생산량통계를 사용하였다. 어장변동을 파악하기 위하여 대형선망어업의 어획량이 높은 어종과 최근 어획량의 증가 경향을 보이는 어종을 기준종으로 하여 고등어, 전갱이, 삼치, 그리고 참다랑어를 선정하였다. 참다랑어의 어획량은 통계청의 어업생산량통계가 2010년 이후로 집계되므로, 중서부태평양수산위원회 (WCPFC, Western and Central Pacific Fisheries Commission)에 보고된 참다랑어 어획량 자료를 사용하였다 (Kwon and Yoo, 2010). 어장의 변동을 파악하기 위한 기초자료는 대형선망어업의 해구별 단위노력당어획량 (CPUE) 자료를 사용하였다. 대형선망어업은 해구별 어획량이 보고되는 1980년부터 2009년까지 30년간 자료를 연대별로 구분하여 평균한 해구별 CPUE를 사용하여 어장의 중심을 구하였다. 연대는 10년 단위로 1980~1989년이 '80년대, 1990~1999년이 '90년대, 그리고 2000~2009년을 2000년대로 구분하여 계산하였다. 식 (1)은 어장중심을 구하는 기본식이다.

$$(X, Y) = \left(\frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot Lon_i}{\sum_{i=1}^N A_i}, \frac{\sum_{i=1}^N A_i \cdot Lat_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \right) \quad (1)$$

여기서, (X, Y) 는 어장의 중심, A_i 는 해구별 상대자원량 또는 어획량, Lon_i 과 Lat_i 는 각각 i 해구의 경도와 위도이다. 그리고 N 은 상대자원량 또는 어획량이 0이 아닌 해구의 총수이다.

또한 해구별 CPUE 자료를 이용하여 어장의 면적과 중심을 구하기 위하여 Equal-frequency ellipse 방법을 사용하였다 (Sokal and Rohlf, 1994). 식 (2)는 대형선망어업의 해구별 CPUE의 95% 신뢰구간 내의 어장면적을 구하는 식이다.

$$C_{.05} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (n-1)^2}{n(n-2)} F_{.05[2, n-2]} \quad (2)$$

여기서, λ_1 은 장축, λ_2 는 단축, n 은 자료의 수, 그리고 $F_{.05[2, n-2]}$ 는 95% 신뢰구간 이내의 면적을

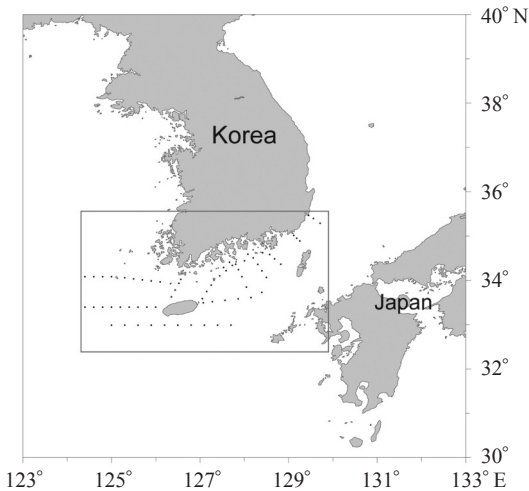


Fig. 1. The Study area in Korean waters. The stations were collected dataset of water temperature in square.

구할 경우의 분산율이다.

결 과

대형선망어업 어장의 수온변화

1980년부터 2009년까지 30년간 한국 남해안의 평균 표층수온은 18.9°C이고, 범위는 17.9~19.5°C이다. 표층수온은 연간 0.0253°C씩 상승하여 30년간 0.759°C가 상승하는 것으로 나타났으며, $p < 0.01$ 수준에서 통계학적으로 유의하였다. 수심 100m에서는 평균수온이 15.4°C이고, 변동범위가 13.9~16.2°C이다. 수심 100m의 수온은 연간 0.0099°C씩 상승하여 표층의 절반수준인 0.297°C가 상승한 것으로 나타났다. 하지만 수심 100m의 수온상승률은 결정계수 값이 너무 낮고 $p > 0.05$ 로 통계학적으로 유의하지 않았다. 남해안의 수온은 최근 10년간 급격한 수온상승이 나타났다. 2000년부터 2009년까지 수온상승율을 살펴보면, 표층수온은 연간 0.0737°C 수심 100m의 수온은 0.0187°C이 상승하는 것으로 나타났다. 이는 40년의 장기수온변동에 비하여 표층수온은 약 4배, 수심 100m 수온은 약 2배 빠른 속도로 수온이 상승하는 것이다. 이러한 경향은 표층의 경우 $p < 0.05$ 로 통계학적으로 유의하였고, 수심 100m의 수온에서는 통계학적으로 유

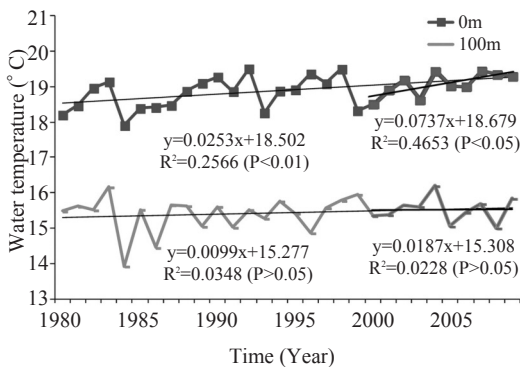


Fig. 2. Time series of surface (■) and 100m - depth (—) of water temperatures from 1980 to 2009 in the southern sea of Korea. The linear regression showed two periods, which were temperature trend from 1980 to 2009 (left) and from 2000 to 2009 (right), respectively.

의한 결과를 나타내지 않았다 (Fig. 2).

대형선망어업의 주요 어종의 어장 분포 및 변동

대형선망어업은 1980년부터 2009년까지 30년간 고등어, 정어리, 전갱이, 삼치 등 부유성 어종을 주로 어획하였다. 대형선망어업의 어획량은 15만 톤에서 46만 톤으로 해마다 변동이 크게 나타났으며, 연평균 27만 톤가량 어획하였다. 그중 고등어의 어획량은 연평균 13만 톤이었으며, 고등어의 어획량의 변동범위는 6만 톤에서 39만 톤이었다. 대형선망어업에서 고등어의 어획비율은 1980년대에 31%를 차지하였고, 90년대부터 60%이상의 어획비율을 차지하였다. 대형선망어업에서 1980년대에 평균 11만 톤이던 정어리의 어획량이 1980년대 이후 급격히 감소하면서, 반대로 고등어의 어획비율이 더욱 높아지게 되었다. 정어리를 제외한 전갱이와 삼치는 고등어에 비하여 어획비율은 적지만 각각 연평균 5%와 4%의 어획비율을 꾸준히 유지하고 있다 (Fig. 3).

대형선망어업은 한국 남해안에서 주로 조업을 하고 있다. 2009년의 대형선망어업의 어획지역을 살펴보면, 주목표종인 고등어의 어획범위가 가장 넓으며, 고등어 어장의 범위 내에서 전갱이, 삼치, 갈치가 어획되는 것으로 나타났다.

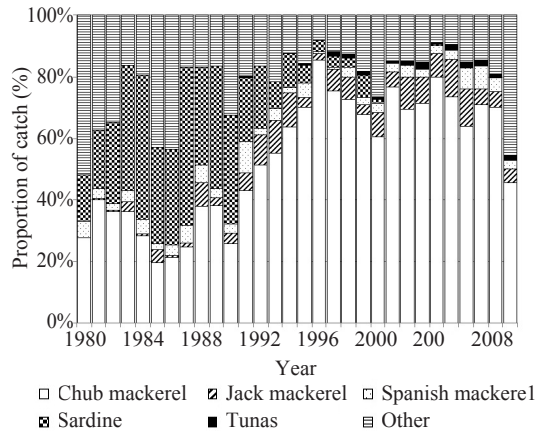


Fig. 3. Proportion of catch by the Korean large purse seine fishery from 1980 to 2009.

대형선망어업의 주 어장은 제주도를 중심으로 형성되며, 고등어는 제주도 북서부해역에서 어획이 가장 높았다. 전갱이는 제주도 서부, 그리고 삼치는 제주도 남서부와 북동부가 어획이 높은 해역이었다 (Fig. 4). 고등어 어장은 1980년대와 1990년대에는 어장 크기의 차이를 보이지만, 장축이 북동에서 남서로 향한 좁고 긴 유사한 형태의 어장을 형성했다. 2000년대에 들어 고등어 어장은 장축이 북서에서 남동을 향하였으며, 이 전보다 단축의 폭이 넓어져 원형에 가까운 형태

를 나타내었다. 전갱이 어장은 전 연대에 걸쳐 장축이 북동에서 남서로 향한 좁고 긴 어장을 형성했다. 1980년대와 2000년대에 비하여 1990년대에 더 넓은 어장을 형성하였다. 삼치는 연대별로 어장의 형태와 넓이의 변화가 크게 나타났다. 1980년대에 형성된 삼치어장은 고등어와 전갱이에 비하여 월등히 작은 어장을 형성하였다. 1990년대에는 삼치 어장이 동중국해로 크게 확대되었으며, 2000년대는 확대된 어장이 북상이 뚜렷하였다 (Fig. 5).

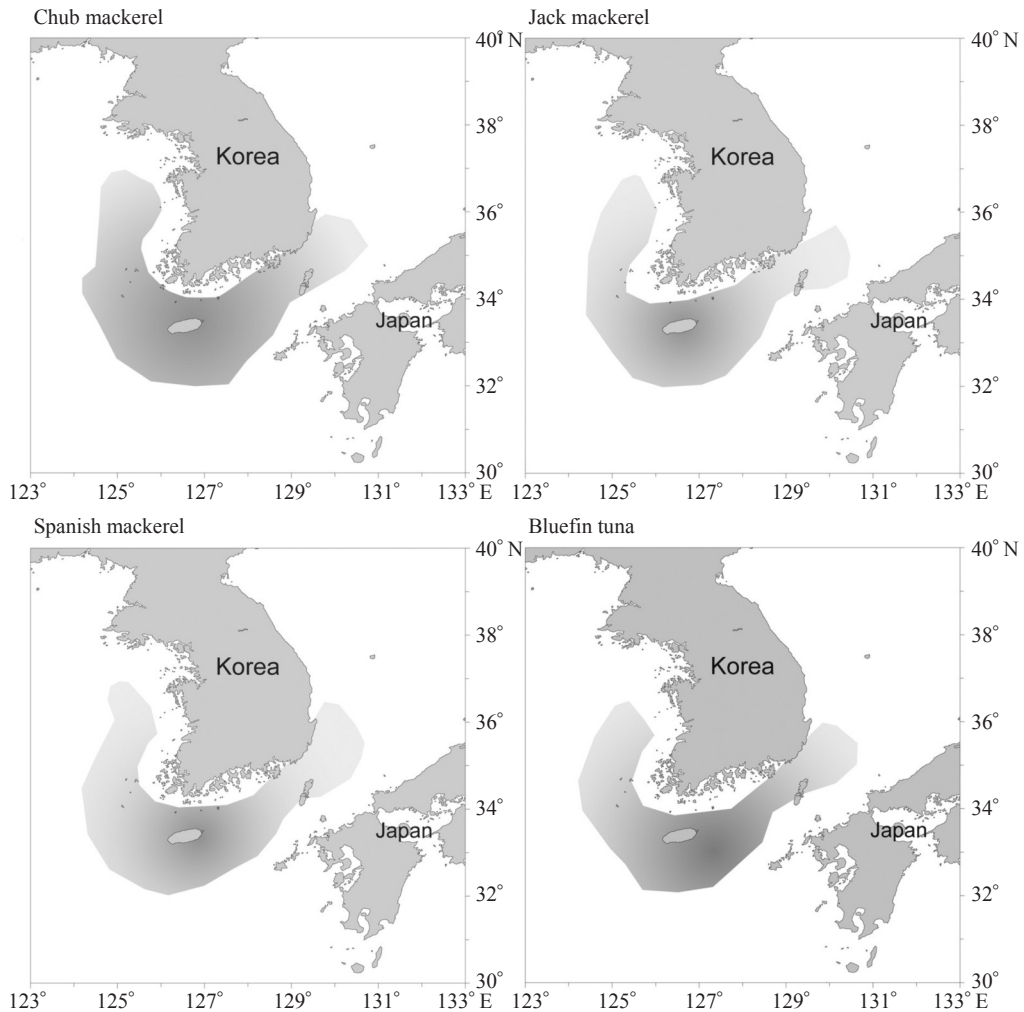


Fig. 4. Distribution of fishing area of major species by Korean large purse seine fishery in 2009.

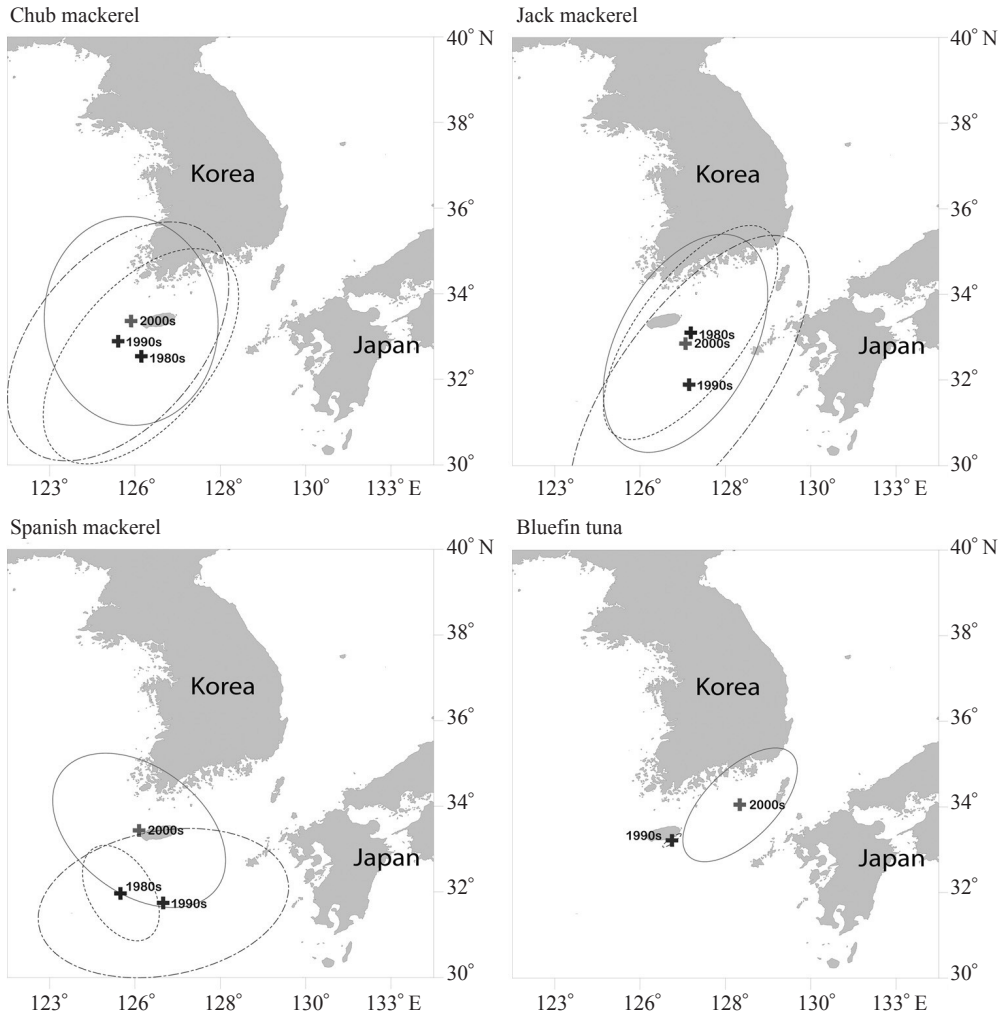


Fig. 5. Changes in the fishing ground of major species by the Korean large purse seine fishery. 1980s (dotted line), 1990s (dash-dotted line), and 2000s (solid line).

대형선망어업의 주요 어획종인 고등어, 전갱이, 삼치와 참다랑어의 어장 중심은 상대자원량 지표인 CPUE와 위도를 사용하여 어장 중심과 95% 신뢰구간 내의 어장분포를 계산하였다. 고등어의 어장 중심이 1980년부터 2009년까지 30년간 북쪽으로 이동하여 제주도 남부에서 제주도 근접하였다. 연구기간동안 고등어의 어장 중심은 1980년대에 비하여 2000년대에는 약 91.3km 북상하여, 평균 4.57km/yr의 속도로 북상

하는 것으로 나타났다. 전갱이의 어장 중심은 1980년대보다 2000년대에 더 남쪽으로 이동한 것으로 나타났다. 1990년대에 비하여 2000년대의 어장 중심이 북상하였으나, 1980년대에 비하여 남쪽에 어장중심이 위치하였다. 과거 30년간 전갱이의 어장 중심은 1980년대에 비하여 2000년대에는 약 28.1km 남하하였다. 삼치의 어장 중심은 1980년대보다 1990년대가 더 남쪽에 위치하였으나 이후 북상하여, 2000년대에는 제주도

Table 1. Centroid and movement of fishing grounds by Korean large purse seine fishery with periods

Species	Years	Longitude	Latitude	Periods	Movement* (km)
Chub mackerel	1980s	126.134	32.535	1980s~1990s	38.73
	1990s	125.587	32.883	1990s~2000s	52.61
	2000s	125.895	33.357	1980s~2000s	91.34
Jack mackerel	1980s	127.174	33.105	1980s~1990s	-134.22
	1990s	127.141	31.897	1990s~2000s	106.13
	2000s	127.042	32.852	1980s~2000s	-28.09
Spanish mackerel	1980s	125.660	31.969	1980s~1990s	-25.39
	1990s	126.646	31.741	1990s~2000s	188.02
	2000s	126.079	33.433	1980s~2000s	162.63
Bluefin tuna	1990s	126.732	33.213	1990s~2000s	92.33
	2000s	128.314	34.044		

*Positive movement means northward direction, and negative movement denotes southward direction.

서쪽에 어장 중심이 위치하였다. 삼치의 어장 중심은 1980년대에 비하여 2000년대에는 약 162.6km 북상하여, 평균 8.13km/yr의 속도로 북상하는 것으로 나타났다 (Fig. 5 and Table 1).

참다랑어 어장 변화 및 어획량과 수온의 관련성

한국 주변 수역에서 다랑어류의 어획량이 지속적으로 증가하고 있다 (Fig. 6). 그 중 참다랑어는 1982년 이후 한국 주변 해역에서 공식적으로 어획량이 보고되기 시작하여 2003년에는 2,141톤을 어획하였으며, 2009년에는 794톤의 어획량을 나타내었다 (Fig. 6). 참다랑어의 해구별 어획량에 대한 어업보고가 이루어진 이후로 참다랑어 어장은 1994년에 2003년에 고등어 어장의 26.1% 면적을 차지하였으며, 점차 증가하여 2009년에는 고등어 어장의 77.4%의 면적에서 참다랑어가 어획되었다. 어획해역은 제주도 인근에서 한국 남해와 동중국해로 확장되었다. 참다랑어의 어획량이 높은 해역은 대마난류가 지나가는 해역과 거의 동일하며, 제주도 남동부해역에서 어획량이 가장 높았다 (Fig. 4).

참다랑어의 어장 중심은 1990년대로 대표되는 1994년은 제주도 남동부해역에 위치하였다. 2003년부터 2009년까지 7년간 평균된 참다랑어의 어장 중심은 제주도 남동부에서 벗어나 북동

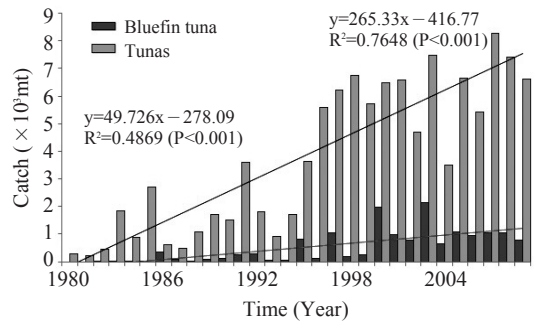


Fig. 6. Time series of catch of bluefin and total tunas by Korean large purse seine fishery from 1980 to 2009 in Korea.

쪽 해역으로 이동하여 제주도와 대마도 사이의 중간해역에 위치하였다. 참다랑어 어장의 형태는 장축이 북동에서 남서를 향해 길게 형성되어 있으며, 어장의 넓이는 한국 남해안 해역을 대부분 포함하였다. 참다랑어의 어장 중심은 1990년대에 비하여 2000년대에 약 92.3km 북상하여, 13년간 평균 7.1km/yr의 속도로 북상하는 것으로 나타났다 (Fig. 5).

우리나라 주변 해역에 형성되는 참다랑어 어장의 표층수온의 범위는 17.7~21.7°C이고, 평균수온 19.9°C에서 형성되었다. 2003년부터 2009년까지 각 연도별 어장중심을 구하여, 어장 중심이 위치한 해역의 수온과 그 해의 어획량과

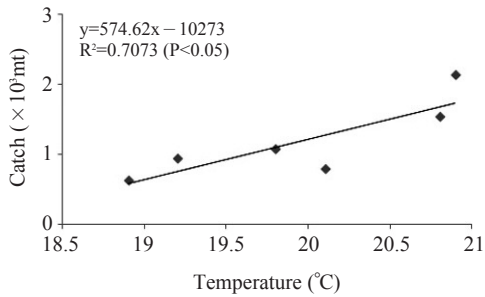


Fig. 7. Relation between surface water temperature of fishing grounds and catch of bluefin tuna by Korean large purse seine fishery.

의 관계를 살펴보았다. 연도별 참다랑어 어장 중심의 표면수온이 상승할수록 참다랑어 어획량이 증가하는 것으로 나타났다. 참다랑어 어장의 형성된 해역의 표층수온의 1°C 상승할 경우 참다랑어 어획량이 379톤 증가한 것으로 분석되었으며, 표층수온과 참다랑어 어획량과의 관계는 통계학적으로 유의한 상관성을 보였다 ($R^2=0.707$, $P<0.05$) (Fig. 7).

고 찰

1980년부터 2009년까지 30년간 한국 남해의 정선관측자료를 분석하여 표층 및 수심 100m의 수온 경향성을 분석하였다. 표층수온은 연간 0.0253°C씩 30년간 0.759°C가 상승하였으며, 수심 100m의 수온은 연간 0.0099°C씩 상승하여 표층의 절반수준인 30년간 0.297°C 상승한 것으로 나타났다. 남해안의 수온은 최근 10년간 수온상승이 가속화되었으며, 표층수온이 연간 0.0737°C, 수심 100m의 수온이 0.0187°C가 상승하였다. 표층수온은 장단기변동 모두 통계학적으로 유의한 상승 결과를 나타내었다. 이전의 Suh et al. (2003)과 Jeong et al. (2003)의 연구인 1968년부터 2002년까지 35년간 해양관측자료를 분석하여 한국 주변 수역의 수온과 염분의 경향을 분석한 결과와도 유사하였다. 지난 35년간 동해는 0.79°C, 남해는 0.93°C, 그리고 서해는 0.81°C 상승하였다. 동해 전체 해역의 표층수온의 변동특

성은 동해 남부해역에서 상당한 온난화 경향을 나타냈으며, 겨울에 뚜렷한 수온 상승이 나타났다. 황해와 동중국해에서도 동계 표층수온의 장기적인 상승이 나타났다. 이는 동계 북서풍계절풍의 약화와 대기와의 열교환 감소에 의한 것으로 판단되며 (Yeh and Kim, 2010; Yeh et al., 2010), 한국 주변의 전 수역에서 수온상승이 뚜렷이 나타나고 있다.

한국 주변 수역의 대표적인 어업으로서 대형선망어업은 제주도를 중심으로 하는 한국 남해, 동해남부, 서해남부 해역 그리고 제주도 이남의 동중국해를 어장으로 이용하며, 이 중 어획 비율이 높은 해역은 제주도 및 대마도 주변 해역이다. 대형선망어업의 주요 어획대상은 밀집성이 있는 부유성 어종인 고등어, 전갱이, 정어리, 삼치, 갈치, 오징어 등이다 (NFRDI, 2000). Hwang et al. (2001)의 연구에 따르면 1980년대 후반부터 1990년대 초반까지 대형선망어업의 어장은 남북으로는 동중국해에서부터 서해중부, 동해까지 형성되었고, 동서로는 대만근해에서 일본근해까지 넓게 분포하고 있었으나, 최근 신한일 어업협정으로 인하여 실질적인 어장의 축소는 없었지만 입어허가를 득하여 조업하는 어업환경의 변화 및 유류비 상승으로 인하여 조업해역이 축소됨에 따라 어획되는 어종 및 어획량이 변화되었다고 생각된다 (Lee and Kim, 2011).

대형선망어업에서 어종별 연대별 어장은 1990년대 보다 2000년대 어장이 더 북쪽에 위치하며, '90년대 후반에 체결된 어업협정으로 인한 어장의 변화를 뚜렷하게 보여준다. 자원의 크기는 각 종이 차지하는 총 면적과 더 관련되어 있다 (Nye et al., 2009). 삼치와 참다랑어의 경우는 어장의 축소와 관계없이 '90년대에 비하여 2000년대의 어획량이 증가하였다. 이는 어업협정의 결과라기보다는 환경변화에 따른 삼치와 참다랑어의 어장의 북상으로 생각되어진다. 고등어 어장의 중심은 평균적으로 연간 4.57km의 속도로 북상하는 것으로 나타났다. 삼치와 참다

랑어의 어장 중심은 각각 평균 연간 8.13km와 7.1km의 속도로 빠르게 북상하였다. 하지만 전갱이의 어장 중심은 1980년대보다 2000년대에 더 남쪽으로 이동한 것으로 나타났다. 고등어의 북상속도는 Cheung et al. (2009)의 예측 결과인 1066종의 어류와 해양무척추동물의 북상속도인 연간 4.5~5.9km 결과보다 조금 느리지만 유사하였다.

한류성 어종과 난류성 어종에 따라 이동하는 방향이 다르게 나타나기도 한다. 한류성 어종의 경우가 난류성 어종에 비하여 북상이 뚜렷하며, 저층의 수온이 1°C 상승할 경우 10~70km 북상하는 것으로 나타났다 (Dulvy et al., 2008). Nye et al. (2009)은 미국의 북동 대륙붕 생태계의 기후변화에 따라 남부에 위치하던 개체군이 북상하였음을 보고하였다. Cheung et al. (2011)에 따르면 수온변동에 따른 어장 북상 효과와 해양산성화와 용존산소 감소 등의 지화학적 효과가 더해진 경우는 어장 북상 속도가 더 빨라지는 것으로 나타났다. 어장의 북상 속도를 결정함에 영향을 미치는 여러 요인들을 파악하기 위한 추가적인 연구가 요구된다.

우리나라 주변의 기후변화는 해양에도 영향을 미쳐 수온변화는 물론이고 동물플랑크톤의 양적변화, 난류성 어종의 어획량 증가 현상들이 나타나고 있다 (Graham, 1995; Park et al., 2000). 고등어 어장 해역뿐만 아니라 우리나라 동해안과 남해안은 전반적으로 온난화 경향을 나타내고 있으며, 특히 겨울철을 중심으로 수온의 상승경향이 뚜렷하였다. 우리나라 연근해역은 수온 상승과 함께 오징어, 고등어, 전갱이, 멸치, 방어 등 회유성 어종의 겨울철 분포해역이 점차 북상되고 있는 것으로 나타났다. 그리고 서해안보다 동해안으로의 북상 경향이 뚜렷하였다 (Park et al., 2000). 최근 들어 우리나라 주변 수역에서 삼치 어획량이 급격히 증가하고 있다. 이에 대한 가장 큰 원인으로서 수온 상승에 따른 초기 사망률 감소에 따른 가입군의 증가와 겨울철 연 수온

의 상승으로 삼치의 어장형성 기간의 증가로 인해 어획량이 증가한 것으로 유추할 수 있다 (Lee et al., 2011).

대형선망어업에서 참다랑어 어획량의 증가는 지구온난화에 따른 우리나라 남해안 해역의 수온 상승으로 인하여 아열대 어종이 북상하는 경향을 나타내는 하나의 예로 생각된다. 어장 중심의 표면수온과 참다랑어 어획량의 관계에서 통계학적으로 유의한 결과를 나타내었으며, 수온 상승에 따른 어획량 증가 경향은 뚜렷하고 다랑어류의 어획량 증가와 함께 참다랑어의 어획량도 함께 증가하는 경향을 살펴볼 때, 향후 자료가 지속적으로 축적되면 수온과 참다랑어 어장형성, 나아가 대상어종의 서식, 회유 등 생활사 전반에 미치는 영향에 대한 관련성의 정확성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

결론

대형선망어업은 고등어, 정어리, 전갱이, 삼치 등 부유성 어종을 주로 어획하였다. 대형선망어업의 어획량은 연평균 27만 톤가량이며, 그 중 고등어의 어획량은 연평균 13만 톤이었다. 대형선망어업에서 고등어의 어획비율은 1980년대에 31%를 차지하였고, 90년대부터 60%이상을 차지하였다. 대형선망어업은 한국 남해안에서 주로 조업을 하고 있다. 대형선망어업 어장의 표층 수온은 연간 0.0253°C씩 상승하여 30년간 0.759°C가 상승하는 것으로 나타났으며, $p < 0.01$ 수준에서 통계학적으로 유의하였다.

대형선망어업의 주요 어획종인 고등어, 전갱이, 삼치와 참다랑어의 어장 중심은 상대자원량 지표인 CPUE와 위도를 사용하여 어장 중심과 95% 신뢰구간내의 어장분포와 어장중심을 계산하였다. 고등어 어장의 중심은 평균적으로 연간 4.57km의 속도로 북상하는 것으로 나타났다. 삼치와 참다랑어의 어장 중심은 각각 평균 연간 8.13km와 7.1km의 속도로 빠르게 북상하였다. 하지만 전갱이의 어장 중심은 1980년대보다

2000년대에 더 남쪽으로 이동한 것으로 나타났다. 한국주변 수역에서 다랑어류의 어획량이 지속적으로 증가하고 있다. 그 중 참다랑어는 1982년 이후 한국주변 해역에서 공식적으로 어획량이 보고되기 시작하여 2003년에는 2,141톤, 2009년에는 794톤을 어획하였다. 어장 중심이 위치한 해역의 수온과 그 해의 어획량과의 관계를 살펴보면, 연도별 참다랑어 어장 중심의 표면수온이 상승할수록 참다랑어 어획량이 증가하는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원(연근해 어업자원 평가 및 관리 연구, RP-2012-FR-019)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Cheung, W.W.L., V.W.Y. Lam, J.L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson and D. Pauly, 2009. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10, 235–251.
- Cheung, W.W.L., J. Dunne, J.L. Sarmiento and D. Pauly, 2011. Integrating ecophysiology and plankton dynamics into projected maximum fisheries catch potential under climate change in the Northeast Atlantic. *ICES J. Mar. Sci.*, 68 (6), 1008–1018.
- Cho, K.D., 1981. Studies on the distribution and fluctuation of the purse-seine fishing grounds in relation to oceanographic condition in the East China Sea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 14 (4), 239–252.
- Cho, K.D., C.H. Hong and Y.M. Kim, 1984. The relationship between the fishing grounds and oceanographic condition associated with fluctuation of mackerels catches in the East China Sea. *Journal of Korean Society of Fishery Technology*, 20 (2), 83–90.
- Dulvy, N.K., S.I. Rogers, S. Jennings, V. Stelzenmüller, S.R. Dye and H.R. Skjoldal, 2008. Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of warming seas. *Journal of Applied Ecology*, 45 (4), 1029–1039.
- Graham, N.E., 1995. Simulation of recent global temperature trend. *Science*, 267 (5198), 666–671.
- Hwang, S.D., C.I. Baik, J.H. Park and K.H. Choi, 2001. Seasonal and annual variations of catch by large purse seine off Korea. *J. Kor. Soc. Ocean.*, 6 (3), 164–179.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment.* In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (ed) Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1008.
- Jeong, H.D., J.D. Hwang, K.K. Jung, S. Heo, K.T. Sung, W.J. Go, J.Y. Yang and S.W. Kim, 2003. Long term trend of change in water temperature and salinity in coastal waters around Korean peninsula. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, 9 (2), 59–64.
- Kim, J.T., D.G. Jeong and H.K. Rho, 1999. Environmental character and catch fluctuation of set net ground in the coastal water of Hanlim in Cheju Island. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32 (1), 105–111.
- Kim, M., J. Shin, H. Lee and W. Kwon, 2008. An uncertainty assessment of AOGCM and future projection over East Asia. *Atmosphere*, 18 (4), 507–524.
- Kwon, H. and J. Yoo, 2010. Korea's report on the catch of pacific bluefin tuna, domestic measures undertaken for the Pacific bluefin tuna fisheries in Korean waters. WCPFC-NC6/DP-04, Western and Central Pacific Fisheries Commission, Northern committee Sixth Regular Session, September 2010, Fukuoka, Japan. pp. 7–10.
- Lee, H. and H. Kim, 2011. Variation of fisheries conditions of mackerel (*Scomber japonicus*) fishing ground for large purse seine fisheries. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 47 (2), 108–117.
- Lee, S., B. Kim and D. Chang, 2011. Long-term variation

- in catch of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) related to environmental change in Korean waters. *Kor. Soc. Fish. Tech.*, 47 (2), 99–107.
- Moon, J.Y., M. Kim, D. Choi, K. Boo and W. Kwon, 2008. Possible changes of East Asian summer monsoon by time slice experiment. *Atmosphere*, 18 (1), 55–70.
- Mueter, F.J., N.A. Bond, J.N. Ianelli and A.B. Hollowed, 2011. Expected declines in recruitment of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea under future climate change. *ICES J. Mar. Sci.*, 68 (6), 1284–1296.
- NFRDI, 2000. Studies on the TAC – based Fisheries Management System and Quota Allocations for Jointly Exploited Fisheries Resources under the EEZ Regime. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, pp. 542
- Nye, J.A., J.S. Link, J.A. Hare and W.J. Overholtz, 2009. Changing spatial distribution of fish stocks in relation to climate and population size on the Northeast United States continental shelf. *MEPS*, 393, 111–129.
- Park, J.H., K.S. Hwang and Y.S. Kang, 2000. Variation of fishing condition and the winter warming in Korean waters. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, 3 (3), 77–87.
- Sokal, R.R., and J.F. Rohlf, 1994. *Biometry: The Principle and Practices of Statistics in Biological Research*. 3rd ed., W. H. Freeman, London. pp. 586–593.
- Suh, Y., L. Jang and J. Hwang, 2003. Anomalous variation of the oceanic features around Korean waters related to the global change. *J. of the Environmental Sciences*, 12 (3), 257–263.
- Yeh, S. and C. Kim, 2010. Recent warming in the Yellow/East China Sea during winter and the associated atmospheric circulation. *Con. Shelf Res.*, 30 (13), 1428–1434.
- Yeh, S., Y. Park, H.S. Min, C. Kim and J. Lee, 2010. Analysis of characteristics in the sea surface temperature variability in the East/Japan Sea. *Progress in Oceanography*, 85 (3-4), 213–223.
- Yang, Y.J., S.H. Kim, H.K. Rho and D.G. Jeong, 1999. Relationship between SST fronts and purse-seine fishing grounds in the South-West Sea of Korea and the northern area of the East China Sea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32 (6), 618–623.
-
- 2012년 5월 1일 접수
 2012년 5월 15일 1차 수정
 2012년 5월 16일 수리