

태평양 새치류의 어장분포와 어획량 경년 변동에 영향을 미치는 요인

유준택·황선재*·안두해

국립수산과학원 자원연구과

Spatial Variations in the Catch of Billfishes in the Pacific Ocean and Factors Affecting Annual Changes in the Catch

Joon-Taek Yoo, Seon-Jae Hwang* and Doo-Hae An

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

This study includes spatial variations in the catch of billfishes in the Pacific Ocean and examines factors affecting interannual changes in the catch. Main billfish species caught by Korean tuna longline fishery were blue marlin and swordfish. A main fishing ground of the species was the tropical Pacific Ocean, while additional fishing ground of billfishes tended to be formed in the Pacific coast of Mexico in the El Niño periods. Further, the catch of billfishes was significantly related to CPUE (tons/average of the used hooks/vessel) in the entire Pacific Ocean as an index of stock abundance and equatorial SOI (EQSOI) as an index of El Niño event. Annual changes in the catch of billfishes in the Pacific Ocean could be regulated mainly by variations of stock abundance. In addition, increase of the density of billfishes in the tropical Pacific and additional formation of fishing ground by El Niño event possibly contribute to increase of the catch of billfishes in the Pacific Ocean. On the other hand, linear regression model may be more adequate in the analysis of relationships between fisheries data and indices made from using some environmental factors.

Key words: Billfishes, CPUE, Equatorial SOI, Pacific Ocean, Regression

서론

새치류 (Billfishes)는 대표적인 고도 회유성 어류로서 농어목 돛새치과 (Istiophoridae)와 황새치과 (Xiphiidae)에 속하는 녹새치 (blue marlin, *Makaira nigricans*), 청새치 (striped marlin, *Tetrapturus audax*), 황새치 (swordfish, *Xiphias gladius*) 등을 총칭하고 있으며 (Hebrank et al., 1990; Collette et al., 2006; De Sylva et al., 2000), 전 세계 열대와 온대해역에 넓게 분포하고 있다 (Serafy, 2009).

새치류는 주로 다랑어 연승어업에 의해 부수 어획되어지나 (Ortiz and Arocha, 2004; Sun et al., 2005), 미국 등에서는 유어 낚시로도 어획을 한다 (Friedlander, 1995; Kitchell et al., 2004). 전 세계 다랑어 생산량의 절반 이상을 차지하고 있는 태평양에서 새치류의 최대 조업국은, 어종별로 다소 차이는 있으나, 전통적으로 일본이며, 근년 대만과 미국의 생산량이 증가하고 있다 (FRA, 2009).

우리나라의 경우도 새치류는 태평양에서 주로 다랑어 연승어업에 의해 부수 어획되기 때문에 원양어업에서 차지하는 비중은 다랑어류 어획량에 비해 미미하다. 그러나 근년 미국과 유럽에서 다랑어회 소비가 급속히 증가하고 있고, 다랑어 통조림 소비도 전 세계적으로 증가추세에 있다 (FRA, 2009).

따라서, 다랑어류와 더불어 다랑어회 및 통조림의 식재료로서 사용되어지는 새치류는 수출 대상 어종으로서 잠재력이 높다.

태평양에 서식하는 새치류에 관한 연구로서 국제수산기구 및 국제과학위원회에서 자원평가 및 관리방안에 관한 본격적인 논의를 시작한 건 비교적 최근의 일이다 (ISC, 1999, 2009; Kleiber et al., 2002; Sun et al., 2005). 한편, 다랑어류 및 새치류와 같은 원양성 부어류의 분포는 주변의 해양환경의 영향을 크게 받는다 (Joseph and Miller, 1989). Bigelow et al. (1999)은 북태평양 아열대전선역의 수온전선 부근에서 황새치의 단위 노력당어획량 (CPUE)의 증가를 보고하였고, Seki et al. (2002)은 하와이 연안에서의 녹새치의 높은 어획량을 저기압성 와류에 동반되는 물리적 환경변화의 관점에서 설명하였다. 또한, 엘니뇨 (El Niño)와 같은 대규모 환경변동과 다랑어의 어장 및 CPUE (Catch per unit effort) 변동과의 관계에 대하여 다수의 연구가 수행되었다 (An et al., 2003a and 2003b; Lehodey et al., 1997; Lu et al., 1998). 하지만, 태평양에 서식하는 새치류에 관한 연구는 비교적 적고, 보다 정확한 어획예보를 위한 기초자료로서 어장분포 특성 및 어획량 변동 요인에 대한 검토도 거의 이루어지지 않았다.

본 연구는 태평양에서 우리나라 원양 다랑어 연승에 의해 어획되는 새치류의 어획자료를 정리하여 새치류의 어장분포에 대하여 묘사하였고, 아울러 어획량의 경년 변동에 영향을 미치는 요인을 검토하였다.

*Corresponding author: sjhwang@nfrdi.go.kr

재료 및 방법

태평양에서 한국 다랑어 연승어업의 연도별 어획량은 다랑어 조업선사들이 7-10일 간격으로 한국원양산업협회 (구 한국원양어업협회)에 제공한 자료를 취합한 원양산업통계연보 (구 원양어업통계연보)를 인용하였다 (KOFA, 2009).

태평양에서 새치류의 어장분포 특성을 파악하기 위해 국립수산과학원의 데이터베이스 시스템에 기록된 조업어선들의 어획실적 보고 자료를 사용하였다. 어획실적 보고 자료는 원양어선들의 2-3년 단위로 한국에 입항했을 때 국립수산과학원에 제출하는 자료로서 종별로 어획량, 어획위치, 사용낚시수 등이 기록되어 있고, 연도별로 조업어선의 69-98% 사이의 총어획량 비율에서 수집되었다. 따라서, 연도별로 어획실적 보고 자료의 보고율이 틀리기 때문에 연도별 어획량의 비교보다는 어장분포 특성을 파악하고 단위노력당어획량 (CPUE)를 계산하는데 유용하다.

본 연구에서는 조업어선들의 어획실적 보고 자료로부터 산출된 태평양 전체에서의 새치류의 CPUE (톤/평균사용낚시수/조업척수)와 중부태평양 해역에서 엘리노 지수의 하나로 사용되어지는 Equatorial southern oscillation index (EQSOI) (Johnson and Proehl, 2004)를 사용하여 새치류 어획량의 경년변동을 설명하고자 하였다. CPUE에서 어획노력량은 조업척수에 조업어선들이 평균적으로 사용한 낚시수를 곱한 것을 사용하였고, EQSOI 자료는 NOAA 기후예측센터의 웹사이트 (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>)로부터 얻을 수 있고, 엘리노 발생 시 비교적 높은 음의 값을 가진다.

1970년대 후반 수산자원에 대한 중회귀분석이 소개되어진 이래, 어획량과 환경변수들간의 관계는 오차항의 정규성과 설명변수간의 독립성을 가정하고 있는 중회귀모델 (Multiple regression model; MRM)에 의해 자주 검토되어져 왔으나 (Xiao, 2004), 어획자료의 비정규성 및 어획자료와 환경변수간의 비선형성 때문에 (Brander, 1994) 어획량(또는 CPUE)과 환경변수간의 관계를 해석하는 데 있어 일반화선형모델 (Generalised linear models; GLM), 일반화가법모델 (Generalized additive model; GAM) 등에 의한 분석이 최근 많이 수행되어지고 있다 (Bigelow et al., 1999; Hedger et al., 2004). 따라서, 본 연구에서는 중회귀모델과 일반화가법모델의 비교를 통해 새치류의 연도별 어획량 변동을 설명하는데 더욱 적절한 모델을 명확히 하고자 하였다.

일반화가법모델은 다음과 같이 표현한다 (Hedger et al., 2004).

$$g(\mu) = \alpha + \sum_{j=1}^P f_j(x_j) \quad (1)$$

여기서 $\mu = E(y/x_1, \dots, x_p)$ 로 y 는 종속변수이고, $g(\mu)$ 는 연결함수, α 는 정수항, f_j 는 평균회관수, x_j 는 설명변수이다. 종속변수는 새치류의 연도별 어획량이고, 설명변수는 연도별 CPUE와 EQSOI이다. 평균회수법으로는 평균회스프라인 (smoothing

spline)을 이용하였다. 또한, Brynjarsdóttir and Stefánsson (2004)에 의하면 치우침이 있는 어획자료의 변동은 Gamma분포에 의해 자주 설명되어져 왔고, 본 연구에서도 분포족 (family)으로는 Gamma분포를 선택하였다.

통계해석에 있어 R통계패키지를 사용하였고, Wood (2006)는 R통계패키지를 이용한 일반화가법모델에 대하여 설명하였다.

결 과

연도별 어획량 변동 및 어장 분포특성

태평양에서 다랑어 연승어업에 의해 어획되는 새치류의 연도별 어획량 변동을 보면, 조사기간 동안 전체적으로 뚜렷한 증가감소 경향 없이 4,000여톤 수준에서 변동하고 있었다. 1990년대까지는 종 분류가 제대로 이루어지지 않아서 기타 새치류의 어획량이 전체어획량의 절반 이상을 차지하였으나, 1990년대 후반부터 지속적인 교육을 통한 종 분류에 관한 지식과 그 필요성에 대한 인식을 향상시킨 결과, 2000년대 들어 기타 새치류 어획량은 크게 줄어들었다. 2000년대 이후 주 어획대상종은 녹새치와 황새치로 각각 전체 어획량의 약 40%와 22%를 차지하였다. 녹새치의 최근 어획량 변동경향은 2004년에 2,774톤으로 최고치를 기록한 후 약간 감소추세이고, 황새치는 약 950톤 수준에서 꾸준히 어획되고 있었다 (Fig. 1). 반면, 청새치는 2000년대 들어 급격히 감소하는 경향이 있었다 (Fig. 1). 또한, Fig. 1에서 어획량의 정점들이 보여지는 1993년, 1998년, 2005년은 엘리노 발생기간 중에 포함된다는 특징도 볼 수 있었다 (Hoppe and Smith, 2006; Franke et al., 2002; Lehodey et al., 1997).

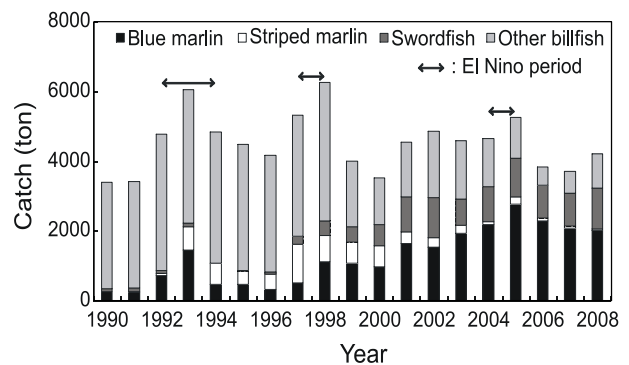


Fig. 1. Annual changes in catch of billfishes by Korean tuna longline fisheries in the Pacific Ocean during 1990-2008. Left and right arrows represent the El Niño periods.

연도별 새치류 어장분포를 Fig. 2과 3에 나타냈다. 주 조업해역은 전반적으로 열대태평양 주변해역이었고, 대부분의 조업은 150°E-90°W와 20°S-20°N에서 이루어지고 있었다 (Fig. 2와 3). 또한, 엘리노 기간 중 2004-2005년을 제외한 나머지에서는 멕시코의 태평양 연안역에서 어장이 추가적으로 형성되는 경향을 보였다 (Fig. 2와 3).

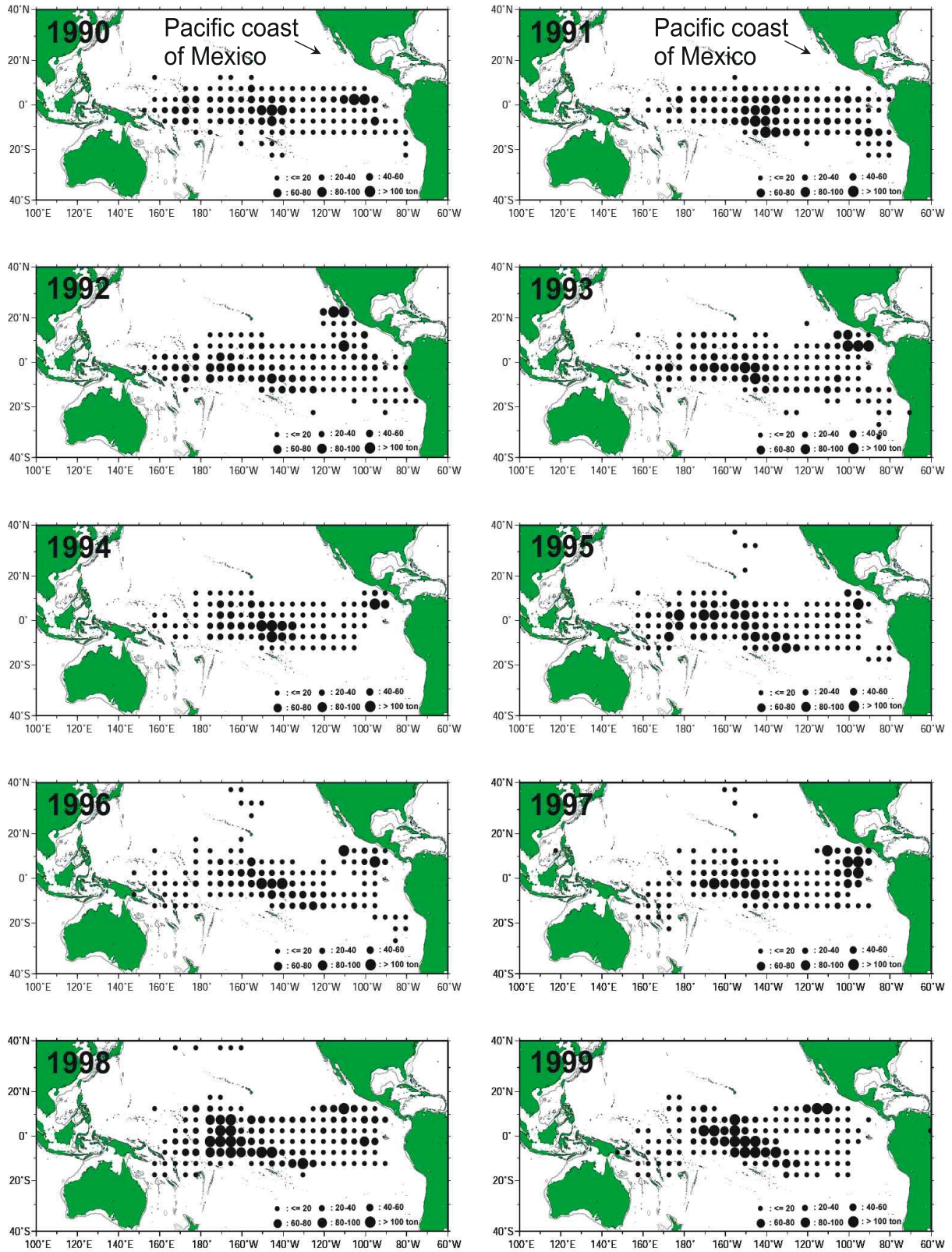


Fig. 2. Horizontal distribution ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$) of total fishery catch of billfishes compiled based the logbooks of Korean tuna longline fishery in the Pacific Ocean from 1990 to 1999.

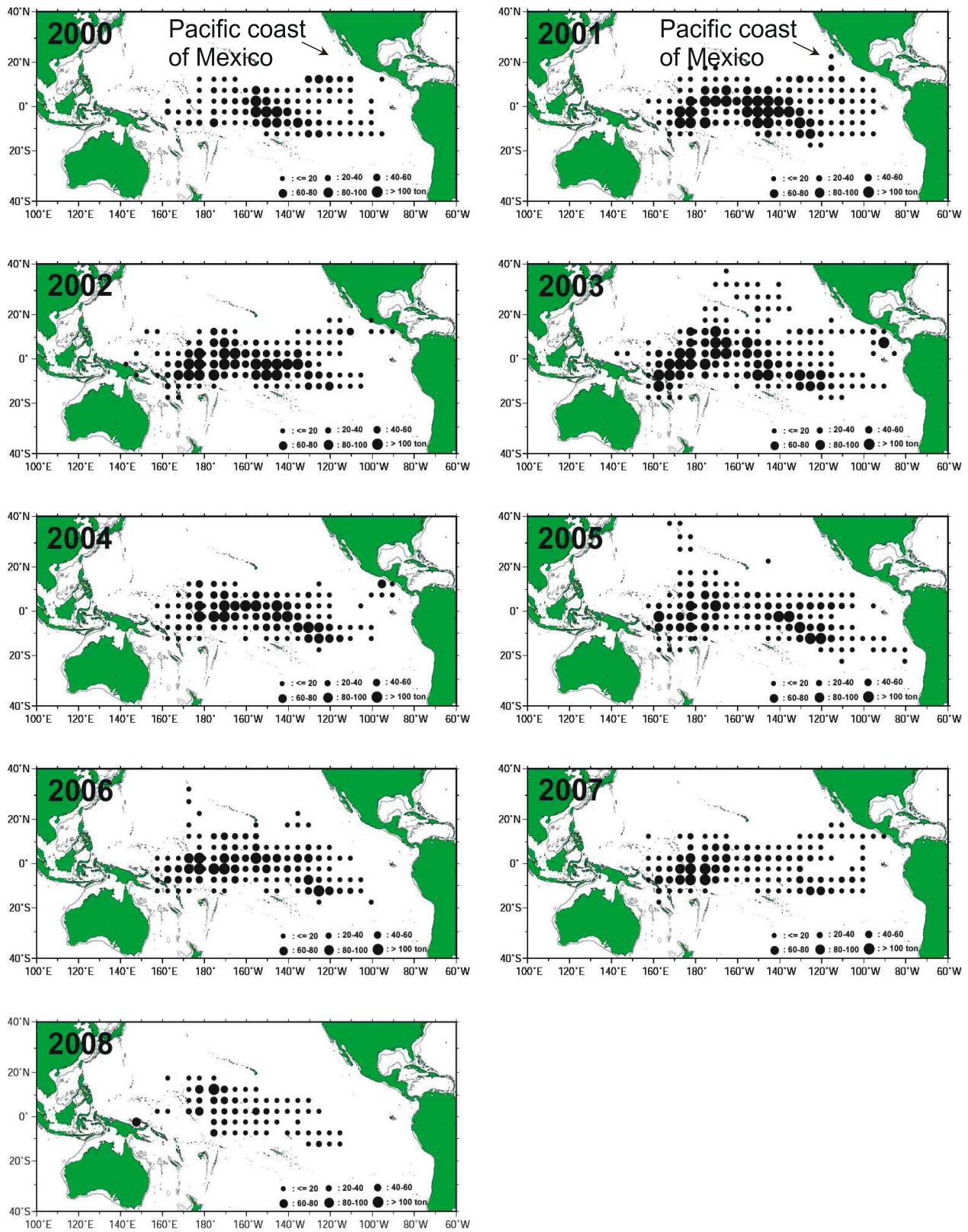


Fig. 3. Horizontal distribution ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$) of total fishery catch of billfishes compiled based the logbooks of Korean tuna longline fishery in the Pacific Ocean from 2000 to 2008.

어획량의 경년변동에 영향을 미치는 요인

일반적으로 자원량 변동은 어획량 변동에 크게 영향을 미치며, 자원회복에 의한 어획량 증가는 종종 보고되어져 왔다 (Kondo, 1980; Stone et al., 2004). 한편, 어획량 변동과 해양환경 변동과의 관계에 대해서 여러 어종에 걸쳐 전 세계적으로 많은 연구가 수행되어져 왔고 (Quiñones and Montes, 2001; Sutcliffe Jr. et al., 1977; Yoo and Nakata, 2001), 본 연구에서도 엘리노 기간 중에 새치류 어획량이 증가하는 경향이 있음을 보였다 (Fig. 1). 따라서 새치류의 어획량 변동에 영향을 주는 요인으로서 크게 자원량 변동과 엘리노 현상에 초점을 맞춘 해양환경 변동을 들어, 이들의 상호관계를 살펴보았다. 태평양에서 새치류 자원량을 나타낼 수 있는 지수로서 태평양 전체의 CPUE(톤/평균사용낚시수/조업척수), 새치류의 주 조업어장인 열대태평양 해역에서 엘리노 지수의 하나로 사용되는 EQSOI (Equatorial SOI) (Johnson and Proehl, 2004)와 새치류 어획량의 상관관계를 검토한 결과, 새치류 어획량은 CPUE와 유의한 양의 상관관계를 ($r = 0.62, P < 0.05$), EQSOI와 유의한 음의 상관관계 ($r = -0.47, P < 0.05$)를 보였다 (Fig. 4).

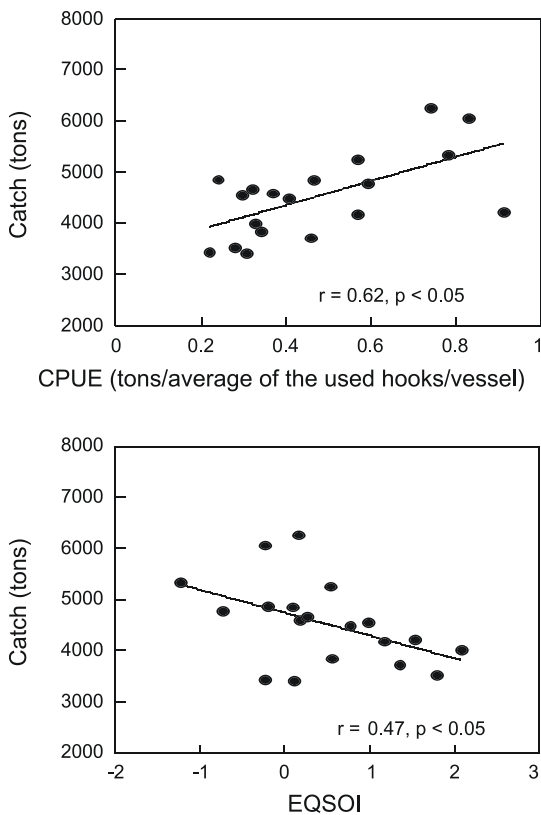


Fig. 4. Correlations between the catch of billfishes and CPUE (tons/average of the used hooks/vessel) of billfishes and EQSOI.

다음으로, 앞서 기술한 것처럼 CPUE와 EQSOI 둘다 새치류 어획량과 유의하게 관계하고 있는 바, 이들 중에서 새치류 어획량의 경년변동에 가장 크게 영향을 미치는 요인을 명확하

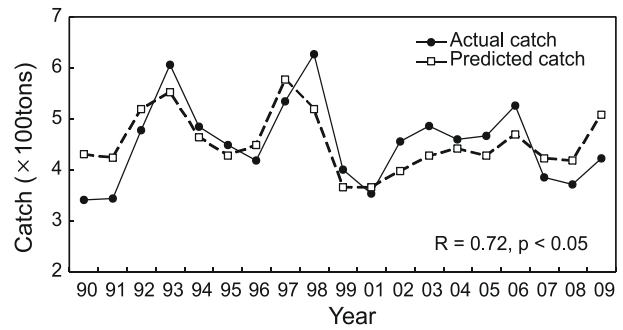


Fig. 5. The catch of billfishes in the Pacific Ocean (solid line) in comparison with that predicted (dashed line) from a multiple regression model. The multiple regression equation is: the catch of billfishes = 2.0942 CPUE - 0.3496 EQSOI + 3.6993. Absolute values of the standardized partial regression coefficients for CPUE and EQSOI in the multiple regression equation are 0.55 and 0.37, respectively.

Table 1. Comparing multiple regression model (MRM) with generalized additive model (GAM). The catch used in the analysis is the annual catch of billfishes in the Pacific Ocean from 1990 to 2008. Annual CPUE (tons/average of the used hooks/vessel) of billfishes and EQSOI from 1990 to 2008 were used in the analysis

	Residual Df	Residual deviance	F-value	p-value	AIC
MRM: Catch=CPUE+EQSOI	16	5.82	8.39	< 0.01	39.43
GAM: Catch=s(CPUE)+s(EQSOI)	10	0.17	1.12	> 0.1	40.80

* s : smoothing spline.

게 하기 위해 중회귀분석을 실시하였다. CPUE와 EQSOI를 설명변수로 한 중회귀식으로부터 종속변수인 새치류 어획량을 추정된 결과, 추정된 어획량과 실제 어획량 사이에는 유의한 양의 상관관계가 있었고 ($R = 0.72, P < 0.05$), 각각의 설명변수가 종속변수에 미치는 영향의 정도를 알 수 있는 표준편회귀계수의 절대값은 CPUE와 EQSOI에서 각각 0.55와 0.37로, EQSOI보다 CPUE에서 높게 산출되었다 (Fig. 5). 이는 엘리노와 같은 대규모 환경변화보다는 새치류의 자원변동이 태평양에서의 새치류 어획량의 경년 변동에 좀 더 많은 영향을 미치고 있음을 의미한다.

한편, 어획자료의 비정규분포성 및 해양환경 특성과 어획자료 사이의 비선형적 관계 때문에 (Brander, 1994), 본 연구에서 새치류의 연도별 어획량 추정 시 사용한 중회귀모델 (MRM)과 일반화가법모델 (GAM)을 비교하였고, 그 결과를 Table 1에 나타냈다. 모델 선택시 기준으로 널리 사용되어지는 Akaike's information criterion (AIC)가 일반화가법모델보다는 중회귀모델에서 낮았고, 더불어 일반화가법모델에 의한 예측은 통계적으로 유의하지도 않았다 (Table. 1). 따라서, CPUE와 EQSOI를 설명변수로 하여 태평양에서의 새치류 어획량의 경년변동을 예측하는데 있어 일반화가법모델보다는 중회귀모델이 더욱 적합하다고 결론지을 수 있었다.

고찰

지금까지 새치류는 다랑어 어획 시 부수 어획되는 종으로 그 중요성은 크지 않았으며 관련 연구도 적었다. 특히, 우리나라에서 새치류 관련 연구는 거의 전무한 실정이다. 하지만, 세계적으로 다랑어가공 기술의 향상과 다랑어생선회 수요증가에 따라 우리나라는 물론 전 세계 새치류 어획량은 증가추세에 있다 (FRA, 2009). 본 연구는 경제적 중요성이 날로 높아 가고 있는 새치류에 대하여 어장분포를 정리하였고, 연도별 어획량 변동에 영향을 미치는 요인을 명확히 하였다.

새치류는 열대태평양에서 황다랑어와 눈다랑어를 주로 어획하는 다랑어 연승어업에 부수 어획되기 때문에 새치류가 주로 어획되는 해역은 열대태평양 해역이었고 (Fig. 2), 녹색치와 황새치의 주 분포해역 또한 열대 및 아열대태평양 해역이다 (Su et al., 2008).

2000년대 이전에는 새치류 어획물의 종 분류가 제대로 이루어지지 않아 중별 어획량의 연도별 변동경향에 대한 정확한 언급은 힘들다, 새치류 어획물의 연도별 종조성에서 가장 눈에 띄는 것 중 하나가 2000년대 들어 녹색치 어획량의 증가이다 (Fig. 1). FAO 통계에 의하면 (FAO, 2005), 1970년대 이후 태평양에서의 녹색치 어획량은 증가추세로 최근에 그 증가폭은 더욱 커졌다. 또한, Kleiber et al. (2002)의 태평양에서의 녹색치에 대한 자원평가 결과에 의하면, 비교적 높은 어획압에도 불구하고 1970년대 이후 지속적인 가입량 증가에 의해 근년의 자원량은 증가추세이다. 따라서, 근년의 녹색치 어획량 증가는 가입량 증가에 따른 자원량 증가에 의한 것으로 풀이되나, 가입량이 증가하는 원인에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 황새치의 경우, 북태평양 다랑어류 및 다랑어 유사종 국제과학위원회 (ISC)에서 실시한 자원평가 결과를 보면 (ISC, 2009), 자원평가 기간 (1952-2006년) 동안 태평양에서 이용가능한 자원량은 충분한 수준을 유지하고 있었으며 자원상태가 양호한 것으로 평가되어 (ISC, 2009), 이것이 황새치가 꾸준히 어획되는 요인 중 하나인 것으로 추정된다. 한편, 2000년대 들어 청새치는 거의 어획이 되지 않았다 (Fig. 1). ISC의 보고 자료에 의하면 (ISC, 2009), 태평양에서 청새치 어획량의 대부분은 일본에서 어획하고 있었으며, 최근의 어획량은 1960년대 중반에 비해 1/3이하 수준이었고, 청새치 자원상태가 악화되고 있기 때문에 어획사망계수를 현재보다 늘리지 말 것이 권고되었다. 이러한 청새치 자원의 감소경향은 우리나라 어획자료에 그대로 반영되어지고 있는 것으로 풀이된다. 또한, 앞서 기술한 내용들을 종합해 봤을 때 2000년대 들어 우리나라 새치류 어획량의 연도별 변동경향은 태평양의 주요 새치류 조업국들의 어획량을 포함한 전체 어획량 변동경향을 대표할 수 있는 것으로 생각되어진다.

Fig. 5에 보인 중회귀분석 결과는 태평양에서의 새치류 어획량의 경년변동은 기본적으로 자원량 변동에 의해 영향을 받고 있음을 나타내고 있다. 하지만, 새치류 어획량은 엘리노 지수인 EQSOI와도 음으로 유의하게 관계하고 있는 것으로 보아 (Fig. 4, 5), 어획량 변동 중 자원량 변동만으로 설명할 수 없는 부분에 대해서는 엘리노와 같은 대규모 해양환경

변동이 유의하게 관여하고 있는 것으로 추정이 된다.

엘리노 발생 시 다랑어의 어획효율 및 어획량 증가는 다수의 연구에 의해 보고되어져왔다 (An et al., 2003a and 2003b; Miyabe, 1989). 일반적으로 엘리노가 발생하면 북적도반류가 강해지고 남적도해류가 약해지면서 (Kessler, 2001; Kashino et al., 2009), 서부 열대태평양 해역의 표층에서 형성되고 있는 수온 28°C 이상의 warm pool이 동쪽으로 이동하여 열대태평양 전역이 고온으로 변한다 (An et al., 2003a; Picaut et al., 1996; Sugimoto et al., 2001). 이와 같은 엘리노 발생에 따른 열대태평양 해역에서의 고온화는 동 해역에 주로 분포하는 다랑어류 및 새치류의 산란과 자치어의 성장에 플러스 요인이 될 것이고 (Suzuki, 1994), 결국 어획량 증가로 이어질 가능성이 있다.

또한, 새치류는 수온전선과 같은 전선역 주위에 모여드는 경향이 있고 (Olson et al., 1994), 엘리노에 의한 해양환경 변화는 전선역과 같은 해양학적 특징에 영향을 주어 어획량 (또는 CPUE)에 영향을 미칠 수도 있을 것이다 (Bigelow, 1999). 하지만, Langley (2009)는 남적도해류가 강할 때 황새치의 가입량이 높아지는 경향이 있다고 상반되게 보고하고 있는 등 아직까지 엘리노 발생이 원양성 부어자원에 영향을 미치는 기작에는 불명확한 점이 많다.

본 연구에서는 새치류의 자원량 변동과 엘리노에 의한 대규모 해양환경 변동 사이에는 그다지 관련이 없다는 가정 하에 중회귀분석을 통한 새치류 어획량의 경년변동을 설명하고자 하였고, Miyabe et al. (1989)도 태평양에서의 황다랑어와 눈다랑어의 자원량과 엘리노와의 사이에 관계가 없음을 나타냈고, 이는 부수 어획되는 새치류에 대해서도 적용되어질 것이다. 하지만, 새치류의 연도별 어획량 변동은 기본적으로 자원량 변동에 크게 영향을 받고 있기 때문에 향후 정도 높은 어황에 보를 위해서는 새치류의 자원량 변동 요인 구명은 필요할 것이다.

1990년 이후 엘리노 발생기간 중 엘리노가 비교적 약했던 2004/2005년 (Hoppe and Smith, 2006)을 제외한 나머지 엘리노 기간 중에 멕시코의 태평양 연안역에 새치류 어장이 추가적으로 형성되는 경향이 나타났고 (Fig. 2), 이 또한 새치류의 어획량 증가에 기여할 수 있을 것으로 생각되어진다. 멕시코 태평양 연안역에서 엘리노 발생과 새치류 어황변동과의 관계에 대한 연구의 거의 전무하나, Ichii (2002)는 멕시코의 태평양 연안역에서 엘리노 발생기간 중에 새치류와 같은 고도 회유성 어류인 황다랑어와 가다랑어가 더 많이 어획되고 있음을 보였고, 이는 엘리노에 의해 북적도반류와 북적도해류 사이에 용승이 강해지고 전선역이 발달하기 때문이라고 보고하였다.

한편, 열대태평양 해역에서 엘리노 발생 시 어장분포 특성 중 하나로서 태평양 동부해역으로 다랑어 어장이 확장된다고 보고되어졌으나 (An et al., 2003; Lehodey et al., 1997; Miyabe et al., 1989), 새치류의 경우 엘리노 발생에 따른 어장분포에 큰 차이는 보이지 않았다. 이는 새치류가 부수 어획되는 특성 때문에 다랑어류에 비해 엘리노 발생에 따른 어장분포에 뚜렷한 차이가 보이지 않는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 CPUE와 EQSOI를 설명변수로 하여 새치류

어획량의 경년 변동을 설명하였고, 일반화가법모델보다는 중회귀모델이 통계적으로 더욱 적합하다고 결론지었다. 이는 어획자료와 해양환경 변수로부터 지수화된 변수와의 관계를 분석하는데 있어 선형회귀모델을 사용하는 것이 더욱 적합하다는 것을 의미하고 있는 것일지도 모르고, 향후 세밀한 수리통계학적 검토와 더불어 더욱 많은 사례 연구는 수행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 자원연구과 “국제공동자원평가 및 관리연구” 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- An DH, Moon DY, Koh JR and Cho KD. 2003a. Effect of El Nino event on the distribution of Korean tuna purse seine fishery in the western central Pacific Ocean. *J Korean Soc Fish Res* 6, 32-40.
- An DH, Moon DY, Koh JR, Cho KD and Park YC. 2003b. Changes in availability of tuna species due to ENSO events in the Pacific Ocean. *J Kor Fish Soc* 36, 430-436.
- Bigelow KA, Boggs CH and He AX. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fish Oceanogr* 8, 178-198.
- Brander KM. 1994. Patterns of distribution, spawning, and growth in North Atlantic cod: the utility of inter-regional comparisons. *ICES Marine Science Symposia* 198, 406-413.
- Brynjarsdóttir J and Stefánsson G. 2004. Analysis of cod catch from Icelandic groundfish surveys using generalized linear models. *Fish Res* 70, 195-208.
- Collette BB, McDowell JR and Graves JE. 2006. Phylogeny of Recent billfishes (Xiphiidae). *Bull Mar Sci* 79, 455-468.
- de Sylva DP, Richards WJ, Capo TR and Serafy JE. 2000. Potential effects of human activities on billfishes (Istiophoridae and Xiphiidae) in the western Atlantic Ocean. *Bull Mar Sci* 66, 187-198.
- FAO. 2005. Capture production 1950-2003. *FAO yearbook. Fishery statistics*. <http://www.fao.org/fi/tatist/isoft/FISHPLUS.asp> on October 6.
- FRA. 2009. The Current Status of International Fishery Stocks. Retrieved from <http://kokushi.job.affrc.go.jp> on September 7.
- Franke CR, Ziller M, Staubach C and Latif M. 2002. Impact of the El Niño/southern oscillation on visceral leishmaniasis, Brazil. *Emer Infect Dis* 8, 914-917.
- Friedlander A. 1995. The recreational fishery for blue marlin, *Makaira nigricans* (Pisces: Istiophoridae), in the US Virgin Islands. *Fish Res* 22, 163-173.
- Hebrank JH, Hebrank MR, Long JH, Block BA and Wainwright SA. 1990. Backbone mechanics of the blue marlin *Makaira nigricans* (Pisces, Istiophoridae). *J Exp Biol* 148, 449-459.
- Hedger R, McKenzie E, Heath M, Wright P, Scott B, Gallego A and Andrews J. 2004. Analysis of the spatial distributions of mature cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) abundance in the North Sea (1980-1999) using generalised additive models. *Fish Res* 70, 17-25.
- Hoppe LM and Smith DR. 2006. Development of nor'easters during El Niño years. Abstract, 18th Conference on Climate Variability and change, Amer Meteor Soc, Atlanta, Georgia. P2-2.
- Ichii T, Mahapatra, K, Watanabe T, Yatsu A, Inagake D and Okada Y. 2002. Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. *Mar Eco Pro Ser* 231, 151-166.
- ISC. 1999. Report of the swordfish working group meeting. Report of the second meeting of Interim Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean.
- ISC. 2009. Report of the ninth meeting of the international scientific committee for tuna and tuna-like species in the North Pacific Ocean. Retrieved from <http://isc.ac.affrc.go.jp> on September 23.
- Johnson ES and Proehl JA. 2004. Tropical instability wave variability in the Pacific and its relation to large-scale currents. *J Phys Oceanogr* 34, 2121-2147.
- Joseph J and Miller FR. 1989. El-Niño and the pelagic fishery in the eastern Pacific Ocean. *Bull Jap J Fish Oceanogr* 53, 77-80
- Kashino Y, España N, Syamsudin F, Richards KJ, Jensen T, Dutrieux P and Ishida A. 2009. Observations of the North Equatorial Current, Mindanao Current, and Kuroshio Current system during the 2006/07 El Niño and 2007/08 La Niña. *J Oceanogr* 65, 325-333.
- Kessler W. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Pro Oceanogr* 69, 181-217.
- Kitchell JF, Kaplan IC, Cox SP, Martell SJD, Essington TE, Boggs CH and Walters CJ. 2004. Ecological

- and economic components of alternative fishing methods to reduce by-catch of marlin in a tropical pelagic ecosystem. *Bull Mar Sci* 74, 607-619.
- Kleiber P, Hamphtho J, Hinton MG and Uozumi Y. 2002. Update on blue marlin stock assessment Stock assessment of blue marlin. Working paper for SCTB 15, BBRG-10. Retrieved from <http://www.soest.hawaii.edu/PFRP/sctb15/papers/BBRG-10.pdf> on September 23.
- Kondo K. 1980. The recovery of the Japanese sardine-the biological basis of stock-size fluctuations. *Rapp.-v Réun Cons int Explor Mer* 177, 332-354.
- KOFA. 2009. Statistical year book of overseas fisheries. 31, 1-404.
- Langley A, Briand K, Kirby DS and Murtugudde R. 2009. Influence of oceanographic variability on recruitment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. *Can J Fish Aquat Sci* 66, 1462-1477.
- Lehodey P, Bertignac M, Hampton J, Lewis A and Picaut J. 1997. El Niño southern oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* 389, 715-718.
- Lu HJ, Lee KT and Liao CH. 1998. On the relationship between El Niño/Southern oscillation and south Pacific albacore. *Fish Res* 39, 1-7.
- Miyabe N, Koi T and Suzuki J. 1989. El Niño and tuna fishery (relation with long live fishery). *Bull Jap J Fish Oceanogr* 53, 70-76.
- Olson DB, Hitchcock GL, Mariano AJ, Ashjian CJ, Peng G, Nero RW and Podestà GP. 1994. Life on the edge: Marine life and fronts. *Oceanogr* 7, 52-60.
- Ortiz M and Aroha F. 2004. Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fish Res* 70, 275-297.
- Picaut J, Loualalen M, Menkes C, Delcroix T and McPhaden MJ. 1996. Mechanism of the Zonal Displacements of the Pacific Warm Pool: Implications for ENSO. *Science* 274, 1486-1489.
- Quiñones RA and Montes RM. 2001. Relationship between freshwater input to the coastal zone and historical landings of the benthic/demersal fish *Eleginops maclovinus* in central-south Chile. *Fish Oceanogr* 10, 311-328.
- Seki MP, Lumpkin R and Flament P. 2002. Hawaii cyclonic eddies and blue marlin catches: the case study of the 1995 Hawaiian international billfish tournament. *J Oceanogr* 58, 739-745.
- Serafy J, Kerstetter DW and Rice PH. 2009. Can circle hook use benefit billfishes? *Fish and Fisheries* 10, 132-142.
- Stone HH, Gavaris S, Legault CM, Neilson JD and Cadrin SX. 2004. Collapse and recovery of the yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*) fishery on Georges Bank. *J Sea Res* 51, 261-270.
- Su NJ, Sun CL, Punt AE and Yen SZ. 2008. Environmental and spatial effects on the distribution of blue marlin (*Makaira nigricans*) as inferred from data for longline fisheries in the Pacific Ocean. *Fish Oceanogr* 17, 432-445.
- Sugimoto T, Kimura S and Tadokoro K. 2001. Impact of El Niño events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific. *Pro Oceanogr* 49, 113-147.
- Sun CL, Wang SP, Porch CE and Yeh SZ. 2005. Sex-specific yield per recruit and spawning stock biomass per recruit for the swordfish, *Xiphias gladius*, in the waters around Taiwan. *Fish Res* 71, 61-69.
- Sutcliffe Jr WH, Drinkwater K and Muir BS. 1977. Correlations of fish catch and environmental factors in the Gulf of Maine. *J Fish Res Board Can* 34, 19-30.
- Suzuki Z. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna *Thunnus albacares*, in the western and central Pacific Ocean. *FAO Fish Tech Pap* 336/2, 108-137.
- Wood SN. 2006. Generalized Additive Models: An introduction with R. Chapman & Hall/CRC, Florida, U.S.A.
- Xiao Y. 2004. Models in fisheries research: GLMs, GAMs and GLMMs. *Fish Res* 70, 137-139.
- Yoo JT and Nakata H. 2001. Implication of onshore-offshore shifts of the Kuroshio axis for coastal shirasu fishery in the Enshu-nada Sea. *Bull Jpn Soc Fish Oceanogr* 65, 51-58.

2009년 9월 28일 접수
 2009년 12월 1일 수정
 2009년 12월 17일 수리