

# 태평양 ENSO 현상에 따른 다랑어 이용도 변화

안두해\* · 문대연 · 고정락 · 조규대<sup>1</sup> · 박영철  
국립수산과학원, \*부경대학교 해양학과

## Changes in Availability of Tuna Species Due to ENSO Events in the Pacific Ocean

Doo-Hae AN\*, Dae-Yeon MOON, Jeong-Rack KOH, Kyu-Dae CHO<sup>1</sup>  
and Yeong-Chull PARK

National Fisheries Research & Development Institute, Busan, 619-902, Korea

<sup>1</sup>Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

This paper describes the relationship between the distribution of tuna and ENSO events in the Pacific Ocean which have occurred on a regular basis of 3-5 year terms. Annual catches and catch ratios of skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis* and yellowfin tuna, *Thunnus albacares* largely increased during El Niño years, while it decreased during La Niña years. However, the effect of El Niño on the distribution of tuna seemed to be more significant to yellowfin tuna than skipjack tuna. It is suggested that during El Niño years, the availability of yellowfin tuna which usually occurs the upper thermocline depth increases due to the elevated thermocline in the Western and Central Pacific Ocean.

Key words: ENSO, El Niño, La Niña, Skipjack tuna, Yellowfin tuna, Thermocline

### 서론

세계 주요 다랑어 어획량은 해산어 총생산량의 약 5%를 차지하고 있으며, FAO는 매년 어획 가능량을 400만톤 정도로 예측하였다. 그러나 최근의 다랑어 어획량은 이미 어획가능 수준에 도달하여 다랑어 어업이 거의 완전 개발단계에 이르렀다고 판단된다 (FAO, 1997).

다랑어어업은 조업방식에 따라 선망, 연승 및 채낚기 어업으로 나눌 수 있으며 우리나라는 현재 다랑어 연승 및 선망어업을 실시하고 있다. 우리나라 다랑어 연승어업은 1950년대 후반부터 조업이 이루어 졌으며 현재에는 약 200여척이 3대양에서 조업중이다. 이들 연승어업은 주로 횡감용인 눈다랑어 및 중대형의 황다랑어를 목표종으로 하고 있으며, 일부 연승 선단은 남방참다랑어를 주 대상으로 조업하고 있다. 다랑어 선망어업은 주로 중서부태평양에서 통조림용인 가다랑어 및 중소형의 황다랑어를 대상으로 조업하고 있다. 우리나라는 1980년부터 다랑어 선망조업을 시작하여 현재에는 26척이 조업중이다.

다랑어에 관한 연구는 주로 국제수산기구의 자원평가 그룹을 중심으로 이루어지고 있으며 Joseph et al. (1989)이 전미열대다랑어위원회 (IATTC) 주관하에 동부태평양에서 다랑어류의 분포, 어획율 및 풍도에 영향을 미치는 여러 가지 해양환경요인에 관한 연구결과를 발표하였고, Lehodey et al. (1997)은 가다랑어 표지방류 자료 및 남방진동계수 (SOI)를 이용하여 서부태평양에서 해황에 따른 다랑어류의 분포 특성을 연구보고하였다. 이외에도 동부태평양에서 엘니뇨 (El Niño)와 같은 대규모 환경변동이 다랑어 연승어업 미치는 영향 등에 관한

연구가 수행되었다 (Miller and Lauris, 1975; Hanamoto et al., 1989; Miyabe et al., 1989).

우리나라에서는 한국 다랑어 어업 현황 (Park et al., 1994), 한국 다랑어 선망어선의 유목조업 (Moon et al., 1996), 서부열대태평양 한국 다랑어 선망어업의 어장과 헬기 사용에 따른 어획효과 (Park et al., 1998) 등에 관한 연구 등이 있었으나 해황이 다랑어 어황에 미치는 영향에 관한 연구는 없었다. 따라서 우리나라 주요 다랑어 선망어업 어장인 중서부태평양에서 엘니뇨 및 라니냐 (La Niña) 같은 대규모 해황변동에 따른 대상자원의 자원이용도 변화를 구명하여 어획능률 향상을 위한 어장예보 기술 개발자료로서의 활용 가능성을 논의하였다.

### 재료 및 방법

#### 열대태평양 해황 변동

열대태평양의 엘니뇨 및 라니냐 주기는 해면기압의 변동으로 감지되어진다. 특히, 호주 북부의 Darwin과 Tahiti에서 관측한 압력차이 값을 남방진동계수로 하며, 라니냐 발생시에는 양의 값 (+), 엘니뇨시에는 음의 값 (-)을 가진다 (Fig 1).

한국 다랑어 선망어업이 시작된 1980년 이후 남방진동계수의 절대값이 0.5 이상을 기준으로 동일 사건이 3개월 이상된 것을 하나의 사건으로 간주하여 엘니뇨 및 라니냐 시기를 구분하였다. 엘니뇨는 1982년 5월-1983년 4월, 1986년 8월-1987년, 1991년 2월-1995년 5월, 1997년 3월-1998년 4월로 발생하였으며 특히 1991년 발생한 엘니뇨는 약 4년간 지속되었다. 라니냐는 1988년 7월-1989년 5월, 1996년, 1998년 6월

\*Corresponding author: dhan@nfrdi.re.kr

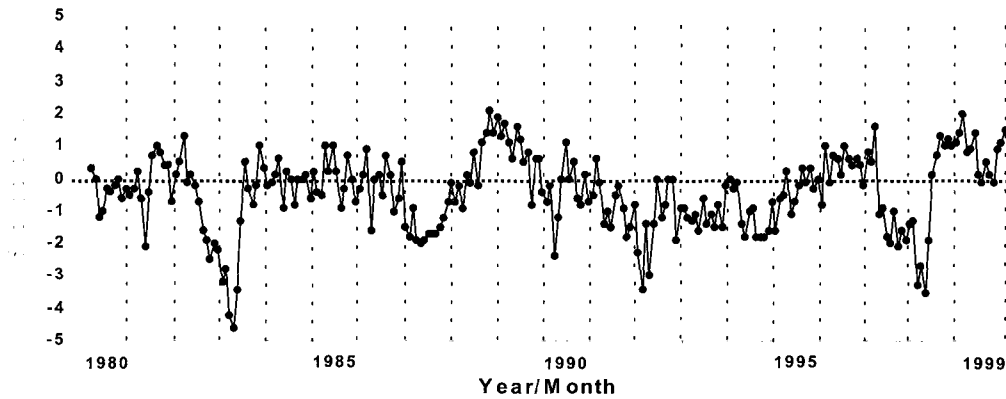


Fig. 1. Monthly variation of standardized sea level press between Tahiti and Darwin from 1980 to 1999.

-1999년에 발생하였다.

본 연구에서는 전체적인 연도별 SOI 값 분포에 따라 1982년, 1983년, 1987년, 1991-1994년, 및 1997년은 엘니뇨 발생해, 1988-1989년, 1999년은 라니냐 발생해로 정의하였고 그외의 해는 정상적인 해로 분류하였다. 그러나 1998년은 전반기에는 엘니뇨, 후반기에는 라니냐 발생으로 뚜렷이 양분되었다.

수온자료

중서부태평양 열대 해역의 해양구조 변동 조사를 위해 미국 해양대기청 (NOAA)이 1982년 대규모 엘니뇨 발생이후 엘니뇨 현상 관측을 위해 태평양 열대 해역 (8°S-8°N, 137°E-95°W)에 설치한 약 70여개의 TAO (Tropical Atmosphere Ocean) 해양 기상 관측 부이에서 관측한 수심별 수온 자료를 이용하였다. 수온자료는 일별로 수심 500 m 까지 수심별 자료를 제공하고 있으며 동자료는 NOAA 웹사이트를 통해서 수집하였다. 이들 자료를 이용하여 월별 수심별 평균 수온을 계산하고, 수온 연직분포도를 통해 열대 태평양 해역에서 엘니뇨, 라니냐 및 정상상태시의 중서부태평양 (WCPO)과 동부태평양 (EPO) 해역의 수온약층 형성 수심 변동을 파악하고 이러한 수온약층 형성 수심 변동이 중서부태평양 다랑어 선망어업의 이용도에 미치는 과정을 추정하여 모식도로 제시하였다.

어획자료 및 해석

중서부태평양 연도별 어획량 변동 파악을 위한 한국 다랑어 어획량 자료는 다랑어 조업선사들이 7-10일 간격으로 한국원양어업협회에 제공한 자료를 취합한 원양어업통계 자료를 이용하였다 (KODEFA, 1994-1999). 중서부태평양 전체 다랑어 어획통계자료는 동 해역의 다랑어 자원관리를 담당하고 있는 남태평양위원회에 각 회원국들이 제출한 자료들을 이용하여 분석하였다 (SPC, 2000).

중서부태평양의 주요 다랑어 선망조업인 일본, 한국, 미국, 대만의 전통적인 조업어장은 중서부태평양의 유사한 해역에서 형성되어 한국의 어장 변동이 다랑어 선망어업 전체의 어장변동을 대표할 수 있는 것으로 나타났다 (Fig. 2).

연도별 한국 다랑어 선망어업의 단위노력당어획량 (CPUE)

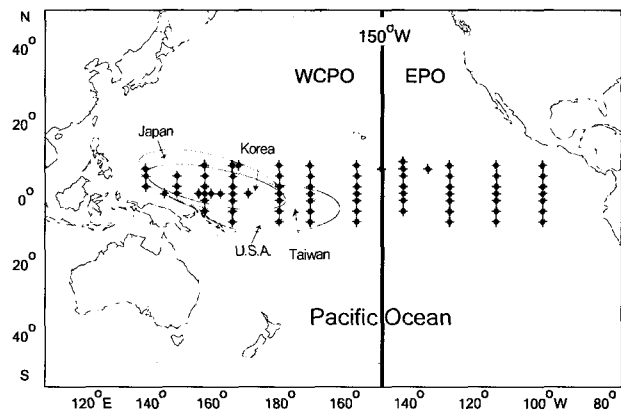


Fig. 2. TAO array moorings in the Tropical Pacific ocean. Circles indicate the traditional fishing ground of major tuna purse seine fishing nations.

자료는 국립수산과학원이 출어선 선장들로부터 수집한 일별 조업위치, 노력량, 종별 어획량 및 표면수온을 기록한 logbook 자료를 이용하였다. 1980년 이후 연별 단위노력당어획량은 전체어획량을 투망회수로 나누어 구하였으며 (mt/set) 또한, CPUE 값을 5개 계급으로 분리하여 어획위치별 (위도 1°×경도 1°)로 도시하여 해황변동에 따른 연도별 어장분포를 파악하였다.

결 과

열대태평양 수온의 연직분포 특성

엘니뇨, 라니냐 및 정상상태시의 다랑어 선망어업 주조업해역인 중서부태평양의 수온약층 형성 수심 변동 파악을 위해 적도해역 (위도 0° 기준)에 설치된 TAO 부이 15개 (143°E, 147°E, 154°E, 156°E, 158°E, 161°E, 165°E, 170°E, 180°, 170°W, 155°W, 140°W, 125°W, 110°W, 95°W)의 일별 수심별 수온자료를 이용하여 1996-1999년간 열대태평양 해역 수온의 월별 연직구조 변동을 분석하였다 (Fig. 3).

월별 SOI 값에 의하면 열대태평양 해역은 1996년-1997년

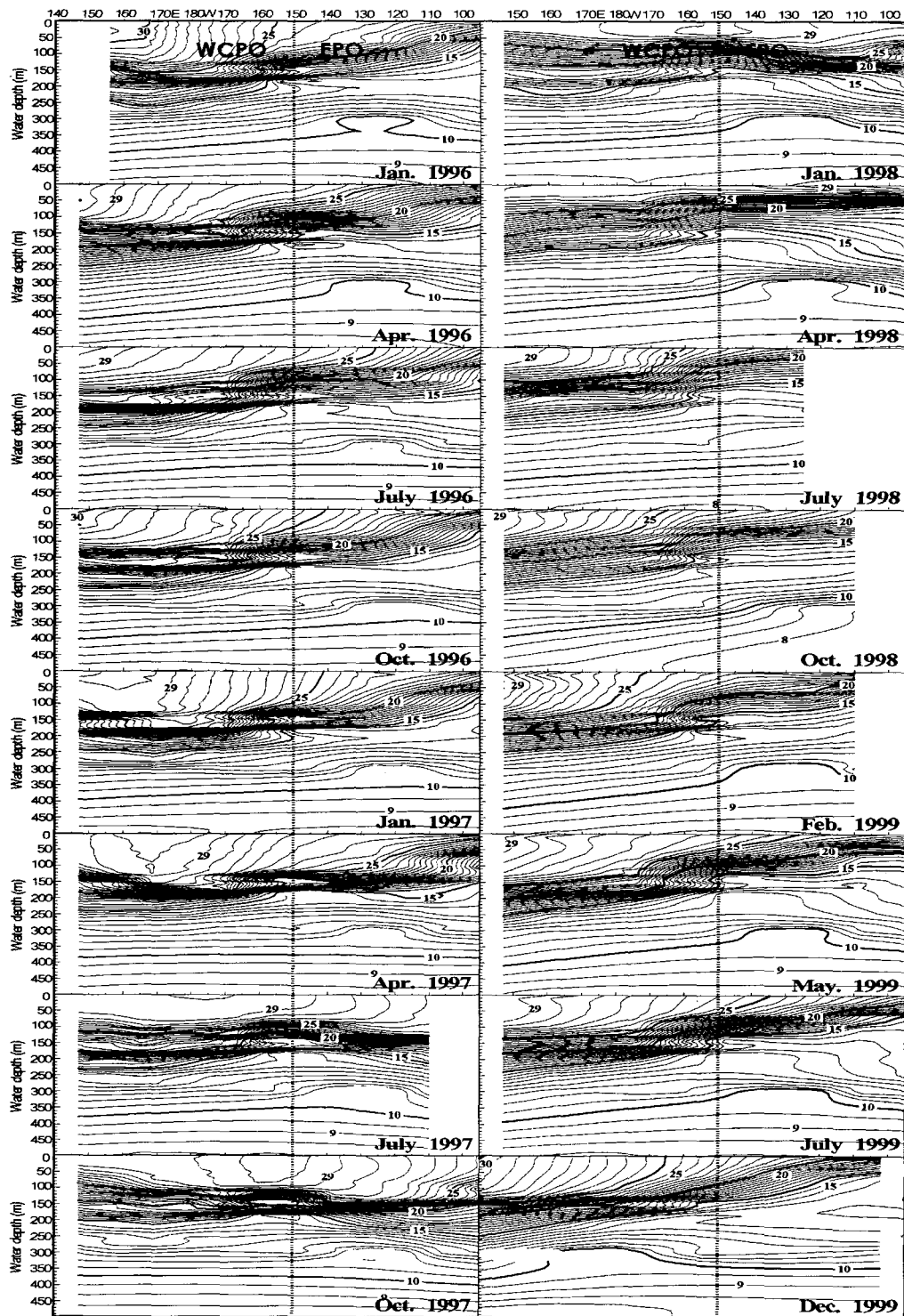


Fig. 3. Monthly vertical profile of water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) along with equatorial in the Tropical Pacific Ocean from 1996 to 1999

2월간은 정상, 1997년 3월-1998년 4월간은 엘니뇨, 1998년6월-1999년은 라니냐 발생시기로 뚜렷하게 구분되었다. 즉, 동시에 정상상태에서 엘니뇨가 발생하고 연속적으로 라니냐가

발생하여 열대태평양의 모든 해양변동에 따른 수온 약층 형성 수심 변동을 가능하게 하였다.

1996년 및 1997년 1월과 같이 정상상태시 중서부태평양의

수온의 연직구조는 등온선이 북동방향으로 비스듬히 대각선 방향으로 형성되고 수온약층은 주로 20℃를 중심으로 150-250 m 수심에서 형성되었다. 반면에 동부태평양에서는 표층 수온은 25℃ 이하이고 동부쪽으로 갈수록 낮아져 수온 약층은 100 m-표층간에 형성되어 중서부 태평양과 뚜렷한 차이를 나타내었다.

1997년 2월 이후에는 엘니뇨가 발생하였고 달의 진행에 따라 강도 (SOI 값)도 증가하여 1998년 초에 최고조에 달했다 (Fig. 2). 이때 중서부 태평양의 수온약층 형성 수심도 엘니뇨의 진행에 따라 점차 얇은 80-220 m에서 형성된 반면, 동부역에서는 정상상태시 주로 100 m-표층간에 형성되던 것이 엘니뇨가 발달함에 따라 중서부 태평양과 거의 동일 수심에서 형성되어 열대 태평양 전역의 수온약층이 태평양 극동 해역을 제외하고는 100-200 m간에서 형성되었다. 따라서 표층수온도 열대태평양 전역이 27-29℃의 고수온을 유지하였다.

1998년 6월 이후 강한 라니냐의 발생으로 동부태평양의 찬물이 중서부태평양로 밀려오면서 중서부태평양에서는 수온약층 형성 수심은 점차 깊어져 300 m까지 달했다. 반면, 동부태평양에서는 수온약층 형성 수심이 얕아지고 110°W 이 동에서는 약층이 형성되지 않았다.

이와 같이 1996-1999년간의 해황 변동에 따른 열대태평양 수온의 연직분포의 특징은 뚜렷한 수온약층 형성 수심의 변화였다. 엘니뇨 발생시 서부태평양에서는 수온약층 형성 수심이 얕아지고 동부태평양에서는 깊어지는 반면, 라니냐시에는 서부태평양에서는 정상보다 깊은 곳에서 수온약층이 형성되는 특징을 나타내었다.

어업대상자원의 어획량 및 단위노력당어획량 변동

중서부태평양 가다랑어 및 황다랑어 어획량 변동

중서부태평양 다랑어 선망어업의 주어획대상종은 주로 상부 혼합층에 분포하고 있는 가다랑어 (skipjack tuna, SKJ)와 황다랑어 (yellowfin tuna, YFT)이며 이들 목표종들은 해황변동에 따라 어획율의 변동 경향을 나타내었다.

중서부태평양에서 어획되고 있는 가다랑어는 선망어업 (purse seine), 채낚기어업 (pole and line)에 주로 어획되고 있으며 1980년 이전까지는 채낚기어업이 전체 어획량의 약 70% 이상을 차지하였으나 1984년 이후 중서부태평양 가다랑어의 약 70% 이상이 선망어업에서 어획되고 있다. 반면, 심층의 대형 황다랑어 및 눈다랑어를 목표종으로 하는 연승어업의 가다랑어 어획량은 거의 없어 상부혼합층에 주로 분포하는 표층성임을 나타내고 있다.

가다랑어 어획량은 주조업해역인 열대태평양의 해황변동 따라 연도별로 뚜렷한 변동 경향을 나타내어 엘니뇨가 발생한 1982-1983년, 1987년, 1991-1992년과 전반기에 엘니뇨가 지속된 1998년에는 어획량이 전년에 비해 증가하였으나, 라니냐가 발생한 1988-1989년 및 1999년에는 어획량이 전년에 비해 다소 감소하였다 (Fig. 4).

중서부태평양 황다랑어는 1980년 이전까지 약 50%가 연승

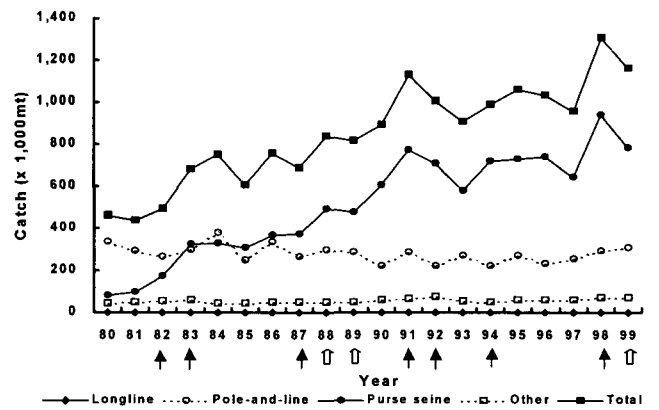


Fig. 4. Total catch of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* by fishing gear in the Western Central Pacific Ocean from 1980 to 1999. Dark and light arrows represent El Niño years and La Niña years, respectively.

어업에서 어획되었으나 최근에는 어획량중 선망어업이 약 55% 이상, 연승어업이 약 13% 정도를 차지하고 있다 (SPC, 2000). 황다랑어는 표층어업인 선망어업과 채낚기 어업에는 주로 중·소형어가 어획되는 반면, 연승어업은 주로 혼합층 아래에 분포하는 중·대형의 황다랑어를 대상으로 조업하기 때문에 어획량이 적은 것으로 나타났다.

중서부태평양 황다랑어 어획량 또한 역시 엘니뇨가 발생한 해에는 그 전년에 비해 증가하고, 라니냐 발생시에는 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 해황에 따른 어획량 변동 경향은 가다랑어 보다 훨씬 더 민감한 것으로 나타났다 (Fig. 5).

한국 다랑어 선망어업 노력당어획량 및 어획물 조성 중서부태평양에서 조업하고 있는 한국 다랑어 선망어업의 연도별 평균 투망당 어획량 (mt/set) 은 전반적으로 엘니뇨가 발생한 해 (1982-1983년, 1995년, 1998년)에는 전년에 비해 증가한 반면, 라니냐 해인 1985년, 1996년 및 1999년에는 전년

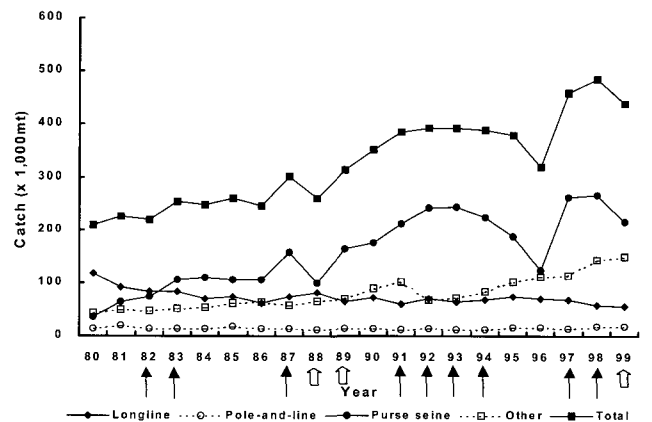


Fig. 5. Total catches of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* by fishing gear in the Western Central Pacific Ocean from 1980 to 1999. Dark and light arrows represent El Niño years and La Niña years, respectively.

에 비해 감소하였다. 그러나 라니냐가 발생한 1988/1989년에는 오히려 투망당어획량이 증가하는 경향을 나타내었다.

그러나 한국 다랑어 선망어업의 목표종인 황다랑어의 투망당어획량은 엘니뇨가 발생해에는 전년에 비해 증가하고 라니냐 발생시에는 감소하는 경향을 뚜렷하게 나타내고 있어 황다랑어가 가다랑어 보다 해황변동에 따른 자원이용도 변동 경향이 뚜렷한 것으로 나타났다 (Fig. 6).

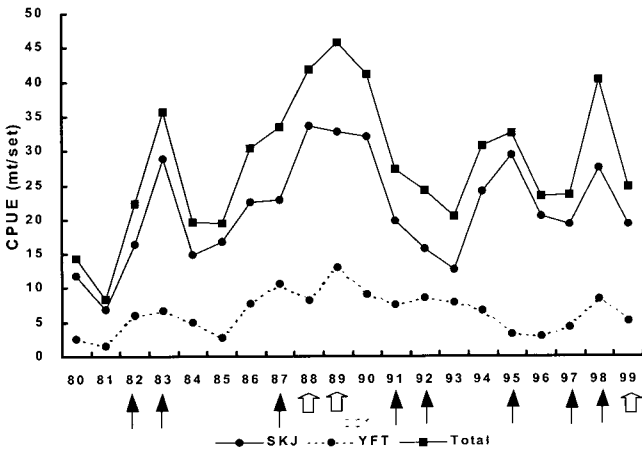


Fig. 6. Annual CPUE variation for Korean tuna purse seine fishery in the Western Central Pacific Ocean from 1980 to 1999. Dark and light arrows represent El Niño and La Niña years, respectively.

한국 다랑어 선망어업은 주로 표면혼합층에 분포하고 있는 가다랑어 및 중·소형의 황다랑어를 목표종으로 하고 있다. 전반적으로 어획물 조성은 가다랑어가 전체 어획물의 70-80%를 차지하고 있다. 그러나 해황변동에 따라 다랑어 선망어업 어획물 조성에 변동 경향이 관측되었다 (Fig. 7).

엘니뇨가 발생한 1983년, 1987년, 1992년 및 1997/1998년에

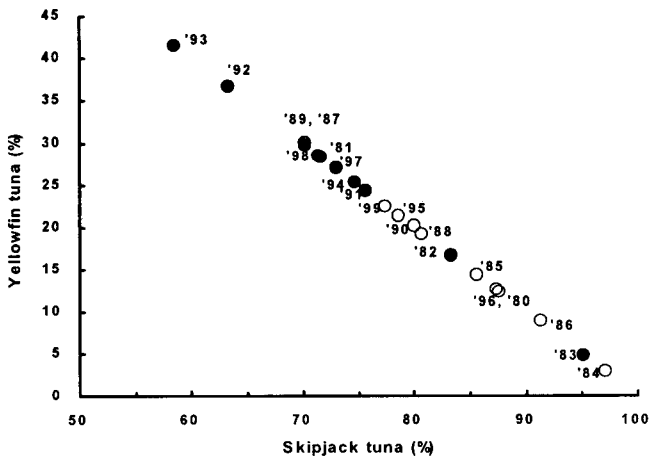


Fig. 7. Relationship between skipjack tuna and yellowfin tuna catch ratio by Korean tuna purse seine fishery in the Western Central Pacific Ocean. Dark and light circles present El Niño years and La Niña/normal years, respectively.

는 황다랑어 비율이 높아지는 반면, 라니냐가 발생한 1984/1985년, 1996년 및 1999년에는 가다랑어의 비율이 높아지는 특징을 나타내었다. 즉, 해황변동에 따른 중서부태평양 다랑어 선망어획량 변동에는 목표종 중 황다랑어가 더욱 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 해황에 따른 다랑어 자원의 분포범위

중서부태평양 한국 다랑어 선망어선들이 제공한 어획량 및 노력량 자료를 기초로 해황변동에 따른 중서부태평양 다랑어 선망 어장의 변동을 통해 다랑어 자원의 분포 경향을 분석하였다. 1980년대 초반에는 한국 선망어선 조업척수가 2-3척으로 어장탐색에 어려움이 있어 조업 어장은 170°E 이서 해역에 한정되어 형성되었다.

1986년 이후 대규모 선단구성 (10-27척)으로 조업어장은 점차 동쪽으로 확대되었다. 엘니뇨가 발생한 1987년 어장이 처음으로 180° 까지 동쪽으로 확장되었으나 라니냐가 발생한 1989년에는 어장이 164°E 이서해역의 서부태평양의 좁은 해역에서 형성되었다.

1990년대 이후 대부분의 어장은 180° 까지 확장되어 형성되었으나 엘니뇨가 발생한 해 (1991년, 1994년)에는 어장이 180° 이동까지 확장되었으며 특히, 1982년 이래 최대의 엘니뇨가 발생한 1997년의 한국 선망어장은 중서부태평양 동쪽 경계역인 150°W까지 확장되었다 (Fig. 8).

이와 같이 엘니뇨 발생시 중서부태평양 다랑어 선망어장이 동쪽으로 확장되는 이유는 중서부태평양의 고온수가 동부태평양쪽으로 밀려가면서 어군도 더운물과 함께 동부태평양으로 이동하기 때문이며 표면혼합층의 어군을 대상으로 조업하는 선망어장도 확대되는 것으로 나타났다. 반면, 라니냐 발생시에는 동부태평양의 찬 용승류가 정상상태보다 더욱 서부태평양쪽으로 밀려와 어장범위가 좁아지는 것으로 나타났다.

### 고찰

본 연구에서는 열대태평양에서 발생하는 엘니뇨 및 라니냐가 표면혼합층에 서식하고 있는 가다랑어 및 중·소형의 황다랑어를 목표종으로 조업하고 있는 다랑어 선망어항에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 해황변동이 다랑어 분포 및 어장형성 등에 영향을 미치고 계속해서 어항에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

다랑어류의 분포에 가장 큰 영향을 미치는 수온, 용존산소 및 먹이생물은 엘니뇨 및 라니냐 발생시 야기되는 상부혼합층수의 이동에 따른 수온약층 수심 변동에 따라 분포범위가 달라지게 되고 계속해서 이러한 환경요인에 민감하게 반응하는 다랑어류의 분포에 영향을 미치는 것으로 추정된다.

중서부태평양에서 엘니뇨 발생시 다랑어 선망어업 어획량이 증가하는 이유는 수온약층 형성 수심이 얕아져 상부혼합층 및 수온약층 상부에 주로 분포하는 가다랑어 및 황다랑어의 분포공간이 좁아져 어군이 밀집되어 자원이용도가 증가하기

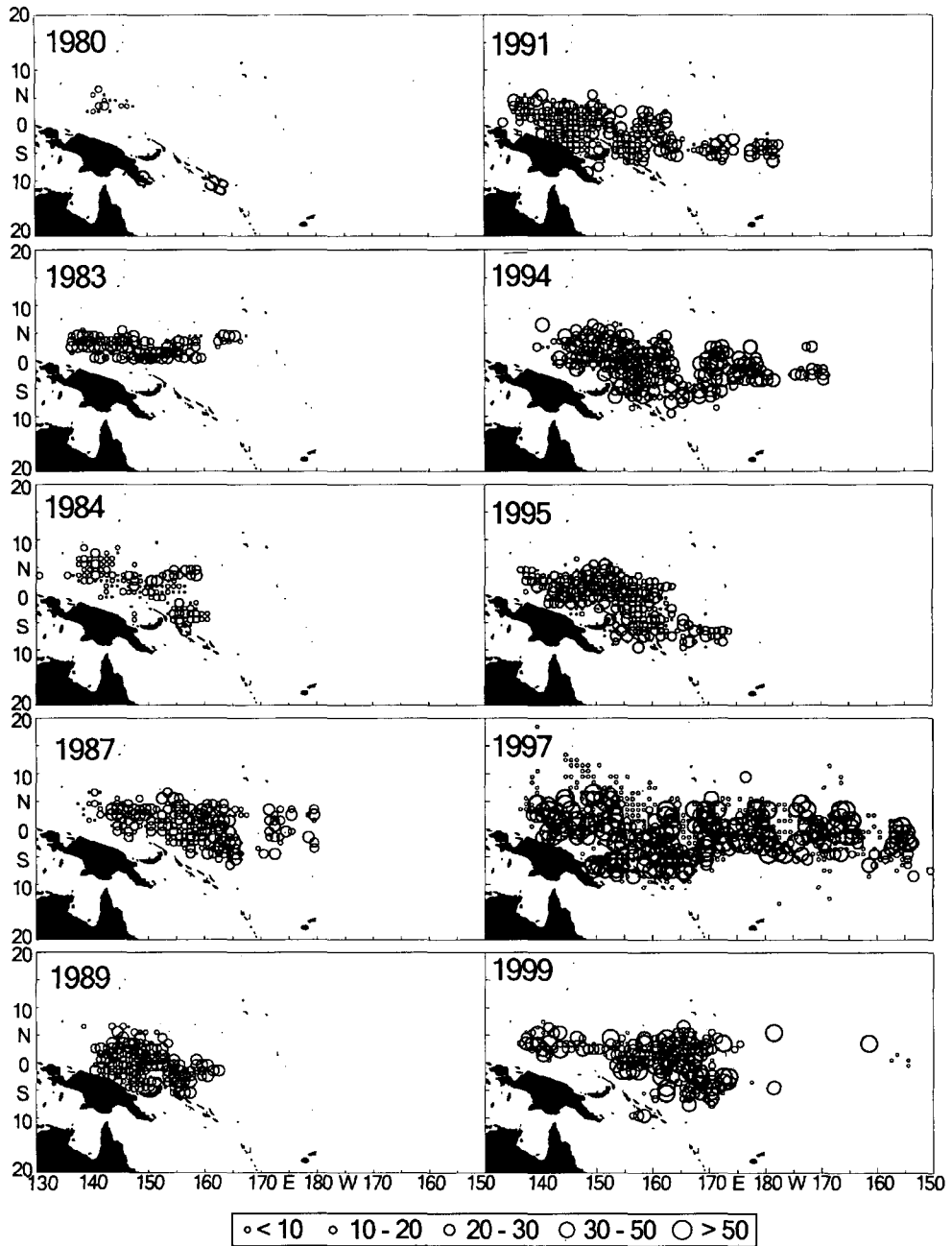


Fig. 8. CPUE (mt/set) distribution of Korean purse seine fishing area per sea block ( $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ) in the Western Central Pacific Ocean in El Niño and La Niña years for 1980-1999.

때문이었다. 또한 다랑어 선망어선들이 사용하는 선망어구의 깊이가 정상상태시에 170-220 m 수심까지 전개가 가능하나 중서부태평양에서 정상상태시 수온약층이 100-250 m 수심에서 형성되어 어획이 불가능하던 다랑어류도 엘니노 발생시에는 수온약층이 어구전개 수심보다 낮아져 자원이용도가 증가해 어획효율이 높아지는 것으로 추정된다 (Fig. 9). 엘니노 발생시 일본의 동부태평양 눈다랑어 연승 어장이 동쪽으로 확장되어 형성되고 어획량도 높게 나타나며, 태평양 눈다랑어

의 자원량 지수 및 어획효율이 증가하고 중서부태평양 황다랑어는 상부혼합층 심도가 얇을 때 연승 및 선망(가다랑어 포함)의 어획효율이 좋아진다는 보고가 있었다 (Hanamoto et al., 1989, Miyabe et al., 1989). 반면, Joseph et al. (1989)는 동부열대태평양에서 엘니노 발생으로 인해 상부혼합층 심도가 깊어지면 황다랑어의 어획효율은 나빠진다고 보고하였다. 따라서 동 연구 결과들은 본 연구결과를 잘 뒷받침하고 있다.

NOAA의 환경예측센터 (NCEP) 및 기후예측센터 (CPC)는

Table 1. Seasonal cold (La Niña) and warm (El Niño) episodes by NECP/CPC in the Tropical Pacific Ocean from 2000 to 2002

Year	Season			
	Jan.-Mar.	Apr.-June	July-Sep.	Oct.-Dec.
2000	C	C-	N	C-
2001	C-	N	N	N
2002	N	W-	W	W

\*C, moderate strength cold period; C-, weak cold period; N, normal period; W, moderate strength warm period; W-, weak warm period.

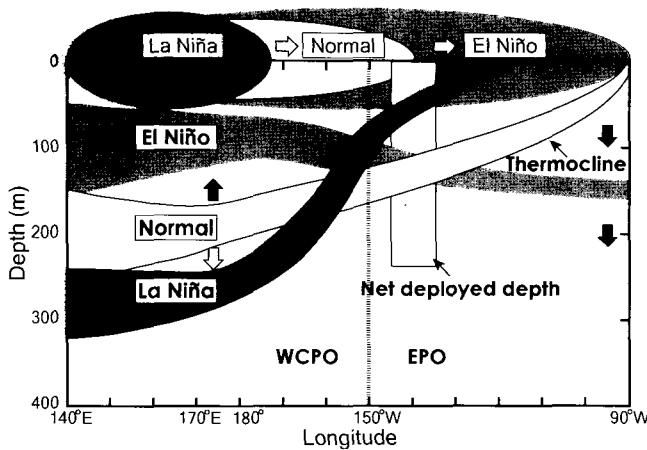


Fig. 9. Schematic diagram for the variation of depth of thermocline layers in accordance with cold and warm episodes in the tropical Pacific Ocean.

열대태평양의 150°E-날짜변경선간 해역에서의 계절별 엘니뇨 및 라니냐 강도를 분류하여 예보하고 있으며 2000년에는 라니냐, 2001년은 정상, 2002년에는 4월 이후 엘니뇨가 발생한 것으로 발표하였다 (Table 1).

한국 다랑어 선망어획량은 2000년 약 170,000만톤, 2001년에는 약 178,000톤이었으나 2002년 4월 이후 발생한 엘니뇨의 영향으로 2001년에 비해 어획노력량을 30.7% 감소시켰음에도 불구하고 어획량 (206,000톤)은 전해에 비해 오히려 증가하여 본 연구결과인 엘니뇨 발생시 선망어업 대상 다랑어류의 자원 이용도 증가를 잘 뒷받침하고 있다. 따라서 본 연구결과는 향후 중서부태평양 다랑어어업 어획 예측 기술 개발을 위한 자료로 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- FAO. 1997. Review of the state of world fishery resources: Marine Fisheries. Fisheries Circular No. 920. FIRM/C920(En), ISSN 0429-9329, 118-127.
- Hanamoto E. and S. Takeuchi. 1989. Effect of El-Niño

on bigeye tuna resources in the eastern Pacific ocean. Bull. Jap. J. Fish. Oceanogr., 53(1), 80-84. (in Japanese)

Joseph, J. and F.R. Miller. 1989. El-Niño and the pelagic fishery in the eastern Pacific Ocean. Bull. Jap. J. Fish. Oceanogr., 53(1), 77-80.

Korea Deep-Sea Fishery Association (KODEFA). 1994-1999. The Korean Deep-Sea Fishery Yearbook. Vol. 16-21.

Lehodey, P., M. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis and J. Picaut. 1997. El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. Nature, 389, 715-718

Miller, F.R. and R.M. Laurs. 1975. The El Niño of 1972-1973 in the eastern tropical Pacific Ocean. Bull. I-ATTC, 16(5), 403-448.

Miyabe, N., T. Koi and J. Suzuki. 1989. El-Niño and tuna fishery (relation with long live fishery). Bull. Jap. J. Fish. Oceanogr., 53(1), 70-76. (in Japanese)

Moon, D.Y., J.U. Lee and J.B. Kim. 1996. On the log-associated school fishery of Korean tuna purse seiners. J. Kor. Fish. Soc. 29(2), 197-207. (in Korean)

Park, Y.C., W.S. Yang and T.I. Kim. 1994. Status of Korean tuna longline and purse seine fisheries in the Pacific Ocean. FAO Fisheries Technical Paper No. 336, Vol. 2, 153-162. (in Korean)

Park, Y.C., J.U. Lee, J.B. Kim, and D.Y. Moon. 1998. Fishing grounds and fishing efficiency by using helicopter for the Korean tuna purse seine fishery in the Western Tropical Pacific Ocean. J. Kor. Soc. Fish. Res., 1(1), 59-66. (in Korean)

SPC (Secretariat of Pacific Community). 2000. Tuna Fishery Yearbook 1999, 138 pp.

2003년 3월 24일 접수

2003년 8월 2일 수리