

## 한국 다랑어 연승어업에 의한 태평양해역 눈다랑어 자원의 단위노력당어획량 (CPUE)의 표준화

유준택\*·황선재·안두해<sup>1</sup>·김종빈·김장근

국립수산과학원 자원관리과, <sup>1</sup>대의협력과

### Standardization of Catch per Unit Effort (CPUE) for Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) by the Korean Longline Fishery in the Pacific Ocean

Joon-Taek Yoo\*, Seon-Jae Hwang, Doo-Hae An<sup>1</sup>,

Jong-bin Kim and Zang-Geun Kim

Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research and  
Development Institute, Gijang, Busan 619-705, Korea

<sup>1</sup>External Research Cooperation Division, National Fisheries Research and  
Development Institute, Gijang, Busan 619-705, Korea

This study standardized the catch per unit effort (CPUE) of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) caught by the Korean longline fishery in the Pacific Ocean. The study used a general linear model (GLM) to standardize the CPUE using catch and effort data aggregated by year, month, and 5×5 degrees of latitude and longitude in the tropical Pacific Ocean from 1982 to 2008 (except for 1988 and 1989). Explanatory variables in the GLM analysis included year, month, subtropical area, and number of hooks between floats (HBF). The study area and HBF were subdivided into three subtropical areas and six classes, respectively. During the study period, the standardized CPUE was significantly related to the nominal CPUE. The standardized CPUE declined sharply, as compared to the nominal CPUE, after the mid 1990s. In particular, the decline in the standardized CPUE in all subtropical areas in the 2000s was clearer than that of the nominal CPUE.

Key words: Pacific Ocean, longline fishery, Bigeye tuna, Standardized CPUE, General linear model

#### 서 론

눈다랑어 (bigeye tuna, *Thunnus obesus*)는 원양어선들이 많이 어획하는 다랑어 중 하나로서, 전 대양의 열대 및 아열대 해역에 걸쳐 광범위하게 분포하며 다른 다랑어류에 비해 심층에 분포하고 있는 것으로 알려져 있다 (FRA, 2010).

우리나라에서 눈다랑어는 주로 다랑어 연승어업에 의해 태평양해역에서 전체 어획량의 60~90%가 어획되어지고 있으며 (Moon et al., 2007), 고가의 횡감용으로 대부분 수출되어지고 있다 (Yang, 2001).

태평양해역에서 다랑어자원을 관리하는 국제수산기구로는 중서부태평양수산위원회 (WCPFC)와 전미열대다랑어위원회 (IATTC)가 있다. 눈다랑어 자원평가는 이들 국제수산기구의 자원평가 그룹을 중심으로 이루어지고 있는데, 자원평가의 대부분은 자원밀도지수로서 단위노력당어획량 (catch per unit effort, CPUE)를 이용한 개체군역학모델에 의해 자원상태가 평가되어진다 (Kwon et al., 2008). 구체적으로 Pella and Tomlinson (1969)의 잉여생산량 모델, 연도별 연령별 어획량을 사용하는 VPA (virtual population analysis) 등의 자원평가 모델에 있어 tuning index로서 널리 사용되어지며, 특별한 계산 없이 CPUE의 연도별 경향만으로도 상대자원량의 증가·감소

경향을 파악할 수 있다 (Shono, 2004). 하지만, 조업어선의 CPUE는 자원밀도 외에 또 다른 요인 (계절, 어장, 어구, 환경요소)들에 의해 변할 수 있기 때문에 (Maunder, 2001; Shono, 2004), 보다 정확한 자원상태를 파악하기 위해서는 이러한 요인들을 제거하여 CPUE를 표준화해야 한다 (Quinn and Deriso, 1999; Shono, 2004).

CPUE를 표준화하는 방법으로는 일반선형모델 (general linear model, GLM)이 널리 이용되어지고 있으며 (Campbell, 2004; Maunder, 2001; Shono, 2004), 최근 태평양해역에서 눈다랑어를 대상으로 GLM 통계모델을 이용한 CPUE 표준화는 Bigelow et al. (2004), Hoyle (2009, 2010), Langley (2003), Langley et al. (2005) 등에 의해 수행되어져 왔다. 하지만 이들이 사용하는 어획자료의 거의 대부분은 일본 어획자료로서, 태평양해역에서 우리나라 어획자료를 가지고 CPUE 표준화를 수행한 연구는 국내외적으로 거의 전무한 실정이다. 태평양해역에서 눈다랑어를 많이 어획하는 나라는 일본 다음으로 우리나라를 들 수 있으므로 (Yang, 2001), 우리나라 눈다랑어 어획자료 역시 눈다랑어 CPUE를 표준화하는 데 있어 필요한 정보를 충분히 제공할 수 있으며 국제공동으로 수행되어지는 눈다랑어 자원평가의 질적 향상에도 크게 기여할 수 있다.

따라서, 본 연구는 태평양해역에서 우리나라 다랑어 연승어업에 의해 어획되는 눈다랑어자원에 대한 CPUE를 GLM

\*Corresponding author: yoojt@nfrdi.go.kr

통계기법을 이용하여 표준화하는 것을 목적으로 한다.

### 자료 및 방법

중서부태평양과 동부태평양수역에서 연도별 국가별 어획량 자료는 각각 중서부태평양수산위원회 (WCPFC, <http://www.wcpfc.int>)와 전미열대다랑어위원회 (IATTC, <http://www.iattc.org>)의 웹사이트에서 얻을 수 있었다.

태평양해역에서 우리나라 다랑어 연승 어획자료는 국립수산물과학원에서 1971-2008년간 출어선 선장들로부터 수집한 조업일지에 기재된 어획관련 자료를 위·경도별로 각각 5°씩 묶어서 정리하였으나, 일반선형모델에 의한 다랑어자원의 CPUE 표준화 시 주요 설명변수 중 하나인 뜬과 뜬간의 낚시바늘수 (number of hooks between floats, HBF) (Okamoto and Shono, 2006; Yokawa and Shono, 2000)에 대한 추정자료가 1982년 이전과 1988, 1989년에 기록되어있지 않아, 본 연구에서는 1988년과 1989년을 제외한 1982년 이후부터의 CPUE 자료를 분석하였다.

태평양해역에서 WCPFC와 IATTC는 위도 40°N-40°S 사이에서 경도 150°W를 기준으로 각각 서쪽태평양수역 (WCPO)과 동쪽태평양수역 (EPO)의 다랑어자원을 관리하고 있다. 다랑어류는 넓은 범위에 걸쳐 시공간적으로 이동하기 때문에 (Shono, 2004), WCPFC와 IATTC의 자원평가 그룹에서는 눈다랑어자원의 CPUE 표준화 시 어장분포를 바탕으로 중서부태평양수역과 동부태평양수역을 각각 총 5-6개와 1-2개의 소해구로 나눈다 (Bigelow et al., 2004; Langley et al., 2005). 하지만, 우리나라의 경우 눈다랑어 조업은 거의 대부분 위도 20°N-20°S 사이에서 이루어지고 있기 때문에 (NFRDI, 2003, 2005), 위에 언급한 자원평가 그룹에서 나누고 있는 소해구 구분과는 맞지 않아 본 연구에서는 위도 20°N-20°S 사이의 열대태평양해역을 열대 서부태평양수역 (150°E-180°E), 열대 중부태평양수역 (180°E-130°W), 열대 동부태평양수역 (130°W-90°W)의 총 3개의 소해구로 구분하였다 (Fig. 1).

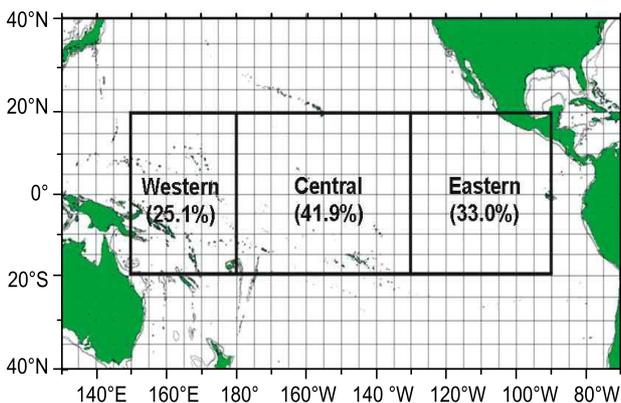


Fig. 1. The study area in the Pacific Ocean. The study area is divided into three subtropical areas: western, central and eastern tropical Pacific Ocean. The percent in parenthesis indicates the relative proportions of each subtropical area.

본 연구의 CPUE 표준화에 사용된 어획관련 자료는 눈다랑어의 어획마리수, 노력량 (낚시수), 뜬과 뜬간의 낚시바늘수 (HBF) 및 환경인자들이다. 우리나라 다랑어연승어선에서 사용하는 HBF는 1970년대에 6-12개이었으나, 1970년대 말부터 낚시 13개 이상을 사용하는 심층 연승이 도입되어 1990년대 이후 최근까지 낚시 18개까지 사용하고 있다 (NFRDI, 2007; Yang, 2001). 본 연구에서는 HBF를 총 6개 그룹 (6-8개, 8-10개, 10-12개, 12-14개, 14-16개, 16개 이상)으로 나누어서 사용하였다.

CPUE 표준화에 설명변수로서 사용되는 환경인자에는 엘리노 지수로서 남방진동계수 (southern oscillation index, SOI) (Kwon et al., 2008; Langley, 2003; Shono, 2004)와 표면수온 (Kwon et al., 2008; Shono, 2004; Okamoto and Shono, 2006)이 널리 사용되어지나, 표면수온은 결측치와 자료의 신뢰성 문제로 제외하였고, SOI는 본 연구의 분석과정 중 Akaike's information criterion (AIC)에 의한 변수선택 시 소거되어 (Shono, 2004) 결국 환경인자는 본 연구에서 고려되지 못했다.

일반선형모델 (GLM)에 의한 CPUE 표준화에는 CPUE에 관해 대수정규오차를 가정한 CPUE-LogNormal 모델이 널리 사용되어져 왔다 (Shono, 2004). 본 연구의 CPUE 표준화에 적용된 GLM은 다음과 같다.

$$\text{Log}(\text{CPUE}_{ijkl} + c) = \mu + \text{YR}_i + \text{MON}_j + \text{AR}_k + \text{HBF}_l + (\text{YR} * \text{AR})_{ik} + (\text{MON} * \text{AR})_{jk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{단, } \varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)) \quad (1)$$

여기서  $\text{CPUE}_{ijkl}$ 는 낚시바늘 1,000개당 어획마리수,  $c$ 는 상수,  $\mu$ 는 절편,  $\text{YR}_i$ 는  $i$ 년도에 의해 CPUE가 받은 영향,  $\text{MON}_j$ 는  $j$ 달에 CPUE가 받은 영향,  $\text{AR}_k$ 는  $k$ 소해구에서 CPUE가 받은 영향, HBF는 HBF로부터 CPUE가 받은 영향이다. 또한,  $(\text{YR} * \text{AR})_{ik}$ 과  $(\text{MON} * \text{AR})_{jk}$ 는 각각  $i$ 년도와  $k$ 소해구간의 상호작용(interaction) 효과와  $j$ 달과  $k$ 소해구간의 상호작용 효과로부터 CPUE가 받은 영향을 나타낸다. CPUE=0인 자료가 있을 경우, 로그계산이 안되므로 모든 CPUE에 미량의 일정한  $c$ 를 더해주는 방법이 널리 사용되어지고 있으며 (Maunder and Punt, 2004; Shono, 2004), 본 연구에서는  $c=0.005$ 로 하였다. 또한, 설명변수로서 사용되어진 모든 인자들은 더미변수(dummy variable)로서 GLM에 범주화되어 계산되었다.

CPUE 표준화의 주요 목적 중 하나는 자원밀도의 연도별 변동을 추정하는 것이고, 연도 효과의 상호작용이 포함되는 경우에 있어 그 상호작용 효과의 최소제곱평균 (LSMEAN)을 계산함으로써 CPUE 연변동을 파악할 수 있다 (Shono, 2004). 식 (1)에서는 연도와 소해구간의 상호작용 효과를 고려하였는데, 이때 소해구별 상대면적이 서로 다르기 때문에 이에 대한 보정이 필요하다. 즉, 식 (1)에서  $(\text{YR} * \text{AR})_{ik}$ 의 LSMEAN을 계산하면, 본 연구에서 나누고 있는 3개의 소해구별로 연도별 CPUE가 계산되어지고, 여기에 각 소해구의 상대면적비를 곱하여 식(2)과 같이 연도별 표준화된 CPUE를 계산하였다 (Shono, 2004; Shono and Ogura, 1999).

$$\text{CPUE}_i = \sum W_k (\exp(\text{LSMEAN}(\text{YR}_i * \text{AR}_k) - c)) \quad (2)$$

여기서, CPUE는  $i$ 년의 CPUE,  $W_k$ 는  $k$ 소해구별 상대면적비율, YR는  $i$ 년,  $AR_k$ 는  $k$ 소해구이다. 또한, Fig. 1에 나타난 3개 소해구 비율을 전부 더하면 100%가 된다 ( $\sum W_k = 1$ ). GLM 통계분석은 SAS (version 9.0 for Windows)를 사용하였다.

결 과

태평양해역에서 눈다랑어의 국가별 어획량 변동

1970년대부터 태평양해역에서 어획되는 눈다랑어의 국가별 어획량 변동을 보면, 중서부태평양해역 (WCPO)에서는 전체적으로 증가추세에 있었는데, 이는 일본과 한국 외의 국가들에 있어 어획량이 지속적으로 증가한 것에 기인되며, 특히 1990년대 후반 이후 그 증가세가 뚜렷했다 (Fig. 2). 국가별로 보면, 전체적으로 일본이 가장 많은 생산량을 보이고 있지만, 2000년대 들어 전체어획량에서 차지하는 비율은 30% 이하로 1970~80년대의 50% 이상에 비해 감소하였고, 연도별 변동을 보더라도 1990년 56,000톤을 정점으로 지속적으로 감소하여 2008년 어획량은 28,000톤이었다 (Fig. 2). 다음으로 한국이 가장 많이 어획하고 있는데 2002년에 30,000톤으로 정점을 보인 이후 감소하는 경향이었다 (Fig. 2).

2000년대 들어서는 20,000여톤 수준에 머물렀다 (Fig. 2). 반면, 에콰도르의 경우 1990년대 중반 이후 어획량은 10,000톤 이하 수준에서 20,000톤 이상으로 급격히 증가하였고, 최근 5년간의 어획량 비율은 전체어획량의 34.7%로 일본을 제치고 가장 많은 어획량을 보였다 (Fig. 2). 한국의 경우, 1991년에 18,000톤으로 가장 많이 어획하였고, 이후 10,000톤 전후로 변동하다가 2008년에 5,000톤 이하로 떨어졌다 (Fig. 2).

Table 1. Results of ANOVA for standardizing CPUE

Source	DF	Sum of Squares (SS)	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	112	52.58	0.47	7.06	<.0001
Error	703	46.72	0.07		
Corrected Total	815	99.31			

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
YR	24	20.11	0.84	12.61	<.0001
MON	11	1.51	0.14	2.06	0.0208
AR	2	8.18	4.09	61.52	<.0001
HBF	5	1.37	0.28	4.13	0.0010
YR*AR	48	7.53	0.16	2.36	<.0001
MON*AR	22	3.51	0.16	2.40	0.0004

where, YR: year, MON: month, A: sub-tropical area, HBF: number of hooks between floats, DF: degree of freedom.

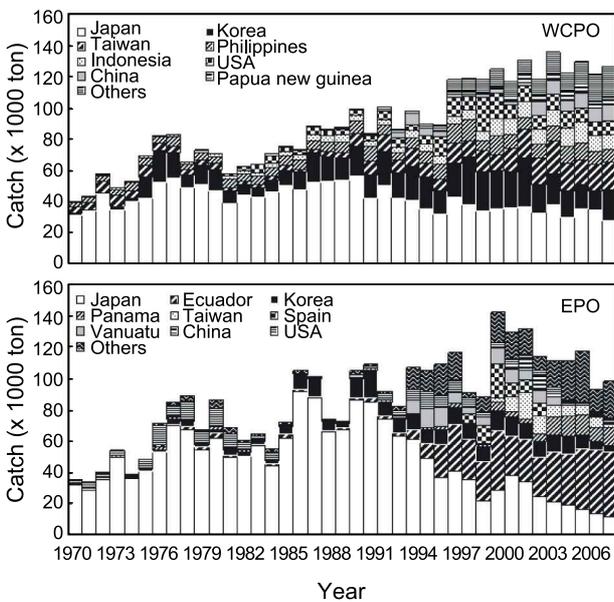


Fig. 2. Annual catch of bigeye tuna by country in the convention area (western and central Pacific Ocean, WCPO) of WCPFC (top) and the convention area (eastern Pacific Ocean, EPO) of IATTC (bottom), 1970-2008.

동부태평양해역 (EPO)의 경우, 눈다랑어 어획량은 전체적으로는 증가추세에 있었고, 이는 WCPO에서와 마찬가지로 일본과 한국 외 국가들의 어획량 증가에 의한 것으로 판단된다. 하지만, 연도별로 보면 2000년대 들어 감소하는 경향을 보였다. 국가별로 보면, 일본이 1990년대 초반까지는 전체어획량의 거의 대부분을 차지하고 있었지만, 이후 급격히 감소하여

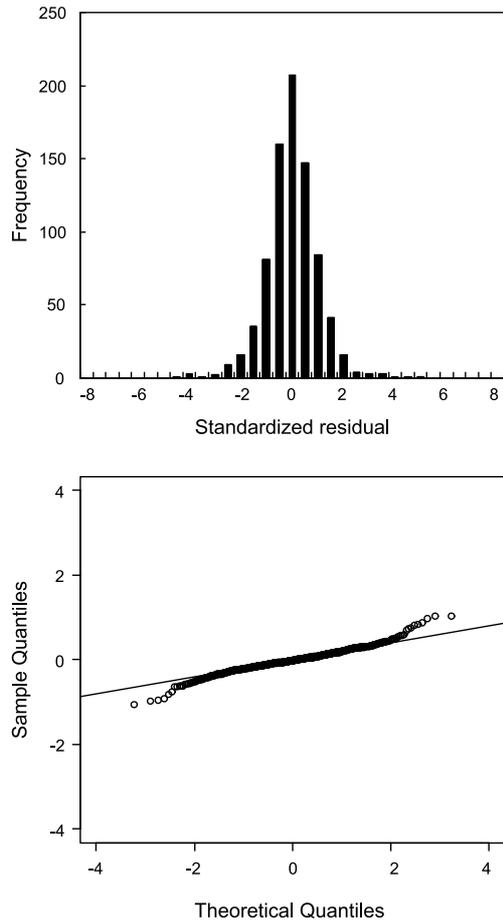


Fig. 3. Histogram of residuals in the general linear model (top) and normal Q-Q plot (bottom).

태평양해역에서 다랑어연승어업의 눈다랑어 CPUE 표준화

식 (1)의 일반선형모델 (GLM)과 모델에 지정된 각 인자의 주 효과와 상호작용 효과에 대해 분산분석 (ANOVA)에 의해 유의성을 검정한 결과 (Table 1), 연도 (YR), 달 (MON), 소해구 (AR), HBF, 연도와 소해구간의 상호작용 (YR\*AR), 달과 소해구간의 상호작용 (MON\*AR) 효과에 의해 CPUE가 받은 영향 모두 유의확률 0.05에서 통계적으로 유의하였고, 제 3종 제곱합 (Type III SS)에서 연도와 해구의 효과가 CPUE 변동에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또한, Fig. 3의 잔차 Q-Q plot에서 가로축 양끝 점들이 다소 직선에 벗어나 완전한 정규분포를 이루고 있다고 보긴 힘들으나, 표준잔차의 분포를 보면 대체적으로 정규분포를 이루고 있다고 보여지기 때문에 본 연구의 GLM에 의한 분석결과는 타당한 것으로 판단되었다.

열대 태평양해역에서 서부, 중부, 동부수역별로 우리나라 연승어업에 어획된 어획마리수 및 표준화된 (standardized) CPUE와 표준화되기 전 (nominal)의 CPUE의 연도별 변동을 Fig. 4에 나타냈다.

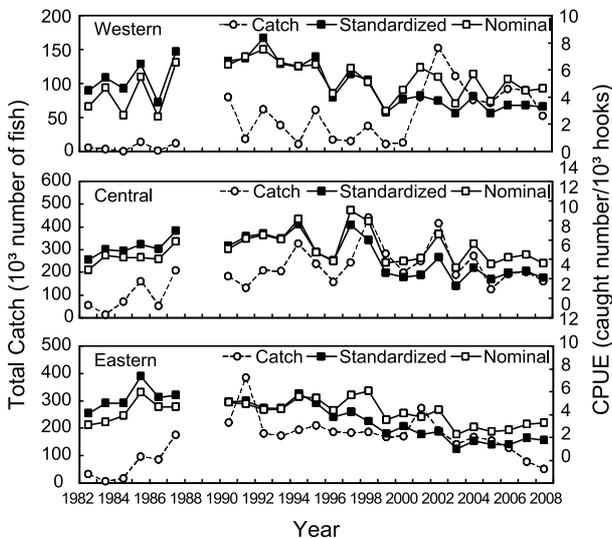


Fig. 4. Time series of total catch (circles) and nominal (white squares) and standardized (black squares) CPUEs of bigeye tuna by the subtropical areas for the study in the tropical Pacific Ocean.

열대 서부태평양수역의 경우, 어획마리수는 1990년대까지 약 25,000마리수 수준에서 변동하다가 2000년대 들어 약 80,000마리수 수준으로 증가하였고, 표준화 전과 후의 CPUE 모두 1992년을 정점으로 감소하는 경향을 보였고, 표준화된 CPUE에서 그 감소추세는 더욱 뚜렷하였다 (Fig. 4). 열대 중부태평양수역에서 어획마리수는 1998년까지 증가추세로 1997년에 440,000마리수로 정점이었고, 2000년대 들어서는 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 4). 표준화 전과 후의 CPUE 모두에서 1990년대 말부터 감소하는 경향을 보였고, 표준화된 CPUE에

서 그 경향이 더욱 뚜렷하였다 (Fig. 4). 열대 동부태평양수역의 경우, 1991년에 380,000마리수로 정점을 보인 이후 약 180,000마리수 전후로 변동하다가 2008년에 50,000마리수 이하로 감소하였고, 표준화되기 전 CPUE는 1998년 이후 감소추세에 있었으나, 표준화된 CPUE에서는 1980년대 중반부터 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 4). 수역별로는 중부에서 전반적으로 높은 어획량을 보였고, 다음으로 동부수역에서 높았다 (Fig. 4).

본 연구대상 해역 전체에서의 표준화 전과 후의 연도별 CPUE 변동을 Fig. 5에 나타냈다. 표준화 전과 후의 CPUE 사이는 유의한 양의 상관관계 ( $r = 0.739, P < 0.05$ )에 있었다. 이와 같이 표준화 전과 후에서 CPUE는 전반적으로 유사한 변동 경향을 보였으나, 연대별로 보면 그 CPUE 값들 사이에 차이가 보였다. 즉, 1980년대에는 표준화된 CPUE가 되기 전보다 높은 값을 보였고, 1990년대 중반까지는 서로 비슷하였고, 1990년대 말부터 표준화된 CPUE가 되기 전 CPUE보다 낮은 값을 보였다. 따라서, 1990년대 중반부터 감소추세는 표준화된 CPUE에서 더욱 뚜렷하였고, 이는 수역별로 보더라도 전부에서 비슷한 경향을 보였다 (Fig. 4).

고찰

자원량 지수로서 CPUE가 널리 사용되어지고, CPUE에 영향을 미치는 요인들 중에 자원밀도 외의 요인을 제거하기 위하여 많은 과학자들에 의해 CPUE 표준화 연구는 수행되어지고 있다 (Maunder, 2001; Shono, 2004). 또한, CPUE 표준화에는 일반적으로 일반선형모델 (GLM)이 사용되어지는데 (Maunder, 2001), 본 연구는 이것들에 초점을 맞춰 우리나라 다랑어연승어업의 눈다랑어 어획자료를 사용하여 GLM 통계기법을 이용한 태평양해역에서 눈다랑어자원의 CPUE 표준화를 처음으로 시도하였다.

가장 최근 중서부태평양수산위원회 (WCPFC) 자원평가 그룹에서 중서부태평양수역에서의 일본 어획자료를 사용하여 눈다랑어자원의 CPUE를 표준화한 결과 (Hoyle, 2010), 열대 서부태평양수역에서의 1980년대 이후 CPUE는 1990년대 초반까지 증가추세이었으나 이후 감소하는 경향을 보인 반면, 열대 중부태평양수역에서는 뚜렷한 증가감소경향을 보이지 않았다. 즉, 이들 결과와 Fig. 4에 나타낸 CPUE 표준화 결과를 비교해보면, 열대 서부태평양수역에서는 비슷한 변동경향을 보였던 반면, 열대 중부태평양수역에서는 다른 경향을 보였다. 하지만, 최근의 중서부태평양수역에서의 눈다랑어자원에 대한 자원평가 결과를 보면 (Harley et al., 2010), 1980년대 이후 열대 서부태평양수역과 중부태평양수역에서의 추정된 자원량은 각각 1990년 초반과 중반부터 감소하는 경향을 보이는 등 본 연구에서 표준화한 CPUE의 연변동과 매우 유사하게 변동하였다. 따라서, 본 연구에서 표준화된 CPUE가 열대 중서부태평양해역에서의 눈다랑어 자원량 변동을 잘 반영하고 있다고 판단이 되며, 이는 국제공동으로 수행되어지는 눈다랑어 자원평가 시 우리나라 어획자료로부터 CPUE 표준화를 통한 상대자원량 추정과 이에 대한 검토가 적극 이루어져야만

되는 필요성을 제시한다.

동부태평양해역의 경우에 있어서도 전미열대다랑어위원회 (IATTC)의 자원평가 그룹에서 수행한 눈다랑어자원에 대한 자원평가 결과를 보면 (Silva Aires-da A and Maunder, 2009), 추정된 3세 이상 눈다랑어 자원량 및 산란자원량 모두 1980년대 중반 이후 감소하는 경향이 뚜렷했고, 본 연구에서 열대 동부태평양수역에서의 표준화된 CPUE의 변동과 유사하였다 (Fig. 4). 동부태평양해역에서 눈다랑어는 대부분 적도 주변해역에서 어획되기 때문에 (FRA, 2010), 본 연구에서의 표준화된 CPUE는 동부태평양해역에서의 눈다랑어 자원량 변동을 잘 반영하고 있다고 판단되어진다.

위에 언급한 것과 같이 근년 태평양해역에서 눈다랑어의 자원량은 전반적으로 감소추세에 있으나, Fig. 2에 나타난 것처럼 전체 어획량은 증가하는 경향이 뚜렷했다. 이것은 근년 태평양해역에서 전통적으로 눈다랑어를 어획하여 왔던 일본, 한국, 대만 외의 국가들이 눈다랑어에 대한 조업을 시작하여 어획량을 늘리고 있기 때문이다. 이는 자원평가에 반영되어 중서부태평양 및 동부태평양해역 모두에서 눈다랑어에 대한 과도한 어획노력량이 지적되었다 (Harley et al., 2010; Silva Aires-da A and Maunder, 2009).

한편, 표준화 전과 후 사이의 CPUE 값들에 있어 연대별 차이를 보였다 (Fig. 5). 본 연구의 CPUE 표준화에 있어 사용된 설명변수 중 뜰과 뜰간의 낚시바늘수 (HBF)가 1970년대 말부터 심층 연승이 도입되면서 연대별로 명확히 차이를 가지고 있기 때문에 (Yang, 2001), Fig. 5에 나타난 CPUE 간의 그 연대별 차이는 HBF에 의한 것으로 추정이 되나, 정확히 하기 위해서는 금후 HBF의 변동에 따른 어획량 및 어장분포 변동에 대해 세세한 분석이 선행되어야 할 것이다.

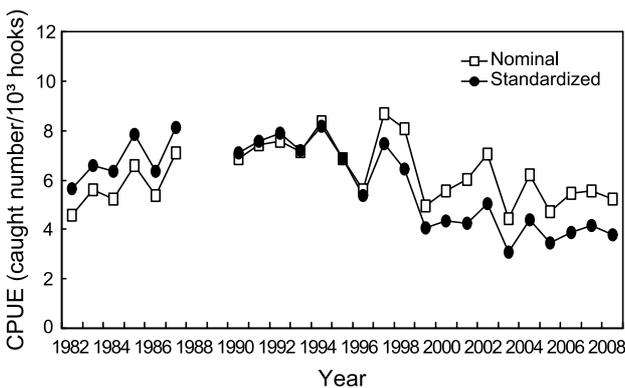


Fig. 5. Time series of nominal and standardized CPUEs of bigeye tuna in the tropical Pacific Ocean.

CPUE 표준화 시 설명변수로서 사용되어지는 환경인자 중 자주 사용되어지는 수온에 대해서 본 연구에서는 검토되어지지 않았다. 하지만, 수온은 눈다랑어의 수직·수평분포에 영향을 미칠 수 있어 (Cho et al., 1987; Kim, 1986), 향후 수온을 설명변수로 포함한 CPUE 표준화 검토는 필요하다. 또한, Yang (2001)에 의하면 열대 태평양해역에서 눈다랑어는 수심 200

m보다 깊은 곳에서 높은 밀도를 보였고, Gong et al. (1989)은 인도양에서 우리나라의 재래식 연승과 심층 연승간의 어획효과를 통해 눈다랑어가 황다랑어와 새치류에 비해 깊은 곳에 분포하고 있는 것을 보였으며, Suda et al. (1969)은 눈다랑어의 연직분포와 수온약층과의 관계를 언급하였다. 따라서, CPUE 표준화에 수온자료를 사용할 시 표층수온과 더불어 중층수온 및 수온약층에 관련된 자료에 의한 검토도 필요할 것이며, 원양에서 이러한 자료 수집에 대해서 고려되어야만 될 것이다.

본 연구에서는 CPUE-LogNormal 일반선형모형을 해석에 사용하였으나, 1990년대 후반 들어 어획량에 대한 Poisson 분포 및 음이항 분포를 가정한 일반화선형모형도 사용되어졌고 (Shono, 2008), GLM 외에 일반화가법모형 (Arocha et al., 2001; Wise et al., 2002), habitat 모델 (Bigelow et al., 2002; Langley et al., 2005) 등도 사용되어지는 등 분석방법도 점차 다양화되어지고 있지만, 국내에서는 최근 몇몇 연구를 제외하곤 (Kwon et al., 2008; Lee et al., 2008), CPUE 표준화에 대한 논의 자체가 매우 적은 실정이다. CPUE는 상대자원량 지수로서 자원상태를 파악하는 데 유용하게 사용되어질 수 있기 때문에 향후 자료 수집에서부터 체계적인 CPUE 표준화 연구가 국내외적으로 활발하게 이루어져야 되며, 이로 인해 향후 국제수산기구에서 국제공동으로 수행되어지는 자원평가 작업에 있어 우리나라의 기여도도 높일 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 자원관리과 “연근해 참다랑어 자원관리 기술개발 및 국제기구 대응 전략 수립” 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Arocha F, Ortiz M and Marcano LA. 2001. Standardized catch rates for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from the Venezuelan pelagic longline fishery off the Caribbean sea and the western central Atlantic. Col Vol Sci Pap ICCAT 52, 177-189.

Bigelow KA, Hampton J and Miyabe N. 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish Oceanogr 11, 143-155.

Bigelow KA, Langley AD, Patterson T. 2004. Relative abundance indices of the Japanese longline fishery for bigeye and yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. SCTB 17 Working Paper SA-7, 1-29.

Campbell RA. 2004. CPUE standardisation and the construction of indices of stock abundance in a spatially varying fishery using general linear models. Fish Res 70, 209-227.

Cho KD, Kim YA, Park S, Kim JC and Park MS. 1987.

- Relationship between the catches of tuna and oceanographic conditions in the south-east Pacific. Bull Korean Fish Soc 20, 360-369.
- FRA. 2010. The Current Status of International Fishery Stocks. Retrieved from <http://kokushi.job.affrc.go.jp> on September 27.
- Gong Y, Lee JU, Kim YS and Yang WS. 1989. Fishing efficiency of Korean regular and deep longline gears and vertical distribution of tunas in the Indian Ocean. Bull Korean Fish Soc 22, 86-94.
- Harley S, Hoyle S, Williams P, Hamptpn J and Kleiber P. 2010. Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean. WCPFC-SC6-2010/SA-WP-04.
- Hoyle S. 2009. CPUE standardisation for bigeye and yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. WCPFC-SC5-2009/SA-WP-1. 1-55.
- Holye S. 2010. CPUE standardisation for bigeye and yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. WCPFC-SC6-2010/SA-WP-03. 1-44.
- Kim JC. 1986. Relation between the distribution of tuna long-line catches and its temperature of the fishing ground in the tropical-subtropical Pacific Ocean. Bull Korean Fish Tech Soc 22, 21-31
- Kwon YJ, An DH, Lee JB, Zhang CI and Moon DY. 2008. Standardization of CPUE for bigeye(*Thunnus obesus*) and yellowfin(*Thunnus albacares*) tunas by the Korean longline fishery in the Indian Ocean. J Kor Soc Fish Tech 44, 194-206.
- Langley A. 2003. Standardised analysis of yellowfin and bigeye cpue data from the Japanese longline fleet, 1952 to 2001. SCTB 16 Working Paper RG-2. 1-45.
- Langley A, Bigelow K, Maunder M and Miyabe N. 2005. Longline CPUE indices for bigeye and yellowfin in the Pacific Ocean using GLM and statistical habitat standardisation methods. WCPFC-SC1/SA-WP-8, 1-40.
- Lee DW, Lee JB, Kim Y and Jung S. 2008. Standardization of catch per unit effort (CPUE) for yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) in the East China Sea. J Kor Fish Soc., 41, 346-352.
- Maunder MN. 2001. A general framework for integrating the standardization of catch per unit of effort into stock assessment models. Can J Fish Aquat Sci 58, 795-803.
- Maunder MN and Punt AE. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish Res 70, 141-159.
- Moon DY, Hwang SJ, An DH and Kim SS. 2007. Bycatch of sharks in Korean tuna longline fishery. J Kor Soc Fish Tech 43, 329-338.
- NFRDI. 2003. Status of tuna resources and fishing grounds of Korean tuna longline fishery (1998-2001). National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea, 1-197.
- NFRDI. 2005. Status of tuna resources and fishing grounds of Korean tuna longline fishery (2002-2004). National Fisheries Research and Development Institute ED-2005-FR-004, Busan, Korea, 1-175.
- NFRDI. 2007. Experimental survey of circle hook for tuna longline fishery III. National Fisheries Research and Development Institute TR-2007-FR-009, Busan, Korea, 1-102.
- Okamoto H and Shono H. 2006. Japanese longline CPUE for bigeye tuna in the Indian Ocean up to 2004 standardized by GLM applying gear material information in the model. IOTC-2006-WPTT-17, 1-17
- Pella JJ and Tomlinson PK. 1969. A generalize stock production model. IATTC Bull 13, 421-496.
- Quinn II TJ and Deriso RB. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press, New York, U.S.A., 18-23.
- Shono H. 2004. A review of some statistical approaches used for CPUE standardization. Bull Jpn Soc Fish Oceanogr 68, 106-120.
- Shono H. 2008. Application of the tweedie distribution to zero-catch data in CPUE analysis. Fish Res 93, 154-162.
- Shono H and Ogura M. 1999. The standardized skipjack CPUE including the effect of searching devices, of the Japanese distant water pole and line fishery in the western central Pacific Ocean. Col Vol Sci Pap ICCAT 51, 312-328.
- Silva Aires-da A and Maunder MN. 2009. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2008 and outlook for the future. SARM-10-06b, 1-89.
- Suda A, Kume S and Shiohama T. 1969. An indicative note on a role of permanent thermocline as a factor controlling the longline fishing ground for bigeye tuna. Bull Far Seas Fish Res Lab 1, 99-114.
- Wise B, Bugg A, Shono H, Barry S, Nishida T, Barratt D and Kalish J. 2002. Standardization of Japanese longline catch rates for yellowfin tuna in the Indian Ocean using GAM analyses. IOTC-WPTT/02/11, 1-15.
- Yang WS. 2001. Distribution of yellowfin and bigeye tunas in relation to oceanic conditions in the tropical

Pacific Ocean. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 125.  
Yokawa K and Shono H. 2000. Preliminary stock assessment fo swordfish (*Xiphias gladius*) in the Indian Ocean. IOTC-WPB-00-02. 1-5.

---

2010년 10월 5일	접수
2010년 11월 15일	수정
2010년 12월 6일	수리