

## 열대 태평양 연승어업 대상 황다랑어와 눈다랑어 어장 분포의 해황 특성

양원석\* · 조규대<sup>1</sup> · 문대연 · 고정락  
국립수산과학원 해외자원팀, <sup>1</sup>부경대학교 해양학과

### Oceanic Characteristics of Fishing Ground for Yellowfin and Bigeye Tunas Caught by Korean Tuna Longline Fishery in the Tropical Pacific

Won Seok YANG\*, Kyu Dae CHO<sup>1</sup>, Dae Yeon MOON and Jeong Rack KOH  
Distance Water Fisheries Resources Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea  
<sup>1</sup>Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The horizontal and vertical distribution of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre) and bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe) in relation to oceanic conditions such as thermal structure produced during El Niño / La Niña episodes were analyzed on the basis of data sets for the catches and efforts from the Korean tuna longline fishery and for the oceanographic observations from the NOAA during 1982-2002 in the tropical Pacific. The high density of fishing ground appeared in the western Pacific (5°N-5°S, 160°E-180°W) for yellowfin tuna and in the eastern Pacific (5°N-15°S, 130°W-100°W) for bigeye tuna. yellowfin and bigeye tunas were mainly distributed at the 110-250 m layer and 245-312 m layer, respectively, in the western Pacific. However, in the eastern Pacific, they were mostly caught at the 116-161 m and 205-276 m layer for yellowfin tuna and bigeye tuna, respectively. It can be suggested that bigeye tuna be distributed in the deepest layer among tunas and show a vertical size stratification. It was observed that during the El Niño events the main fishing ground of yellowfin tuna shifted from the western Pacific toward the eastern Pacific. In the eastern Pacific which showed a higher density of bigeye tuna, the vulnerability of bigeye tuna caught by deep longline increased during the El Niño events due to deepening of thermocline layer and a more intensively distribution of the fish schools in the lower layer of thermocline during the El Niño events.

Key words: *Thunnus*, Yellowfin and bigeye, Oceanic Characteristics, Longline, El Niño, La Niña

#### 서 론

전 세계에 분포하는 다랑어류(tunas)는 총 49종이 있다. 다랑어류중 외양성이며 남북 및 동서로 광범위하게 분포(Collette and Nauen, 1983)하는 회유성종인 대형 황다랑어(yellowfin tuna, *Thunnus albacares*), 눈다랑어(bigeye tuna, *Thunnus obesus*), 날개다랑어(albacore tuna, *Thunnus alalunga*)는 연승(낚시) 어업으로, 표층성인 가다랑어와 소형 황다랑어(약 10 kg 이하)는 선망어업과 채낚기 어업으로 각각 어획되고 있다. 연승으로 어획되는 대형 눈다랑어와 황다랑어는 대부분 수출되고 있고, 선망으로 어획되는 소형 황다랑어와 가다랑어는 저가로 국내에서 소비되고 있다.

본 연구의 대상종이며 연승어업에서 주로 어획되는 황다랑어와 눈다랑어의 어획 효율을 높이기 위해서는 그 분포와 풍도의 변동을 정확하게 파악할 필요가 있으나, 해황 변동에 따른 어획 변동 원인이 아직 확실히 밝혀져 있지 않고 있다. 다랑어류는 종마다 자원의 분포역과 분포 수층이 다르고 같은

자원이라도 해황에 따라 분포 중심이 다르므로 다랑어 자원의 수평적인 분포뿐만 아니라 수직적인 분포까지 고려한 체계적인 연구가 필요하다. 태평양 해역에서 황다랑어의 어획수준과 어획수층 관계에 대한 연구는 일찍부터 이루어졌다. Nakagome (1958)는 서부 태평양 황다랑어의 유영층 연구에서 주 분포 수심이 황다랑어는 115-150 m로 추정하였다. 또한, 다랑어류 연직 분포상의 성층 상태(vertical size stratification)에 관한 연구를 보면, Suda and Schaefer (1965)는 수심 150 m에 도달하는 일본의 재래식 연승어구에서 어획된 황다랑어는 동부해역 측으로 갈수록 대형군이 증가한다고 하였다.

열대 태평양에서 엘니뇨 및 라니냐와 같은 해황 이변과 황다랑어 및 눈다랑어 어업에 관한 대부분의 연구는 1982/83년의 엘니뇨 영향에 대한 것으로서 Hanamoto and Takeuchi (1989)는 엘니뇨가 발생하지 않았던 1963-1985년에 비해 1982/83년의 엘니뇨 발생시에 동부해역에서 눈다랑어의 어획이 좋았다고 보고하였으나 구체적인 어획 수심에 대한 언급이 없었다. Miyabe et al. (1989)은 엘니뇨 발생시 정확하지는 않

\*Corresponding author: wsyang@nfri.re.kr

나 중서부 태평양 연승어업에서 황다랑어의 어획효율이 양호하였고, 동부 태평양에서는 눈다랑어의 단위노력당 어획량이 증가하여 어획 효율이 향상된다고 보고하였으나 엘니노 발생에 따른 정확한 해양 특성에 대한 언급이 없었다. 한편, Joseph and Miller (1989)는 1982/83년 엘니노 발생시에 동부 열대 태평양해역에서 수온약층의 심도가 깊어지면 표층어업인 선망어업 대상 가다랑어와 소형 황다랑어의 단위노력당 어획량이 낮게 나타므로서 동부 해역에서는 수온약층이 소형 다랑어류에 대하여 수온 장벽의 역할을 하게 된다고 보고한 바 있다. 특히, 연승어획 대상종인 황다랑어와 눈다랑어는 수심 80-270 m, 수온 7.5-28.5℃에서 어획되었고(Hanamoto, 1987b), 표층성인 가다랑어에 비해 연직적으로 분포 수심이 크므로 그 분포밀도는 엘니노와 라니냐시의 수평 및 연직수온과 수온약층 심도 변동에 따라 영향을 크게 받을 것으로 판단된다.

본 연구는 1982-1997년간 한국 연승 어선으로부터 수집한 어획통계 자료와 미국 해양대기청(NOAA)으로부터 수집한 수온자료를 이용하여 열대 태평양 해역의 열적구조(thermal structure)를 파악하고, 1970년대 말부터 사용하기 시작한 한국 심층 연승어선의 어획 대상종인 황다랑어와 눈다랑어의 중심어장, 종별 연직 분포 및 동일종의 체급별 성층상태(size stratification), 그리고 엘니노 혹은 라니냐와 같은 해양이변에 따른 수평 및 수직 집중 분포 변화를 구명하고자 한다.

**자료 및 방법**

**어획량 및 노력량 자료**

본 연구의 해역은 위도 10°N-10°S, 140°E-90°W (Fig. 1) 사이이며, 미국 NOAA의 해역 구분과 같이 서부해역을 140°-180°E 사이, 중부해역을 180°-130°W 사이, 동부해역을 130°-90°W 사이로 각각 구분하여 황다랑어 및 눈다랑어의 분포 밀도와 수온과의 상호 관계를 분석하였다. 본 연구에 사용된 한국의 총 어획량 자료는 해양수산통계연보(1958-2003년)의 연도별 어종별 통계이다. 어획량 및 노력량 자료는 국립수산물과학원이 위도 남북위 15° 사이와 경도 140°E-95°W 사이의 열대 태평양 해역에서 조업한 다랑어 연승 어선들로부터 1982- 2000년간 수집된 표본 자료이다. 이 자료는 일일의 조업 위치와 낚시수 및 어종별 어획량 등이 기록되어 있어 FAO에서 사용하고

있는 해구(위도 5° × 경도 5°)를 1 해구로 하여 해구별, 월별, 연도별, 해역별로 구분하여 정리하였다. 또한, 다랑어류의 연직 분포 밀도 파악을 위한 수심별 수온별 어획량 및 노력량 자료는 1986-1991년간 한국 연승어선이 총 246회에 걸쳐 조업시 MBT (micom bathythermograph) 및 DBT (digital bathythermograph)로 관측한 수심 약 500 m까지의 수온과 이때의 어획량 및 노력량(낚시수)이며, 1992년 1월중 본 연구자가 태평양 해역에서 조업하고 있는 한국 연승어선에 직접 승선하여 조사한 연 23회의 MBT에 의한 수심 약 500 m까지의 수온과 이때의 낚시 번호별 어획량, 노력량(낚시수) 및 낚시 번호별 체중조사 자료를 사용하였다.

어획량의 수평분포는 위·경도 5° × 5°를 하나의 해구로 하여 단위노력당어획량(catch per unit effort, CPUE)을 1,000 낚시당 어획미수로 황다랑어와 눈다랑어의 수평 및 연직 분포밀도 분석에 이용하였고 그 CPUE 계산식은 다음과 같다.

$$R = (\sum Ci / \sum Hi) \times 1,000 \dots\dots\dots (1)$$

여기서 R는 CPUE 이며 Ci는 어획미수, Hi는 노력량(낚시수)이다.

그리고 연승 어구를 사용하여 얻은 어획 결과로부터 황다랑어와 눈다랑어의 어획수심과 연직 분포 밀도 파악에 필요한 낚시 번호별 수심은 Yoshihara (1951, 1954)가 제시한 현수 곡선식을 이용하여 계산하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$D_j = H_a + H_b + L \{ [1 + \cot^2 \theta]^{1/2} - [(1 - 2^{-(n+1)})^2 + \cot^2 \theta]^{1/2} \} \dots\dots\dots (2)$$

여기서 D<sub>j</sub>는 j 번째 낚시의 수심(m), H<sub>a</sub>는 뜰줄 길이(m), H<sub>b</sub>는 아릿줄 길이(m), L는 모릿줄 길이의 절반, n+1은 사용절수, n는 사용 낚시수이며, 사용 절수라 함은 모릿줄에 달린 아릿줄 수에 1을 더한 값을 의미한다.

**수온 자료**

태평양 열대 해역을 중심으로 미국 국립 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)의 TAO (Tropical Atmosphere Ocean)에서 설치한 66개 관측 지점(Fig. 1)의 부이(buoy)로부터 1982-2002년간 일일의 표층에서 약 500 m까지의 수온 자료를 사용하였다. 관측 위치는 열대 태평양 해역위도 8°N-8°S, 경도 120°E-90°W 사이였으며 관측 간격은 위도 1°간격, 경도 5°-10°간격이었다.

**연승 어구**

본 연구에서 1 광주리에 낚시 5-6개가 달려있고 낚시 끝의 수심이 약 150 m에 도달하는 연승어구를 재래식 연승어구(regular longline), 낚시 13개와 낚시 끝의 수심이 약 350 m까지 달하는 연승어구를 심층 연승어구(deep longline)라고 각각 정의하였으며, 본 연구에서는 한국 연승어선이 최근에 보편적으로 사용하는 낚시 13개(14절)의 연승 어구를 대상으로 어획 효과를 분석 및 평가하였다.

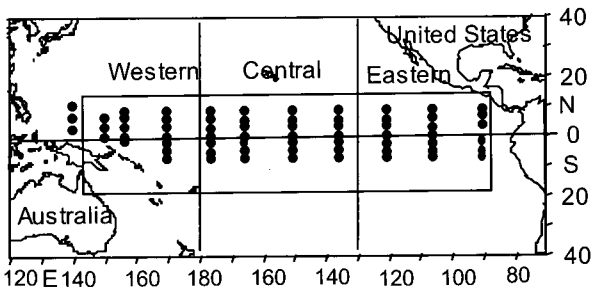


Fig. 1. Survey stations of water temperature by depth in the Pacific, 1982-2002 (from TAO, NOAA).

**결 과**

**어획량 변동**

태평양 해역에서 한국 다랑어 연승어업의 어획량 변동은 Fig. 2와 같이 1958년 시험조업을 계기로 1960년대 중반부터 실질적인 조업에 들어갔다. 한국 다랑어 연승어업에 의한 태평양 다랑어류 총 어획량은 1958년 234톤에서 점차 증가하여 1976년 56,000톤의 높은 어획을 보였고 그 이후 감소하여 1984년 22,000톤의 가장 낮은 어획을 나타내었다. 그러나 1985-1998년은 23,000-40,000톤의 범위에서 대체로 안정된 어획 수준을 나타내었으며 1999년 45,000톤에서 다소 증가하여 2002년 60,000톤의 최고 어획을 기록하였다. 황다랑어의 어획량은 1958년 70톤에서 점차 증가하여 1980년 22,800톤의 최고치를 보였다. 그 이후 1981-1999년간은 6,000-13,000 범위의 어획 수준을 나타내었고 최근 2000-2003년간은 13,000-17,000톤의 높은 어획을 나타내었다. 눈다랑어의 어획량은 1958년 18톤에서 점차 증가하여 1965-1974년간은 1,000-2,500톤의 범위였으나 1976년에 20,200톤으로 급격히 증가하였다. 1977-1997년간은 5,000-20,000톤의 수준을 나타내었으며 1998년에 30,000톤으로 급격히 증가하여 2002년에는 32,000톤의 최고 어획을 보였고, 총 어획량의 변동과 거의 같은 경향을 나타내었다.

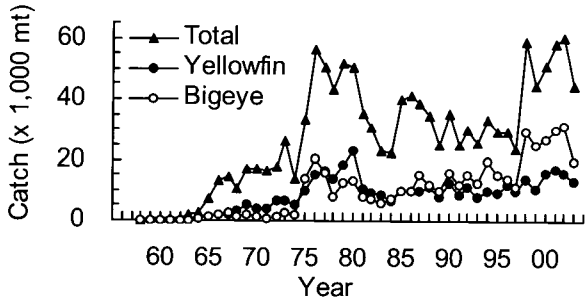


Fig. 2. Yearly catches of yellowfin and bigeye tunas caught by Korean tuna longline fishery in the Pacific, 1958-2003. Total catches represent the catches of all tunas by Korean tuna longline fishery in the Pacific during 1958- 2003. Catches of yellowfin and bigeye are depicted by black and white circles, respectively.

**해역별 단위노력당어획량(CPUE) 변동**

1982-2000년간 열대 태평양 서부, 중부 및 동부해역에서 황다랑어와 눈다랑어의 주 어장을 파악하기 위하여 해역별 CPUE (미수/1,000 낚시) 변동을 분석한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 서부해역에서 황다랑어의 CPUE 범위는 2-13미이며 1982년 약 6미에서 1986년 약 2미로 가장 낮았고 그 후 급격히 증가하여 1987년에 약 11미로 높게 나타났다. 1988-1995년은 5-12미의 범위를 보였으며 1996년에 약 13미의 가장 높은 값을 보였고 1997-2000년은 5-11미의 범위를 나타내었다. 눈다랑어는 1982년에 2미에서 1986년에 1미로 가장 낮았으나 1987-2000년에는 3-7미의 범위를 나타내었다. 따라서 서부해

역에서는 황다랑어가 눈다랑어에 비해 높은 CPUE를 보여 서부해역이 황다랑어의 주 어장으로 나타났다. 중부해역에서는 1982-1986년에 황다랑어의 CPUE (5-7미)가 눈다랑어의 CPUE (4-6미)에 비해 다소 높았으나 1990-2000년에는 눈다랑어의 CPUE (6-10미)가 황다랑어의 CPUE (4-8미)에 비해 높게 나타나 중부해역에서는 두 어종 모두 서부해역에 비해 CPUE 변동의 폭이 적었다. 동부해역에서 황다랑어의 CPUE는 1982-1989년에 1미 이하의 낮은 값을 보였으나 1990년에는 3미로 가장 높았고 1991-1999년에는 1-2미의 수준을 보였다. 눈다랑어의 CPUE는 1982년에 약 4.5미에서 1984년에 1미로 가장 낮았고 1986년에 10미로 가장 높은 값을 보였으나 1988년에는 2미로 감소하였다. 1990년에는 8미로 다시 증가하였으나 그 후 점차 감소하여 1991-2000년에는 3-5미의 수준을 나타내었다. 따라서 동부해역에서는 눈다랑어의 CPUE가 황다랑어의 CPUE에 비해 높게 나타나 동부해역이 눈다랑어의 주 어장으로 나타났다.

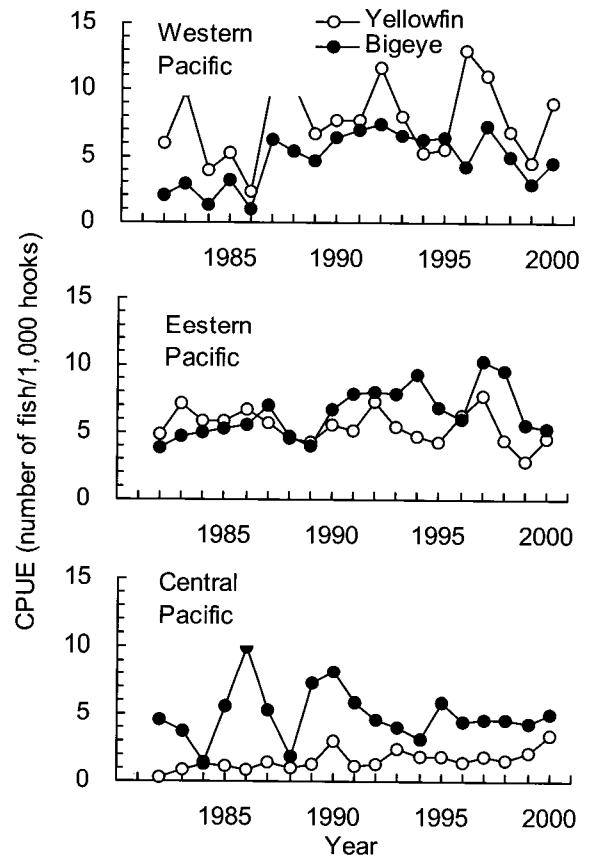


Fig. 3. Interannual variations of CPUE of yellowfin and bigeye tunas caught by the Korean tuna longline fishery in the Pacific, 1982-2000.

**황다랑어와 눈다랑어의 연직 분포**

열대 태평양 황다랑어와 눈다랑어의 연직 분포 밀도 파악을 위하여 1986-1992년간 태평양의 서부, 중부, 동부 해역에서 연승어구에 의한 낚시번호에 따른 어획수심과 단위노력당어

획량(CPUE, 미수/1,000낚시)과의 관계를 Fig. 4에 나타내었다. 황다랑어는 서부 해역에서 1번-6번 낚시(100-300 m)에서 어획되었으며 그 중 2번과 3번 낚시(150-200 m)에서 CPUE가 1.0-1.5미로 높게 나타났고, 7번 낚시(312 m)에서는 어획되지 않았다. 중부 해역에서는 1-4번(110-250 m) 낚시에서 어획되었고 그 중 2번 낚시(163 m)에서는 CPUE가 1미로 가장 높았으며 5-7번(250-324 m) 낚시에서는 어획되지 않았다. 동부해역에서는 1번-3번 낚시(116-205 m)에서만 어획되었고 그 중 2번 낚시(161 m)에서 CPUE가 0.8미로 높았으며 4-6번 낚시(244-294 m)에서는 어획되지 않았다. 따라서, 황다랑어의 어획수층은 서부해역에서 비교적 깊은 수층(110-302 m)에서 어획되었고 동부해역으로 갈수록 얇은 층에서 분포 밀도가 높게 나타났다. 그리고 중부해역에서 황다랑어 305미를 대상으로 평균 체중을 조사한 결과(Fig. 5), 1번 낚시(약 110 m)에서는 24 kg, 6번(약 310 m) 낚시에서는 34 kg으로 수심이 깊어질수록 점차 평균체중이 큰 것으로 나타났고 가장 깊은 곳인 7번(약 325 m) 낚시에서는 황다랑어가 어획되지 않았다.

눈다랑어는 서부, 중부 및 동부해역에서 모든 낚시(110-312 m) 낚시에서 어획되었다. 서부해역에서는 1번 낚시(110 m)에서 CPUE가 0.5미로 가장 낮았으나 어획 수심이 점차 깊어질수록 CPUE가 증가하여 7번 낚시(312 m)에서 가장 높은 CPUE(3미)를 보였다. 중부해역에서는 1번(117 m) 낚시에서 CPUE

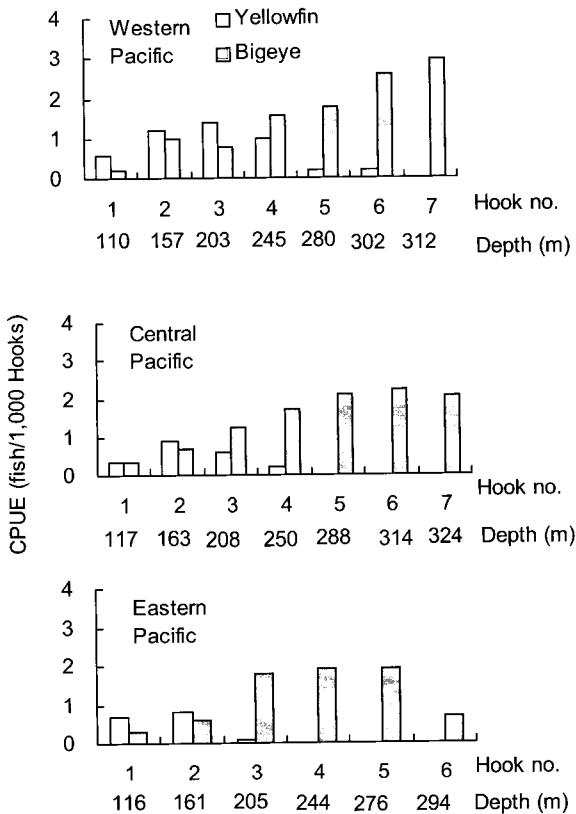


Fig. 4. CPUEs of yellowfin and bigeye tunas by hook number in the Pacific, 1986-1992.

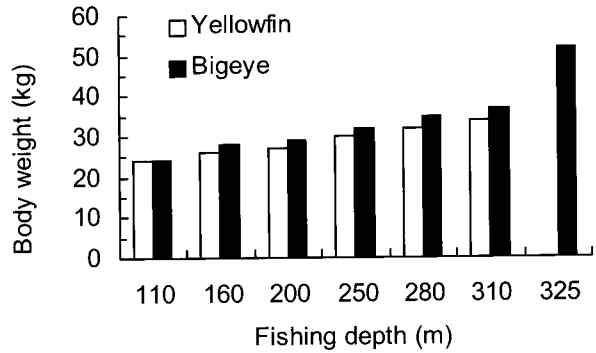


Fig. 5. Body weight by fishing depth of yellowfin and bigeye tunas by the Korean tuna longline fishery in the central Pacific, 1990-1991.

가 약 0.8미로 가장 낮았으나 어획 수심이 점차 깊어질수록 CPUE가 증가하여 5-7번 낚시(250-324 m)에서 높은 CPUE(약 2.5미)를 나타내었다. 동부 해역에서는 1번 낚시(116 m)에서 CPUE가 약 0.5미로 가장 낮았고 3-5번(205-276 m) 낚시에서 높은 CPUE를 보여, 동부해역에서 눈다랑어의 어획수층은 서부 및 중부해역에 비해 다소 얇게 나타났으며, 1번 낚시에서는 낮은 CPUE(1미 이하)를 보였다. 이와 같이 눈다랑어는 서부 및 중부해역에서 낚시 설치 수심이 깊은 수층(250-324 m)에서 분포 밀도가 높았으며 동부 해역에서는 보다 얇은 수층(205-276 m)에서 상대적으로 높았다. 그리고 눈다랑어의 438 미에 대한 평균 체중을 조사한 결과(Fig. 5), 1번 낚시의 24 kg에서 6번 낚시 37 kg으로 1번-6번 낚시의 체중 증가는 황다랑어와 비슷한 경향을 보였으나 눈다랑어는 황다랑어에 비해 2-3 kg이 많았으며 7번 낚시(약 325 m)에서는 평균 체중이 52 kg으로 대형어가 주로 어획되었다. 또한, 눈다랑어는 황다랑어에 비해 깊은 수층에 분포하며 대형군 일수록 더욱 깊은 층에 분포하였다.

#### 열대 태평양 해역 표층수온의 평년편차

1982-2002년간 미국 해양대기청(NOAA)의 표층 수온 자료를 근거로 서부, 중부 및 동부 해역에서의 표층수온(SST) 평년 편차를 Fig. 6에 나타내었다. 1951년부터 1997년까지 총 14회의 엘니뇨가 발생하였으나 본 연구기간(1982-2002)에는 1982/83년, 1986/87년, 1991/92년, 1993/94년, 1994/95년, 1997/98년 및 2001/02년 총 7회의 엘니뇨가 발생하였으며 이중 1982/83년과 1997/98년에 가장 강하게 나타났다. 이들 강한 엘니뇨 발생시 서부해역에서는 평년비 약 1°C, 중부해역에서는 3°C, 동부해역에서는 5°C가 각각 높았으며 서부해역과 동부해역간의 수온이 4°C의 차이를 보여 동부해역에서 엘니뇨 영향을 가장 강하게 받는 것으로 나타났으나 다소 약한 엘니뇨시(1986/87년, 1991/92년)에는 서부해역과 동부해역의 수온이 약 1°C 차이를 보였다. 1982-2002년간 라니냐는 1984/85년, 1988/89년, 1995/96 및 1999-2002년에 각각 발생하였으며 이중 1988/89년에 가장 강하게 나타났다. 강한 라니냐시 서부해

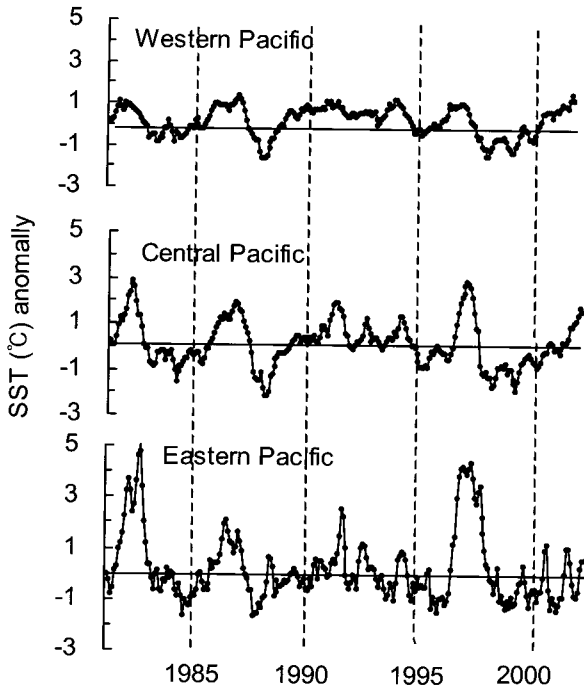


Fig. 6. Anomaly of sea surface temperature (SST) in the equatorial Pacific, 1982-2002 (data from the CDC, NOAA).

역과 동부해역에서는 평년비 1°C 저온이었고 중부해역에서는 평년비 약 1.5°C 저온으로 나타나 중부해역이 서부 및 동부해역에 비해 라니냐의 영향을 다소 많이 받는 것으로 나타났다.

**열대 태평양 해역 수온의 연직 분포**

적도를 중심으로 서부해역에서 동부해역에 걸쳐 강한 엘니뇨가 발생하였던 1997년과 1996년의 평상시 및 라니냐 발생에 따른 수온 연직분포를 Fig. 7에 나타내었다. 평상시에는 표층에서 80 m 사이의 28°C 수온대가 175°W까지 확장되었고 25°C의 수온대는 125°W 까지, 20°C의 수온대는 서부의 180 m 수층에서 동부해역으로 갈수록 점차 낮아져 동부측의 95°W의 표층까지 분포하였다. 또한, 수온약층은 서부해역(155°E)에서 100-250 m (15-25°C) 사이에 형성되었으나 동부해역에서는 100 m 이천에서 나타나 서부해역에서는 깊고 동부해역에서는 낮은 현상을 보였다. 엘니뇨시에는 28°C의 수온대가 서부해역 155°E 주변에서 50 m 층에 분포하였으나 동부해역으로 갈수록 점차 깊어져 동부해역 115°W 주변에서는 130 m 층에 분포하였다. 20-25°C의 수온대는 서부해역(155°E)에서 100 m 층 부근에서 형성되었으나 동부해역(95°W)에서는 150 m에 분포하여 평상시와는 반대의 수온분포 현상을 나타내었다. 라니냐시에는 28°C 수온대가 서부해역의 155°E-180°사이 120 m 층에서 분포하였고 25°C의 수온대는 155°E-160°W사이 150 m 층에서 분포하여 수온약층이 평상시 보다 서부해역에서 더욱 깊게 분포하였고 엘니뇨시와는 반대의 수온분포 현상을 나타내었다.

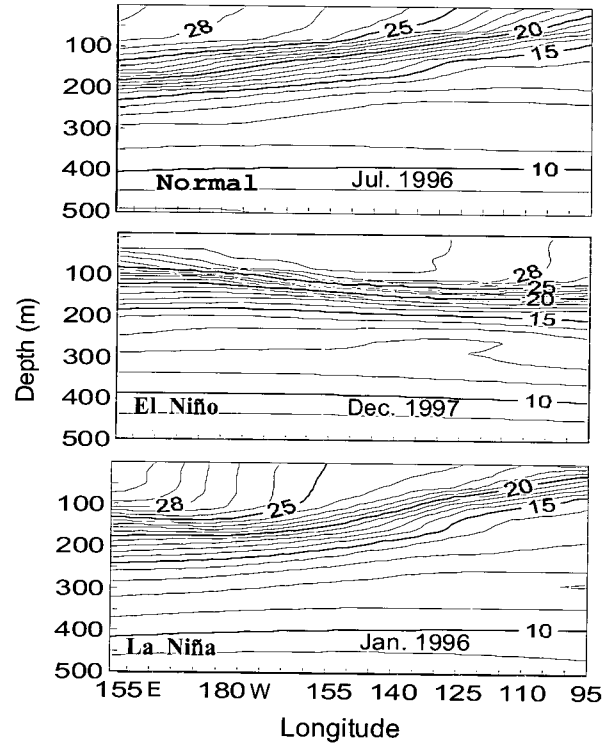


Fig. 7. Vertical profiles of temperature (°C) along the equatorial Pacific during normal (top) year, El Niño (middle) and La Niña events (bottom), 1996-1997.

**수온과 어획과의 관계**

수온과 어장분포 특성을 파악하기 위하여 본 연구에서 나타난 황다랑어의 주 분포층인 150 m, 눈다랑어의 주 분포층인 250 m에서 엘니뇨와 라니냐가 발생하였던 1996년과 1997년을 대상으로 단위노력당 어획량(CPUE; 미수/1,000 낚시)과 수온 수평 분포와의 관계를 Fig. 8 및 Fig. 9에 각각 나타내었다.

황다랑어 어장의 150 m 층에서 평상시 수온범위는 12-26°C였고 20°C 이상의 수온에서 황다랑어의 단위노력당 어획량(CPUE)이 높게 나타났다. 어장형성은 서부-동부해역(150°E-80°W)간에 걸쳐 광범위하게 이루어졌고 그 중심어장은 150°E-120°W 사이에서 형성되었으며, 특히, 남적도 해역 주변에서 분포 밀도가 높았다. 그러나 엘니뇨시는 그 중심 어장이 중서부 해역인 170°W-100°W 사이 해역에서 나타나 평상시에 비해 동부측으로 이동되었고 다소 낮은 CPUE를 보였으며 수온범위도 12-22°C로서 평상시에 비해 4°C 낮았다. 라니냐시에는 어장형성 범위가 160°W-100°W 사이였고 중심어장은 중부해역인 180°-140°W 사이에서 형성되어, 황다랑어는 평상시에 서부-동부해역 사이에서 넓은 분포를 보이며, 엘니뇨시에는 동부해역, 라니냐시에는 중부해역에서 각각 높은 CPUE를 나타내었다.

250 m 층에서 평상시 눈다랑어 어장의 수온범위는 10-16°C였고 어장형성 범위는 서부해역의 160°E에서 동부해역의 80°W 사이에서 이루어 졌다. 그러나 엘니뇨시에는 어장형성 범위가 170°W-100°W 사이로서 평상시에 비해 중심어장이

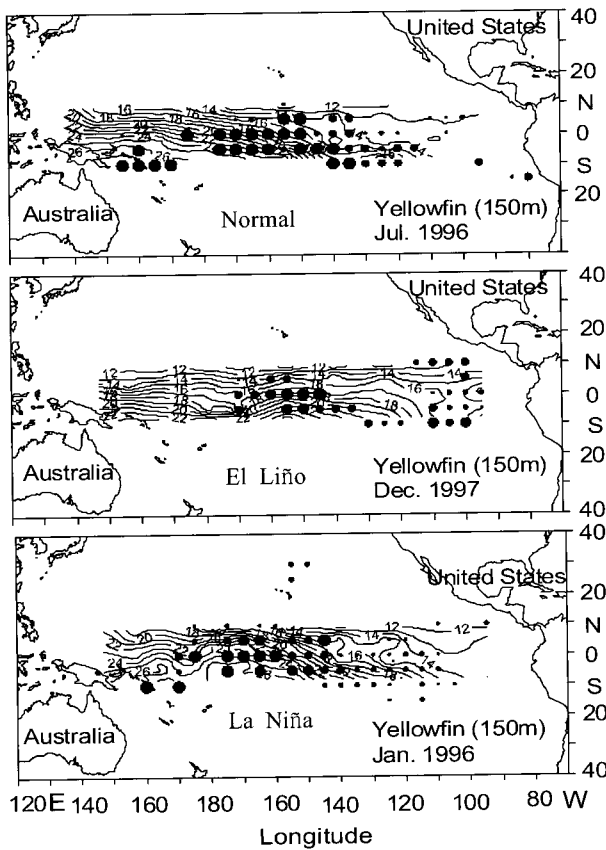


Fig. 8. Distribution of yellowfin CPUE (fish/1,000 hooks) and water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at the 150 m layer in the Pacific during normal (top), El Niño (middle) and La Niña (bottom) events, 1996-1997.

동부측으로 이동되어 황다랑어와 같은 현상을 보였고, 수온범위도  $9-14^{\circ}\text{C}$ 로서 평상시에 비해  $1^{\circ}\text{C}$  낮았다. 라니냐시에는 수온범위가  $11-17^{\circ}\text{C}$ 로서 평상시에 비해  $1^{\circ}\text{C}$  높았고 CPUE 분포 범위는  $140^{\circ}\text{E}-100^{\circ}\text{W}$ 로서 전 어장에 걸쳐 대체로 고른 CPUE를 보였으며 특히 서부해역  $140^{\circ}\text{E}-170^{\circ}\text{E}$  사이에서 평상시에 비해 높은 CPUE를 나타내었다. 따라서 평상시에는 황다랑어와 눈다랑어 모두 서부해역-동부해역사이에서 넓은 CPUE를 보였고 엘니뇨시에는 중심어장이 서부해역에서 동부해역 측으로 이동되는 것으로 나타났으며, 라니냐시에는 황다랑어의 경우 중심어장이 서부해역 측으로 뚜렷이 치우쳐 형성되었고 눈다랑어는 뚜렷한 경향은 없으나 서부해역에서도 높은 CPUE를 나타내었다.

### 고찰

본 연구의 대상종인 황다랑어와 눈다랑어는 세계 전 대양의  $40^{\circ}\text{N}-40^{\circ}\text{S}$  사이 해역에서 분포하며(Collette et al., 1983) 남북으로 광범위하게 회유하는 습성을 갖고 있다. 또한, 이 종들의 어획수온을 보면 황다랑어가  $20-28^{\circ}\text{C}$  (Laevastu and Rosa, 1963), 눈다랑어가  $10-15^{\circ}\text{C}$  (Hanamoto, 1975)로서 황다랑어는

주로 고온역에서, 눈다랑어는 저온역에서 각각 분포하는 특징

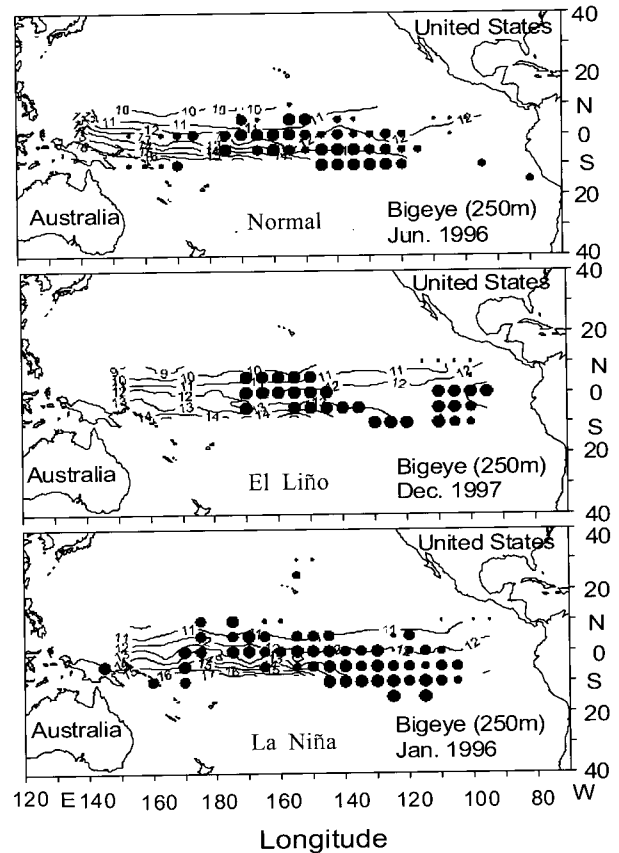


Fig. 9. Same as Fig. 8 except for bigeye and 250 m.

을 갖고 있다.

열대태평양 해역에서 황다랑어의 주 어장은 서부해역, 눈다랑어의 주 어장은 중동부 해역으로 나타났다. 1981-1990년간 일본 연승어업의 어장 분포도(Hampton, 1993)에서 황다랑어는 서부해역의 위도  $10^{\circ}\text{N}-15^{\circ}\text{S}$ , 경도  $140^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$  사이 해역, 눈다랑어는 동부해역의 남적도 해류역인 위도  $10^{\circ}\text{N}-25^{\circ}\text{S}$ , 경도  $120^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$ 사이의 남미 서부해역 측에서 각각 그 중심어장이 형성되어 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. 또한, Hanamoto (1987a)에 의하면 1964-1978년간 동부 태평양 칠레 근해에서 마케사스에 이르는 해역이 눈다랑어의 경우 생산성 있는 어장으로 평가하였는데, 눈다랑어는 태평양 동부 해역이 서부해역에 비해 CPUE가 높은 본 연구 결과와 유사하였다.

황다랑어와 눈다랑어의 연직 분포(Fig. 4)에서, 서부-동부해역간에 황다랑어는 110-200 m 깊이에서, 눈다랑어는 200-320 m 깊이에서 각각 높은 분포 밀도를 보여 눈다랑어가 황다랑어에 비하여 90-120 m 더 깊은 층에 분포하므로써 두 어종간에 연직 분포 수심을 달리하였다. 또한, 중부해역에서는 수심 320 m 되는 깊은 수심에서 눈다랑어의 체중이 50 kg 이상인 대형어가 주로 분포하였다(Fig. 5). 따라서 같은 눈다랑어라 할지라도 수심이 깊을수록 어체의 체중이 큰 대형어

가 많이 분포하는 상태인 일컬어 연직체급 성층상태(vertical size stratification)를 나타내었다. Suda and Schaefer (1965)는 일본 연승어선의 조업시 서부해역에서 동부해역으로 갈수록 황다랑어의 대형군이 많아짐을 밝혔다. 이것은 같은 수주내에서 나타난 체급 성층(size stratification)이 이루고 있기 때문인지, 또는 해황이 평년상일 때에는 동부 해역의 수온약층 심도가 얕아져서 수온약층 상부에 분포하는 황다랑어의 대형군이 연승어구에 의한 어획되기 쉬운 경우 즉, 어획 용이도(vulnerability)가 높아지기 때문인지는 아직 확실하지 않다(Wild, 1994). 그러나 동부해역에서 평상시가 엘니뇨시에 비해 수온약층이 얇기 때문에 상대적으로 분포층이 얇아 모든 크기의 황다랑어 어군이 집적되어 혼재하므로서 연승 어구에 의한 체급의 성층이 나타난다고 생각된다. 반면에 엘니뇨시에는 동부해역에서 수온 약층이 깊어 어군이 분산되므로서 황다랑어의 체급 성층이 나타나지 않을 가능성이 있는 것으로 판단된다. Holland et al. (1990)은 음파로서 어군을 유도하는 어류 유집 장치(fish aggregating devices)를 이용하여 어획한 황다랑어의 체장은 44-75 cm였으며, 눈다랑어의 체장은 72-74 cm였다. 이들의 연직 분포를 조사한 결과, 야간에는 황다랑어가 20 m 수심에서, 눈다랑어가 70-90 m 수심에 각각 분포하였고 주간에는 황다랑어가 100-150 m, 눈다랑어가 220-240 m의 수심에 주로 분포하여 두 종 모두 주간에는 깊은 곳에서 유명하다가 야간이 되면 각각 상층부로 주야수직 회유 한다고 보고하였다. 이와 같은 주간 황다랑어와 눈다랑어의 분포 수심은 본 연구에서 나타난 황다랑어의 분포수심(110-200 m) 보다 50 m가 낮았고 눈다랑어의 분포수심(200-320 m) 보다 80 m 낮게 나타났다. 이러한 원인은 Holland et al. (1990)의 연구 대상인 황다랑어(44-75 cm)와 눈다랑어(72-74 cm)의 어체장이 비교적 소형이어서 어체 크기의 따른 분포 수심에 의한 것으로 추측된다. 또한 이들 체장 80 cm의 소형어는 약 10 kg 이하(Suzuki, 1994)로서 대형어 보다 수온이 더 높은 곳에 분포하는 습성이 있어 주로 150 m 이전의 수온 20°C 이상(Laevastu and Rosa, 1963)의 수온약층 상부 및 내부역에 주로 분포하기 때문에 한국의 연승어선에서 어획되는 황다랑어와 눈다랑어의 분포수심과는 차이를 보였다. 한편, Nagagome (1958)에 의하면 서부 태평양 해역(Caroline과 Marshall Islands 근해)에서 낚시 6개를 사용한 재래식 연승어구로 어획 시험한 실시한 결과, 황다랑어는 115-150 m 깊이에서, 눈다랑어는 110-150 m 깊이에서 주로 분포하였다. 또한, Suda (1969)는 태평양 전 해역에서 상부 혼합층 하단부의 수심 100-150 m 사이에서 눈다랑어가 주로 어획되었다고 보고하여, 눈다랑어는 본 연구의 어획 수심과 170 m의 차이를 나타내었다. 이러한 분포수심의 차이는 낚시가 수심 150 m까지 도달되는 재래식 연승어구와 낚시가 수심 320 m 까지 도달되는 심층 연승 어구간에 있어서 눈다랑어의 어획 깊이에 따른 어구의 선택성이 작용하여 나타난 현상이라고 생각된다. Suda (1969)에 의하면, 다랑어류중 눈다랑어가

가장 깊은 곳에 분포하며 눈다랑어는 수온약층 내부 또는 하부에서 어획률이 높게 나타났다. Saito (1975)는 중부 태평양 해역(5°N-15°N)에서 눈다랑어의 어획 시험 및 fish finder의 기록 결과, 주로 300-400 m 깊이에서 분포하는 것으로 나타났다라고 보고하였고 Hanamoto (1987a)에 의하면, 눈다랑어는 600 m 깊이까지 분포하는 것으로 추정하였다. 이와 같이 눈다랑어는 지금까지 알려진 것 보다 서부 및 중부 열대 태평양 해역에서 연직적으로 그 분포 범위가 보다 광범위한 것으로 생각된다. 따라서, 눈다랑어의 정확한 연직분포 파악을 위해서는 현재 연승어구의 낚시가 도달되는 수심(330 m)보다 그 이심에서도 앞으로는 어획 시험조사가 이루어져야 할 것으로 생각되며 또한, 다랑어 연승어업에서 눈다랑어를 목표종으로 조업할 경우, 낚시가 더욱 깊이 내려가도록 연승 어구를 다소 개량할 필요가 있는 것으로 판단된다.

단위 노력당 어획량(CPUE)과 수온 수평분포와의 관계를 볼 때 평상시에는 황다랑어와 눈다랑어 모두 서부-동부해역간에 광범위하게 분포하였으나 엘니뇨시에는 중심 어장이 동부 측으로 치우치고 라니냐시에는 중심 어장이 서부 측으로 각각 치우쳐 형성된다. 이와 같은 원인은 황다랑어의 경우, 엘니뇨시에 150 m층의 수온이 서부해역 측에서는 낮고 동부해역 측에서는 높아 평상시 고수온역에 분포하는 황다랑어는 엘니뇨시에 동부 측으로 이동되기 때문인 것으로 생각된다 또한, 눈다랑어의 경우, 엘니뇨시에 동부해역에서는 수온약층이 깊어져(Fig. 7), 수온약층 하부에 어군 분포밀도가 높아 연승 어구의 설치 심도에 어획 용이도(vulnerability)가 크기 때문에 중심 어장이 평상시에 비해 중동부 측으로 이동되는 것으로 판단된다. Suzuki (1988)는 서부해역과 동부해역에서 일본 연승어업에 의한 황다랑어의 어획률 비교에서, 1982/83년의 엘니뇨 발생 직후 1년간 동부 태평양에서 황다랑어의 어획률이 높았다고 보고한 바 있고, Hanamoto and Takeuchi (1989)는 1982/83년의 엘니뇨 발생 2년 후에 동부해역에서 눈다랑어의 어획량이 높게 나타난다고 보고한 바 있다. 또한 Kume and Miyabe (1987)는 1982/83년 엘니뇨시에 눈다랑어의 중심어장이 동부 열대 태평양(130°W-95°W) 해역에서 형성되었다고 보고하여, 엘니뇨 발생 후 황다랑어와 눈다랑어가 태평양 서부해역에서 동부해역으로 회유하는 정확한 생태학적 역학관계를 알 수 없었으나 이들의 연구와 본 연구 결과를 종합하여 볼 때, 엘니뇨시 황다랑어와 눈다랑어는 서부해역에서 동부 해역으로 이동하는 것은 수온약층 및 상부 혼합층의 깊이와 관계가 깊은 것으로 판단된다. 따라서 연승어업 조업시 대상종이 황다랑어일 경우, 해황이 평년일 때 서부 및 중부해역에서는 연승어구를 수온약층 상부 또는 수온약층역과 일치하는 수심 약 150 m 깊이로 다소 낮게 투승할 필요가 있으며, 동부 해역에서는 서부 및 중부 해역 보다 더욱 낮은 약 100 m 전후의 수층에 맞게 투승하면 효율적인 조업을 할 수 있을 것이다. 그러나 엘니뇨시 서부 및 중부해역에서는 평상시 보다 다소 낮은 약 100 m 깊이에, 동부해역에서는 평상

시 보다 깊은 약 150 m 깊이에 각각 투승 할 필요가 있으며, 라니냐시 서부 및 중부해역에서는 약 200 m 깊이에, 동부해역에서는 50 m 이천의 깊이에 투승하면 효과적인 어획을 할 수 있을 것이다. 눈다랑어를 어획 대상으로 조업할 경우, 평상시에 서부 및 중부해역에서는 수온약층의 하부역인 150 m 이심의 깊이에, 동부해역에서는 100 m 이심의 깊이와 일치하게 투승할 필요가 있다. 그러나 엘니뇨시 서부 및 중부해역에서는 평상시 보다 다소 낮은 100 m 이심에, 동부해역에서는 150 m 이심에 투승하고 또한, 라니냐시 서부 및 중부해역에서는 200 m 이심에, 동부해역에서는 50 m 이심에 각각 투승하면 효율적인 어획을 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 논문을 세심하게 검토해 주신 심사위원께 깊은 감사를 드립니다. 이 연구는 국립수산물과학원의 지원에 의해 수행되었으며, 어획자료 등을 보내주신 원양 다랑어 연승 선장 제위께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- An, D.H., D.Y. Moon, J.R. Koh, K.D. Cho and D.S. Kim. 2003. Effect of El Niño event on the distribution of Korean tuna purse seine fishery in the western central Pacific Ocean. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 6, 32-40.
- Cho, K.D., Y.A. Kim, S.W. Park, J.C. Kim and M.S. Park. 1987. Relation between the catches of tuna and oceanographic condition in the South-East Pacific. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 20, 360-369.
- Collette, B.B. and C.E. Nauen. 1983. *FAO Species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerals, bonitos and related species known to date.* FAO Fisheries Synopsis, 2, 84-90.
- Gong, Y., J.U. Lee, Y.S. Kim and W.S. Yang. 1989. Fishing efficiency of Korean regular and deep longline gears and vertical distribution of tunas in the Indian Ocean. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 22, 86-94.
- Gong, Y., K.D. Cho, W.S. Yang, Y.C. Park and T.I. Kim. 1995. Abundance of tunas by longline in relation to oceanographic conditions in the tropical Pacific Ocean. *Bull. Natl. Fish. Dev. Inst. Korea*, 49, 37-47.
- Hampton, J. 1993. Status of tuna stock in the SPC area. A summary report. Document submitted to 6th standing committee on tuna and billfishes, tuna and billfish assesment programme, SPC. Noumea, New Caledonia, pp. 53.
- Hanamoto, E. 1975. Fishery oceanography of bigeye tuna - II. Thermocline and dissolved oxygen content in relation to tuna longline fishing grounds in the eastern tropical Pacific Ocean. *La Mer.* 13, 58-71.
- Hanamoto, E. 1987a. Distribution of bigeye tuna catch in the Pacific Ocean. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.*, 51, 9-15.
- Hanamoto, E. 1987b. Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 51, 203-216.
- Hanamoto, E. and S. Takeuchi. 1989. Effect of El Niño on bigeye tuna resources in the eastern Pacific Ocean. *Bull. Japan Soc. Fish. Oceanogr.*, 53, 80-84.
- Holland, K.N., R.W. Brill and R.K.C. Chang. 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tunas associated with fish aggregating devices. *Fish. Bull.*, 88, 493-507.
- Joseph, J. and F.R. Miller. 1989. El Niño and the surface fishery for tunas in the eastern Pacific. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 53, 77-80.
- Kume, S. and N. Miyabe. 1987. On the relation of El Niño with the formation of bigeye tuna fishing grounds in the eastern equatorial Pacific. The 22nd Symposium on the Tuna Fisheries. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 51, 62-68.
- Laevastu, T. and H.Jr. Rosa. 1963. The distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO Fish. Tech. Rep.*, 6, 1851-1935.
- Mcphaden, M.J. and H. Picaut. 1990. El Niño-southern oscillation displacement of the western equatorial Pacific warm pool. *Science*, 250, 1385-1388.
- Miyabe, N., T. Koi and Z. Suzuki. 1989. El Niño and tuna fishery (relation with longline fishing). *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, 53, 70-77.
- Nakagome, J. 1958. On the seasonal variation of swimming layers of yellowfin tuna, big eyed tuna and black marlin in the area of Caroline and Marshall Islands - II. Relation between seasonal variation of swimming layer and vertical distribution of water temperature. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 24, 169-172.
- Saito, S. 1975. On the depth of capture of bigeye tuna by further improved vertical long-line in the tropical Pacific. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 41, 831-841.
- Suda, A. and H.B. Schaefer. 1965. Size-composition of catch of yellowfin in the Japanese longline fishery in the eastern tropical Pacific, east of 130°W. *Bull. Inter-America Tropical Tuna Commission*, 10, 267-331.
- Suda, A., S. Kume and T. Shiohama. 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.



- Suzuki, Z. 1988. Study of interaction between longline and purse seine fisheries on yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre). Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 25, 73-143.
- Suzuki, Z. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the western and central Pacific Ocean. FAO Fisheries Tech. Rep., 336/2. Vol. 2, Papers on biological and fisheries, 108-137.
- Wild, A. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Pacific Ocean. Interactions of Pacific tunas. Vol. 2. Papers on biology and fisheries. FAO Fish. Tech. Papers, 336/2, 52-107.
- Wooster, W.S. and J.L. Reid. 1963. Ideas and observation on progress in the study of the sea. In: The Sea Interscience Pub., New York and London, 2, 253-280.
- Yoshihara, T. 1951. Distribution of fishes caught by the longline - II. Vertical distribution. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 16, 370-374.
- Yoshihara, T. 1954. Distribution of catches of tuna long line - IV. On the relation between  $k$  and  $\psi$  with a table and diagram. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19, 1012-1014.

---

2005년 3월 15일 접수

2005년 6월 22일 수리