



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학박사 학위논문

중서부태평양 수역 우리나라 다랑어
선망어업의 조업 특성 및
대응방안 연구



2016년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학 과

이 미 경

이학박사 학위논문

중서부태평양 수역 우리나라 다랑어
선망어업의 조업 특성 및
대응방안 연구

지도교수 이 춘 우

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.

2016년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학 과

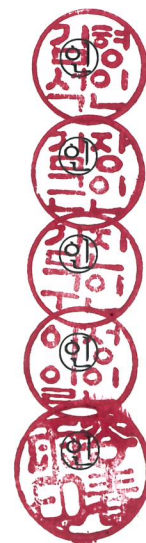
이 미 경

이미경의 이학박사 학위논문을 인준함.

2016년 2월



주	심	수산학박사	김형석
위	원	이학 박사	김장근
위	원	이학 박사	김진구
위	원	이학 박사	이성일
위	원	수산학박사	이춘우



목차

Table of contents	i
List of figures	v
List of tables	xii
Abstract	xiii
I. 서 론	1
II. 다랑어 선망어업의 어획 실태 및 조업 특성	7
1. 서론	7
2. 자료 및 방법	13
2.1 자료	13
2.2 방법	14
3. 결과	18
3.1 어획 동향 분석	18
3.2 조업 형태별 분석	27
3.2.1 조업 형태별 어획 동향	27
가. 어획 노력 비율	27
나. CPUE	27
다. 조업 성공률	28
3.2.2 조업 형태와 조업 특성	32
가. 조업 형태별 어종간의 관계	32

나. 조업 형태별 어획물 조성 분석	36
다. 조업 형태별 어종별 체장 조성 분석	38
라. 조업 시간별 분석	40
4. 고찰	45

III. 다랑어 선망어업의 조업어장분포와 해양 환경과의 관계55

1. 서론	55
2. 자료 및 방법	58
2.1 자료	58
2.2 방법	61
3. 결과	63
3.1 조업어장 분포	63
3.1.1 어획 및 노력 분포	63
3.1.2 어종별 어획 및 CPUE의 정도별 분포	67
3.1.3 조업 형태별 노력 및 CPUE의 정도별 분포	73
3.2 수역별 분석	79
3.2.1 연도별 어획량 및 CPUE	79
3.2.2 연도별 조업 형태별 어획 노력 및 CPUE	85
3.3 해양 환경적 분석	84
3.3.1 어종별 환경지수에 따른 어장 변동	84
3.3.2 조업 형태별 어장 변동	90
4. 고찰	95

IV. 중서부태평양수산위원회 보존관리조치가 우리나라 다랑어 선망어 업에 미친 영향과 향후 대응 방안	103
1. 서론	103
2. 자료 및 방법	105
2.1 중서부태평양수산위원회 보존관리조치 구축배경 및 개정과정	105
2.2 보존관리조치가 우리나라 선망어업 및 주요 조업국의 어획 동향에 미친 영향	106
3. 결과	107
3.1 열대다랑어에 관한 보존관리조치 구축배경 및 개정과정	107
3.1.1 도입배경	107
3.1.2 FAD금어기 및 조업노력제한	109
3.2 보존관리조치 이행과 선망어업 동향간의 관계	115
3.2.1 FAD 금어기	115
가. FAD 금어기 설정과 관련한 월별 어종별 어획 및 노력 비율 확인	115
나. 조치 이행에 따른 월별 어획량 및 노력량 변화	115
다. FAD 조업과 눈다랑어 어획량 간의 관계	116
3.2.2 서부포켓공해수역 조업금지	122
3.2.3 공해수역 조업제한	122
3.2.4 주요 조업국의 어획 동향간의 비교	126
4. 고찰	129
V. 종합 고찰	136
VI. 요약	143
VII. 참고문헌	146

감사의 글	152
Appendix	154



List of figures

Fig. 1.1. Global tuna catch by ocean (including Bigeye, Yellowfin, Skipjack and Albacore) for the period 1960~2013	6
Fig. 1.2. Total catch by flag caught in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2013	6
Fig. 2.1. General process on fishing operation of purse seine fishery ·	11
Fig. 2.2. Data coverage of Korean tuna purse seine fishery compiled from logbook by year for the period 1980~2014	17
Fig. 2.3. Trends in catch of main species (Skipjack, Yellowfin, Bigeye) caught by Korean tuna purse seine fishery operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	22
Fig. 2.4. Trends in annual number of active vessels, average vessel tonnage and proportion of vessel tonnage class belonging to Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	22
Fig. 2.5. Comparison of trends in annual fishing effort (No. of set) and number of set per number of active vessels of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1980~2014 ·	23
Fig. 2.6. Trends in annual CPUEs (mt/No. of set, mt/No. of active vessel) of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	23
Fig. 2.7. Trends in annual catch and effort by total tons of active vessels belonging to Korean tuna purse seine fishery operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	24

Fig. 2.8. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) by main species and species composition of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	25
Fig. 2.9. Change in proportion of annual catch and effort (No. of set) by quarter of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	26
Fig. 2.10. Trends in proportion of effort by set type of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1982~2014 ..	29
Fig. 2.11. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) by set type of Korean tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	29
Fig. 2.12. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) of main species by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014	30
Fig. 2.13. Trends in proportion of success set based on the level of catch amount considered as failed set by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	31
Fig. 2.14. Comparison of total and successful CPUE by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	31
Fig. 2.15. Trends in species composition by set type of Korean tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014	34
Fig. 2.16. Trends in catch proportion of set type by species of Korean	

tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	35
Fig. 2.17. School composition by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	37
Fig. 2.18. Trends in annual proportion of school composition caught by Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	37
Fig. 2.19. Distribution on length frequency of Skipjack and Yellowfin by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 2004~2013	39
Fig. 2.20. Distribution on proportion of decadal catch and effort, and CPUE based on the start time of set of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	42
Fig. 2.21. Distribution on proportion of decadal effort by set type based on the start time of set of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	43
Fig. 2.22. Comparison of average catch relating to operating time by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014	44
Fig. 2.23. Trend in average operating time (min) and CPUE by 5 years of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean	44
Fig. 3.1. Revised regional structure for Skipjack tuna in the Western and Central Pacific Ocean	60
Fig. 3.2. Variation in monthly Oceanic Nino Index (ONI) and	

Multivariate ENSO Index (MEI) for the period 1980~2014	60
Fig. 3.3. Distributions on 5-years average catch and effort by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	65
Fig. 3.4. Longitudinal distribution of decadal average catch and CPUE by species of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	70
Fig. 3.5. Proportion of catch by species by latitude (North/South) and longitude (East/West) caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	71
Fig. 3.6. Longitudinal distributions of monthly catch by species of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	72
Fig. 3.7. Longitudinal distribution of total effort (No. of set) and CPUE (mt/No. of set) by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014	74
Fig. 3.8. Longitudinal distributions on catches and CPUE (mt/No. of set) of main species by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014	74
Fig. 3.9. Proportion on catch of main species by set type by latitude (North/South) and longitude (East/West) caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific	

Ocean for the period 1982~2014	77
Fig. 3.10. Longitudinal distributions on monthly proportion of effort (No. of set) by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014	78
Fig. 3.11. Trends in annual total catch and CPUE (mt/No. of set) by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	81
Fig. 3.12. Trends in annual catch and CPUE of main species by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	81
Fig. 3.13. Trends in annual effort (No. of set) and CPUE (mt/No. of set) by set type by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014	83
Fig. 3.14. Time series of Multivariate ENSO Index (MEI) and CPUE (mt/No. of set) for Skipjack and Yellowfin for the period 1980~2014	86
Fig. 3.15. Variation in monthly longitudinal gravity center of CPUE for Skipjack and Yellowfin and Multivariate ENSO Index (MEI) for the period 1980~2014	87
Fig. 3.16. Distribution on proportion of Skipjack and Yellowfin catch in the total purse seine catch caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the El-niño(1997, 2002) and La-niña(1996, 2011) seasons	88

Fig. 3.17. Longitudinal distributions on proportion of Skipjack and Yellowfin catch in the total purse seine catch caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the El-niño (1997, 2002) and La-niña (1996, 2011) seasons	89
Fig. 3.18. Relationship between the proportion of fishing effort by set type and Oceanic Niño Index	91
Fig. 3.19. Distribution on average fishing effort by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the 1997, 2002 (El-niño)	92
Fig. 3.20. Distribution on average effort by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the 1996, 2011 (La-niña)	93
Fig. 3.21. Longitudinal distribution on proportion of fishing effort by set type during El-niño(1997, 2002) and La-niña(1996, 2011) seasons	94
Fig. 4.1. Comparison of monthly distribution of catch by species by implementing CMM2008-01 on FAD closure	119
Fig. 4.2. Comparison of monthly distribution of effort (No. of set) by set type by implementing CMM2008-01 on FAD closure ..	119
Fig. 4.3. Comparison of monthly distributions on effort of associated set and Bigeye catch by implementing CMM2008-01 on FAD closure	120
Fig. 4.4. Comparison of trends in number of FAD set and Bigeye catch of Korean tuna purse seine fishery for the period 2001~2012	121

Fig. 4.5. Distribution on proportion of fishing effort in the High Sea Pockets	124
Fig. 4.6. Trend in annual fishing effort (No. of set) and proportion of catch by regions (EEZ/High Sea) for the period of 1980~2013	125
Fig. 4.7. Comparison on number of FAD set by major flag for the period of 2001~2012	127
Fig. 4.8. Comparison on proportion of catch by associated set in the total catch by major flag for the period of 2001~2012	127
Fig. 4.9. Comparison on proportion of BET catch in the Total catch by major flag for the period of 2001~2012	128



List of tables

Table 3.1. Result on correlation of Multivariate ENSO Index and position of main fishing ground of Korean tuna purse seine fishery	87
Table 4.1. The ranks of proportion of monthly catch (by species) and effort (by set type) by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1996-2005	118
Table 4.2. Trends in proportion of effort (No. of set) operating in the pocket High Sea by implementing CMM2008-01 on high seas pocket	123

Study on fishing characteristics and strategies of
Korean tuna purse seine fishery in the
Western and Central Pacific Ocean

Mi Kyung Lee

*Department of Fisheries Physics, The Graduate school,
Pukyong National University*

Abstract

Purse seine fishery is the dominant fishery, which accounts for over 70% of total tuna catch produced in the Western and Central Pacific Ocean – the largest tuna production area. Total catch of purse seine fishery had substantially increased due to the expansion of fleets belonging to main Distant Water Fishing Nations (DWFN) and Pacific Islands, and enhancement of fishing capacity adopted by cutting-edge equipments and new fishing methods for purse seine fishery over the past three decades. However, adverse effects caused by purse seine fishery on tuna resources are being reported. Especially, associated set type using floating objects (hereafter 'associated set') such as Fish Aggregating Device (FAD) are pointed out as the main cause of

deteriorating various pelagic resources, since this fishing type are likely to bycatch not only juvenile of target species but variety of non-target species. Therefore, Regional Fisheries Management Organizations (RFMOs) are adopting a number of measures to conserve resources. Korea is one of the major fishing countries of tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean, and tuna purse seine fishery is one of the most important fishery in the Korean distant water fisheries. So it is a prerequisite to understand the fishing characteristics of Korean tuna purse seine fleets, in order to respond to RFMOs' tightened regulation on purse seine fishery.

In this study, trends and characteristics of Korean tuna purse seine fishery were analyzed, and distribution of fishing ground and correlation between oceanographic conditions and fishing trends were investigated. As analyzing changes in fishing patterns of Korean tuna purse seine fishery implemented by conservation and management measures of RFMO, it aims to prepare countermeasures for the measures to be tightened.

Fishing trends and characteristics of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean were investigated using logbook data compiled from captain onboard and the statistical data from 1980 to 2014. And changes in fishing ground and correlation between marine environmental factors and fishing patterns were investigated using Multivariate ENSO Index (MEI) and Oceanic Nino Index (ONI). In addition, as analyzing changes in fishing patterns of Korean tuna purse seine fishery implemented by conservation and management measures of

RFMO, it aims to prepare countermeasures for the measures to be tightened.

In the results of the analysis on trends and characteristics of Korean tuna purse seine fishery, the historical catch had sharply increased since mid-1980s and recorded over 2 hundred thousands in 1991. However, it had shown a decreasing trend from 1990s to early 2000s, while increasing again from 2006, producing an average catch of 250 thousands over the last 3 years. The number of active vessels recorded at 39 of the highest in 1990, then declined to the level of 26~29 vessels to date, while catch per vessel and number of set per vessel are showing a continuous increase. The proportion of unassociated set using floating objects (hereafter 'unassociated set') was greater than that of associated set. CPUEs (mt/No. of set) only considering succeeded fishing operations were similar for both set types, while CPUE of associated set was higher than unassociated set. Catch proportion of Skipjack and Bigeye were higher in the associated set, whereas that of Yellowfin was higher in the unassociated set. Especially, most of Bigeye were caught by associated set.

Fishing distribution of Korean tuna purse seine fishery was concentrated in the Western Pacific area of 5°N~10S° and 140°E~180° through the decades, and it was gradually expanding toward east. Catch distribution was concentrated in the major fishing ground, but CPUE was relatively high in the east of 180°. Fishing distribution by set type showed that the unassociated set was wider toward east than that of the associated set. Among the associated sets, fishing distribution of log

set was concentrated in the west of 160°E, whereas that of FAD set shown high portion in the east of 160°E. Concerning influence on creating fishing ground by change of oceanographic conditions, it represented that the stronger the El-nino is, the more the fishing ground expands toward east, along with the main fishing area shifting toward east. Also, Yellowfin CPUE tended to increase, and high catch proportion of Yellowfin was observed in the east part of the Western and Central Pacific Ocean during the El-nino seasons. Concerning the fishing characteristics by set type, it represented that log set has shown higher proportion of set during El-nino seasons, whereas FAD set has shown during La-nina seasons. As Korean tuna purse seine fishery mainly operates with the unassociated set type, position of main fishing ground were substantially affected by oceanographic conditions.

The key measures, which are to manage fishing effort of purse seine fishery and to limit fishing capacity are restrictions on FAD set and set on the High Sea in the Western and Central Pacific Ocean. As FAD set are pointed out as the main cause of overfishing juvenile of Yellowfin and Bigeye, FAD closure and restriction of number of FAD set were adopted to manage use of FAD. In addition, any set was prohibited on the High Sea Pockets, where had shown high proportion of fishing effort, and all FAD sets on the High Sea will be banned from 2017. Variation in fishing trends of Korean tuna purse seine fishery seems to be marginal than other major DWFN as implementing such measures above. The main reason is that Korean tuna purse seine fishery has unique fishing characteristics focusing on the unassociated set.

I. 서론

전 세계 해면어업 어획량의 약 9% (2012년)를 차지하는 다랑어류 및 유사종의 세계 총 어획량 (약 480만톤 (2014년 기준))의 60%가 중서부태평양에서 생산된다 (FAO, 2014 ; Williams and Terawasi, 2014) (Fig. 1.1). 우리나라의 다랑어류 및 유사종 어획량의 99%가 중서부태평양에서 어획하고 있다는 점에서 그 중요성이 부각된다 (2012년 기준). 중서부태평양은 "중서부태평양 고도회유성어족의 보존과 관리에 관한 협약¹⁾" 제9조에 따라 2004년 6월 19일 설립된 중서부태평양수산물위원회 (WCPFC)²⁾의 협약수역이며, 우리나라는 WCPFC 설립과 동시에 회원국 (26개 회원국, 8개 회원국 해외영토, 7개 협력적비회원국)으로 가입했다. 중서부태평양 협약수역에서의 다랑어 어업은 WCPFC의 보존관리조치 (Conservation and management measure, CMM)에 의해 운영되기 때문에 동 조치들의 정확한 이해와 준수는 지속가능어업의 선결조건이라 할 것이다.

다랑어는 태평양, 인도양 및 대서양의 전 대양에 분포하는 고도 회유성 어종인 다랑어류 (가다랑어 *Katsuwonus pelamis*, 눈다랑어 *Thunnus obesus*, 황다랑어 *T. albacares*, 날개다랑어 *T. alalunga*, 태평양참다랑어 *T. orientalis*, 대서양참다랑어 *T. thynnus*, 남방참다랑어 *T. maccoyii*)와 새치류 (청새치 *Tetrapturus audax*, 황새치 *Xiphias gladius*, 흑새치 *Istiompax indica*, 녹새치 *Makaira nigricans*, 돛새치류 *Istiophorus* spp. 등)를 통칭하고 있다. 다랑어류 중 열대 수역 (20°N~20°S)에 분포하는 가다랑어, 눈다랑어, 황다랑어를 열대

1) Convention on the conservation and management of highly migratory fish stocks in the Western and Central Pacific Ocean

2) Western and Central Pacific Fisheries Commission

성 다랑어류라 하며 온대수역 (40°N~40°S)에 분포하는 참다랑어류와 날개다랑어는 온대성 다랑어류라고 한다 (국립수산물과학원, 2010). 참치는 다랑어류와 새치류를 통칭하는 일화적 속어로 정의하는 것이 적합하다.

다랑어류는 선망어업 (Purse seine fishery), 연승어업 (Longline fishery), 채낚기어업 (Pole and line fishery) 등 산업적 규모의 어업뿐만 아니라 다양한 소규모 영세어업에 의해서도 어획된다. 이 중 선망어업에 의한 어획량은 선망어업이 본격적으로 시작된 1980년대 이전에는 총 어획량의 12% 이하의 미미한 어획비율을 차지하였으나 최근에는 70% 이상을 차지하고 있어 WCPFC의 보존과 관리에 있어 매우 중요한 어업이다. 특히 1980년대 이래 선망어업의 전통 강국인 미국과 원양 조업국인 한국, 일본, 대만의 4개국에 의해 주도적으로 운영되어 왔다. 그러나 1994년 UN 공해어업협약 (UNCLOS)³⁾의 발효 이후 태평양 연안국들이 선망어업에 적극적으로 참여함에 따라 조업국간 치열한 경쟁이 불가피해졌다 (Williams and Terawasi, 2014) (Fig. 1.2). 그럼에도 불구하고 우리나라는 주요 선망 조업국으로서 생산량에서 수위를 기록하고 있어 다양한 측면에서 의미하는 바가 적지 않다.

현재 우리나라 원양어업에서 다랑어 어업의 비중은 생산량과 생산금액에서 각각 73%, 70% (2014년 기준)로 우리나라 수산물 수출품목 1위를 차지하고 있으며 이중 선망어업은 각각 64%, 50%의 비중을 차지하면서 우리나라 원양어업에서 가장 중요한 어업으로 꼽히고 있다⁴⁾. 우리나라 다랑어 어업은 인도양에서 연승어업으로 처음 시작되었으며 가다랑어 채낚기 어업과 함께 1960년대부터 급격히 성장하여 1970년대 중반에는 약 600척의 선박이 세계 전 대양에서 다랑어를 어획하였으며 생산품의 전량을 수출함으로써 우리나라 경제에 크게 이바지 하였다. 그러나 1980년대에 들어서면서

³⁾ United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS

⁴⁾ 「2015년 원양어업 통계조사」 원양어업(단독) 결과 (해양수산부, 2015)

대상 자원의 감소와 더불어 유가 및 임금 인상 등 어업 비용의 증가로 인한 경영수지 악화로 조업 유지에 어려움을 겪게 되자, 당시 미국과 일본 등 수산 선진국으로부터 각광을 받고 있던 선망어업으로 관심을 돌리게 되었다 (국립수산물과학원, 2007). 이에 따라 태평양 수역 다랑어 선망어업의 기득권을 확보하기 위한 정부의 경제적 지원과 함께 어로와 항법에 대한 전문 교육을 받은 간부선원들을 미국 어선으로 파견하는 등 (현 등, 1992)의 선사의 다양한 노력으로 1980년대 중반부터 중서부태평양 수역 선망어업의 선단이 크게 확대되었다. 반면 가다랑어를 대상으로 하는 채낚기 어업은 1980년대 중반 이후 완전히 사라졌으며 연승어업 역시 1977년에 최고 어획량을 기록한 이후 계속적으로 감소함에 따라 다랑어종을 대상으로 하는 어업들 중 선망어업의 비중이 상대적으로 더욱 증가하게 되었다.

다랑어 선망어업은 위성 부이를 장착한 어군유집장치 (Fish Aggregated Device, FAD), 탐조레이더, 소나, 어탐기 등의 첨단장비 및 강력한 인망능력을 가진 양망기, 고속의 보조선 등을 이용한 일시 다확성의 적극적 어법을 가짐에 따라 다른 어업들에 비해 조업 효율성 (Fishing efficiency)이 높은 반면 선택성이 낮은 어업이다. 따라서 이와 같은 선망어업의 조업 특성에 의해 발생하는 다양한 문제들이 제기되고 있다. 첫 번째로 유목군 조업에 의한 눈다랑어와 황다랑어 자치어 어획 및 비목표종의 부수어획에 대한 문제이다. WCPFC 과학위원회의 자원평가의 결과에 따르면 선망어업의 대상어종인 가다랑어의 자원 상태는 안정적임에 반하여 눈다랑어와 황다랑어는 계속적으로 자원이 감소하고 있으며, 특히 눈다랑어 자원은 과도어획된 상태이며, 현재에도 과도어획이 일어나고 있다. 뿐만 아니라 상어종과 가오리종 등의 부수어획종 역시 자원의 감소와 함께 높은 위험수준을 보임에 따라 이들 자원을 보호하기 위한 관련 조치와 기술 개발이 필요한 실정이다. 두 번째로 어획물로부터 소형 눈다랑어와 가다랑어의 종식별이 어려워 눈다랑어

가 가다랑어 어획으로 보고되고 있어 어획량 추정에 어려움이 있다. 세 번째는 어군집어장치와 침단장비 및 시설의 활용으로 가다랑어의 자원평가에 사용할 수 있는 유의한 단위 노력당 어획량 (CPUE) 추정치를 아직 구하지 못하고 있는 것이다. 이것은 부상군 (Unassociated school)과 유목군 (Associated school)으로 구분되는 조업 형태에 따라 투입되는 조업 지원 장비가 다르며, 조업과정, 조업 시간, 어장형성 및 어획 이동 조성에 차이가 있는 것으로 알려져 있고 (Don et al., 2003), 28°C 이상의 따뜻한 해수에 서식하는 수온변화에 민감한 가다랑어 서식생태로 인해 해황의 변화가 어장 형성에 민감하게 영향을 미치기 때문이다 (Lehodey, 2000).

위와 같은 선망어업의 복잡성과 생태계에 미치는 영향을 구명하기 위해 WCPFC는 선망어업과 관련하여 지속가능한 어업 (자원과 생태계의 보존에 의한 높은 통계학적 확률의 안정적 최대 지속가능한 생산)을 위해 필요한 조업 및 생물학적 자료 수집, 자원생물학적 특성치 도출을 위한 조사, 자원평가의 향상을 위해 다양한 보존관리조치를 채택하여 시행하고 있다. 여기에서 조업 및 생물학적 자료수집과 자원생물학적 특성치 및 자원평가 향상을 위한 조사연구 활동으로는 과학옵서버에 의한 선망 어획물의 선상 종조성 조사, 선망 어획물의 양육향 및 캐너리에서의 종조성 조사, 열대성 다랑어류 태평양 표지방류 및 재포 조사가 진행 중이다. 최근 추가된 항목은 선망 CPUE의 연구를 위한 FAD 조업정보의 수집과 조업일지 작성 (국별 FAD관리 이행계획) 그리고 선망조업기술의 역사적 변천과 발전에 따른 어획 노력의 증가 (Effort creep)에 관한 연구이다. 자원 및 생태계를 보존·관리하기 위한 관리 정책적 사항으로는 열대성 다랑어종별 어획한도 설정, 선망 조업일수 (어군탐색과 어획) 제한, FAD 조업금지 기간의 설정 및 FAD 조업횟수의 제한 등을 이행하고 있다. 위의 이행결과는 매년 정해진 제출기한에 따라 WCPFC 사무국에 제출하고 과학위원회와 기술이행 위원회에 보

고, 검토되며 이에 따라 권고안이 마련되어 위원회의 보존관리조치에 반영된다. 최근 지역수산물관리기구들은 국별 관리자, 선장, 과학자 및 이해관계자가 참여하는 합동 작업반을 설치·운영하여 공동 해결방안을 모색하는 체제를 확립하였다. 동 작업반 참여를 위해서는 회원국별 관계자들, 즉 우리나라 선망어업 관계자들 (정부 관리자, 업계, 선장, 기타 이해당사자)은 우리나라 선망 조업 특성에 관한 이해가 선행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 다랑어 선망어업의 주요 어장인 중서부태평양 수역 우리나라 다랑어 선망어업의 과거에서 현재까지의 어획 동향과 조업 특성을 파악하고, 시대별 주요 어장분포, 해양 환경조건과 조업 간의 영향을 분석하였다. 또한 WCPFC의 보존관리조치 중 선망어업의 어획 노력을 직접적으로 제한하여 전체적인 선망어업 동향에 큰 영향을 미치고 있는 ‘눈다랑어, 황다랑어, 가다랑어를 위한 보존관리조치⁵⁾’의 구축 배경과 개정과정의 확인, 어획 노력 제한의 근거와 우리나라 선망어업의 동향 비교, 조치 채택 후 어업의 변화 등 관련 조치가 우리나라 선망어업에 미치는 영향을 분석함으로써 향후 취해질 조치에 대비하기 위한 과학적 근거를 마련하고자 한다.

⁵⁾ Conservation and Management Measure for Bigeye, Yellowfin and Skipjack tuna in the Western and Central Pacific Ocean

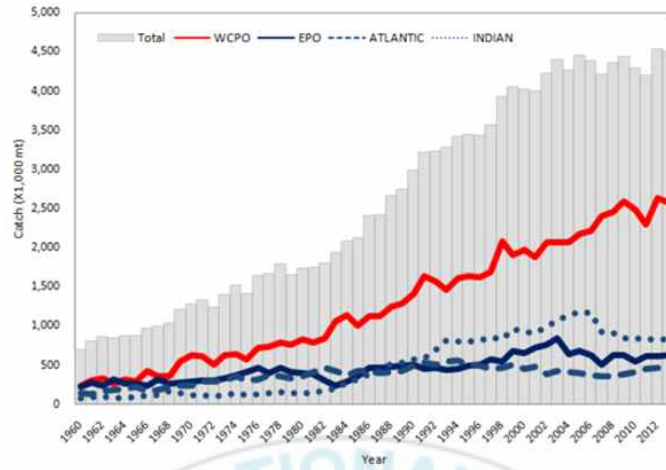


Fig. 1.1. Global tuna catch by ocean (including Bigeye tuna, Yellowfin tuna, Skipjack tuna and Albacore tuna) for the period 1960~2013.

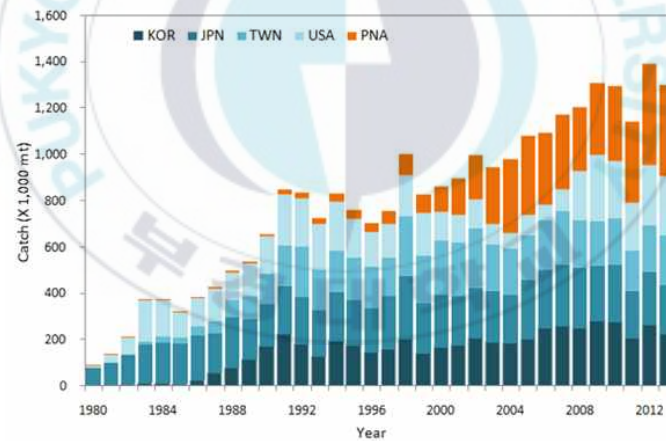


Fig. 1.2. Total catch by flag caught in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2013.

II. 다랑어 선망어업의 어획 실태 및 조업 특성

1. 서론

다랑어 선망어업은 1900년대 초 미국 캘리포니아에서 통조림의 원재료 생산을 위해 날개다랑어를 대상으로 조업하면서 시작되었다. 어업 초기 낮은 기관 성능에 따른 기동력 부족과 그물 부식 문제 등으로 인해 조업의 한계가 나타났으나, 1920년대 디젤기관 도입과 제2차 세계대전 종전 후 미국 해운함정을 개조한 선박 도입 및 양망기 (Power block)의 발명으로 조업속도가 향상되고 인력 감축이 가능해졌으며, 1950년대 중반 부식에 강한 나일론 망지가 개발됨에 따라 선망어업 발전의 큰 기틀을 마련하였다 (현 등, 1992; 국립수산물과학원, 2007).

우리나라 다랑어 선망어업의 상업적인 조업의 시작은 동원산업이 1979년 미국으로부터 헬리콥터 착재식 선박을 도입하여 1980년에 서부태평양에서 조업한 것으로 볼 수 있다 (현 등, 1992; 국립수산물과학원, 2007). 어업 시작과 함께 본 어업의 경제성과 성장가능성에 대한 정부와 업계의 관심과 지원을 통하여 다랑어 선망어업은 급속도로 성장하였으며 현재 다랑어 최대 생산 수역인 중서부태평양 선망어업의 주요 조업국으로서 조업에 활발히 참여하고 있다.

선망어업은 긴 사각형의 그물로 어군을 둘러싸서 아랫단의 줍줄을 켜 후 그물 안의 어획물을 퍼서 올려 어획하는 방법이다. 다랑어 선망어업은 어군의 형성 방법에 따라 부상군 조업⁶⁾ (Unassociated set)과 유목군 조업⁷⁾

⁶⁾ Unassociated set type with floating objects

⁷⁾ Associated set type with floating objects

(Associated set)으로 구분된다. 부상군 조업은 표층에서 유영하는 부상군(Unassociated school)과 먹이를 섭이하고 있는 섭이군(Feeding on baitfish school)을 대상으로 조업하며, 유목군 조업은 육지에서 떠나려 온 자연 유목물체에 유집된 어군인 자연 유목군(Log school)과 인공 집어장치(FAD)에 유집된 어군인 인공 유목군(FAD school) 및 고래상어에 유집된 고래상어군(Whale shark school) 등을 대상으로 한다.

부상군 조업은 정확한 어탐과 신속한 투·양망이 조업의 성패를 좌우한다. 즉 망원경, 탐조 레이더(Bird radar) 및 헬기 등을 이용하여 표층에서 유영하고 있거나 멸치 등의 먹이 생물을 섭이하기 위하여 부상해 있는 어군을 확인한다. 어군의 형태 및 규모가 조업에 적합한 것으로 판단되면 선박은 조업을 준비하는데 투망하기 전 어군의 진로 방향과 조류의 방향 및 세기 등을 충분히 고려하여 투망 코스를 결정한다. 특히 조류는 투망 시 그물의 전개 상태에 큰 영향을 미치기 때문에 그물이 얽히거나 파손되지 않도록 수층별 조류의 방향과 세기를 충분히 고려해야 한다.

Fig. 2.1은 선망어업의 조업 과정을 보여주고 있다. 선장의 투망 지시가 떨어지면 앞잡이 배(Skiff boat)가 본선의 선미로부터 해상으로 내려오고 본선이 전진하여 그물을 둘러치면서 어군을 포위한다. 투망이 완료되면 인망줄(Tow line)과 본선 사이로 어군이 탈출하는 것을 방지하기 위하여 고속정(Speed boat)과 헬기가 물살을 일으켜 어군을 그물 안쪽으로 몰고 가며, 물감(Water smoke)을 수중에 투하하고 망치로 선체를 두드리는 등(Hammering) 시청각적 효과를 사용하여 어군의 탈출 경로를 차단한다.

유목군 조업은 해상에 떠 있는 자연 유목물체 또는 인공 유집장치 등을 발견하면 어탐기와 소나를 사용하여 유목 아래 어군의 유무와 규모를 확인하여 조업을 결정한다. 1990년대 중반 이후부터는 자연 및 인공 유목물체에 위성 부이를 부착하여 선박이 설치해 놓은 유목장치의 위치를 추적하여

조업하기도 한다. 조업이 결정되면 본선 또는 네트 보트가 유목을 잡고 투망을 시작하는데, 해가 뜨기 전인 경우 집어등을 이용하여 유목을 중심으로 어군을 모은 다음 투망을 시작한다. 양망 과정은 부상군과 유목군 조업 모두에서 거의 동일하다. 먼저 그물 아래를 쫓아 (Pursing) 양망기를 통해 부표, 그물, 체인을 분리하며 양망한다. 그물이 자루 모양이 되면 뜰채를 사용하여 어획물을 선상으로 올려 어창에 저장한다.

부상군 조업은 개선된 어탐장비를 통해 어탐이 용이해지고, 어군의 유무와 규모에 따라 여러 번의 조업이 가능한 반면, 유목군 조업은 부유물체에 유집되어 거의 정지 상태인 어군을 대상으로 조업하기 때문에 유명하고 있는 어군을 대상으로 하는 부상군 조업에 비해 어획에 실패할 확률이 적으며 어군을 찾아 항해할 필요가 없으므로 연료 소비를 줄일 수 있는 경제적인 어법으로 부각되었다 (Marsac et al., 1999; Fonteneau et al., 2000). 그러나 유목군 조업은 목표종 뿐만 아니라 목표종의 자치어 및 상어와 같은 비목표종들까지 남획하여 일부 표층성 어종들의 자원 감소의 주요 원인으로 지적되고 있다. 이에 따라 지역수산관리기구 (RFMOs)⁸⁾에서는 다양한 보존관리조치를 통해 선망어업의 어획 노력, 특히 유목군 조업에 대하여 강력히 규제하고 있다.

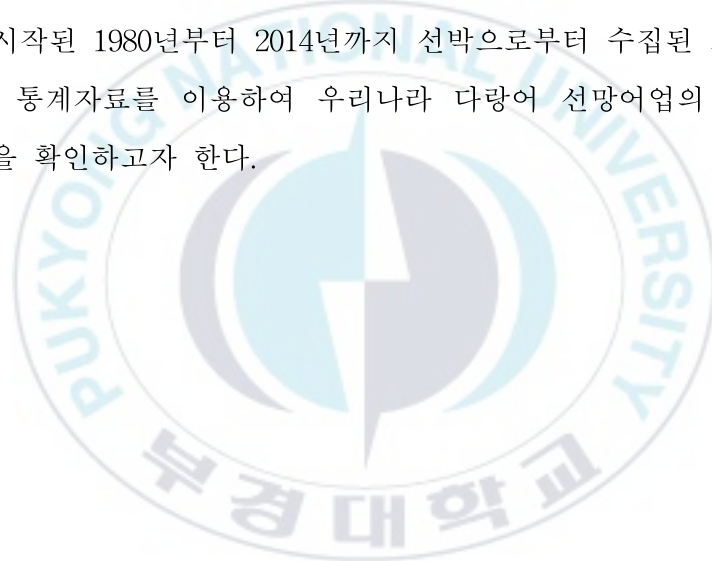
다랑어 선망어업은 우리나라 원양어업 전체 생산량의 절반 이상을 차지하는 중요 어업으로, 현재 강화되고 있는 지역수산관리기구의 보존관리조치에 적절히 대응하는 동시에 우리나라 다랑어 선망어업의 조업 능력 및 어획 효율성을 유지하기 위해서는 먼저 우리나라 선망어업의 조업 특성에 관한 이해가 선행되어야 한다.

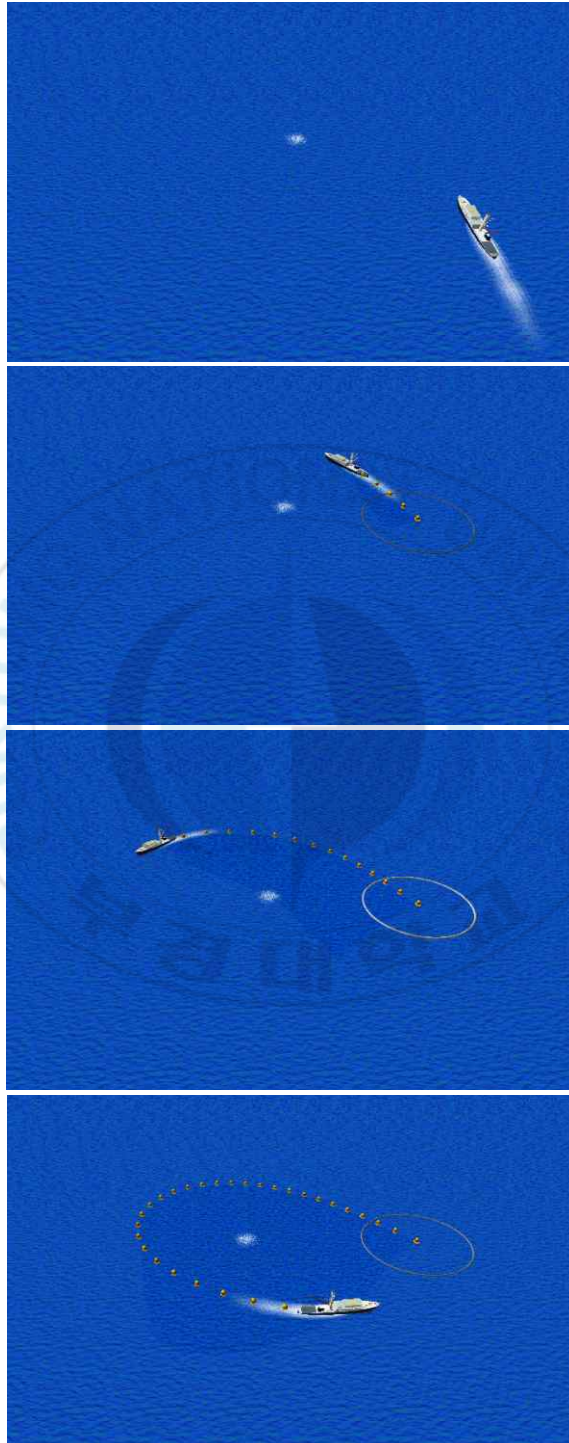
우리나라 선망어업에 관한 연구는 다랑어 선망어업의 역사와 발달과정 (현 등, 1992), 유목군 조업 특성에 관한 연구 (박, 1984; 김, 1999; 문 등, 1996),

⁸⁾ Regional Fisheries Management Organizations

헬기 사용에 따른 어획 효과 (박 등, 1998), 어획물 종조성 분석 (이 등, 2011), 가다랑어의 연령과 성장 (구 등, 2015)과 선망어구의 구성 변화 (류 등, 2015) 등에 대한 연구가 수행되었다. 우리나라 다랑어 선망어업에 관한 선행 연구 중 조업 특성을 분석한 연구들은 다수 있었지만 대부분이 1990년대 중반까지 분석된 결과이거나 5년 이하의 단기간 자료 또는 일부 선택된 선박의 어획자료만을 이용하여 분석한 결과로 최근 동향을 포함한 우리나라 선망어업에 대한 전반적인 어획 실태를 파악하는 데는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 태평양 수역에서 우리나라 다랑어 선망어업이 본격적으로 시작된 1980년부터 2014년까지 선박으로부터 수집된 모든 조업자료와 관련 통계자료를 이용하여 우리나라 다랑어 선망어업의 어업동향과 조업 특성을 확인하고자 한다.





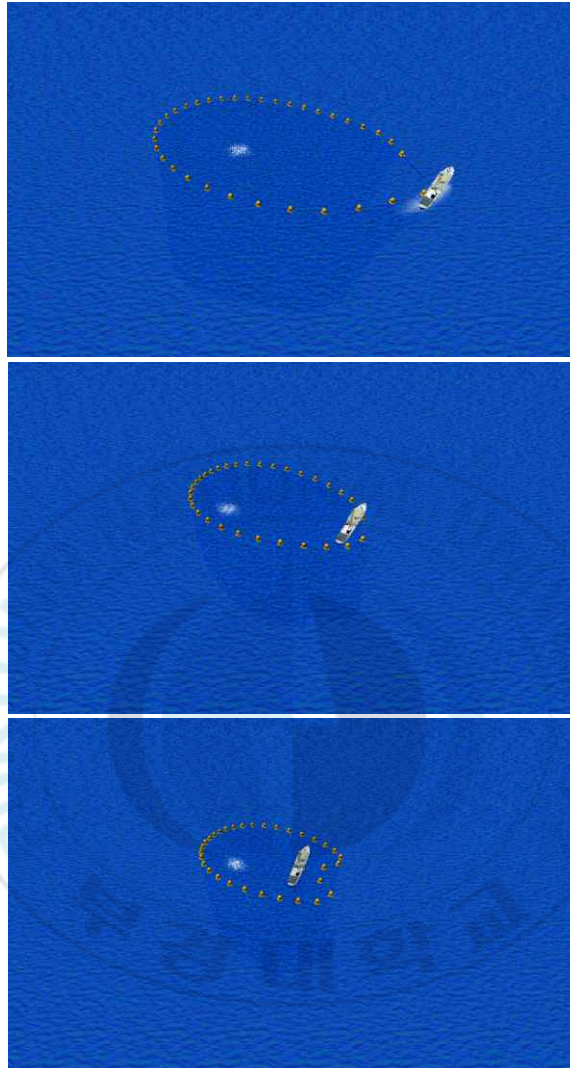


Fig. 2.1. General process on fishing operation of purse seine fishery.

2. 자료 및 방법

2.1. 자료

우리나라 태평양 다랑어 선망어업의 동향을 파악하기 위하여 본격적으로 조업이 시작된 연도인 1980년도부터 2014년까지 총 35년간의 어획통계자료와 조업 선박에서 선장들이 직접 기록한 조업일지 (logbook) 자료를 사용하였다. 먼저 연도별 어획 동향을 분석하기 위하여 원양어업 생산 통계의 어종별 어획량을 이용하였고, 어획 노력량과 조업 형태별 특성을 분석하기 위하여 조업일지 자료를 사용하였다. 조업일지 자료에는 선박의 신호부자(Call sign), 조업 위치, 조업 시간 (투망 시작 시간, 양망 종료 시간), 조업 형태 (set type), 어종별 어획량 등의 정보가 기록되어 있다.

선박 척수에 대한 분석을 위해 원양산업 통계연보의 연도별 출어 선박 척수를 사용하였다.

조업일지의 연간 수집율이 100% 미만인 경우에는 해당 연도의 총 노력량을 추정하기 위해 조업일지로부터 수집된 어획량 및 노력량과 원양어업 생산 통계의 총 어획량을 사용하여 식 2.1로 환산하였다.

$$TE_i = (TC_i \times LE_i) / LC_i \quad (2.1)$$

여기서 TE_i 는 i 연도의 총 노력량, TC_i 는 i 연도의 원양어업 생산 통계 자료에 의한 총 어획량, LE_i 및 LC_i 는 i 연도에 조업일지로부터 수집된 노력량 및 어획량이며, 연도별 조업일지 자료의 수집율은 Fig. 2.2와 같다.

어종별 체장 빈도를 분석하기 위하여 2004년부터 2009년까지 우리나라

과학읍서버에 의해 수집된 자료와 2009년부터 2013년까지 선박에서 보고한 어체 측정 자료를 합산하여 조업 형태별로 분석하였다.

또한 연대별 조업소요시간 및 단위노력당어획량 (Catch per unit effort, CPUE)과 어구 규모 변화와의 상관관계를 확인하기 위하여 연대별 어구 규모의 표준값으로 류 등 (2015)이 정의한 한국 다랑어 선망어업 어구 규모에 대한 정보를 분석에 사용하였다⁹⁾.

2.2. 방법

본 연구에서는 우리나라 다랑어 선망어업의 어획 동향을 확인하기 위하여 연도별 주요 어종별 (가다랑어, 황다랑어, 눈다랑어) 어획량과 노력량 (조업횟수) 및 조업 선박 척수와 총톤수를 사용하였다.

CPUE를 분석하기 위하여 노력단위로 연도별 조업횟수와 선박 척수 및 선박 총톤수를 사용하였으며, 분기별 CPUE도 분석하였다. 이때 조업횟수에 관한 노력량은 어획에 실패한 투·양망 (어획량이 없거나 매우 적은 경우)도 포함하였다.

조업 형태별 어획 동향을 분석하기 위해 부상군 조업 (부상군, 섬이군 포함)과 유목군 조업 (자연 유목군, 인공 유목군, 고래상어군 포함)으로 구분하여 연도별 조업 형태별 어획량과 노력량 (조업횟수) 비율과 CPUE (어획량 / 조업횟수)를 분석하였다. 자연 유목군과 인공 유목군을 합산한 이유는 첫 번째로 WCPFC의 눈다랑어 황다랑어에 관한 보존관리조치 (CMM2008-01)에서 'FAD (Fish Aggregating Device) 조업'은 자연 및 인공 부유물체를 사용한 모든 조업을 포괄한다고 정의¹⁰⁾하였기 때문에 관찰 기구가 제시한 기

⁹⁾ 한국 다랑어 선망어업의 그물 길이 (Length of net)의 연대별 표준값으로 1980년대 1,939 m, 1990년대 2,190 m, 2000년대 2,311 m, 2010년대 2,513 m로 정의한다 (류 등, 2015).

준에 따라 조업 동향과 특성을 분석하기 위함이다.

두 번째로는 우리나라 선단의 인공 유목군 조업에 대한 기록은 1995년부터 보고되었으나 2000년대 초까지 조업 형태가 정확히 분류되지 않은 자료가 다수 포함되어 있고 몇몇 연도의 낮은 자료 수집율을 고려하여 자료의 정확성을 보완하기 위함이다.

마지막으로 두 조업 형태가 해상의 부유물체를 이용하여 어군을 유집하는 동일한 조업메커니즘을 가지고 있고 어업 관련자들은 어군 유집능력에 있어서 자연유목과 인공유목 간 차이는 거의 없다 (Moreno et al., 2007)는 연구 결과를 기반으로 두 종류의 유목군을 합산하여 분석에 사용하였다.

조업 형태별 조업 특성 분석으로는 조업 형태별 종조성 및 어종별 조업 형태비율을 확인하였다. 또한 성공한 조업만을 고려한 어종별 CPUE를 분석하였다. 조업 형태별 군조성을 확인하기 위하여 각 조업 당 어획물이 가다랑어로만 구성되어 있는 경우는 가다랑어군 (SKJ), 황다랑어는 황다랑어군 (YFT), 눈다랑어는 눈다랑어군 (BET)로 구분하였고, 두 종 이상의 주요 어종이 혼획된 경우는 혼합군 (Mix) 그리고 어획에 실패한 조업 (Zero catch)으로 분류하였으며 어획에 실패한 조업에는 투·양망에 실패하였거나 어획물이 없는 경우를 포함하였다. 또한 조업 실패의 개념에 대하여 일반적으로 선망어업은 어탐에서부터 양망까지 전 과정에서 다양한 첨단 장비와 대형 어구를 사용하여 조업하기 때문에 조업 당 소요되는 비용이 다른 어업들에 비해 높다. 따라서 조업 실패는 단지 어획물이 없을 때만 해당되는 것이 아니라, 어획물이 있더라도 그 양이 조업을 위한 투자비용 대비 미미한 경우도 포함될 것이다. 따라서 우리나라 다랑어 선망어업에서 어획에 실패한 조업의 기준을 확인하기 위하여 실패한 조업으로 적용할 기준 어획량 (0

¹⁰⁾ CMM2008-01 footnote 1. 'For the purposes of these measures, the term Fish Aggregating Device (FAD) means any man-made device, or natural floating object, whether anchored or not, that is capable of aggregating fish'

톤, 5톤 미만, 10톤 미만, 15톤 미만, 20톤 미만)에 따른 조업 성공률 비율을 연도별로 분석하였다.

조업 형태별 체장조성의 차이를 확인하기 위하여 선박에서 보고한 어체 측정 자료와 우리나라 과학읍서버에 의해 수집된 체장자료를 합산한 자료 중 자료가 미미한 눈다랑어를 제외한 가다랑어와 황다랑어의 체장조성을 부상군과 유목군으로 구분하여 분석하였다.

조업 시간에 따른 조업 특성을 확인하기 위하여 각 조업의 투망 시작 시간을 기준으로 하여 각 시각에 일어난 조업 비율과 조업을 통해 생산된 어획량 비율 및 시간대별 CPUE (어획량/조업횟수)를 연대별로 분석하였으며, 조업 형태별 어획 노력 비율의 시간대별 분포 역시 연대별로 확인하였다. 또한 조업 형태별 조업 소요시간에 대한 평균 어획량을 분석하여 비교하였다. 우리나라 선망어업 어획실적자료의 분석 결과와 과학 읍서버 보고서에 따르면 일반적으로 투망 시작부터 양망 종료까지 평균 3시간 이상이 소요되는 것으로 확인됨에 따라 조업소요시간이 최소 2시간 (120 분)에서 최대 8시간 (480 분) 이내인 조업 정보만을 분석에 이용하였다. 또한 연대별 평균 조업소요시간 및 CPUE와 어구 규모와의 상관관계를 확인하기 위하여 5년 주기로 분석하였다.

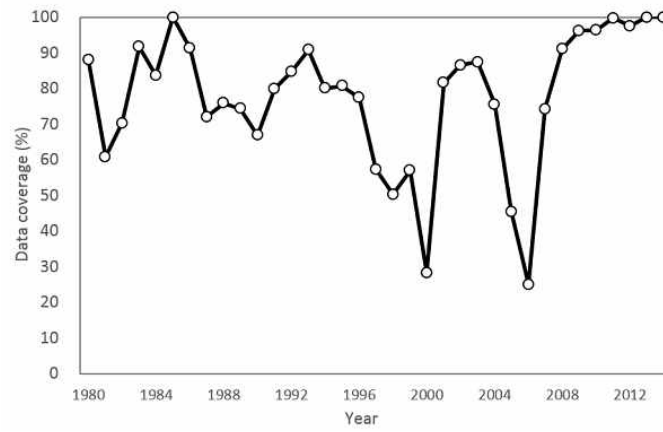


Fig 2.2. Data coverage of Korean tuna purse seine fishery compiled from logbook by year for the period 1980~2014.



3. 결과

3.1. 어획 동향 분석

태평양 수역 우리나라 다랑어 선망어업에 의한 연도별 어획량은 1980년대 후반부터 급증하여 1991년에 약 23만 톤까지 증가하였다. 그러나 1990년대에 들어서면서 어획량은 감소 추세를 보여 2000년대 전반까지 약 18만 톤의 수준을 유지하다가 2006년 이후부터 다시 크게 증가하여 2009년에는 28만 톤으로 최고치를 기록하였다. 이후 2010년부터 약 5만 톤 수준의 증감을 보이고 있다. 어종별 어획량을 살펴보면 가다랑어는 총 어획량 동향과 마찬가지로 1980년대 중반부터 크게 증가한 후 1990년대에서 2000년대 전반까지는 15만 톤 수준에서 증감을 보이다가 2006년 이후 25만 톤까지 크게 증가하였으며, 2010년부터 약 20만 톤 이상 수준에서 증감을 보이고 있다.

황다랑어는 1990년대에 평균 4.4만 톤을 기록하였으나 2000년대에는 3.8만 톤으로 크게 감소하였다가 2010년 이후 평균 1.6만 톤 차의 큰 경년변동을 보이고 있다. 또한 가다랑어의 어획 동향과 전체적으로는 유사했으나 일부 연도에서 두 어종 간의 어획량이 서로 상반되는 경향을 보였다.

눈다랑어는 선망어업의 총 어획량 중 평균 1% 미만의 극히 낮은 비율을 차지하고 있으며, 1990년대까지 증감을 반복하며 전체적으로 증가하는 패턴을 보이다가 2000~2007년에는 평균 0% 이하를 기록하였다. 2008년부터 어획량이 증가하기 시작하여 2010년에 약 3,000 톤 (1.1%)의 최고 어획량을 기록한 후 다시 감소하는 추세를 보이고 있다 (Fig. 2.3).

태평양 수역 우리나라 다랑어 선망어업의 조업척수는 1980년대 중반 이후 급격히 증가하여 1990년에는 39척이 조업하였다. 1992년부터 매년 2척

씩 감소하여 오다가 1996년 28척이 조업한 이후 현재까지 26~29척 수준에서 변동·유지되고 있다. 그러나 연도별 평균 선박 톤수 (총 선박 톤수/조업 선박 척수)를 나타낸 결과, 1983년부터 현재까지 증가한 경향이 나타났으며, 특히 1980년대 후반과 2000년대 후반에 증가폭에 크게 나타났다 (Fig. 2.4).

다랑어 선망어업에 투입된 선박 규모의 변화를 확인하기 위한 연도별 톤급별 선박 척수의 비율 분석에서 800 톤 미만의 선박은 1980년대 초중반인 1982~1985년에 약 40% 이상을 차지하였으나 이후 감소하여 1990년대 평균 10%를 차지하였다. 그러나 2000년대 이후 현재까지의 비율이 15%로 나타나 다소 증가한 경향을 보였다. 800 톤 이상 1200톤 미만의 선박은 1980년대 50%, 1990년대 57%, 2000년대 53%, 2010년대 48%로 전 연대에서 가장 큰 비율을 차지하고 있으나 점차 감소하는 경향이 나타났다. 1200 톤 이상 1800톤 미만의 선박은 1980년대 27%, 1990년대 33%, 2000년대 29%, 2010년대 26%로 증가하였다가 감소하는 경향을 보이고 있다. 1800톤 이상의 선박은 2006년부터 도입되었으며 현재 전체 선박의 15%를 차지하고 있어 우리나라 다랑어 선망선의 규모는 시대별로 점차 대형화 되고 있는 추세를 보이고 있다 (Fig. 2.4).

어획 노력의 동향을 확인하기 위한 분석으로 연도별 조업횟수는 어획량과 마찬가지로 1980년대 중반부터 크게 증가하여 1990년대 5,700 회, 2000년대 6,900 회로 평균 조업횟수가 증가하였으며 2012년 약 7,500 회의 최고 수준을 기록한 후 감소하고 있다. 선박 당 조업횟수는 2000년대 초까지 급격히 증가하여 척당 약 270 회를 기록하였으며, 이후 평균 250 회 수준에서 유지되고 있다. 1990년대의 경우 총 조업횟수는 1991년 이후 감소하였지만 선박 당 조업횟수는 증가하였는데 이는 동 기간 동안 조업에 투입된 선박 척수가 감소하였기 때문이며 조업 선박 척수의 변화가 크지 않았던 2000년대 이후에는 둘 간에 유사한 경향을 보였다 (Fig. 2.5).

CPUE 분석에서, 연도별 총 조업횟수에 대한 총 어획량은 (mt/No. of set)은 1980년대에 큰 폭의 변동을 보이며 역사 상 최저값 (1 (mt/No. of set))과 최고값 (41 (mt/No. of set))을 기록하였다. 1990년대에서 2000년대 중반까지 평균 30 (mt/No. of set)의 수준에서 변동하였으며, 2006년부터 2010년까지 평균 37 (mt/No. of set)로 증가하였다가 최근에는 다소 감소한 32 (mt/No. of set)수준에서 증감을 나타내고 있다. 선박 당 어획량 (mt/No. of vessel)은 조업 시작부터 2000년대까지 계속적으로 증가하는 경향을 보이다가 2010년 이후에 감소하며 변동을 보이고 있다 (Fig. 2.6).

조업 선박의 총 톤수에 대한 어획량 및 어획 노력 분석에서는 어획량과 노력량 모두 증가하는 경향을 보였는데, 어획 노력은 2000년대 중반, 어획량은 2000년대 후반까지 증가하다가 감소하였다 (Fig. 2.7).

어종별 CPUE에 대한 분석 결과, 가다랑어의 CPUE는 전체 CPUE와 거의 유사한 동향을 보이며, 1994년대 중반부터 2005년까지 평균 23 (mt/No. of set), 2006년부터 현재까지 평균 30 (mt/No. of set) 수준을 나타내고 있다. 황다랑어의 CPUE는 1980년대에 증가한 후 1990년대 들어서는 점차적으로 감소하는 경향을 보이다가 2000년대에는 약 6 (mt/No. of set)의 수준을 보였다. 눈다랑어의 CPUE는 전반적으로 매우 미미하나, 1980년대에 최고치인 3 (mt/ No. of set)의 비교적 높은 값을 보인 이후 감소하였다. 특히 2000년대 전반에는 거의 0에 가까운 수준을 보였으며 2010년에 증가하였다가 최근 다시 감소하고 있다 (Fig. 2.8).

연도별 종조성에서 가다랑어는 1980년대부터 1990년대까지 총 어획량의 약 75% 수준을 차지하였으며 2000년대부터 증가하여 현재에는 82% 이상을 차지하고 있다. 황다랑어는 1993년에 약 39%의 최고 수준까지 증가하였다가 이후 대체적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 2000년대부터 현재까지 2009년을 제외하면 평균 19% 수준에서 유지되고 있다. 눈다랑어

는 1980년대 이후 현재까지 2010~2011년을 제외하면 약 1% 미만의 매우 낮은 비율을 차지하고 있다 (Fig. 2.8).

연도별 분기별 어획량 및 노력량 분석에서는 모든 분기에서 어획량과 노력량 비율이 20~30% 범위 내에서 증감을 보였으며, 어획량과 노력량 비율이 특정 분기에 높거나 낮은 등의 특별한 어획 동향이 나타나지 않았다 (Fig. 2.9).



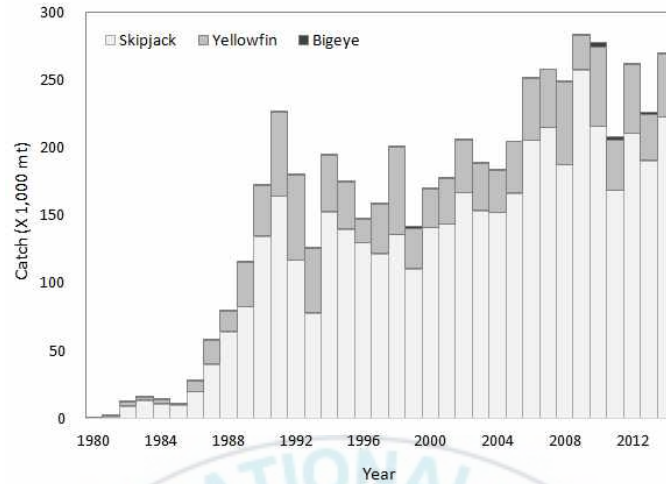


Fig. 2.3. Trends in catch of main species (Skipjack, Yellowfin, Bigeye) caught by Korean tuna purse seine fishery operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

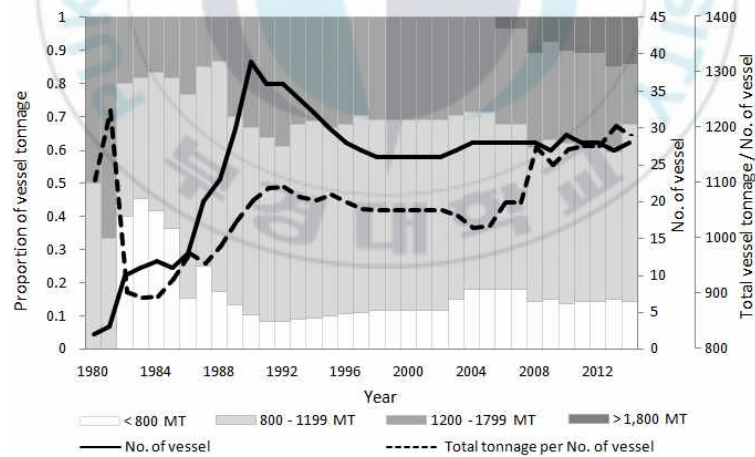


Fig. 2.4. Trends in annual number of active vessels, average vessel tonnage and proportion of vessel tonnage class belonging to Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

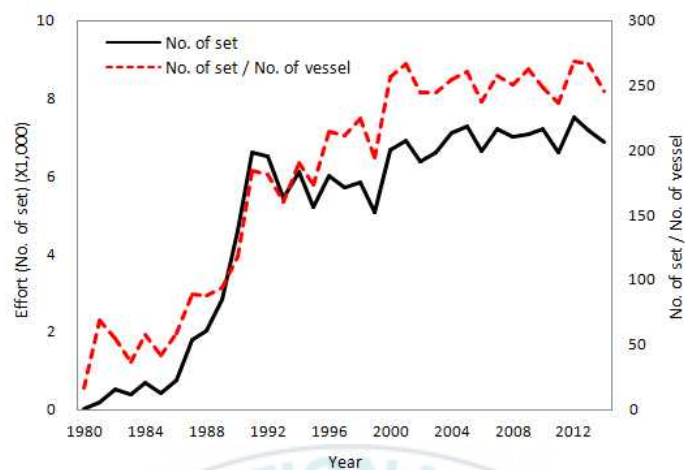


Fig. 2.5. Comparison of trends in annual fishing effort (No. of set) and number of set per number of active vessels of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

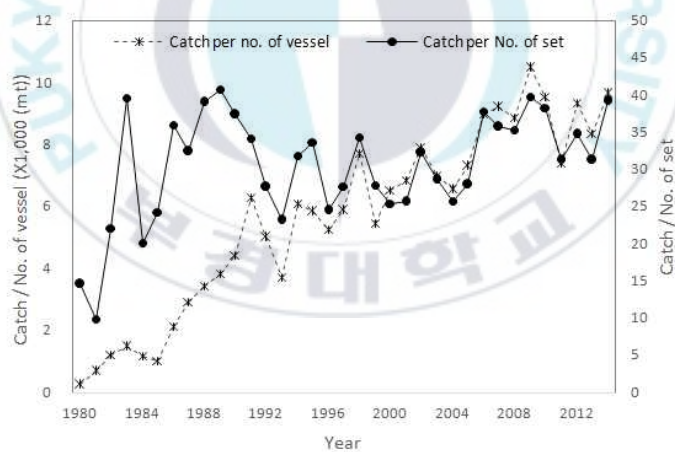


Fig. 2.6. Trends in annual CPUEs (mt/No. of set, mt/No. of active vessel) of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

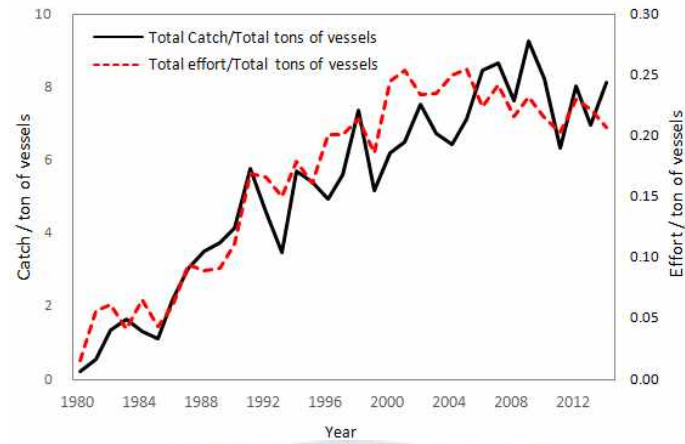


Fig. 2.7. Trends in annual catch and effort by total tons of active vessels belonging to Korean tuna purse seine fishery operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

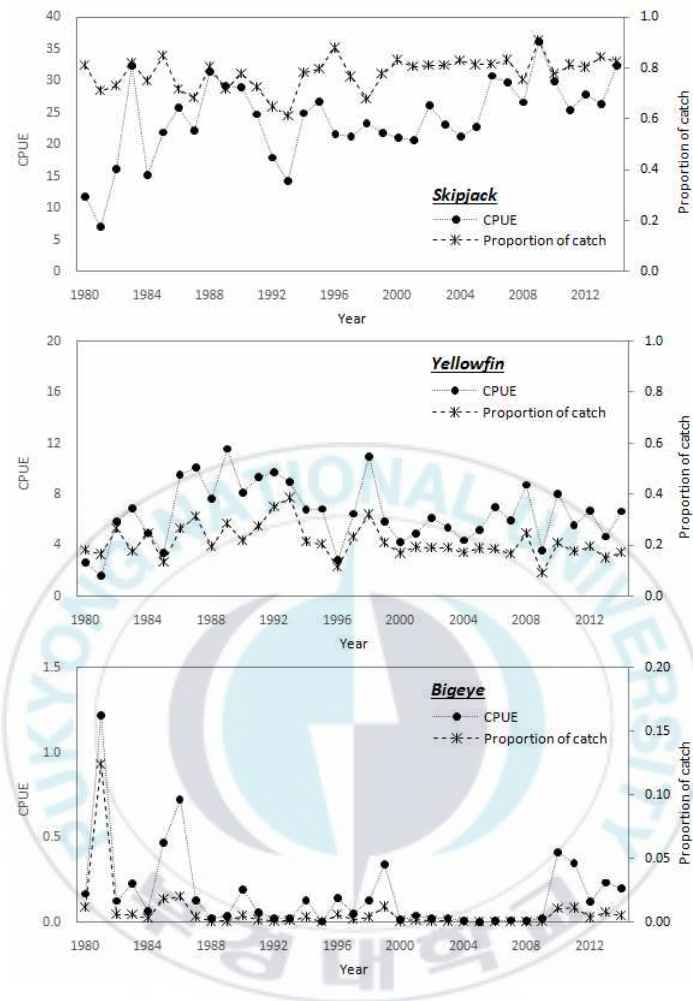


Fig. 2.8. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) by main species and species composition of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

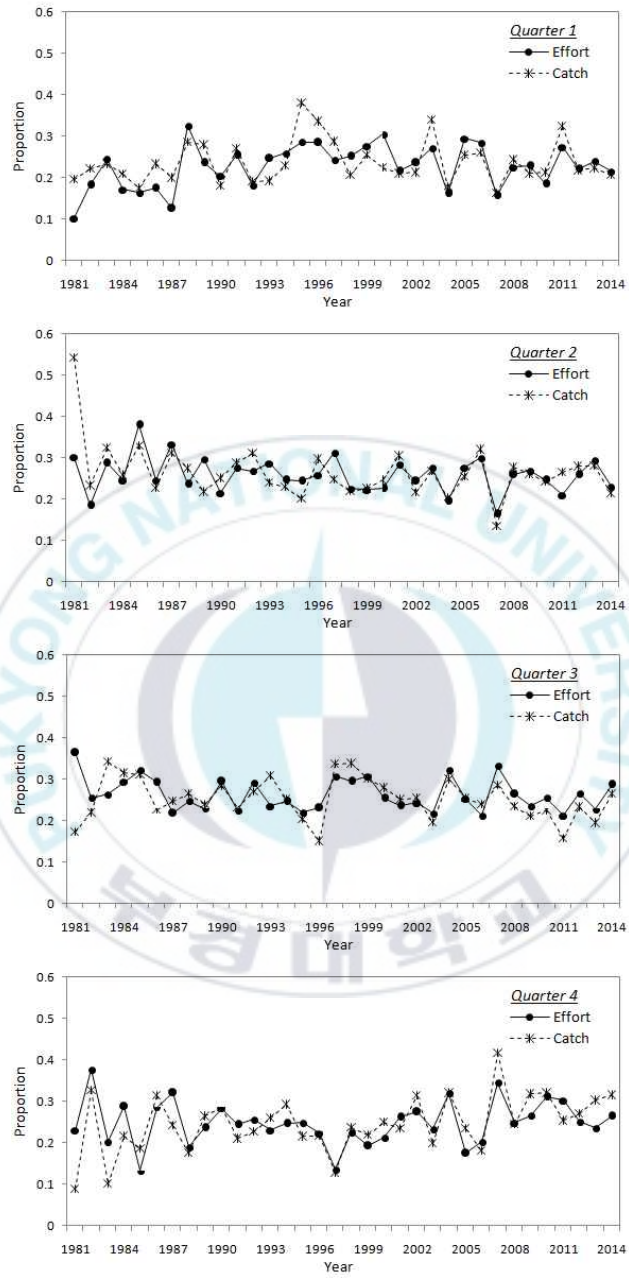


Fig. 2.9. Change in proportion of annual catch and effort (No. of set) by quarter of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

3.2. 조업 형태별 분석

3.2.1 조업 형태별 어획 동향

가. 어획 노력 비율

우리나라 선망어업의 조업 형태별 어획비중의 변화를 확인하기 위하여, 조업 형태별 어획 및 노력 비율 변화를 연도별로 분석하였다. 조업 형태별 노력 비율은 어업 시작부터 1984년까지 약 10% 수준이었던 부상군 조업 비율이 1984년 이후부터 급속히 증가하였으며 1995년 이후 현재까지 평균 80% 이상의 높은 값을 보였다. 유목군 조업의 비율은 어업 초기인 1980년대 초에는 약 90% 이상을 기록하였으나 1980년대 중반부터 감소하기 시작하여 1990년대에서 2000년대 초까지 평균 20%의 어획비중을 보이다가 2004년에 37% 이상의 높은 비율을 기록한 후 2011년까지 평균 24%까지 증가하였다. 그러나 최근 3년간에는 17% 이하로 감소하였다 (Fig. 2.10).

나. CPUE

조업 형태별 CPUE (어획량/조업횟수)에서 부상군 조업의 CPUE는 1980년대에 평균 38 (mt/No. of set)이었던 값이 1990년대에 들어서 평균 26 (mt/No. of set)으로 감소하였다. 그러나 2000년대 27 (mt/No. of set), 2010년대 30 (mt/No. of set)의 값을 기록하였으며 2014년에는 34 (mt/No. of set)로 CPUE가 계속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 유목군 조업의 CPUE는 1980년대 29 (mt/No. of set), 1990년대 39 (mt/No. of set), 2000년대에서 최근까지 50 (mt/No. of set)의 평균값을 기록하여 연대에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다 (Fig. 2.11).

조업 당 평균적으로 생산되는 어종별 어획량을 분석하기 위하여, 어획량이 0인 조업을 제외한 어종별 조업 형태별 CPUE를 분석하였다. 분석 결과, 전체 어종의 합과 가다랑어의 경우 부상군과 유목군 조업 모두에서 증

가하는 경향을 보였으며, 1990년대 중반까지는 부상군 조업에 의한 CPUE가 높았으나, 1990년대 중반 이후 현재까지는 유목군 조업이 전반적으로 높았다. 황다랑어의 평균 CPUE는 부상군 조업에서 13 (mt/No. of set), 유목군 조업에서 5 (mt/No. of set) 수준을 보였으며 모든 연도에서 부상군 조업의 값이 높았다. 눈다랑어의 경우, 부상군 조업의 평균 CPUE는 1990년대 이후 거의 0이었으며, 유목군 조업은 2000년대 중반 이후 증가하여 2010년에는 1.5 (mt/No. of set)를 기록하였다 (Fig. 2.12).

다. 조업 성공률

Fig. 2.13은 조업 형태별 기준 어획량별 조업 성공률의 연도별 변화를 나타내고 있다. 조업 성공률은 두 조업 형태 모두에서 1990년대 중반부터 변동과 함께 점차적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 조업 형태별 기준 어획량별 평균 조업 성공률은 유목군 조업의 경우 기준 어획량이 0톤인 경우 88%, 5톤 미만 88%, 10톤 미만 83%, 15톤 미만 70%, 20톤 미만 64%의 조업 성공률이 나타났다. 부상군 조업은 0톤인 경우 53%, 5톤 미만 53%, 10톤 미만 50%, 15톤 미만 44%, 20톤 미만 40%으로 나타나 유목군 조업이 부상군 조업보다 높은 조업 성공률을 보였다. 부상군과 유목군 조업 모두에서 0톤과 5톤 미만인 두 기준 간의 성공률 차이가 거의 나타나지 않았으며, 10톤과 15톤 사이에서 유목군 조업은 13%, 부상군 조업은 6%로 다른 기준들 간 보다 상대적으로 큰 차이를 보였다.

이와 같은 결과에 따라 15 톤 이하의 어획량을 조업에 실패한 것으로 간주하고 성공한 조업에 대한 CPUE를 분석하였으며 결과는 Fig. 2.14와 같다. 성공한 조업의 조업 형태별 CPUE는 전체 CPUE 보다 평균 70% 이상 높았으며 특히 부상군 조업의 CPUE가 크게 증가하여 유목군과 거의 유사한 경향을 보였다. 또한 두 CPUE 모두 시대별로는 변동과 함께 계속적으로 증가하고 있다.

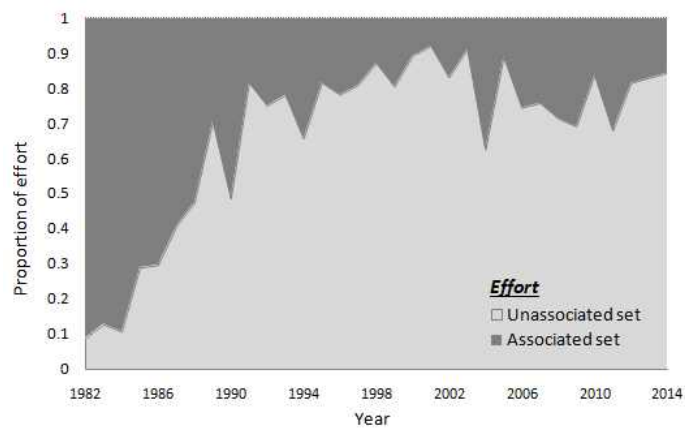


Fig. 2.10. Trends in proportion of effort by set type of Korean tuna purse seine in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

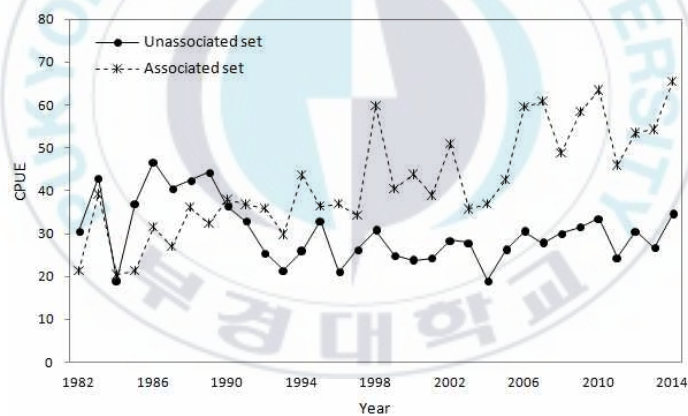


Fig. 2.11. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) by set type of Korean tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

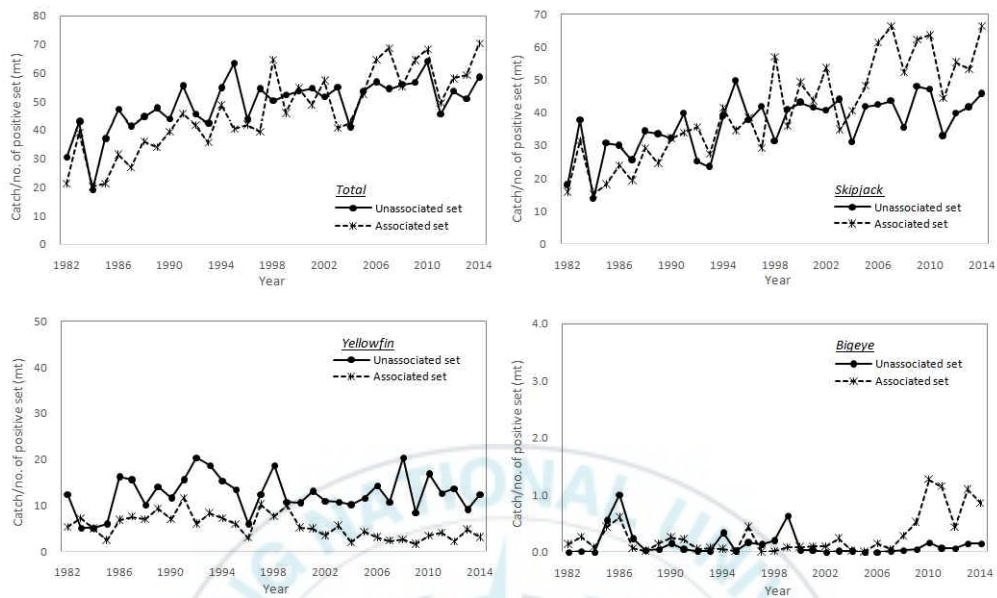


Fig. 2.12. Trends in annual CPUE (mt/No. of set) of main species by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014).

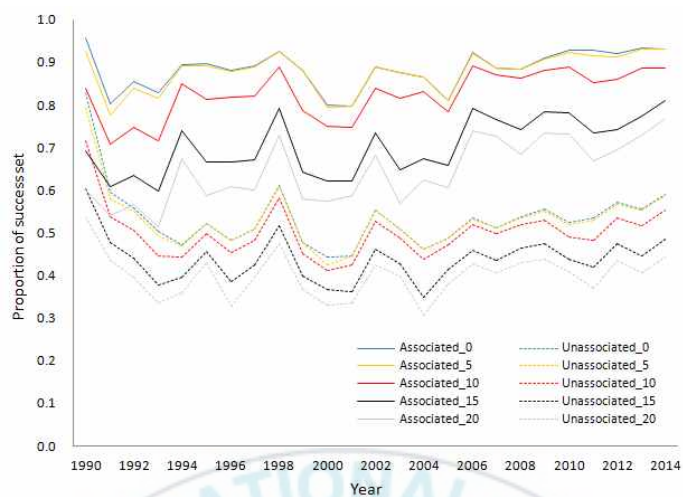


Fig. 2.13. Trends in proportion of success set based on the level of catch amount considered as failed set by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

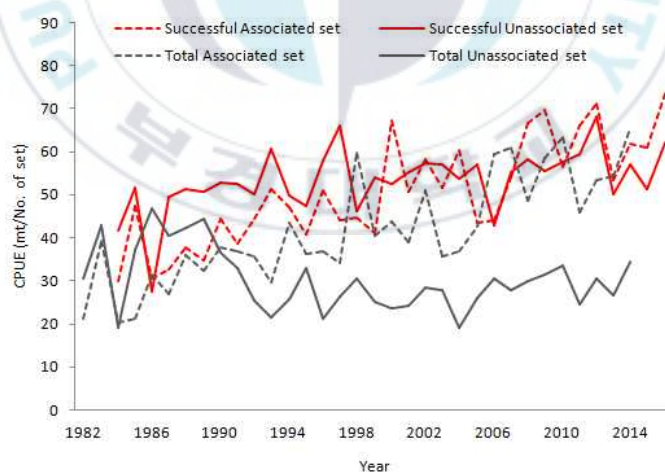


Fig. 2.14. Comparison of total and successful CPUE by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

3.2.2 조업 형태별 조업 특성

가. 조업 형태와 어종간의 관계

조업 형태와 어종간의 관계를 확인하기 위하여 조업 형태별 종조성을 분석하였다. 부상군 조업의 종조성에서 가다랑어의 평균 어획비율은 1980년대 72%, 1990년대 71%, 2000년대 77%, 2010년대 76%이며, 황다랑어는 연대별로 각각 27%, 29%, 23%, 24%로 나타났다. 유목군 조업에서의 가다랑어의 평균 비율은 1980년대 77%, 1990년대 82%, 2000년대 93%, 2010년대 93%이고, 황다랑어는 연대별로 각각 22%, 18%, 7%, 7%를 기록하여 가다랑어는 유목군 조업에서 황다랑어는 부상군 조업에서 높은 비율을 보였다. 눈다랑어의 전체 어획 비율 평균은 부상군 조업 0.3%, 유목군 조업 0.6%로 두 조업 형태 모두에서 매우 낮았다. 그러나 전 연대에서 유목군 조업이 부상군 조업보다 상대적으로 높은 비율을 보였으며, 특히 2000년대 이후 부상군 조업에서는 눈다랑어의 어획 비중이 0.1% 미만인 반면, 유목군 조업은 2000년대 중반 이후 증가하여 2010~2011년에는 약 2%까지 증가하였다 (Fig. 2.15).

어종별 각 조업 형태에 의한 어획 비율 분석 결과 가다랑어의 부상군 조업에 의한 어획비율은 1980년대 중반 이후 증가하여 2003년에는 87%의 최고값을 기록하였으며, 2004년에 약 42%까지 크게 감소한 후 증감을 반복하다가 최근 평균 69% 수준으로 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 유목군 조업에 의한 어획비율은 2000년대 초까지 감소하여 20% 이하의 수준을 보였으나, 2004년부터 반등하여 2006~2011년에는 평균 45% 수준까지 증가하였다. 그러나 최근 3년간 동안 약 30% 수준으로 감소하였다. 황다랑어의 부상군 조업에 의한 어획비율은 1990년대 78%, 2000년대 89%로 증가하였으며, 특히 2012년과 2014년에는 94%의 최고값을 기록하였다. 유목군 조업에 의한 어획비율은 계속적으로 감소하여 2000년대 이후 현재까지 평

균 10% 수준에서 유지되고 있다. 눈다랑어는 조업 형태별 어획비율의 변화가 가장 급격하게 나타난 어종으로, 부상군 조업에 의한 평균 어획비율은 1980년대 31%, 1990년대 63%, 2000년대 33%, 2010년대 26%으로 연도별로 급격한 변화를 보였다. 유목군 조업에서는 2000년대부터 크게 증가하여 2005년을 제외한 나머지 연도에서 평균 77% 이상을 차지하였으며, 2006년 이후 변동과 함께 감소하는 경향을 보이고 있다. 눈다랑어의 경우 2000년대 평균 어획량이 100 톤 이하의 매우 값이 보고됨에 따라 어획 비율 변화가 크게 나타났다 (Fig. 2.16).



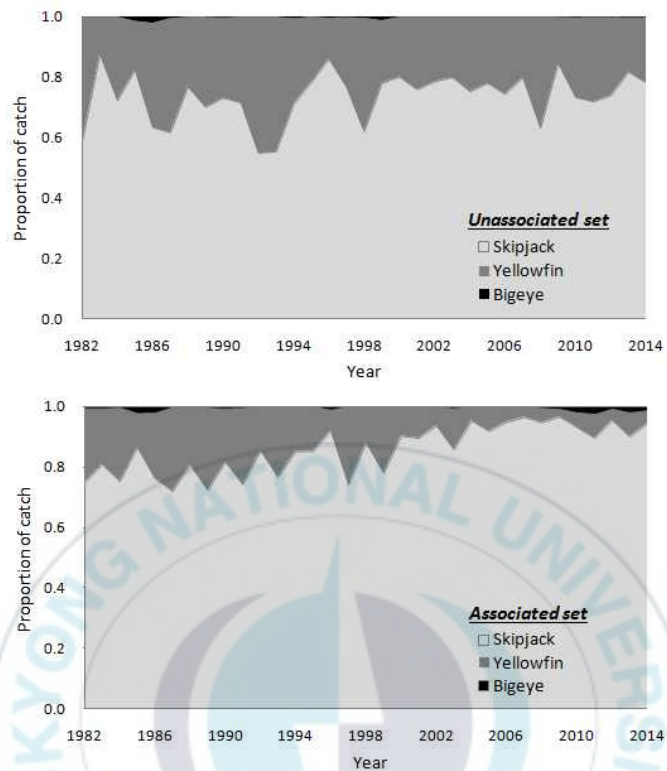


Fig. 2.15. Trends in species composition by set type of Korean tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1980~2014.

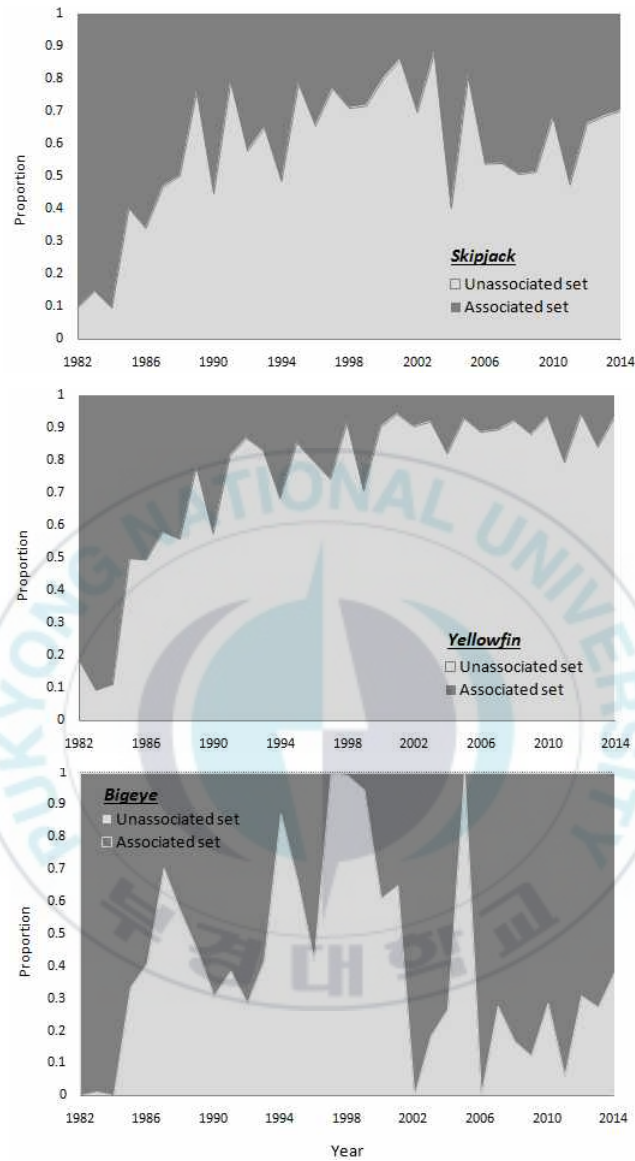


Fig. 2.16. Trends in catch proportion of set type by species of Korean tuna purse seine operating in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

나. 조업 형태별 어획물 조성 분석

어획물 군조성의 연도별 변화에 대한 분석 결과 전체 조업에서 가다랑어만 어획된 조업 (가다랑어군 (SKJ))의 비율은 1980~1990년대 35%, 2000년대 38%, 2010년대 34%를 차지하였고, 황다랑어군 (YFT)은 1980~1990년대 12%, 2000년대 9%, 2010년대 11%를 기록하였다. 아무것도 어획되지 않은 조업 (Zero catch)의 비율은 1980년대에는 거의 나타나지 않다가 1990년대 37%, 2000년대 42%, 2010년대 36%로 최근 감소하는 경향을 보이고 있다. 반면 두 종 이상이 어획된 조업 (혼합군 (Mix))은 1980년대에는 50% 이상이었으나 1990년대까지 계속적으로 감소하다가 2000년대 중반 이후 다시 증가하였다. 눈다랑어만 어획된 조업은 거의 없었기 때문에 본 연구 결과에서 제외하였다 (Fig. 2.17).

조업 형태별 어획물의 군조성 분석에서 가다랑어군 (SKJ)의 비율은 부상군 조업 총 조업횟수의 32%, 유목군 조업의 50%를 차지하였고, 황다랑어군 (YFT)은 각각 13%, 5%, 혼합군 (Mix)은 각각 10%, 35%을 나타냈으며, 어획에 실패한 조업 (Zero catch)은 각각 45%, 9%로 나타났다. 부상군 조업에서는 황다랑어군 (YFT)과 어획에 실패한 조업 (Zero catch)의 비율이 높은 반면, 유목군 조업에서는 가다랑어군 (SKJ)과 혼합군 (Mix)의 비율이 높았다 (Fig. 2.18).

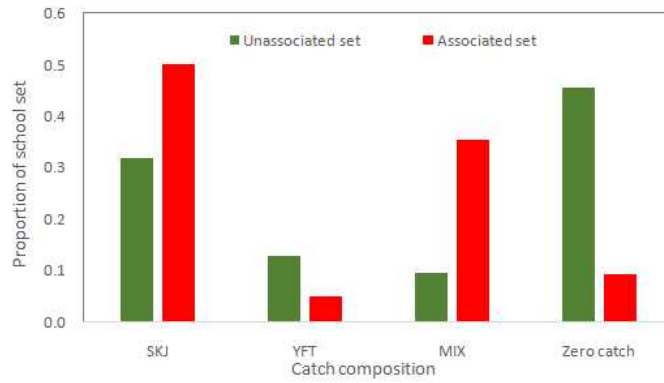


Fig. 2.17. School composition by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

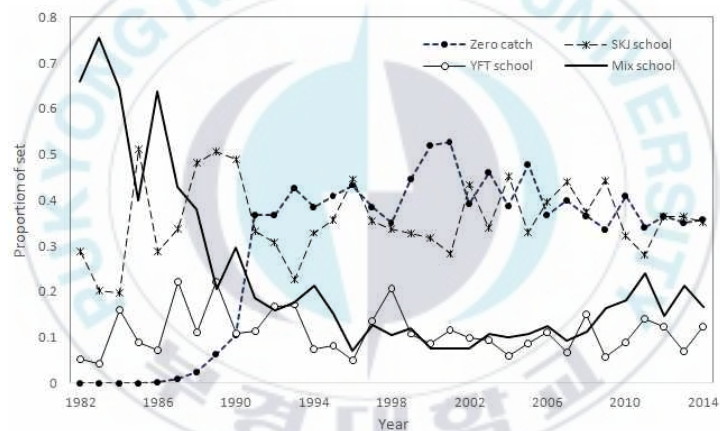


Fig. 2.18. Trends in annual proportion of school composition caught by Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

다. 조업 형태별 어종별 체장 조성 분석

Fig. 2.19는 조업 형태별 어종별 체장 조성 분석 결과를 나타내고 있다.

가다랑어의 성숙 연령은 18개월이며 성숙 체장은 40~55 cm (FL) (Maunder and Harley, 2005)이다. 본 연구에서 사용된 가다랑어의 체장 (FL) 범위는 15~145 cm 이었으나 가다랑어의 최대 체장이 111 cm (Bayliff, 1988)임을 고려하여 100 cm 이상의 개체는 분석에서 제외하였다. 가다랑어는 부상군과 유목군 조업 모두에서 55~60 cm에서 주 체장모드가 나타났다. 가다랑어의 평균체장은 부상군 조업에서 60 cm 유목군은 55 cm로 나타났으며 최소 성숙 체장보다 작은 개체의 비율은 부상군 조업에서 3%, 유목군 조업에서 7%를 차지하였다.

중서부태평양 수역에 서식하는 황다랑어의 성숙 연령은 12~15개월이며, 성숙 체장은 50~60 cm이다 (Lehodey and Leroy, 1999). 본 연구에서 사용된 황다랑어의 체장 범위는 부상군 조업에서 10~165 cm 이었고, 평균 체장은 104 cm로 80~85 cm대와 115~130 cm대가 주 체장모드였다. 유목군 조업은 10~160 cm의 체장 범위를 가지며 평균 체장은 59 cm 였고, 40~45 cm에서 주 모드를 보여, 부상군 조업에 의해 어획된 황다랑어의 체장이 유목군 조업에서보다 크게 나타났다. 특히, 최소 성숙체장보다 작은 개체의 어획비율이 부상군 조업에서는 3%인 반면 유목군 조업에서는 54%로 나타나 유목군 조업에 의한 소형 개체의 어획 비율이 매우 높게 나타났다.

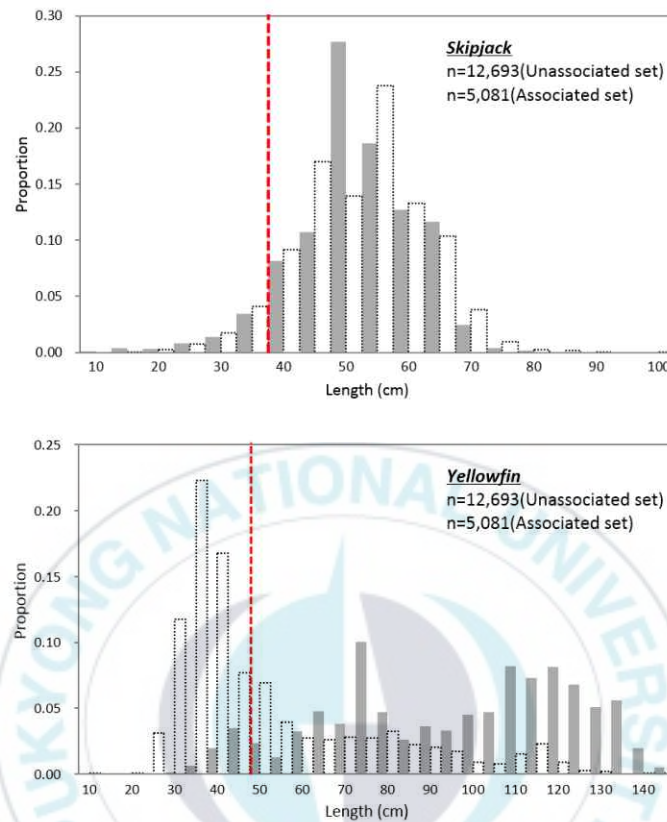


Fig. 2.19. Distribution on length frequency of Skipjack (top) and Yellowfin (bottom) by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 2004~2013 (Red dotted line indicates the minimum length of maturity).

라. 조업 시간별 분석

Fig. 2.20은 조업시작시간을 기준으로 각 시간별 조업 비율과 조업을 통해 생산된 어획량 비율 및 시간대별 CPUE를 연대별로 나타내고 있다. 어획량 및 어획 노력에 대한 시간대별 비율은 전 연대에서 유사하게 나타났다. 1980년대에는 조업시작 시간이 오전 5시인 조업의 비율과 해당 조업에 의해 생산된 어획량의 비율이 전체 조업과 어획량의 40% 이상을 차지하였으며 오후 7시부터 오전 3시까지의 야간에는 조업이 거의 일어나지 않았다. 1990~2000년대 역시 오전 5시에서 가장 높은 어획량 및 어획 노력 비율이 나타났으나 어획량은 15% 이하, 조업 노력은 20% 이하로 감소하면서 오전 6시부터 오후 5시까지의 주간 조업 비율이 전반적으로 고르게 증가하였다. 2010년대에도 오전 5시에서 가장 높은 어획 및 노력 비율을 보였으나 오후 5시를 제외한 주간 조업 비율이 감소하면서, 이전까지 거의 조업이 일어나지 않았던 야간 조업 비율이 증가하여 어획 및 노력 모두에서 약 2%의 비율을 차지하였다.

시간대별 CPUE 분석 결과 1980년대에는 오전 4시부터 오후 6시까지 평균 34 (mt/No. of set) 수준의 값을 보였으며 어획량 및 어획 노력의 비율이 높았던 오전 5시 보다 오전 10시와 오후 2시의 주간 시간에서 더욱 높은 CPUE가 나타났다. 1990년대에는 오전 5시 이전 (3~5시)에서 40~45 (mt/No. of set)의 높은 값을 보였다. 2000년대부터 오전 3시 이전과 오후 7시 이후에 이루어진 야간 조업의 CPUE가 증가하기 시작하여 2010년대에는 상대적으로 높은 CPUE를 보이는 오전 4~5시, 오후 4~7시를 제외한 전 시간대에서 평균 30 (mt/No. of set) 수준의 값을 기록하며 야간 조업의 CPUE가 크게 증가하였다.

조업 형태별 조업 비율의 시간대별 분포를 연대별로 나타낸 결과 부상군 조업에서는 1980년대를 제외한 모든 연대에서 오전 6시부터 오후 5시까지

10% 이하의 고른 분포를 보였으며 오후 5시에 상대적으로 높은 값이 나타났다. 2010년대에는 이전 연대에서 거의 조업이 일어나지 않았던 오후 7시부터 다음 날 오전 5시까지의 야간 조업 비율이 약 3%로 증가하여 전 시간대에서 비교적 고른 분포를 보였다. 유목군 조업은 전 연대에서 대부분의 조업이 오전 4~5시경에 나타났으나, 2010년대에는 오후 4~6시 사이에 조업이 상대적으로 증가하였다 (Fig. 2.21).

Fig. 2.22는 조업소요시간과 어획량 간의 상관관계에 대한 조업 형태별 차이를 확인하기 위하여 어획에 성공한 조업에서 조업소요시간별 평균 어획량을 조업 형태별로 분석한 결과이다. 분석 결과 대부분의 조업소요시간대에서 부상군 조업의 평균 어획량이 유목군 조업보다 다소 크게 나타났다.

시대별 평균 조업소요시간과 CPUE의 변화를 분석한 결과 평균 조업소요시간은 1980년대 전반에 약 250분을 기록한 후 2000년대 전반 (175분)까지 감소하는 경향을 보이다가 2000년대 후반에는 약 240분으로 증가하여 현재까지 유지되고 있다. CPUE는 1980년대 후반에 약 36 (mt/No. of set)으로 증가하였다가 2000년대 전반에는 26 (mt/No. of set)까지 감소하였다. 이후 증가하여 2000년대 후반에는 최고값인 37 (mt/No. of set)을 기록하였지만 최근 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 연대별로 어구 규모는 점차 커지고 있는 반면, 평균 조업소요시간은 2000년대 전반까지 감소하였다가 2000년대 후반에 증가하였으며, CPUE 역시 1980년대 후반 이후 2000년대 전반까지 감소하다가 2000년대 후반에 증가하는 경향이 나타났다 (Fig. 2.23).

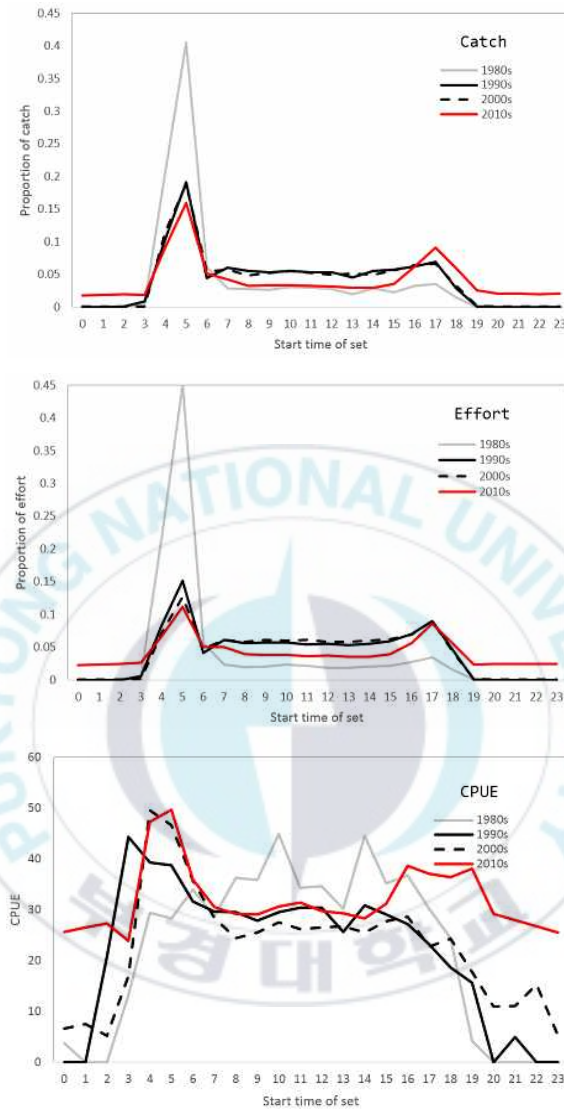


Fig. 2.20. Distribution on proportion of decadal catch and effort, and CPUE based on the start time of set of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

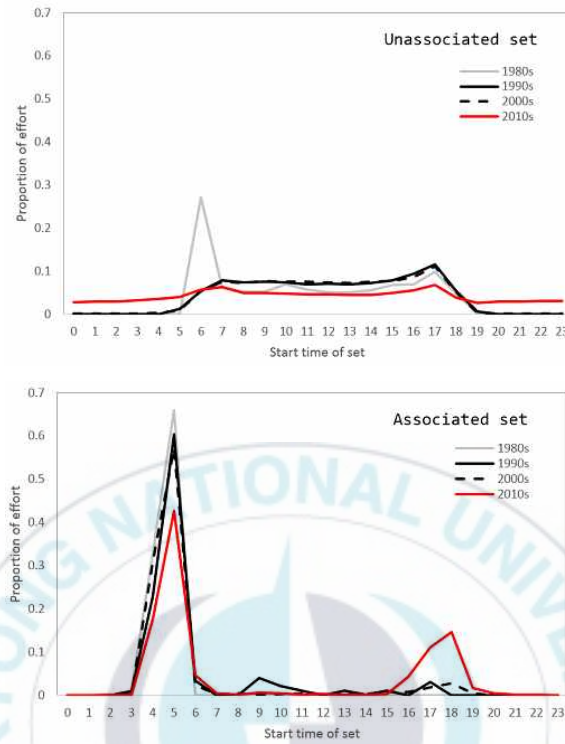


Fig. 2.21. Distribution on proportion of decadal effort by set type based on the start time of set of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

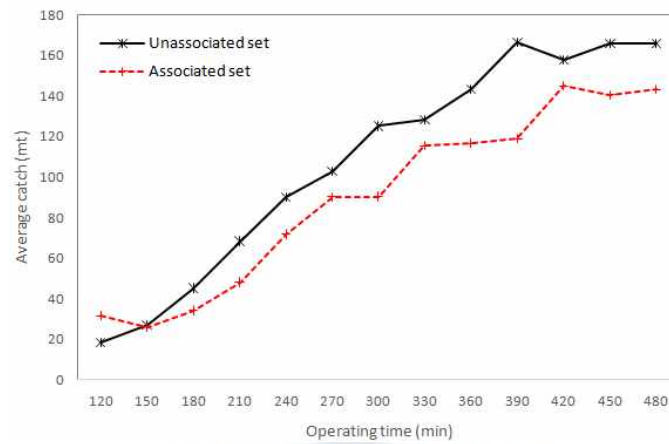


Fig. 2.22. Comparison of average catch relating to operating time by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean for the period 1982~2014.

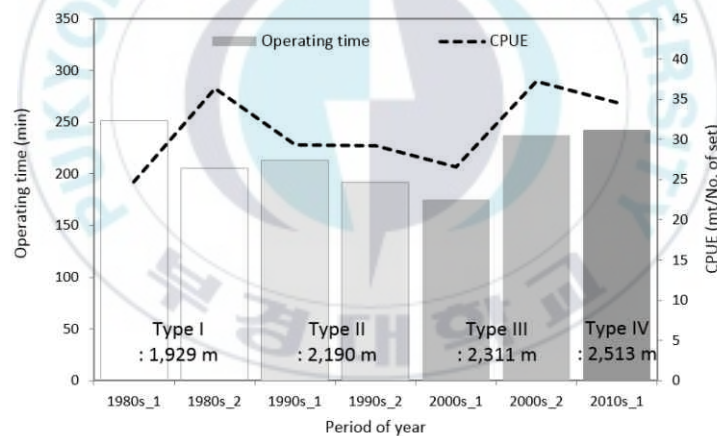


Fig. 2.23. Trend in average operating time (min) and CPUE by 5 years of Korean tuna purse seine fishery in the Pacific Ocean (Numbers in the bar, which represent on the average operating time, indicate standard length of net by decade (from Ryu et al., 2015)).

4. 고찰

우리나라 다랑어 선망어업의 어획량은 고급 동물성 단백질 식품에 대한 국내 수요가 증가하면서 1980년대 중반 이후부터 크게 증가하였다 (현 등, 1992). 이와 같은 다랑어에 대한 소비의 증가를 충족하기 위해 대량 어획이 가능한 선망어업에 대한 정부와 선사의 본격적인 투자가 이루어졌고, 이를 통해 1990년에는 조업 초기보다 약 20배 증가한 39척의 선박이 조업에 참여하게 되면서 우리나라는 중서부태평양 수역의 주요 선망 조업국으로 부상하게 되었다. 그러나 주요 어장인 파푸아뉴기니와 마이크로네시아의 과도한 입어료 요구 (국립수산물과학원, 2007)에 의해 1990년대 후반에는 조업 선박 척수가 26척까지 감소되었으며, 이후 현재까지 26~29척 수준에서 유지되고 있다. 이와 같이 조업 능력 (Fishing capacity)의 대표적인 지표인 선박 척수는 1990년 이후 감소하였지만 연도별 총 조업횟수는 오히려 증가하는 경향을 보였다. 이러한 원인으로는 조업방법과 선박규모의 변화 및 장비의 개선 등을 들 수 있다. 1980년대에는 유목군 조업의 비중이 높았으며 대부분 하루에 한 번의 조업이 일어나는 것으로 나타났다. 조업시작시간을 기준으로 한 조업 비율의 시간대별 분포에서 확인하였듯이 유목군 조업은 일출 전인 오전 4~5시 경에서 총 조업의 70% 이상이 집중되는 한정적인 조업 시간을 보이고 있다. 더하여 조업에 사용된 유목물체에 다시 새로운 어군이 형성되는데 까지는 약 3주 이상의 시간이 소요되는 것으로 알려져 있어 (Itano et al., 2004) 유목군 조업만으로는 충분한 어획고를 올릴 수 없었다. 1980년대 중반까지 투입된 선박의 절반가량은 1960~1970년대에 건조한 800 톤급 이하의 소형 선박으로 어탐을 위한 헬기 탑재가 불가하고 관련 장비가 제대로 구축되어 있지 않을 뿐만 아니라 빠른 유영속도의 다랑어군을 포획하는데 한계가 있어 적극적인 어탐이 필요한 부상군 조업을 수행하

는데 어려움을 겪었을 것으로 보인다. 그러나 1980년대 중반 이후 노후된 소형선이 대형선으로 교체되면서 대부분의 선박이 헬리콥터 탑재가 가능하게 되었다. 우리나라 선단이 보유한 헬리콥터는 전체 선박 수의 2/3 수준이었지만 여러 척의 선박이 함께 조업하는 선단조업을 통해 선사 소유의 헬리콥터를 선박 간에 공유함에 따라 모든 선박이 보다 적극적이고 정확한 어탐이 가능하게 되었다. 이와 함께 탐조 레이더와 같은 첨단 어탐장비 도입 및 조업을 지원하는 다양한 장비들의 성능 향상은 부상군 조업의 비율이 증가한 원인으로 고려된다. 뿐만 아니라 2000년대 후반에 대형의 신조선이 도입되고 어구가 더욱 대형화됨에 따라 대량 어획이 가능해지고 어획물 처리 방법에도 다양한 변화가 나타났다. 이에 따라 조업소요시간이 길어졌음에도 불구하고 전체 조업횟수는 유지되었는데, 이는 2000년대 이전까지 조업이 거의 이루어지지 않았던 오후 7시부터 다음 날 오전 3시까지의 야간 시간에 조업이 증가하였기 때문이다.

우리나라 다량어 선망어업의 총 어획량은 1991년 약 23만 톤을 기록한 후 감소 추세를 보이다가 2006년에 들어서면서 약 5만 톤 이상이 증가하여 이후 현재까지 최고 28만 톤 (2010년), 평균 25만 톤 수준의 높은 어획량을 생산하고 있다. 반면 동일 기간 내의 총 조업횟수에는 큰 변화가 보이지 않았는데 이러한 현상은 다음과 같은 세 가지 원인으로 고려될 수 있다.

첫 번째로는 대형 신조선의 도입이다. 1980년대 중반에 800 톤급 미만의 소형선이 대형선으로 교체된 이래 1990년대와 2000년대 전반까지 선박의 규모가 거의 유지되었으나 2006년부터 높은 출력을 가진 대형의 신조선들이 노후된 선박을 대체하여 조업에 투입되었다. 이에 따라 어획물을 저장할 수 있는 용적이 커짐에 따라 양륙 또는 전재의 횟수를 줄일 수 있기 때문에 이 과정에서 절약된 시간을 좋은 어장을 찾는데 투자할 수 있음에 따라 더욱 높은 어획 효율을 가진 조업이 가능했던 것으로 추정된다. 그러나

2010년에는 조업횟수와 함께 어획량이 크게 감소하였는데, 이 시기는 WCPFC가 보존관리조치¹¹⁾를 통해 해상전채를 금지한 시점과 일치하기 때문에 위의 원인을 정확하게 파악하기 위해서는 보존관리조치 이행에 따른 영향과 함께 선망어업에 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 해양 환경적 요인을 고려한 복합적인 분석이 필요하다.

두 번째로는 2006년부터 증가한 유목군 조업 중 특히 인공 유목군을 이용한 조업 증가에 의한 것으로 보인다. 인공 유목군 조업은 위성 부이 등의 첨단 장비를 구비한 인공 어군집어장치 (FAD)를 이용하여 조업하는 방법으로 1990년대 중반부터 전 대양에서 활발하게 이루어지고 있다 (Fonteneau et al., 2000; Moreno et al., 2001; Bromhead et al., 2003). 일반적으로 유목군 조업은 유목 물체 아래에 모인 플랑크톤이나 소형 어류를 섭이하기 위하여 거의 정지 상태로 유집되어 있는 어군을 대상으로 조업하기 때문에 빠른 속도로 유영하는 어군을 어획하는 부상군 조업보다 어획 성공률이 높다. 그러나 자연 유목군 조업은 해양으로 떠내려 온 통나무, 나뭇가지 및 야자수 잎, 죽은 동물 사체와 같은 부유물체를 발견할 경우에만 조업이 가능하기 때문에 이러한 부유물체를 이용할 수 있는 수역의 범위와 하루당 발견되는 유목의 개수에는 한계가 있다. 반면 인공 유목군 조업의 경우 인공 유목장치를 선박에 싣고 항해하면서 선장이 원하는 위치에 설치할 수 있어 자연유목이 발견되기 어려운 먼 바다에서의 사용이 용이하며 설치 개수도 조정이 가능하다. 또한 인공 유목장치에 부착된 위성 부이를 통한 위치 추적이 가능하기 때문에 조업 효율성을 더욱 높일 수 있게 되었다. Arrizabalaga et al. (2001), Ariz et al. (2001), Fonteneau et al. (2001)은 인공 유목장치의 도입과 함께 본선을 대신하여 유목물체에 유집된 어군

11) 전채규정에 관한 보존관리조치 (Conservation and Management Measure on the regulation of transshipment, CMM2009-06)

유무를 확인하며 유목물체를 설치하거나 수거 또는 수리하는 등의 활동을 담당하는 지원선의 도입 역시 유목군 조업의 효율성을 높이는데 상당한 기여를 했다고 보고하였다.

세 번째로는 2000년대 중반부터 상업적인 해양 환경정보 제공 서비스 (orb map)가 선단에 보급되면서 정확하고 다양한 해황 정보의 실시간 이용이 가능해졌다. 선망어업의 주 대상어종인 가다랑어는 수온과 엽록소 분포 등 해양 환경적 요인에 매우 민감한 것으로 알려져 있기 때문에 (Lehodey, 2000), 해황 정보를 통해 좋은 어장이 형성될 것으로 추정되는 수역으로 이동하여 어탐의 효율성을 높이고 인공 유목장치를 설치한 후 유집된 어군을 대상으로 하는 조업이 가능하였을 것으로 보인다.

이와 같은 유목군 조업은 부상군 조업에 비해 비교적 높은 어획 효율성을 가지고 있으나 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 먼저 유목군 조업의 가장 큰 문제점으로 비목표종의 혼획을 들 수 있다. 우리나라 선단의 어획 자료에서도 눈다랑어의 전체 어획량 중 70% 이상이 유목군 조업에 의해 생산된 것으로 나타났다. 또한 어획물의 종조성에서도 유목군 조업은 부상군 조업보다 혼합군 (Mix)과 눈다랑어군 (BET)의 비율이 높았다. 일반적으로 유목물체의 수면 아래에 설치되어 있는 나뭇가지, 잎 또는 폐그물 등의 수중 구조물은 주 대상어종인 가다랑어가 서식하는 혼합층 보다 깊은 수심까지 도달하여 혼합층의 하부 또는 수온약층 상부에서 유영하는 황다랑어와 눈다랑어의 자치어들이 유집되는 경향이 있다 (Lennert-Cody, 2008). 또한 유목군 조업은 일출 전인 오전 4~5시경에 가장 많이 이루어졌는데, 이는 어두운 시야를 이용하여 유목에 유집된 어군이 그물을 감지하여 도피하는 것을 막고 (Itano et al., 2004) 수온약층이 상승하여 어군의 도피로 차단이 가능하기 때문이다 (Moreno et al., 2007). 이와 같은 주요 조업 시간은 눈다랑어의 수직운동패턴과도 연관이 있는 것으로 보이는데,

일반적으로 눈다랑어는 주간에는 수온약층의 깊은 곳에서 유영하다가 새벽 시간에 수심 가까이로 부상하는 수직운동패턴을 가지기 때문에 (Moreno et al., 2007; Leroy et al., 2009) 유목군 조업에 의해 더욱 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

유목군 조업의 문제는 체장조성 분석 결과에서도 확인할 수 있었는데 주요 어종인 가다랑어와 황다랑어는 유목군 조업에서 소형 개체의 비율이 높았으며, 특히 황다랑어는 성숙 체장 이하의 소형 개체의 비율이 절반 이상을 차지함에 따라 유목군 조업에 의한 자치어 남획의 문제가 여실히 나타났다. Leroy et al. (2013) 및 Kumasi et al. (2010)의 연구에서도 오퍼버 자료 분석과 현장 조사 결과를 통해 유목군 조업에 의해 어획된 가다랑어, 황다랑어, 눈다랑어의 개체 크기가 부상군 조업에서 어획된 것에 비해 작으며, 특히 황다랑어에서 이러한 현상이 현저하게 나타났다고 보고하였다. 위의 연구들을 근거로 유목군 조업에 의한 어획물의 소형화 현상은 본 연구에서 제외된 눈다랑어에서도 유사한 경향이 나타날 것으로 추정되는 바, 눈다랑어를 포함한 모든 어종에 대한 체장 자료의 수집이 활발히 이루어져야 한다.

위와 같은 특성에 의해 유목군 조업은 눈다랑어 자치어 어획 사망률 증가의 가장 큰 원인 (Leroy et al., 2013)으로 인지되고 있다. 현재 눈다랑어의 어획량이 최대지속적생산량 (Maximum Sustainable Yield (MSY))을 초과함¹²⁾에 따라 지역수산관리기구 (RFMO)에서는 유목 장치가 눈다랑어·황다랑어 자치어에 미치는 영향을 확인하기 위하여 다양한 연구들이 진행 중에 있다. 그러나 선망어업의 복잡성에 의해 자치어 어획 저감에 효과적인 인공집어장치는 아직 개발 단계에 있다 (Itano et al., 2005; Schaefer et

¹²⁾ Stock assessment of bigeye tuna in the Western and Central Pacific Ocean (WCPFC-SC10-2014/SA-WP-01)

al., 2005; Schaefer et al., 2011). 우리나라에서도 국립수산물과학원 (Moon et al., 2008)에서 인공 유목장치의 수중 구조물의 길이와 어획개체 크기 간의 상관관계를 분석하기 위한 시험조사를 실시하였으나 이는 예비 실험으로서 둘 간의 명확한 상관관계를 규명하지는 못하였다. 따라서 현재 감소하고 있는 눈다랑어와 황다랑어의 자원을 보호하기 위해서는 자원 상태가 안정 될 때까지 유목군 조업에 대한 규제가 필수적이며, 동시에 선망조업 과정에서 가다랑어 생산량에 영향을 주지 않으면서 눈다랑어와 황다랑어의 어획량을 감소시킬 수 있는 어로 기술과 어구 개발에 대한 연구가 계속되어야 한다.

우리나라 다랑어 선망어업은 부상군 조업을 중심으로 수행되고 있다. 우리나라 선망선단의 부상군 조업 비율은 1980년대를 제외한 전 연대에서 평균 80% 이상의 높은 수준을 보이고 있는데, 이는 중서부태평양 수역 주요 선망 조업국의 부상군 조업 비율이 평균 60% 이하 (1990년대 이후)임을 감안할 때 높은 수치이다.

어획 효율성의 관점에서도 WCPFC에서 분석한 주요 선망조업국의 조업 형태별 CPUE에서 우리나라 선단의 부상군 조업 CPUE는 다른 조업국들의 부상군 조업은 물론 유목군 조업의 CPUE 보다도 높게 나타났다 (Williams and Tarawasi, 2015). 본 연구에서 분석한 조업 형태별 CPUE는 부상군 조업 30 (mt/No. of set) 유목군 조업 42 (mt/No. of set)로 유목군 조업이 높았으나, 어획량이 15톤 미만인 조업을 제외한 경우의 CPUE는 부상군 조업 53 (mt/No. of set), 유목군 조업 51 (mt/No. of set)로 부상군 조업에서 더 높게 나타났다. 또한 조업소요시간에 따른 평균 어획량 역시 부상군 조업에서 더욱 큰 값을 보였다. 이와 같은 우리나라 선망어업의 조업 형태별 CPUE의 차이는 유목군 조업이 어획량이 없거나 매우 낮은 조업횟수를 감소시킴으로써 전체 조업에 대한 평균이 높아지는 것으로, 실제

조업 당 생산되는 어획량이 큰 것은 아님을 나타내고 있으며 다른 조업국에서도 이와 유사한 결과가 보고되고 있다 (Fonteneau et al., 2000; Marsac et al., 2000).

이와 같이 조업 성공률은 어획 효율성에 큰 영향을 주는데 우리나라 선망어업의 조업 형태별 조업 성공률은 기준 어획량에 따라 유목군 조업은 64~88%, 부상군 조업은 40~53%로 수준에서 나타났다. 특히 기준 어획량이 10 톤과 15 톤에서 가장 큰 성공률의 차이를 보임에 따라 15 톤이 조업 성패의 경계를 나타내는 것으로 보인다. 인도양다랑어위원회 (IOTC)¹³⁾의 열대 다랑어 작업반 (WPTT)¹⁴⁾에서는 프랑스 및 스페인 선망어업의 어획 동향을 분석한 연구에서 10 톤 이상의 어획량을 생산한 조업을 성공한 조업 (positive set)으로 구분하고 있다. 그러나 중서부태평양 수역은 인도양 수역보다 어군 밀도가 높은 것으로 알려져 있으며 관련 실무자들 역시 태평양 수역의 선망어업의 조업 성공 기준을 10~20 톤 수준으로 고려한다고 한다. 따라서 우리나라 선망조업 성패를 구분하는 기준 어획량으로 15 톤이 적합한 것으로 판단되며, 이 때 우리나라 선망선단의 조업 성공률은 유목군 조업에서 70%, 부상군 조업에서 44%의 높은 값이 나타났다.

이와 같은 높은 조업 성공률, 특히 부상군 조업의 높은 성공률의 원인으로는 우리나라 선망선단은 대부분이 1,000 톤급 이상의 기동력이 높은 대형 선박들로 구성되어 있어 일본과 같은 원양 조업국과 연안국의 선단들과 비교하여 부상군 조업에 유리한 것으로 판단된다. 또한 해양정보시스템 및 조업을 지원하는 다양한 첨단 장비의 정확성 증가 역시 조업 성공률 상승에 영향을 미친 것으로 보인다. 더하여 어탐을 시작으로 조업 결정 여부와 조업 시 조류 방향 및 유속 등 환경 조건을 고려한 투망 방향, 속도, 양망

¹³⁾ Indian Ocean Tuna Commission (IOTC)

¹⁴⁾ Working Party on Tropical Tunas (WPTT)

시작 시점과 종료까지 전체적인 조업 과정을 결정하는 선장과 어로장의 뛰어난 어로 기술과 경험 축적 역시 중요한 역할을 한 것으로 고려된다.

우리나라 선망선단이 부상군 조업을 선호하는 가장 주요한 이유는 부상군 조업에 의한 어획물이 유목군 조업에 비해 대형개체로 구성되어 있어 경제적 가치가 상대적으로 높기 때문으로 보인다. 특히 일부 선사에서는 2006년에 신조한 선망선을 통해 국내 최초로 PS (Purse seiner Special) 제품을 생산하였다. 이것은 선망선에서 횡감용 다랑어를 생산하기 위한 것으로 어획물 중 상품가치가 높은 개체를 선별하여 급속 냉동시키는 방법으로 처리된다. 따라서 소형개체와 기타 부수어획종이 다수 포함되어 있는 유목군 조업 보다는 부상군 조업이 PS 제품을 위한 어획물 생산에 더욱 적합한 것으로 보인다. 경제적 가치가 높은 PS 제품은 다랑어 선망어업의 부가가치 증대에 기여하고 있으며 이에 따라 PS 제품에 대한 선호도가 높아지고 있어 향후 부상군 조업의 비중 역시 증가할 것으로 예상된다.

태평양 수역 우리나라 다랑어 선망어업의 어획 실태와 조업 특성에 대한 다양한 분석을 수행하면서 몇 가지의 문제를 확인하였는데, 첫 번째로 조업자료에 관한 문제이다. 본 연구의 기초 자료인 어획실적보고 자료는 시대에 따라 보고되는 정보의 내용에도 변화가 있었다. 특히 1980년대의 경우 선박에 따라 조업 당 정보를 따로 기입하지 않고 해당 일자에 일어난 여러 조업들을 합산하여 하나의 조업으로 보고한 것으로 추정되는 자료들이 있었다. 이에 따라 1980년대의 어획 노력량이 과소 추정되었을 가능성이 있으며 이는 CPUE와 조업 형태별 분석 및 조업 성공률 분석 결과에 영향을 미칠 것으로 보인다. 조업소요시간에 대한 분석에서도 1980년대 전반의 조업소요시간이 가장 긴 것으로 나타났다. 이러한 결과는 어업 도입 초기임에 따라 경험 부족에 따른 조업 미숙으로 인한 시간의 지연으로도 해석이 가능하겠으나 1회 이상의 조업이 합산됨에 따라 첫 번째 조업 시작

시간과 마지막 조업의 종료 시간이 기재되어 나타난 결과로도 해석할 수 있을 것이다. 따라서 선박별 해당 선사의 검증 과정 등을 통하여 동 시기의 조업 정보들에 대한 보정이 필수적이다.

두 번째로는 선망 어획물 종조성의 정확성에 관한 문제이다. 어업생산 통계자료에 의한 우리나라 선망어업의 눈다랑어 어획비율은 전체 연도에서 1%도 되지 않았으며, 특히 2005~2007년에 눈다랑어 어획량이 없거나 매우 적은 수치였다. 따라서 어종별 CPUE와 조업 형태별 어종별 어획비율 분석 결과에서 눈다랑어의 동향이 급격하게 변동하는 경향이 나타났다. 눈다랑어 어획량의 매우 낮은 수치는 종식별의 불확실성에서 원인을 찾을 수 있을 것으로 보인다. Lee et al. (2011)에 따르면 조사선박의 조업일지에 기록된 어획량과 가공공장에서의 종식별 조사로부터 파악된 실제 어종별 어획량 간에는 다소 차이를 보였는데, 특히 눈다랑어의 경우에는 파악된 실제 어종별 어획량 간에 다소 차이를 보였다고 나타났다. 이에 대한 원인으로 소형개체의 경우 어종간 식별이 어려워 눈다랑어가 황다랑어 또는 가다랑어로 분류될 가능성이 높기 때문이다. 그러므로 조업 형태와 어종간의 상관관계에 대한 정도 높은 분석을 위해서는 정확한 어획물의 종조성 분석과 어종별 체장자료가 필수적이다. 이를 위해서는 교육 및 식별 지침서 등을 통하여 어업인들의 종식별에 대한 이해를 개선하고, 체장자료 수집을 위한 개체 선별 시 조업별로 다양한 크기를 선택하여 자료가 편중되는 것을 방지해야 한다. 또한 양륙항 모니터링 연구의 일환으로 가공공장에서의 지속적인 샘플링 연구는 신뢰성 있는 혼획율을 도출하여 정확한 어종별 어획량 추정을 가능케 할 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 조업 형태별 조업 특성 분석을 위해 ‘방법’에서 제시한 다양한 근거를 기반으로 자연 유목군과 인공 유목군을 합산하였다. 그러나 인공 유목군은 자연 유목물체의 발견이 어려운 수역에서 유목

물체를 직접 설치하고 이를 이용하여 조업하는 방법으로 주로 170°E 이동의 동부 공해 수역을 중심으로 조업이 이루어지는 반면 (Lehodey, 2000; Leroy et al., 2013), 자연 유목군은 연안국 EEZ 내에서의 의존도가 높다 (Williams and Tarawasi, 2014). 따라서 동일한 유목군 조업이라도 주로 사용되는 수역이 다르고 동일한 수역 내에서도 시기별 해황의 조건에 따라 다양한 변수가 나타나기 때문에 우리나라 선망선단의 정확한 조업 특성을 확인하기 위해서는 해양 환경 변화를 고려한 조업 형태별 분석이 이루어져야 한다.



III. 다랑어 선망어업의 조업어장분포와 해양 환경과의 관계

1. 서론

태평양수역 우리나라 다랑어 선망어업 초기인 1980년대 전반에는 파푸아 뉴기니와 마이크로네시아 사이의 좁은 해역을 중심으로 2~3척의 선박이 조업하였으나 선망어업의 경제성에 대한 원양 선사들의 관심과 정부의 적극적인 지원 등을 통해 1982년부터 1990년까지 조업 선박 수가 급격히 증가되었다. 동시에 탐조 레이더 (Bird radar), 위성부이, 소나 등의 첨단 장비의 도입으로 어장 및 어군 탐사가 용이하게 되었으며 (Don et al., 2003), 특히 지원선 도입과 신조선의 대형화는 조업 선박 척수의 증가 없이도 조업 능력 (Fishing capacity)을 향상시키는 결과를 가져왔다 (Miyake et al., 2010). 특히 1990년대 말부터 본격적으로 사용하기 시작한 인공집어장치 (Fish Aggregating Device, FAD)는 다양한 부속장치와 수중 구조물을 부착하여 자연유목에 비해 어군 유집 효율성이 높고 선박에 싣고 다니다가 필요한 경우, 즉 자연유목물체의 발견이 어려운 동부 공해 수역 등에서도 인위적 설치가 가능하여 사용이 용이하다. 위와 같은 선망선단 규모의 확대와 조업기술 및 관련 장비의 발달은 선망어업의 조업 어장 확장과 변화에 영향을 주었다.

선망어업은 열대·온대 수역의 표층과 혼합층에 서식하는 다랑어 및 다랑어 유사종을 대상으로 전 대양에서 조업이 이루어지고 있으며 대양과 수역에 따라 주 대상어종이 다르다 (Ben Yami, 1994). 즉, 인도양, 대서양, 동부

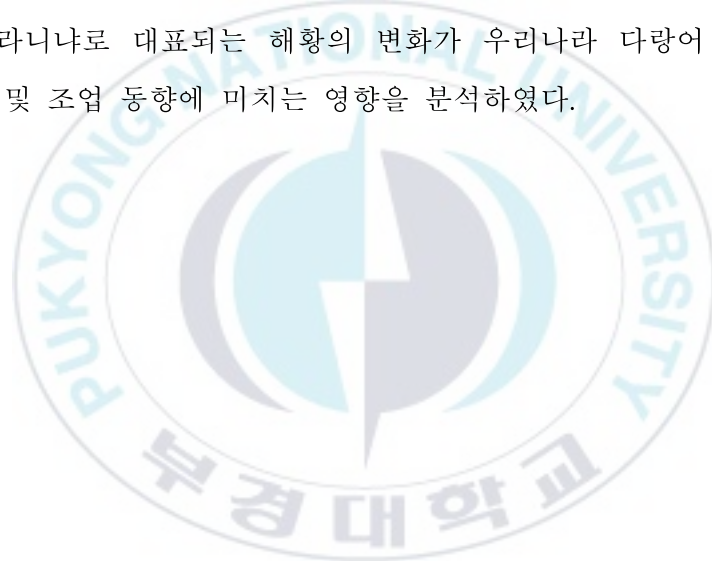
태평양 열대 수역 다랑어 선망어업의 주 대상어종이 황다랑어인 것에 반하여 (Miyake et al., 2010), 중서부태평양은 선망어업의 전체 생산량 중 70~75% 이상을 가다랑어가 차지하고 있다 (Lehodey, 2000). 따라서 중서부태평양 수역에서 조업하는 선망어업의 조업 어장은 가다랑어 어군의 이동에 의해 큰 영향을 받는다.

가다랑어는 서부태평양 수역의 28C 이상의 따뜻한 해수 (warm pool)를 중심으로 서식하기 때문에 (안 등, 2003), 가다랑어의 이동은 서부태평양의 따뜻한 해수와 동부태평양의 차가운 해수의 이동과 유기적으로 연결되어 있는 엘리뇨 및 라니냐 현상에 의해 상당한 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Lehodey, 2000; Leroy et al., 2013). 이와 같은 해황의 변화는 어군의 이동에 영향을 주어 주요 어장의 위치에도 영향을 미친다. 따라서 선장과 어로장은 다양한 해황 정보를 기반으로 어장 예측이 가능하다. 또한 수역별 (주로 경도별)로 혼합층 깊이와 수온약층 수심 등의 해양 지리학적 조건이 다르기 때문에 어군의 종조성과 밀도 등에 차이를 보이며 조업 형태별 어획 효율성에서도 차이가 나타난다 (Lehodey, 2000; Leroy et al., 2013).

중서부태평양 다랑어 선망어업에 대한 조업분포와 해양 환경적 영향에 관한 연구에는 일본의 조업자료를 이용하여 효율적인 조업 위치 선정을 위한 어획 분포와 수온이 어장에 미치는 영향 (Kim, 1999), 어획 대상종 어군의 성상(性狀)과 수온의 연직분포 분석을 통해 어장환경이 어군에 미치는 영향 (Kim, 1999), 엘리뇨와 라니냐가 열대태평양 다랑어 자원에 미치는 영향 (Lehodey, 2000), 엘리뇨 현상에 의한 중서부태평양 한국 다랑어 선망어업 어장변동 (An et al., 2003)과 유목군 조업과 해황지수 간의 상관관계 분석 (Leroy et al., 2013) 등에 관한 연구가 선행되었다. 또한 매년 보고되는 WCPFC의 어업현황에 관한 보고서와 회원국의 국가보고서를 통해 중서부태평양 선망어업의 어획 동향과 함께 개략적인 어장 분포와 해황간의 관계

에 대한 정보를 확인할 수 있다. 그러나 선행 연구들은 일본의 조업 자료를 이용한 분석이거나 중서부태평양 수역의 전체 선망어업의 조업 자료를 합산하여 분석한 연구였다. 또한 단기간의 자료만을 사용하였거나 해황 변화에 따른 어획 동향을 분석한 연구였기 때문에 우리나라 다랑어 선망어업의 시대적 어장분포와 해양 환경적 요인이 어업에 미치는 영향을 파악하는데는 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 다랑어 선망어업의 시대별 조업어장 분포를 확인하고 어종과 조업 형태에 따른 어장분포 특성을 분석하였다. 또한 엘리뇨와 라니냐로 대표되는 해황의 변화가 우리나라 다랑어 선망어업의 어장 분포 및 조업 동향에 미치는 영향을 분석하였다.



2. 자료 및 방법

2.1. 자료

우리나라 다랑어 선망어업의 시대별 조업어장 변화를 확인하고 주요 어종 및 조업 형태에 따른 어장 분포 동향을 확인하기 위하여 조업일지 (logbook)자료에 기재되어 있는 조업 일자, 조업 위치 (set by set), 조업 형태코드, 어종별 어획량의 정보를 이용하였다. 조업 형태별 분석은 조업 형태 및 조업 시간이 기재되어 있지 않은 1980~1981년 자료는 제외하였다.

우리나라 다랑어 선망어업의 주요 조업 수역을 확인하고 각 수역별 연도별 어획 동향 및 월별 변화를 확인하기 위하여 WCPFC 과학위원회에서 가다랑어 자원 평가 시 사용하는 수역 (Region)을 기준으로 분석하였으며, 수역의 경계는 우리나라 조업패턴을 고려하여 수정하였다 (Fig. 3.1).

해양 환경적 변화가 어업에 미치는 영향을 분석하기 위하여 엘리뇨·라니냐를 나타내는 지표 중 Oceanic Nino Index (ONI)와 다변수 엘리뇨남방진동지수 (Multivariate ENSO Index, MEI)를 사용하였다. ONI는 미국국립해양대기청¹⁵⁾ (NOAA)에서 엘리뇨·라니냐 감시구역인 NINO 3.4 수역 (5°S~5°N, 170°~120°W)의 해수면 온도 (Sea Surface Temperature, SST) 편차를 3개월 이동 평균 (1-3월, 2-4월, ..., 11-1월)하여 산출한 지수로, 이 값이 섭씨 0.5도 이상인 달이 5개월 이상 지속될 경우 그 첫 달을 엘리뇨의 시작으로 본다. MEI는 열대 태평양에서 관측되는 6개의 주요 변수¹⁶⁾를 합산하여

¹⁵⁾ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

¹⁶⁾ 다변수엘리뇨남방진동지수 (MEI)에 합산된 6개의 주요 변수는 해면 기압 (Sea-level pressure (P)), 동-서, 남-북방향의 표층 풍속 (Zonal (U) and meridional (V) components of the surface wind), 해수면 온도 (Sea surface

분석한 지수로 2개월 이동 평균 (1-2월, 2-3월, ..., 12-1월)하여 계산하였다. ON의 정보는 NOAA 기후예측센터 (Climate Prediction Center)¹⁷⁾, MEI는 미국기상연구대학연합 (University Corporation for Atmosphere Research, UCAR)¹⁸⁾의 자료를 사용하였다. 1980년도부터 2014년까지 두 지수 간의 월별동향은 Fig. 3.2와 같다.



temperature (S)), 기온 (Surface air temperature (A)), 운량 (Total cloudiness fraction of the sky (C))이다 (Wolter, 1987 ; Wolter and Timlin, 1993).

¹⁷⁾ <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>

¹⁸⁾ <http://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/multivariate-enso-index>

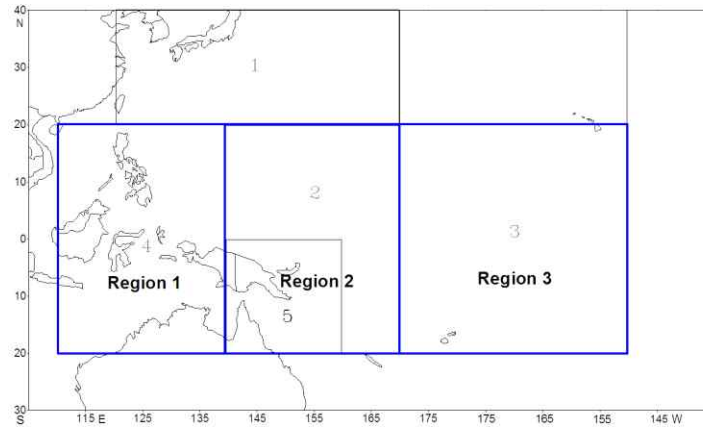


Fig. 3.1. Revised regional structure for Skipjack tuna in the Western and Central Pacific Ocean (Rice et al.(2014)¹⁹⁾).

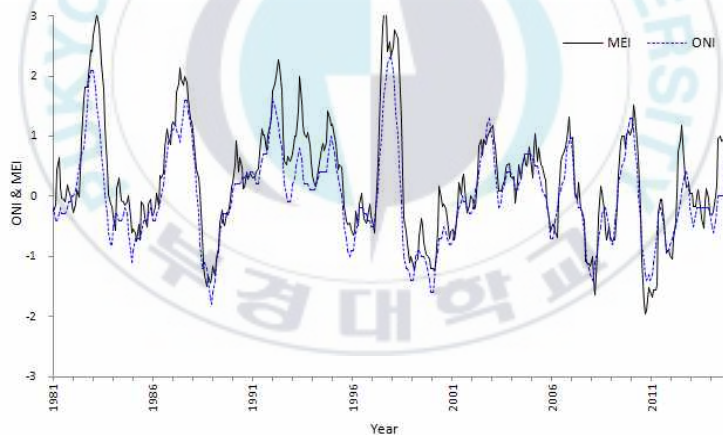


Fig. 3.2. Variation in monthly Oceanic Nino Index (ONI) and Multivariate ENSO Index (MEI) for the period 1980~2014.

¹⁹⁾ Stock assessment of skipjack tuna in the Western and Central Pacific Ocean (WCPFC-SC10-2014/SA-WP-05 Rev 1)

2.2. 방법

다랑어 선망어업의 어획 및 노력 분포 변화를 확인하기 위하여 1980년에서 2014년까지의 조업 자료를 5년 단위로 합산한 후 평균하여 경위도 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 별로 나타내었다. 또한 어종별 어획량 및 CPUE와 조업 형태별 노력 및 어종별 어획량을 연대별로 분석하여 경도별로 나타냈으며, 어종별 어획량과 조업 형태별 노력량의 경도별 분포를 월별로 분석하였다.

우리나라 다랑어 선망어업의 주요 조업 수역과 각 수역 내 연도별 동향을 확인하기 위하여 수역별 어획량과 CPUE 및 노력형태별 노력량과 CPUE에 대한 연도별 동향을 분석하였다.

해양 환경적 영향과 어종별 어장분포간의 관계를 확인하기 위하여 1990년부터 2014년까지 MEI와 가다랑어 및 황다랑어 CPUE의 월별 동향을 분석하였다. 여기에서 사용된 MEI는 양의 값이 엘니뇨, 음의 값이 라니냐를 나타낸다. 1980년대는 우리나라 선망조업이 서부태평양 160°E 이서 수역의 한정된 수역에서만 조업하였기 때문에 분석에서 제외하였다.

해황에 따른 어종별 중심어장을 분석하기 위하여 가다랑어와 황다랑어의 중심어장을 분석하고 MEI와의 상관관계를 확인하기 위하여 통계적으로 검증하였다. 경도별 중심어장변화를 확인하기 위하여 Lehodey (1997)의 방법을 사용하였으며, 식 3.1과 같다.

$$G_j = \sum L_i(C_{ij}/E_{ij}) / \sum (C_{ij}/E_{ij}) \quad (3.1)$$

여기서 G_j 는 j 월의 어종별 CPUE 중심위치, L_i 는 경도 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 수역의 중심점, C_{ij} 는 j 월의 i 수역구간에서 어획된 총 어획량, E_{ij} 는 j 월의 i 수역구간에서의 총 조업횟수를 나타낸다.

엘리뇨와 라니냐에 따른 어획 동향 및 조업 특성을 분석하기 위하여 대표적인 엘리뇨와 라니냐 시기를 선정하여 각 연도의 가다랑어와 황다랑어의 어획 비율 분포 및 조업 형태별 어획 노력 분포를 분석하였다. 엘리뇨와 라니냐의 대표 시기는 ONI와 MEI를 기반으로 선정하였으며, 자료의 정확성을 위해 강한 엘리뇨와 라니냐가 나타난 연도 중 우리나라 조업 자료의 수집률을 고려하여 선정하였다. 또한 우리나라 조업 어장이 파푸아뉴기니 북부 수역과 동부태평양 콜롬비아 연안 수역에 한정되었던 1980년대를 제외하였다. 이에 따라 엘리뇨는 1997년, 2002년이, 라니냐는 1996년, 2011년이 선정되었다.



3. 결과

3.1. 조업어장 분포

3.1.1. 어획 및 노력 분포

Fig. 3.3은 우리나라 다랑어 선망어업의 역사적인 어획 및 노력 분포를 나타내고 있다. 1980년대 전반에는 파푸아뉴기니 북부 5°S~5°N, 135°~160°E의 좁은 수역에서 대부분의 조업이 발생하였으며, 많은 조업 노력이 투입되지 않은 관계로 특정한 중심어장이 나타나지 않았다. 1980년대 후반 역시 대부분의 조업이 1980년대 전반과 동일한 수역에서 이루어졌으나 파푸아뉴기니 북부 연안 수역에서 조업이 증가함과 동시에 180°까지 어장이 확대되었다. 특히 1987~1989년에는 멕시코 남부 연안의 동부 태평양에서도 조업이 이루어진 것으로 확인되었다.

1990년대 초에는 나우루 배타적경제수역 (EEZ)을 제외한 170°W까지 어장이 확장되었으며 140°~165°E 에서 중심어장이 나타났다. 1990년대 후반에는 나우루 수역을 포함하여 150°W까지 어장이 확대되었으며, 특히 153°~160°W의 키리바시 수역에서 조업이 시작되면서 높은 어획량을 보였다. 또한 남으로도 15°S 까지 확대되어 솔로몬 제도 연안 수역에서도 조업이 이루어졌다.

2000년대 전반기는 우리나라 다랑어 선망어업 역사상 조업 어장이 가장 동부로 확대된 시기로 145°W 까지 조업이 이루어졌으며 파푸아뉴기니 북부 135~145°E 수역과 적도 부근에서 중심어장이 형성되었으나, 2000년대 이전까지 어획량의 상당부분을 생산했던 파푸아뉴기니 북동부 연안 수역에서 조업이 거의 이루어지지 않았다. 2000년대 후반에는 조업어장의 동부 경계 범위는 서부로 다소 축소되었으나 140°E 이서 수역에서 조업이 사라지면서 0~8°S, 160°E~180°수역에서 중심어장이 나타나 어장이 전반적으

로 동쪽으로 이동하였다. 특히 이전까지 조업이 거의 일어나지 않았던 키리바시 수역 (165°W~180°)에서 높은 어획 및 노력 비율이 나타났다.

2010년대에는 주 조업어장이었던 155~175°W 수역 일부에서 조업이 사라진 것으로 나타났다. 이는 WCPFC의 보존관리조치 중 2010년부터 시행된 포켓공해수역 내 조업금지에 관한 규정에 의한 영향으로 보인다. 0°~8°S 수역을 중심으로 어획 및 노력이 나타났고 전체 조업 면적은 축소되었다.



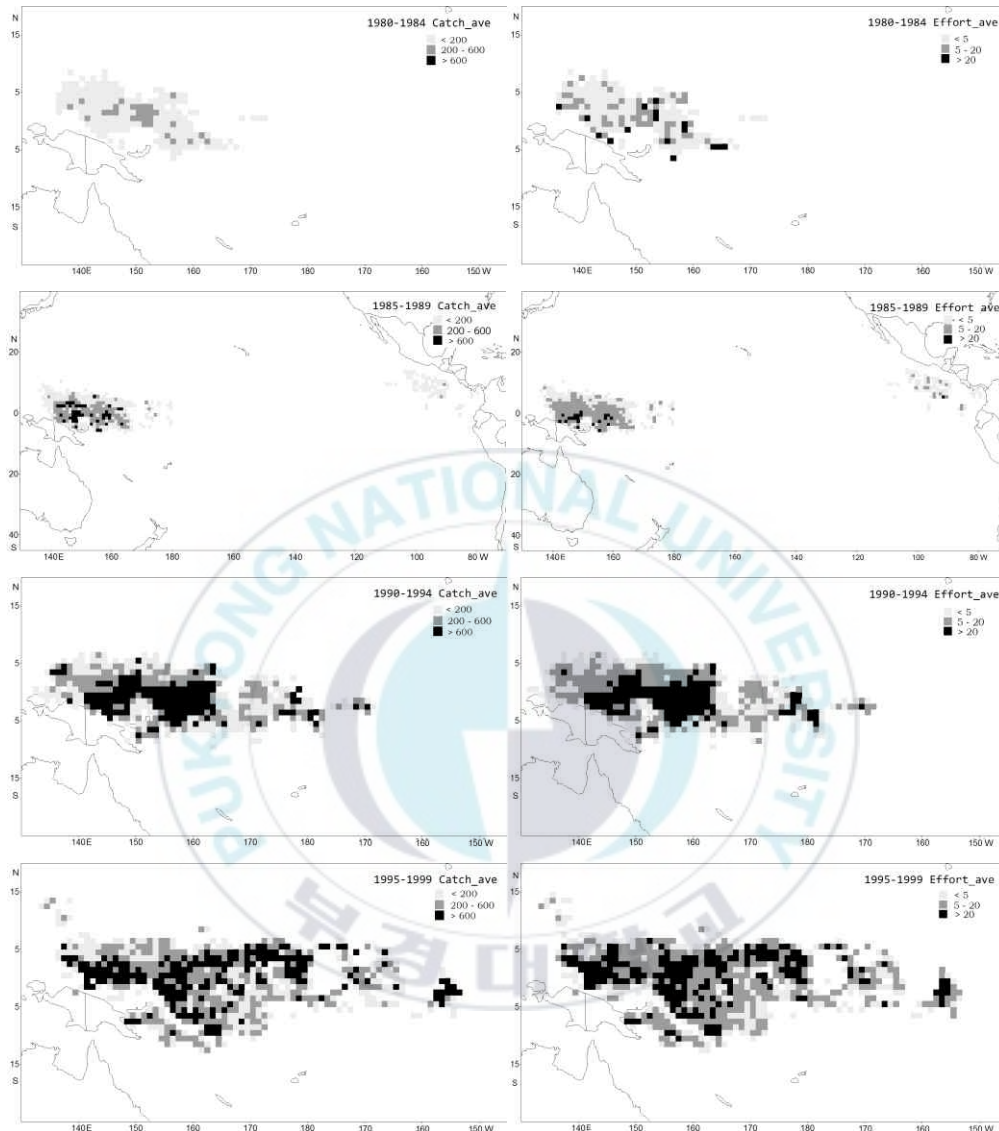


Fig. 3.3. Distributions on 5-years average catch and effort by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

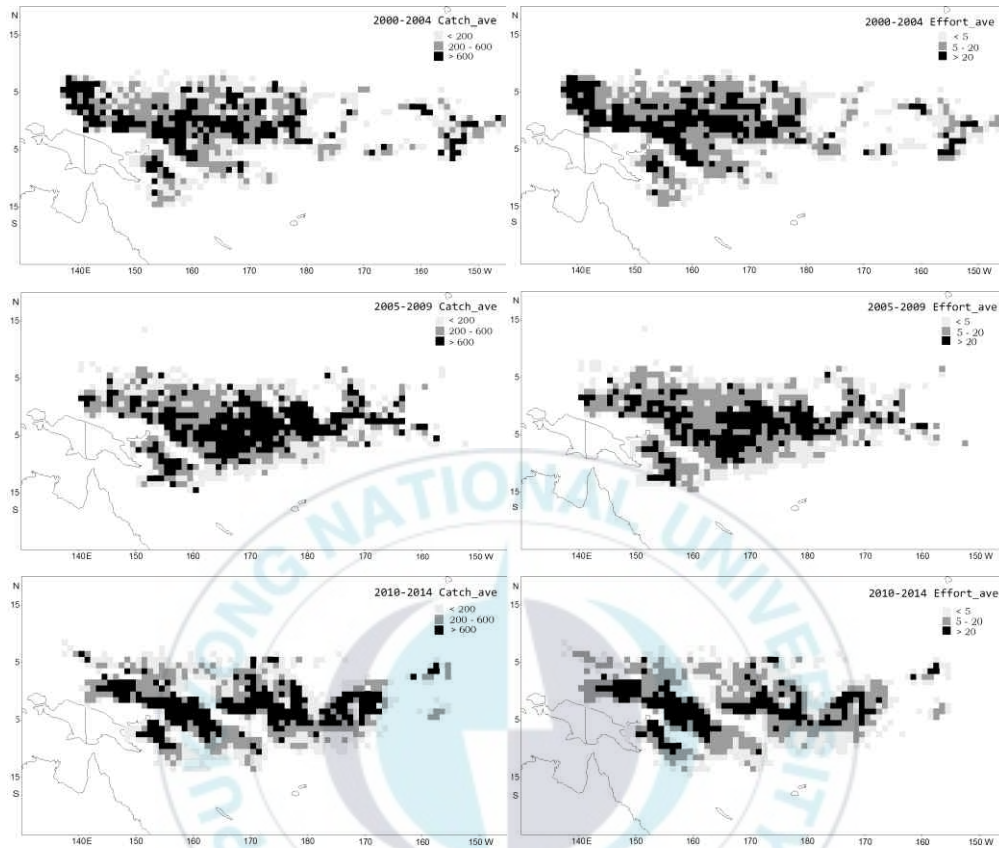


Fig. 3.3. Distributions on 5-years average catch and effort by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014 (Continued).

3.1.2. 어종별 어획 및 CPUE의 경도별 분포

Fig. 3.4는 조업 위치에 따른 어종별 어획량의 변화를 확인하기 위하여 어종별 평균 어획량 및 CPUE를 경도별로 분석한 결과이다.

가다랑어의 어획 분포는 1980년대에 148°E에서 평균 2,800 톤의 가장 높은 어획량을 기록하였고 180° 이서 수역에서 조업이 한정된 것으로 나타났다. 1990년대에는 141~163°E 구간에서 대부분 3,000톤 이상의 어획량을 생산하였으며, 특히 155~161°E에서 평균 5,600 톤의 높은 생산량을 보였다. 2000년에는 152~173°E에서 높은 어획량을 보이며 이전 연대보다 가다랑어 중심어장이 동부로 이동하였으며, 조업 어장 분포 역시 138°W까지 확장되었다. 2010년대에는 중심어장 수역은 2000년대와 유사하였으나 170°E 이동 수역에서 상대적으로 높은 어획량이 나타남에 따라 이전 연대에서 2,000 톤 이상의 어획량이 생산된 수역이 180° 이서에 한정되었다면 2010년에는 176°W 까지 확대되어 높은 어획량을 올렸다.

황다랑어의 평균 어획량 분포는 전 연대에서 145~165°E 수역을 중심으로 높은 어획량이 나타나, 1980년대는 332 톤, 1990년대는 1,510 톤, 2000년대는 994 톤, 2010년대는 1,157 톤의 평균 어획량을 기록하였다. 2000년대에는 가다랑어 분포와 마찬가지로 동부 수역으로 크게 확장되었으며 170°E 이동 수역에서 11,500 톤 이상의 높은 어획량을 보였다 (1990년대 약 4,400 톤). 2010년대에는 170°E의 이동 수역의 어획량이 더욱 증가하여 황다랑어 전체 어획량의 약 40%를 차지하였다.

눈다랑어는 1980년대와 1990년대의 모든 어획량이 180° 이서 수역에서 생산되었으며, 1980년대는 5 톤, 1990년대는 11 톤의 평균 어획량을 보였다. 2000년대에는 모든 수역에서 어획량이 낮았으나 어장은 170°E까지 확대되었다. 2010년대에는 평균 어획량이 전체적으로 증가했으며 153~179°E 수역에서 1,300톤 이상을 생산하였고 어장 역시 158°W까지 더욱 확장되었다.

CPUE 분포에서 가다랑어는 1980년대에 140~166°E와 178°E 수역에서 각각 평균 50 (mt/No. of set), 92 (mt/No. of set)의 높은 값을 보였다. 이후 모든 연대에서 유사한 동향을 보였는데 170°E를 기준으로 이서 수역의 평균 CPUE는 1980년대와 1990년대 42 (mt/No. of set), 2000년대 44 (mt/No. of set), 2010년대 49 (mt/No. of set)의 값을 나타내며 대체적으로 고르고 안정된 분포를 보이는 반면, 이동 수역은 경도별 편차가 매우 심하고 이서 수역보다 높은 최고 CPUE가 나타났다.

황다랑어의 CPUE는 1990년대를 제외한 모든 연대에서 170°E 이서 수역에서 상대적으로 높은 CPUE가 나타났는데, 특히 2000년대에는 가다랑어 어획이 거의 나타나지 않은 140~150°W 수역에서 평균 85 (mt/No. of set)의 높은 CPUE를 보였다. 2010년대에는 평균 20 (mt/No. of set) 수준의 전체적으로 고르고 낮은 CPUE가 나타났다.

눈다랑어 CPUE는 전반적으로 매우 미미한 값을 나타내고 있으며, 특히 2000년대에는 0.1 (mt/No. of set) 수준의 매우 낮은 값을 기록하였다. 2010년대에 들어서면서 다소 증가하는 경향을 나타냈으며 180° 이서 수역에서 높은 CPUE를 보였다.

적도 (위도 0°)와 경도 180°를 기준으로 한 우리나라 선망어업의 어종별 어획량 비율은 북-남위로는 약 60%가 남위에서, 동-서경으로는 약 80%가 동경 수역에서 생산됨에 따라 남동 수역에서 가장 높은 어획 비율을 보였다. 어종별 분석에서도 모든 어종이 남동 수역에서 가장 높은 어획 비율을 보였으나, 황다랑어는 서경 수역에서, 눈다랑어는 남위 수역에서 높게 나타났다 (Fig. 3.5).

월별 어종별 어획량에 대한 경도별 분포는 가다랑어와 황다랑어가 유사한 경향을 보였다. 1월부터 3월까지 가다랑어와 황다랑어의 어획량 분포는 160°W까지 나타났으나 대부분이 150~160°E 수역에 집중되었으며, 4월부

터 6월까지의 어장 범위는 170°W 이서로 다소 축소되었다. 7월부터 어장이 동부로 확대되기 시작하여 9~10월에는 140°W 까지 어획량이 나타났으며 이후 다시 서부 태평양으로 어장이 축소되면서 $150\sim 170^{\circ}\text{E}$ 에서 높은 어획비율을 보였다 (Fig. 3.6).



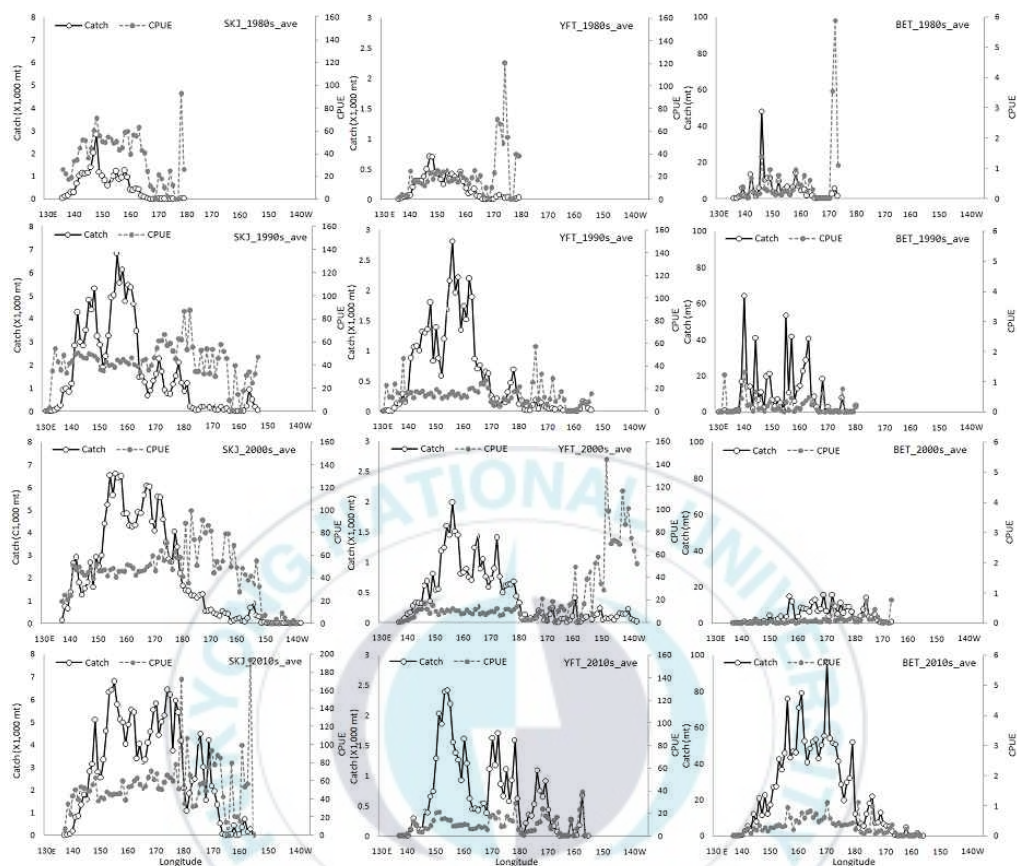


Fig. 3.4. Longitudinal distribution of decadal average catch and CPUE by species of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

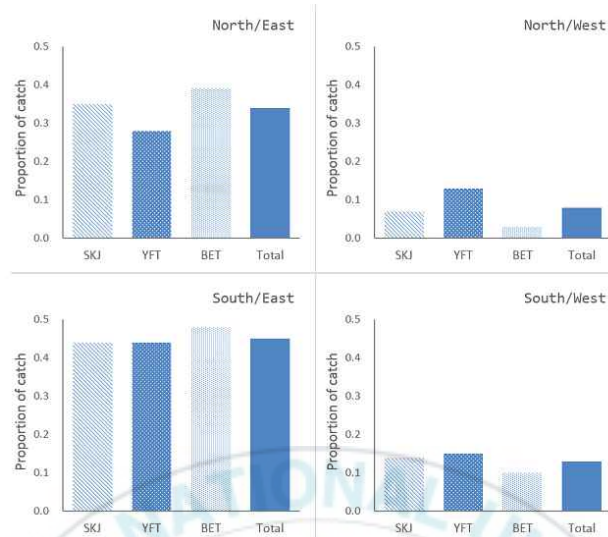


Fig. 3.5. Proportion of catch by species by latitude (North/South) and longitude (East/West) caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

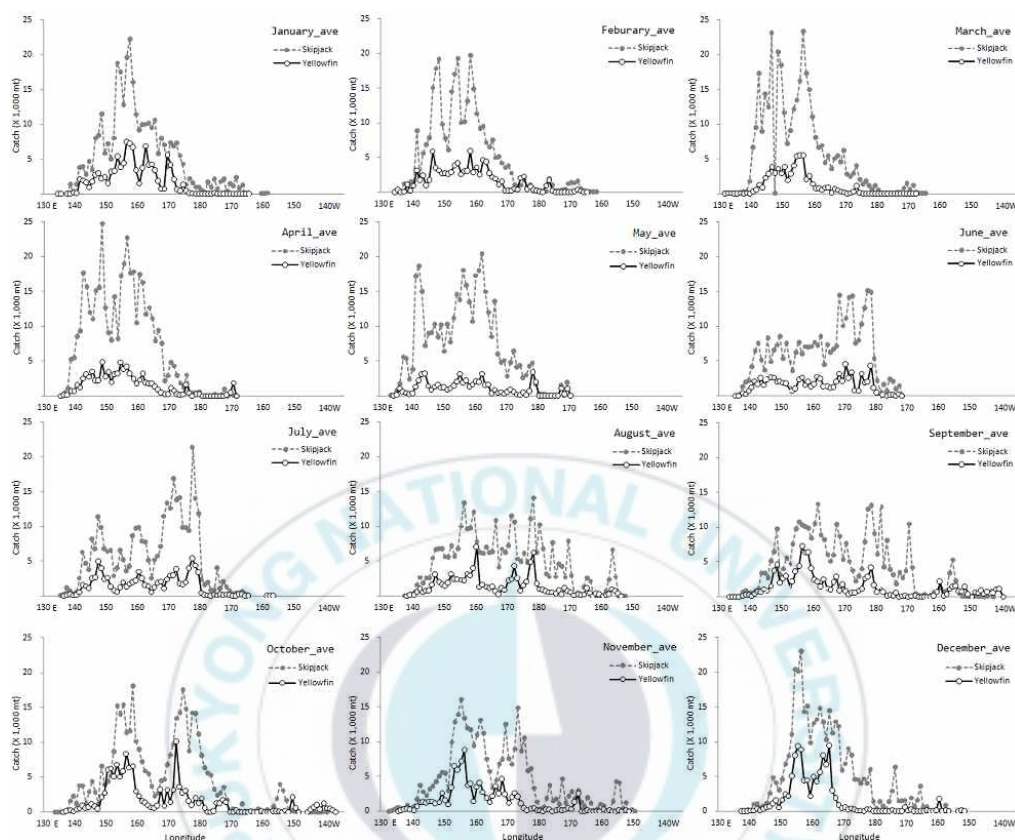


Fig. 3.6. Longitudinal distributions of monthly catch by species of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

3.1.3 조업 형태별 노력 및 CPUE 정도별 분포

조업 형태별 어획 노력 및 CPUE의 정도별 분석에 대하여 부상군 조업은 141~178°E 수역에서 주로 조업이 이루어졌으며, 특히 153~160°E의 좁은 수역에서 전체 조업의 30% 이상이 발생하였다. 유목군 조업 역시 부상군과 거의 유사한 노력 분포를 보이고 있으나 조업횟수는 부상군의 1/3 수준이었다. CPUE는 부상군 조업에서 130°E~138°W의 중서부태평양 전반을 이르는 수역에서 평균 34 수준의 고른 값을 보였으나 149°W에서 약 145의 매우 높은 CPUE를 기록하였다. 유목군 조업은 134~135°E에서 평균 90의 높은 CPUE를 기록하였으며 140°E 부터는 동부로 갈수록 CPUE가 증가하는 경향이 나타났다. 167°W의 이동 수역에서 큰 폭의 증감을 보였으며, 151°W에서는 200 이상의 최고 CPUE를 기록하였다 (Fig. 3.7).

조업 형태별 어종별 CPUE 분석에서 가다랑어의 경우, 부상군 조업이 중서부태평양 수역 전반에 걸쳐 평균 23 수준의 CPUE를 보인 반면, 유목군 조업은 134~135°E에서 높은 CPUE를 기록하였고 140°E에서 동부로 갈수록 CPUE가 점차 증가하였으며 166°W 이동에서는 큰 증감을 보였는데, 특히 151°W에서 250에 가까운 기록적인 CPUE가 나타났다. 황다랑어는 130~140°E 수역에서 두 조업 형태 모두 다소 높은 CPUE를 보였으며 165°W 이서 수역에서는 동부로 갈수록 유목군은 감소한 반면 부상군은 일정 수준을 유지하다가 165°W 이동 수역에서 급격한 증폭이 나타났는데, 특히 155°W 이동 수역에서 유목군의 CPUE는 보이지 않은 반면, 부상군은 137°W까지 평균 50 이상의 매우 높은 CPUE를 보였으며, 특히 149°W에서 144의 최고값을 기록하였다. 눈다랑어는 부상군 조업에서 140°E 이서 수역을 제외한 전 수역에서 CPUE가 거의 나타나지 않았으나 유목군에서는 140°E을 기준으로 동쪽으로 갈수록 점차 증가하는 경향을 보였으며 167°W 이동 수역에서는 나타나지 않았다 (Fig. 3.8).

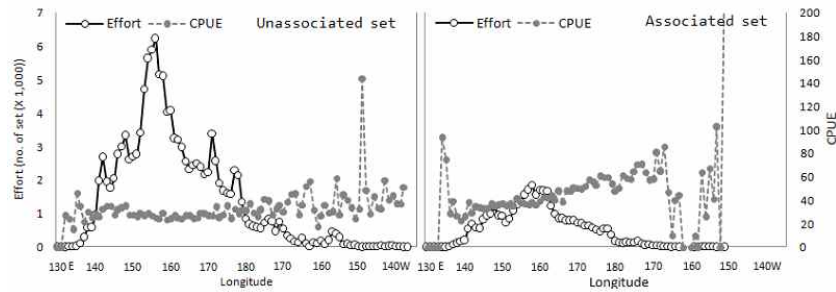


Fig. 3.7. Longitudinal distribution of total effort (No. of set) and CPUE (mt/No. of set) by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014.

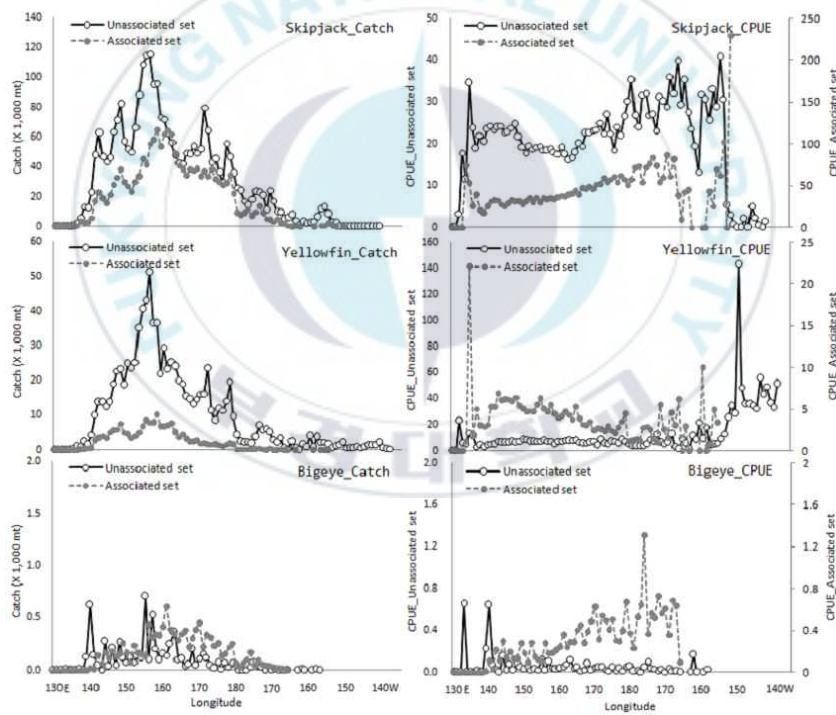


Fig. 3.8. Longitudinal distributions on catches and CPUE (mt/No. of set) of main species by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014.

경위도별 조업 형태별 어획 노력 비율 및 어종별 어획 비율 분석에서, 전체 조업의 70% 이상을 차지하는 부상군 조업은 동경 수역에서의 노력 비율이 45%로 서경 수역에 비해 약 2배 높은 값이 나타났으며 북남위로는 남위 수역에서 다소 높은 값을 보였다. 어종별로는 가다랑어와 눈다랑어는 동경 수역에서 가다랑어는 약 2배, 눈다랑어는 4배 이상 높은 어획 비율을 보였으나 총 어획량의 86%가 부상군 조업에 의해 어획된 황다랑어는 58% 이상이 서경 수역에서 생산되어 다른 어종들과 대조적인 경향을 보였다. 유목군 조업 역시 동경 수역에서의 어획 노력이 서경 수역의 4배 이상 높은 비율을 보였다. 이와 같이 동경 수역에서 모든 어종의 어획량이 높게 나타났으며, 특히 유목군 조업에 의한 눈다랑어 어획량은 80%가 동경 수역에서 생산되었는데 이는 전체 눈다랑어 어획량의 약 60%를 차지한다 (Fig. 3.9).

Fig. 3.10은 월별 조업 형태별 어획 노력 비율에 대한 정도상 분포를 보여주고 있다. 부상군 조업은 1~5월까지 160°E 이서의 좁은 수역에서 집중되었으나 6~7월에는 동부로 갈수록 높은 노력비율을 보이며 165~175°E에서 평균 40%의 가장 높은 값을 기록하였다. 7월부터 어장이 동부로 확대되면서 10월에는 140°W 까지 확대되었지만 중심어장은 오히려 서부 수역으로 이동하였다. 자연 유목군 조업은 전반적으로 160°E 수역 부근에서 가장 높은 노력비율을 나타냈으며 대부분의 조업이 140°E~180°수역에서 집중되어 있어 어장의 수평적 팽창이 크게 나타나지 않았다. 인공 유목군 조업은 대부분이 170°W 이서 수역에서 발생하였으며 160~170°E에서 가장 많은 조업이 일어났으나 6~7월과 10~11월에는 180° 부근에서 높은 노력 비율이 나타나면서 중심어장이 동부로 이동하는 경향을 보였다. 조업 형태별 전체적인 어획 노력 분포는 부상군이 서부 수역에서의 조업 비율이 가장 높았으며 자연 유목군, 인공 유목군 순으로 나타났다. 그러나 6~8월에

는 자연 유목군 조업이 부상군 조업보다 이서 수역에서의 조업 노력이 더욱 높았으며 9월에는 150°E~180°수역에서 모든 조업 형태의 어획 노력이 집중적으로 나타났다.



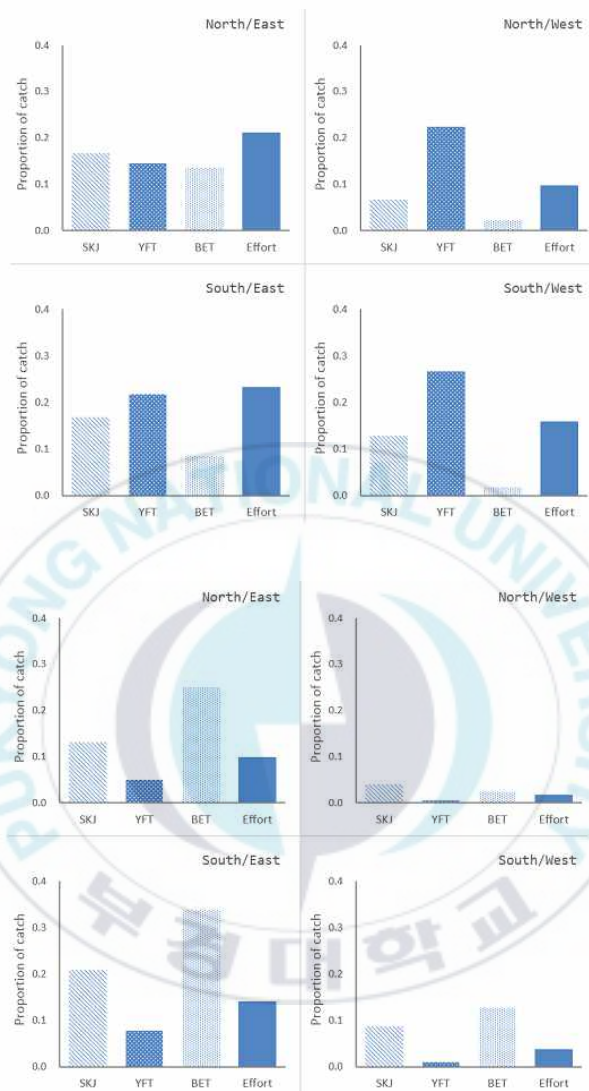


Fig. 3.9. Proportion on catch of main species by set type by latitude (North/South) and longitude (East/West) caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014 (top: Unassociated set, bottom : Associated set).

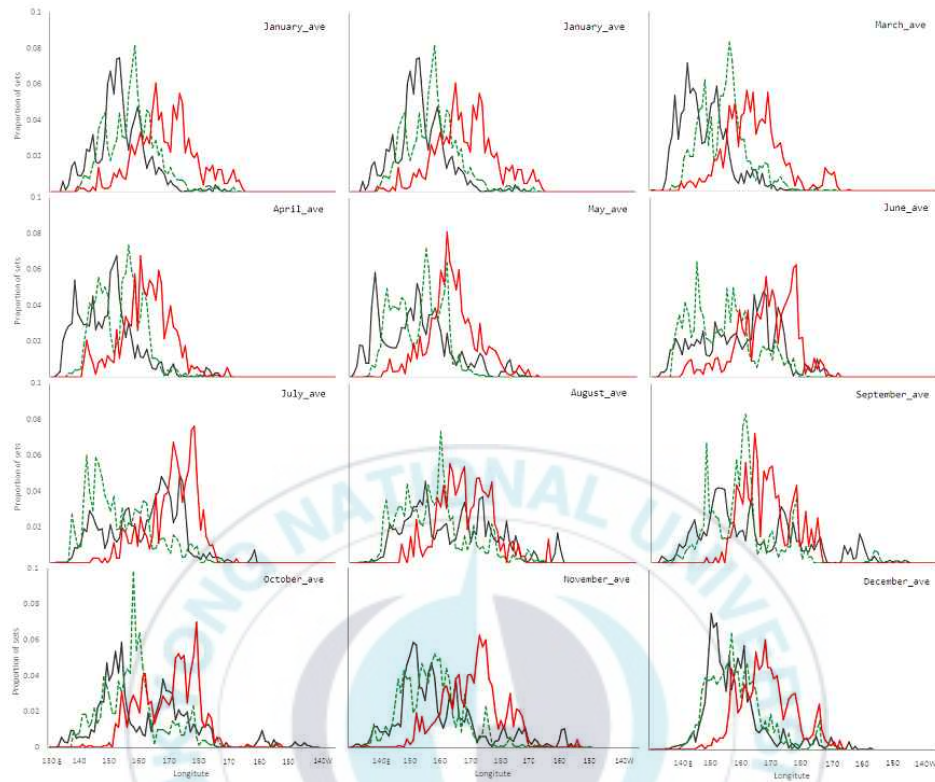


Fig. 3.10. Longitudinal distributions on monthly proportion of effort (No. of set) by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1982~2014 (—: Unassociated set, ----: Associated set (Log), —: Associated set (FAD)).

3.2. 수역별 분석

3.2.1 연도별 어획량 및 CPUE

Fig. 3.11은 연도별 어획량 및 CPUE의 변화를 수역별로 분석한 결과이다.

Region 2 (140~170°E)는 우리나라 다랑어 선망어업의 대표 중심어장으로 1990년대 중반까지 총 어획량의 약 92% 이상을 생산하였다. 그러나 1997년에 8만 5천 톤까지 감소한 이후 큰 폭의 증감과 함께 점차적으로 증가하는 경향을 보이다가 2010년 약 20만 톤의 최고 어획량을 기록한 후 감소하였다. 특히 2014년에는 5만 톤으로 1990년대 이후 가장 낮은 어획량을 기록하였다. CPUE는 1980년대의 큰 편차를 제외하면 어획량에 비해 상대적으로 일정한 패턴을 보였으며, 1993년 이후 변동과 함께 점차적으로 증가하여 최근 5년간 평균 32 (mt /No. of set)의 CPUE를 보이고 있다.

Region 3 (170°E~150°W)은 1990년대 중반 이후 본격적으로 어획량이 나타났으나 연도별 증감폭이 컸다. 특히 2000년대 후반부터 현재까지 급격한 경년변동을 보이고 있으며 2014년의 경우 22만 톤 이상의 기록적인 어획량을 보였다. CPUE 동향은 1990년대 중반부터 변동과 함께 증가하다가 2011년 이후 감소하여 현재 40 (mt /No. of set) 수준으로 유지되고 있으나, 주요 어장인 Region 2 보다 높은 CPUE를 보이고 있다.

Region 1 (110~140°E)은 생산량이 매우 낮은 수역이며, 2004년 이후로는 조업이 거의 이루어지지 않음에 따라 CPUE 역시 연도별로 매우 큰 변동이 나타났다.

Fig. 3.12는 연도별 어종별 어획량 및 CPUE를 수역별로 분석한 결과이다. 가다랑어의 어획량 및 CPUE는 전체 어획 동향과 유사하였는데, Region 2에서는 1993년, 1997~98년, 2001~02년을 제외한 1990년대와 2000년대에 평균 13만 톤 수준의 어획량을 생산하였으며, 2010년대에도 이 수준이 유지

되다가 2014년 약 4만 톤으로 크게 감소한 반면, CPUE는 1980년대 중반 이후 증감과 함께 평균 24 (mt /No. of set) 를 유지하고 있다. Region 3에서는 1990년대부터 큰 편차를 보이며 증가하는 동향이 나타났으며, CPUE 역시 증가하다 최근 감소를 보이고 있다.

황다랑어는 Region 2에서 1990년대 전반 평균 5만5천 톤의 매우 높은 어획량을 보인 후 크게 감소하여 1990년대 중반 이후 현재까지 최대 2만 5천 톤의 편차를 가지며 증감을 반복하고 있다. CPUE는 어획량에 비해 연도별 편차는 크지 않았으나 1998년의 급격한 증가를 제외하면 전체적으로 감소하는 동향을 보이며, 2000년대 이후 현재까지 약 5 (mt /No. of set) 수준의 CPUE가 나타났다. Region 3에서는 1990년 중반부터 현재까지 증감과 함께 전체적으로 증가하는 경향을 보였다. CPUE는 1987년 약 30 (mt /No. of set)의 최고값을 기록한 후 크게 감소하여 1990년대 말부터 현재까지 약 6 (mt /No. of set) 수준의 값을 보이고 있다.

눈다랑어는 Region 2에서 2000년대 이전까지 매우 큰 편차의 어획 동향을 보이다가 2000년대 초중반에는 어획량이 거의 나타나지 않았으며, 2008년 이후 연도별로 큰 폭의 증감을 보였다. CPUE는 1980년대에 상대적으로 높은 값을 보였으나 이후 크게 감소하였다가 2000년대 후반부터 어획량이 증가하기 시작하면서 CPUE 역시 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. Region 3에서는 2000년대 중반부터 어획량이 증가하기 시작하였으며, 특히 2014년에는 본 수역에서 가장 높은 눈다랑어 어획량을 기록하였다. Region 1에서는 황다랑어는 2003년, 눈다랑어는 2000년 이후 어획량이 거의 나타나지 않았다.

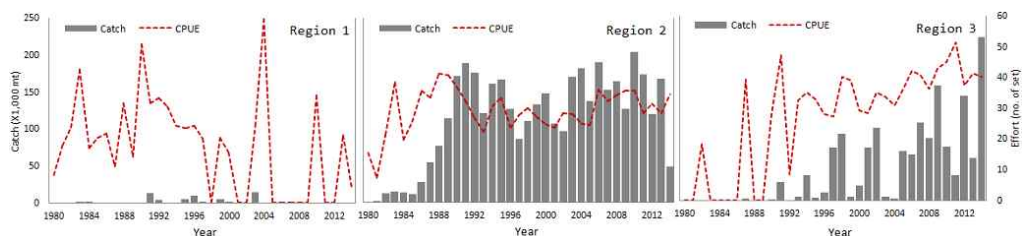


Fig. 3.11. Trends in annual total catch and CPUE (mt/No. of set) by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

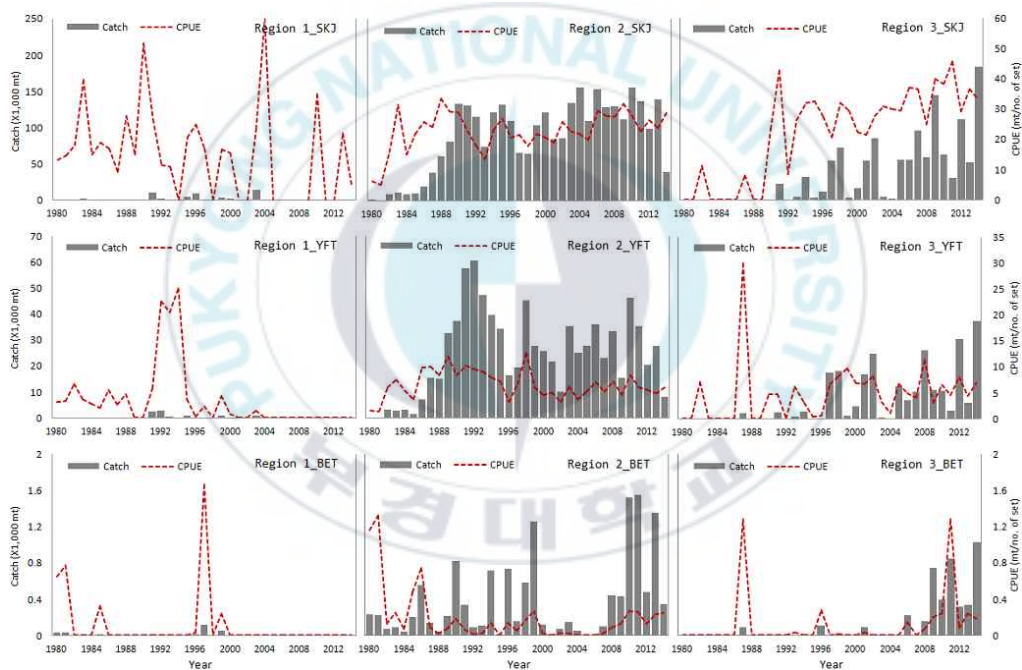


Fig. 3.12. Trends in annual catch and CPUE of main species by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

3.2.2 연도별 조업 형태별 어획 노력 및 CPUE

Fig. 3.13은 연도별 조업 형태별 어획 노력 및 CPUE를 수역별로 나타내고 있다. 부상군 조업은 Region 2에서 1980년대 중반부터 급격히 증가하여 1991년 약 4,500 회 이상의 조업이 이루어졌으며 이후 상대적으로 큰 폭의 증감을 반복하였는데, 특히 1997~98년, 2000년대 후반에 낮은 노력이 나타났으며, 2014년에는 1,100 회로 크게 감소하였다. CPUE는 1990년대 이후 현재까지 26 수준으로 유지되고 있다. Region 3에서는 1997년 이후 2,500 회 이상으로 크게 증가한 후 2000년대 중반까지 약 2년 단위의 경년변동이 나타났으며 2010년부터는 연도별로 큰 편차를 보이고 있다. CPUE는 1990년대 중반 이후 변동과 함께 31 수준을 나타내고 있다.

유목군 조업은 Region 2에서 1990년대 중반까지 변동과 함께 증가하는 경향을 보이다가 감소하였으며, 2004년 2,500 회 이상의 기록적인 노력량을 기록하며 다시 증가 추세를 보였으나 2008년 이후 현재까지 다시 감소하고 있다. 반면 CPUE는 1995년 200에 가까운 매우 높은 값을 기록한 후 매년 큰 편차의 증감을 보이며 증가하는 경향이 나타났다. Region 3에서는 2000년대 중반 이후 노력량이 계속적으로 증가하고 있으며 CPUE 역시 1992년 이후 1997년, 2012년을 제외하면 계속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 반면 Region 1에서는 두 조업 형태 모두에서 연도별 노력비율이 매우 적었으며 이에 따라 CPUE도 특정한 추세가 나타나지 않았다.

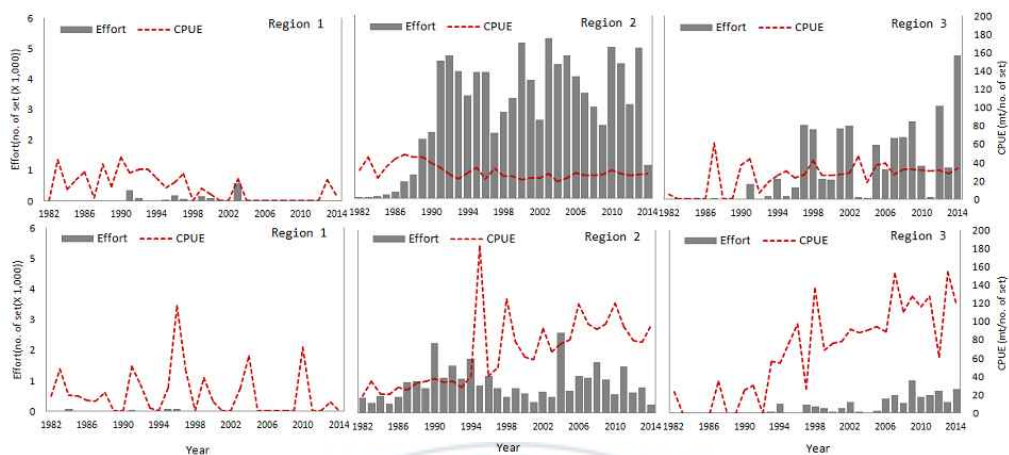


Fig. 3.13. Trends in annual effort (No. of set) and CPUE (mt/No. of set) by set type (top: Unassociated set, bottom : Associated set) by region of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1980~2014.

3.3. 해양 환경적 분석

3.3.1 해황에 따른 어종별 어장 변동

Fig. 3.14는 MEI와 가다랑어 및 황다랑어의 월별 CPUE 변화를 보여주고 있다. 가다랑어는 MEI 지수 변화와의 상관관계에서 명확한 동향이 나타나지 않았다. 반면, 황다랑어는 MEI와 거의 유사한 동향이 나타났으며, MEI가 커질수록 즉 엘리뇨가 강할수록 CPUE가 증가하는 경향을 보였다.

Fig. 3.15는 해황과 어종별 중심어장 간의 상관관계를 분석한 결과이다. 가다랑어와 황다랑어는 모두 MEI가 커질수록, 즉 엘리뇨가 강할수록 동부로 이동하는 경향을 보였으며, 특히 강한 엘리뇨가 나타난 1997년과 2002년에는 서경 수역으로 더욱 확장하였다. 또한 황다랑어의 중심어장이 가다랑어 보다 동부로 확장하였다. Table 3.1은 MEI와 어종별 중심어장 간의 상관관계를 분석한 결과이다. 가다랑어와 황다랑어 모두 MEI와 유의하였으며, 황다랑어의 경우 신뢰수준 (P-value)이 98% 이상으로 나타나 매우 높은 유의성을 보였다.

Fig. 3.16은 엘리뇨와 라니냐의 대표시기에 대한 가다랑어와 황다랑어의 어획비율 분포를 보여주고 있다. 엘리뇨 대표시기인 1997년과 2002년에는 라니냐가 나타난 1996년과 2008년에 비해 동부로 크게 확장되었으며, 동부 수역의 어장에서 황다랑어의 어획비율이 상대적으로 높게 나타났다. 반면 라니냐의 경우 대부분의 조업이 180° 이서 수역에서 이루어졌으며, 특히 1996년에는 파푸아뉴기니 북부 수역에서 매우 높은 가다랑어 생산량을 기록하였다.

해황에 따른 어종별 어획 비율의 경도별 분포에서 엘리뇨 시기에는 가다랑어와 황다랑어 모두 동부 수역으로 확대되었으며 일반적으로 어획량 대부분이 180° 이서 수역에서 생산되는 가다랑어가 $150\sim 160^{\circ}\text{W}$ 수역에서 매

우 높은 어획 비율을 보였으며, 2002년에는 165°W 이동수역에서 황다랑어 어획비율이 매우 크게 나타났다. 반면, 라니냐 시기에는 대부분의 어획량이 180°이서 수역에서 나타났다. 1996년에는 가다랑어와 황다랑어가 각각 140~150°E, 155~165°E의 서부 태평양의 좁은 수역에서 어획되었지만 2008년에는 다소 동부로 이동한 150°E~180°수역에서 집중적으로 나타났다 (Fig. 3.17).



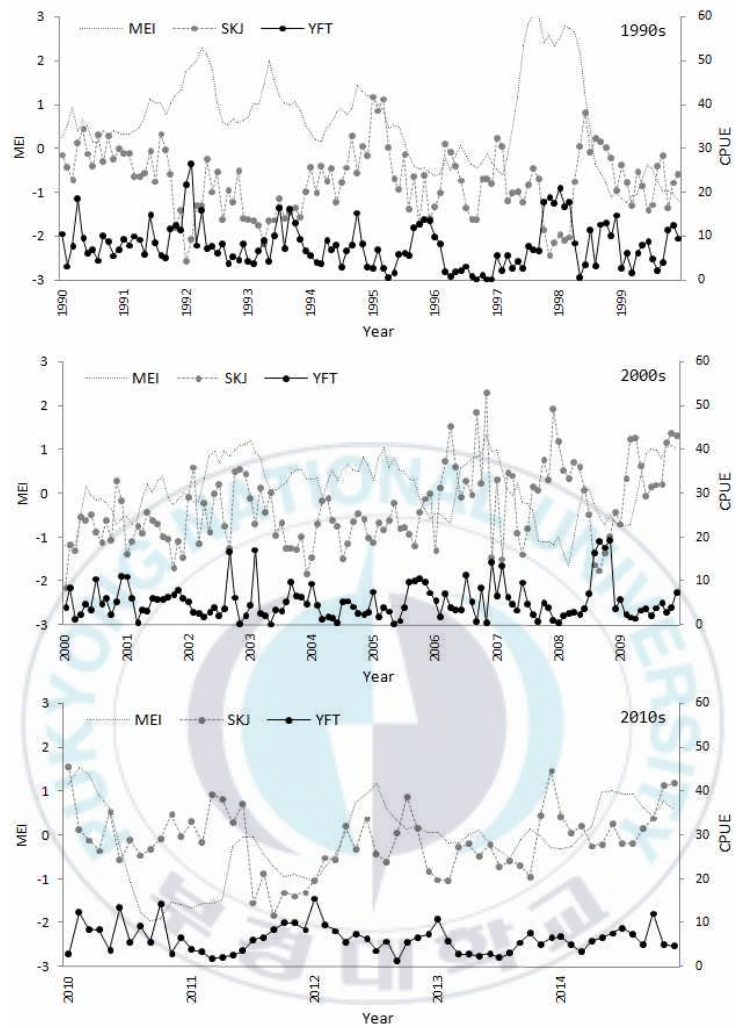


Fig. 3.14. Time series of Multivariate ENSO Index (MEI) and CPUE (mt/No. of set) for Skipjack and Yellowfin for the period 1980~2014.

Table 3.1. Result on correlation of Multivariate ENSO Index (MEI) and position of main fishing ground of Korean tuna purse seine fishery

	Coef.	Std. Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
SKJ	1.05925	.543241	1.95	.052	-.0086835	2.127182
YFT	1.37219	.5687	2.41	.016	.2541986	2.490193

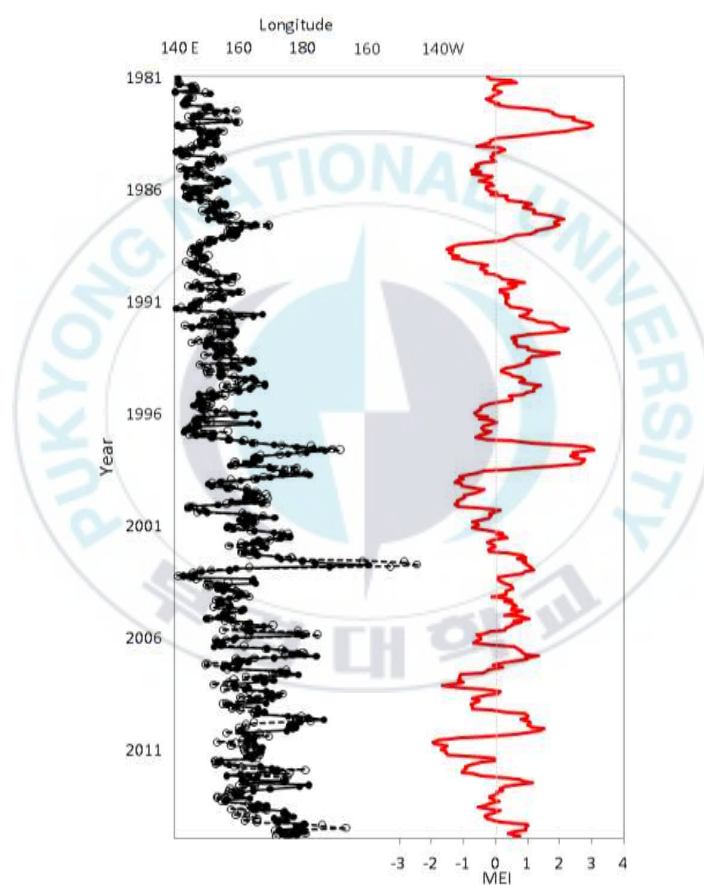


Fig. 3.15. Variation in monthly longitudinal gravity center of CPUE for Skipjack and Yellowfin and Multivariate ENSO Index (MEI) for the period 1980~2014 (—●—: SKJ, - -●- -: YFT, —: MEI).

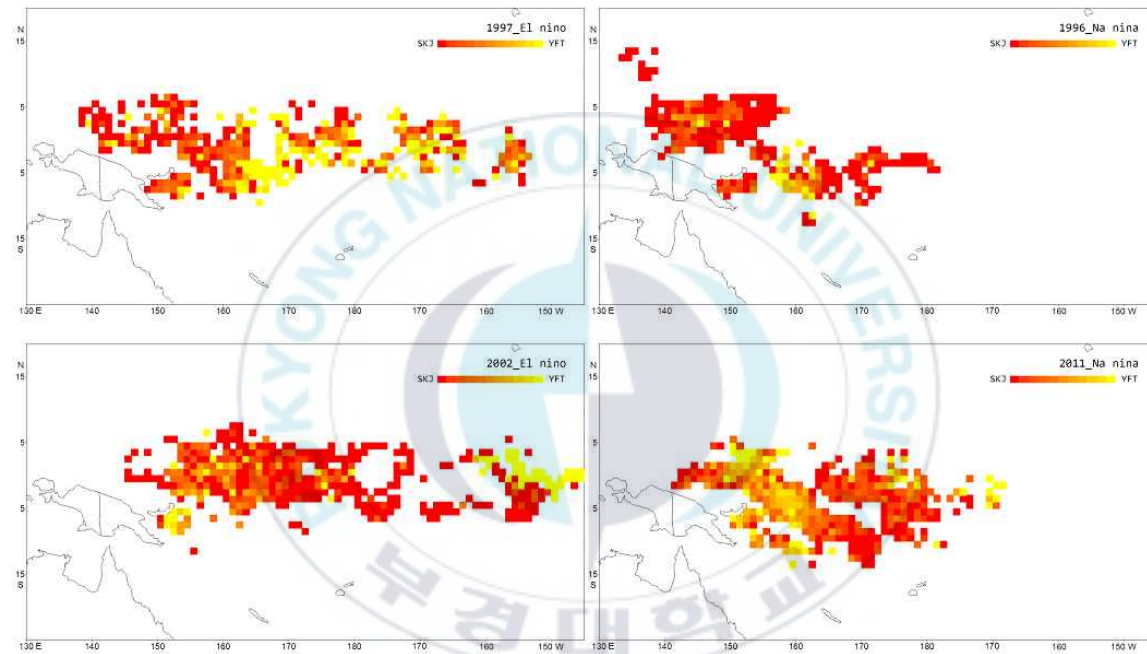


Fig. 3.16. Distribution on proportion of Skipjack and Yellowfin catch in the total purse seine catch caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the El-niño(1997, 2002) and La-niña(1996, 2011) seasons.

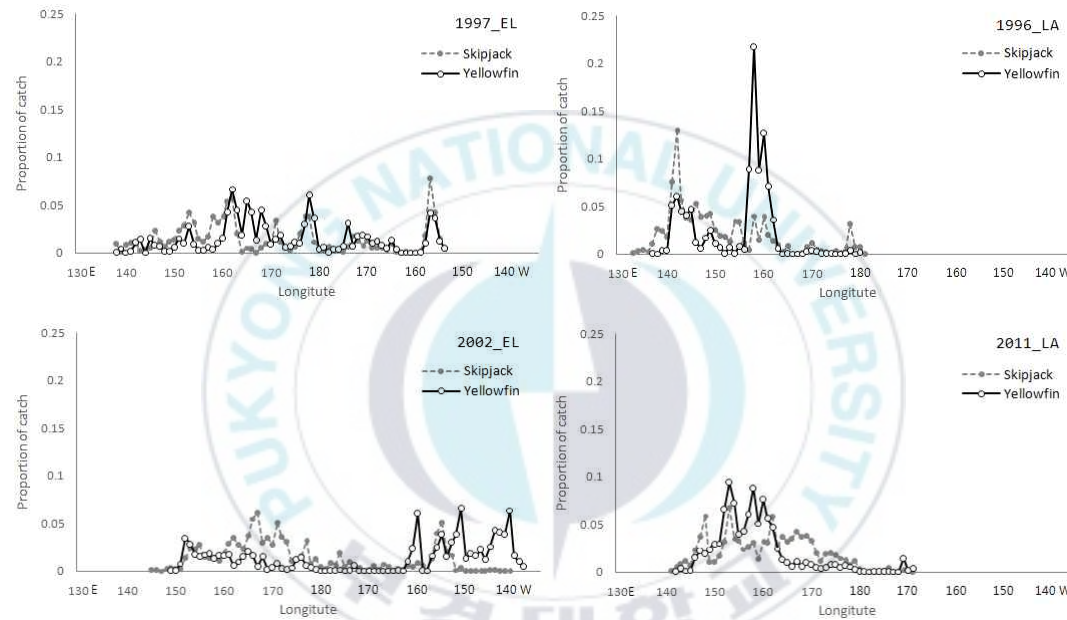


Fig. 3.17. Longitudinal distributions on proportion of Skipjack and Yellowfin catch in the total purse seine catch caught by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the El-niño (1997, 2002) and La-niña (1996, 2011) seasons.

3.3.2 조업 형태별 어장 변동

Fig. 3.18은 ONI와 조업 형태별 어획 노력 비율 간의 관계를 나타낸 결과이다. 부상군 조업은 해황 조건에 크게 영향 받지 않는 것으로 나타났으나, 유목군 조업은 유목 종류에 따라서 상반되는 결과를 보였는데, 자연 유목군 조업은 엘리뇨의 영향이 강해짐에 따라 조업횟수 역시 증가한 반면, 인공 유목군 조업 비율은 감소하였다.

Fig. 3.19, Fig. 3.20과 Fig. 3.21은 엘리뇨와 라니냐의 대표시기에 대한 조업 형태별 어획 노력 비율 분포와 경도별 분석 결과를 보여주고 있다. 엘리뇨 시기인 1997년과 2002년의 경우 부상군 조업은 각각 155°W와 145°W까지 동부로 크게 확대되었고, 유목군 조업 역시 유사한 경향이 나타났다. 유목군 조업에서 자연 유목군의 비율이 높았으며 이들 조업의 대부분이 150~175°E 수역에 집중되어 나타났다. 라니냐 시기인 1996년과 2008년에는 부상군과 유목군 조업 모두 180°이서 수역에서 나타났다. 유목군 조업의 경우 엘리뇨에 비하여 인공 유목군 조업의 비율이 상대적으로 증가하였다.

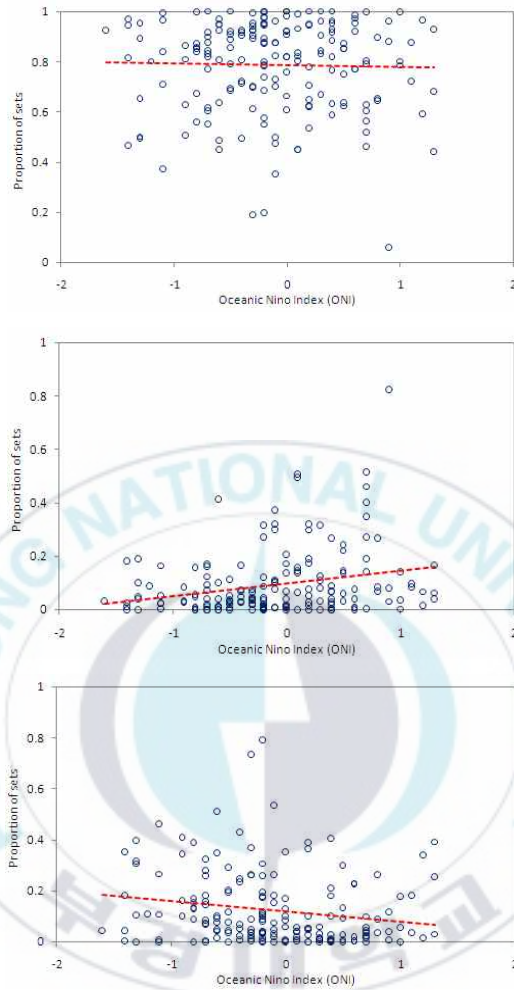


Fig. 3.18. Relationship between the proportion of fishing effort by set type and Oceanic Niño Index (top : Unassociated set, middle : Associated set (Log), bottom : Associated set (FAD))

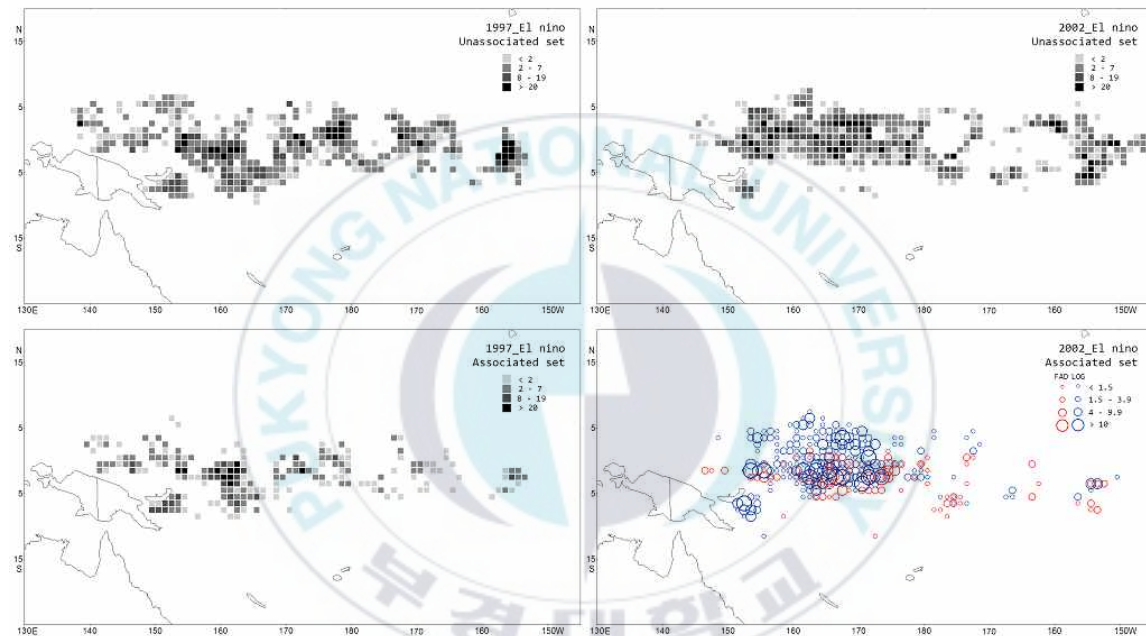


Fig. 3.19. Distribution on average fishing effort by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the 1997, 2002 (El-niño). Set type is classified into 'Unassociated and Associated' in 1997, and 'Unassociated and Associated (Log and FAD)' in 2002.

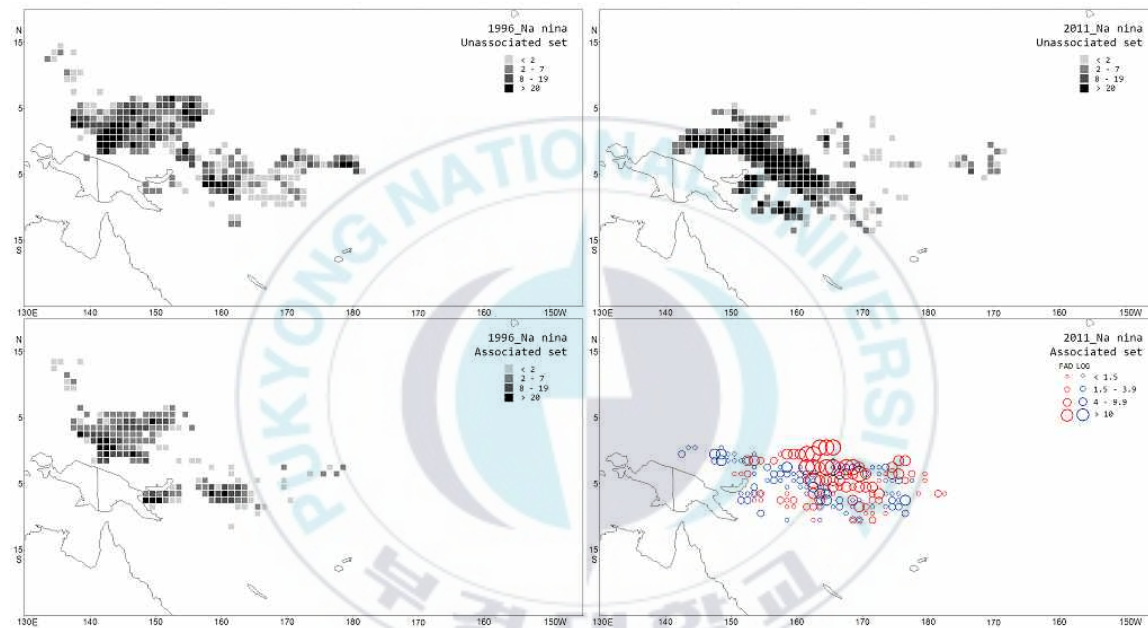


Fig. 3.20. Distribution on average effort by set type of Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean during the 1996, 2011 (La-niña). Set type is classified into 'Unassociated and Associated' in 1996, and 'Unassociated and Associated (Log and FAD)' in 2011.

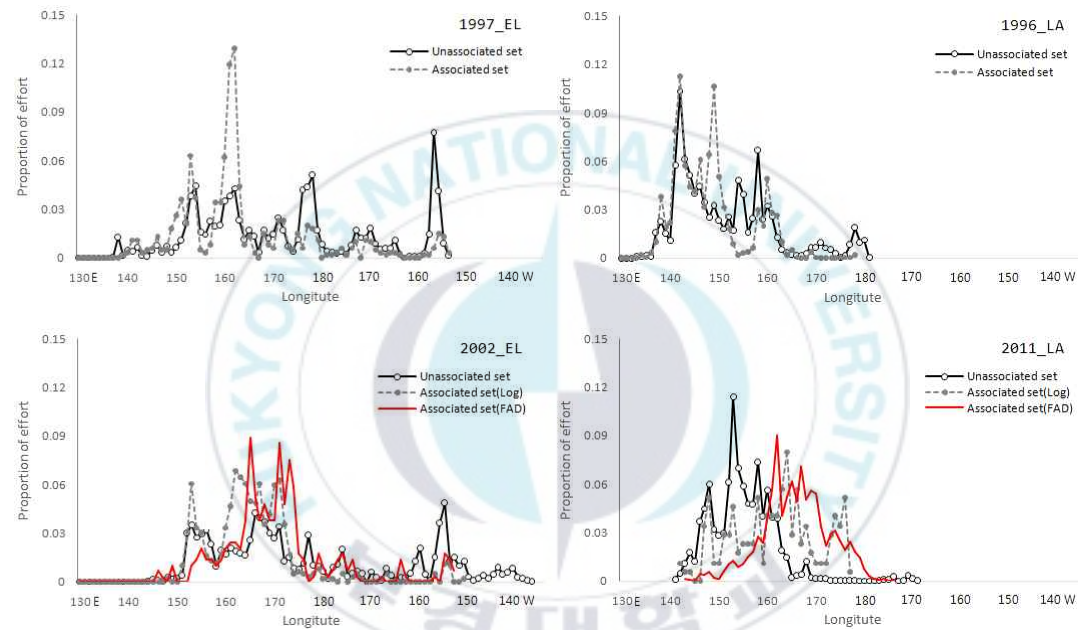


Fig. 3.21. Longitudinal distribution on proportion of fishing effort by set type during El-niño(1997, 2002) and La-niña(1996, 2011) seasons. Set type is classified into 'Unassociated and Associated' in 1996 and 1997, and 'Unassociated and Associated (Log and FAD)' in 2002 and 2011.

4. 고찰

우리나라 다랑어 선망어업은 정부 차원의 지원을 통해 1980년대 중반부터 조업척수가 크게 증가하여 대형 선단을 구축함에 따라 선단 내 선박 간의 어장 탐색을 위한 어장 및 조업 관련 정보의 공유를 통해 조업 어장이 확대되어 갔다. 어업 초기부터 1990년대 전반까지는 5°N~5°S, 165°E 이서의 파푸아뉴기니 북동부 수역에서 집중적인 어획 노력과 생산량을 보였으나 180° 이동 수역으로도 조업이 확장하기 시작하였다. 1990년대 후반부터 어장이 남동으로 팽창하여 남으로는 12°S 까지 동으로는 미국령 제도 (Howland and Baker island, Jarvis island)와 동부 공해 수역을 제외한 150°W 수역까지 조업이 이루어졌으며, 나우루, 마셜 및 키리바시 수역에서 조업이 처음으로 나타났다. 이후 2000년대부터 현재까지 우리나라 선단의 조업 어장은 동부 수역으로 크게 확장하였다.

시대별 조업 어장 확장의 원인으로는 어로 기술 및 조업 지원 장비 도입 등에 따른 조업 효율성 강화와 엘니뇨와 라니냐와 같은 해양 환경적 영향으로 고려된다.

먼저 어로 기술 및 조업 지원 장비 도입은 1990년대 중반 이후 인공 유목장치가 도입되면서 조업 어장의 범위가 확대되었다. 자연 유목군 조업은 향해 중 해상의 자연 유목물체에 유집되어 어군을 대상으로 조업한다. 따라서 유목물체의 발견 가능성이 항상 일정한 것이 아니며, 발견되는 위치 역시 육지에서 멀지 않은 연안국 수역 내가 대부분이다. 그러나 인공 유목장치는 선박에서 신고 다니면서 원하는 위치에 원하는 수만큼 설치가 가능하다. 또한 위성 부이와 소나 등을 부착하여 설치해 놓은 장치의 위치를 원격으로 확인할 수 있으며, 장치 아래 유집된 어군의 유무를 확인하여 조업을 결정할 수 있다. 따라서 인공 유목장치의 도입은 자연 유목물체의 발견이

어려운 동부 공해수역 등과 같이 먼 바다에서도 사용이 가능하며, 조업 실패의 위험성을 낮춤으로써 적극적인 어장탐사가 가능하여 어장이 확대되는 결과를 낳게 된 것으로 보인다.

이와 함께 운반선의 도입 역시 어장 확장의 원인으로 꼽힌다. 선망선은 출항하여 어창에 어획물을 가득 채울 때까지 조업한 후 입항하며 이를 항차라고 한다. 따라서 항차의 기간은 항차 중 얼마만큼의 어획고를 올리느냐에 따라 달라진다. 따라서 항구로부터 먼 바다에서 조업하는 것은 출항 이후 어장까지 찾아가는 거리와 만선 후 돌아와야 하는 거리가 멀어짐에 따라 소요되는 시간과 조업 비용이 증가한다. 이러한 이유로 조업 안정성이 보장된 연안국 수역 내 조업이 선호되었다. 그러나 운반선이 도입되면서 운반선이 선단으로 조업하는 선박들에 접근하여 각 선박의 어창에 있는 어획물을 받아 옮겨 싣고 양륙함으로써 조업선들은 조업에만 집중할 수 있게 되었다. 이와 같은 해상전재는 선망 어장의 확대뿐만 아니라 선단의 조업 능력을 증가시켰으나 WCPFC는 보존관리조치를 통하여 2010년부터 선망선의 해상전재를 금지하였다. 그러나 2000년대 후반부터 대형의 신조선이 도입되면서 조업 선박 자체의 용적량이 증가하게 되어 해상전재 금지에 따른 시간적 손실을 어느 정도 보완할 수 있을 것으로 보인다.

해황이 선망 조업 어장 확대 및 변화에 영향을 미치는 원인은 중서부태평양 선망어업의 대상어종인 가다랑어가 해황의 변화에 민감하게 반응하여 이동함에 따라 어장이 형성되는 위치가 달라지기 때문이다. 서부 태평양의 고온 저염의 해수 (Warm pool)는 가다랑어의 산란과 서식처로 매우 좋은 조건을 가지고 있다. 일반적으로 엘니뇨가 발생하면 서부 태평양의 따뜻한 해수가 동부로 이동하면서 적수온을 따라 가다랑어 어군도 이동하기 때문에 가다랑어 어획을 목표로 하는 선망선단의 조업 어장 역시 동부로 확장된다 (Lehodey, 2000; An et al., 2003).

이와 같은 조업 어장의 변화는 어획물 종조성에도 영향을 미치는데 일반적으로 동부 태평양은 황다랑어의 어획량이 높은 것으로 알려져 있다. 우리나라 선단의 조업 어장이 동부수역으로 크게 팽창된 2000년대 전반의 어종별 어획량을 살펴보면, 황다랑어의 경우 150°W 이동 수역에서 매우 높은 어획량과 CPUE를 기록하였다. 이것은 조업 어장이 동부로 이동함에 따라 황다랑어의 어획 기회가 높아지면서 어획량 역시 증가한 것으로 추정된다. 특히 동부 태평양 수역은 선망어업에서도 황다랑어의 성어 비율이 높은 것으로 알려져 있어 (Lehodey, 2000; Williams et al., 2015), 어획량을 기준으로 한 어획비율이 더욱 높게 나타났을 것으로 보인다.

가다랑어는 엘리뇨 시기에 어획 분포 범위는 동부로 확장되었지만 실제 어획량에는 큰 변화가 나타나지 않았다. 일반적으로 엘리뇨와 열대다랑어 어획량의 상관관계에 대하여 엘리뇨가 발생하면 따뜻한 해수가 동부로 이동하면서 혼합층이 얕아짐에 따라 혼합층에 서식하는 가다랑어의 수직운동 범위가 한정되고 수온약층이 상승하면서 수온약층 상부에서 주로 유영하는 황다랑어의 어획 기회가 증가하여 모든 어종의 어획량이 증가하는 것으로 알려져 있다 (Lehodey, 2000). 그러나 가다랑어의 분포 범위가 수평적으로 확장되면서 자원 밀도가 감소됨에 따라 어획 효율이 떨어지게 된다. 또한 가다랑어 서식의 호조건을 가지고 있는 수렴대가 동쪽으로 이동함에 따라 자원 자체가 동부로 이동하는 경향이 있어 정상상태 시의 우리나라 선단의 주요 어장인 서부 수역에서의 어획량이 감소되는 경향이 있다.

반면 라니냐 시기에는 전체적으로 어장이 서부로 축소되는 경향을 보였다. Lehodey et al. (1997)는 표지방류조사를 통해 가다랑어는 엘리뇨 시기에 동부로 이동하는 반면 라니냐 시기에는 서부로 이동한다는 결과를 보고하고 있어, 라니냐 시기에 서부 수역에서의 가다랑어 자원량의 밀도가 높아질 것으로 추정된다. 우리나라 자료에서도 1996년의 경우 파푸아뉴기니 북

부 수역에서 어획 노력과 가다랑어 어획비율이 크게 나타났다.

해황의 변화와 주요 조업 수역에 따른 어획 효율성의 차이에 관하여 Lehodey (2000)는 엘리노는 한국 선단에는 부정적으로, 미국 선단에는 긍정적으로 작용하는 경향을 보이며 이는 각국 선단의 주요 조업 수역의 차이에서 나타난다고 보고하였다. WCPFC 과학위원회 보고서에서도 우리나라 선망선단의 조업 수역에 비하여 미국선단의 주요 어장은 미국령 제도 (Phoenix island, Cook islands, Tokelau)와 인접 동부 공해로, 아시아 원양 조업국들에 비해 상대적으로 동부 수역에서 많은 조업이 이루어지는 것 (William et al., 2015)으로 나타나 조업국별 주요 조업어장에 따른 어종별 어획량에도 차이가 있을 것으로 예상된다.

해황의 변화는 조업방법의 선택에도 영향을 주었다. ONI와 조업 형태별 조업 비율의 상관관계에서 확인되었듯이 부상군의 경우 해황에 의한 조업의 비율의 변화가 크지 않은 반면, 자연 유목군과 인공 유목군은 상반되는 결과를 보였다. 즉 엘리노 시기의 경우 자연 유목군은 조업 분포가 동부로 확장되는 동시에 조업 노력도 증가하여 전체 조업 중 자연 유목군 조업 비율이 크게 증가하였으나 인공 유목군의 비율은 상대적으로 감소하였다. Leroy et al. (2013)는 파푸아뉴기니, 인도네시아, 솔로몬 제도와 같은 서부 태평양 국가의 강에서 떠내려 온 통나무, 해양쓰레기 등의 부유물들이 해류를 타고 동부로 확장되면서 연안에서 떨어진 먼 바다에서도 자연유목 발견 가능성이 높아짐에 따라 이를 이용하는 조업이 증가하고 이에 따라 인공 유목군 조업이 상대적으로 감소한다고 보고하고 있다. 우리나라 선단의 조업 자료에서는 엘리노 시기에 자연 유목조업 수역이 확장되는 명확한 경향을 보이지는 않았으나 유목군 조업 비율은 다소 증가하였다. 특히 대표적인 엘리노 시기였던 2004년에는 자연 유목군 조업이 전체 조업 중 34%의 높은 비중을 기록하였다. 반면 라니냐 시기에는 자연유목을 사용할 수

있는 수역의 범위가 한정되어 있기 때문에 이를 대체하기 위한 인공 유목 사용이 증가하는 경향이 나타났다.

해양 환경지수와 어종별 CPUE에 대한 분석에서 황다랑어는 엘리뇨 시 CPUE가 증가하는 경향이 나타나지만 가다랑어는 지수 변화와 CPUE 간에 명확한 경향이 나타나지 않았으나 시간차 (time-lag)에 의한 영향이 있을 것으로 추정된다. Lehodey (2000)의 연구에서도 해황의 영향과 가다랑어의 CPUE 간에는 약 6~12개월 정도의 차이가 나타나며, 이러한 현상은 엘리뇨 기간 동안 전체적인 수온증가와 함께 엽록소 및 플랑크톤 생산이 증가함에 따라 가다랑어 자치어의 생존이 증가하고 그 자원이 어업에 가입되는데 까지 걸리는 시간이라는 가설을 보고하였다.

어종별 분포에 대한 분석 결과 동경 수역에서 모든 어종의 어획비율이 높게 나타났는데, 특히 눈다랑어의 비율이 크게 나타난 반면, 황다랑어는 서경 수역에서 상대적으로 높은 비율을 보였다. 이는 서부 태평양에 집중된 우리나라 선망어업의 조업 패턴과 해황 변화에 의한 영향과 함께 조업 형태별 특성에 의한 영향도 있을 것으로 추정된다. 앞서 2장에서는 조업 형태와 어종간의 상관관계에 대하여 분석 하였고, 그 결과 가다랑어와 눈다랑어는 유목군 조업에, 황다랑어는 부상군 조업에 상대적으로 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 부상군과 유목군 조업의 주요 조업 수역은 모두 140°E~180°에서 나타났지만 부상군 조업 수역이 유목군에 비해 더욱 동부로 확장된 것을 확인할 수 있으며, 이러한 현상은 엘리뇨 시기에 더욱 뚜렷하게 나타나는 경향이 있다. 반면 가다랑어와 눈다랑어의 경우 150°W 이서 수역에서만 어획이 나타나고 있으며, 특히 눈다랑어는 어종 중 가장 서부로 축소된 어장 분포를 보였는데 어장이 동부로 크게 확대된 1990년대 후반과 2000년대 전반에도 180° 이동 수역에서는 어획량이 거의 나타나지 않았다. 이러한 눈다랑어의 어획 분포는 유목군 조업의 노력 분포와 유사

한 경향을 가지고 있는데 유목군 조업 내에서도 자연 유목군과 인공 유목군 조업을 분리하여 고려해 볼 필요가 있다.

자연 유목군 조업은 육지에서 떠내려 온 자연 부유물체에 유집되어 있는 어군을 어획하는 방법으로 $140^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ 수역에서 주로 조업이 이루어졌다. 인공 유목군 조업은 서부태평양에서 160°E 를 기준으로 명백한 공간적 분리가 나타난다 (Leroy et al., 2013)고 보고되고 있는데 우리나라 선단의 자료에서도 160°E 이서 수역에서 부상군 58%, 자연 유목군 72%, 인공 유목군 24% 의 조업이 발생하였다. 이와 같이 인공 유목군 조업은 다른 조업에 비하여 동부 수역에서의 조업비율이 상대적으로 크게 나타나지만 분포 범위는 부상군 조업 보다 좁으며, 180° 를 기준으로 구분할 경우 부상군 92%, 자연 유목군 98%, 인공 유목군 92%의 조업이 동경 수역에서 일어나는 것으로 나타나 우리나라 선단의 조업은 서부 수역을 중심으로 조업이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

그러나 2000년대 전반까지는 엘리뇨가 발생한 연도를 제외하고는 대부분이 Region 2의 서부 수역에서 조업이 집중되었다면 2000년대 중반부터는 점차 Region 3의 동부 수역에서 어획량과 노력량이 증가하기 시작하였다. 이는 1990년대까지는 다른 원양 조업국인 일본·대만의 조업 수역과 거의 유사했다면 2000년대부터는 일본과 대만이 $140^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ 내에서 조업한 반면, 우리나라는 $140^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{W}$ 로 동부로 크게 확장되었기 때문이다. 특히 엘리뇨 시기였던 2014년에는 우리나라 선단은 $170^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{W}$ 수역에서 중심어장을 형성하여 이전에 비해 동부로 크게 이동하였는데 일본 선단은 전통적 조업 수역인 160°E 이서 수역에서 대부분의 조업이 일어났다. 이에 따라 동부 수역에서의 조업 비율이 높았던 우리나라와 미국 선단은 가다랑어와 황다랑어 모두 높은 어획량을 나타냈지만 일본은 전체적으로 낮은 어획량을 기록하였다 (Williams et al., 2015).

계절에 따른 조업어장 변화는 전반기에는 대부분의 조업과 어획량이 180° 이서 수역에서 나타났으며 특히 3~6월에는 서부로 더욱 축소되었다. 7월부터 동부로 확장하기 시작하여 9~10월에는 135°W까지 조업이 일어났으며 이후 점차 서부 어장으로 축소하고 있는 경향을 보였다. 이러한 현상은 우리나라 선단 뿐만 아니라 중서부태평양에서 조업하는 선망어업 주요 조업국의 자료에서도 나타났다. 일본의 어획자료를 분석한 Kim (1999)의 연구에서도 6월 이전까지는 서부 수역에서 집중적으로 조업이 나타나다가 6월에는 어장이 동쪽으로 이동한다고 보고하였다. Williams et al. (2014) 역시 중서부태평양 전체 선망어업의 자료를 이용한 분석에서 전반기에는 160°E의 이서 수역에서 주로 조업이 발생한 것을 확인하였다.

이러한 계절별 어장 변화는 어종별 어획량에도 영향을 주어 전반기에는 가다랑어가, 후반기에는 황다랑어가 높은 어획비율을 보였는데 이에 대해서 전반기에는 가다랑어의 주요 서식 어장인 서부 어장에서 조업 비율이 높게 나타난 반면, 후반기에는 어장이 동부로 팽창하여 얇은 혼합층으로 인해 황다랑어 성어의 어획 가능성이 높은 수역에서 조업이 이루어지기 때문으로 보인다. 또한 Kim (1999)은 계절풍과 가다랑어의 회유에 의한 영향 역시 원인으로 작용했을 것이라 하였다.

2010년대의 조업 어장 분포는 이전과 다르게 나타났는데 특징적으로 5°N ~12°S, 135°~175°E 범위 내 일부 수역과 160°~170°W 내 동부 공해 수역에서의 조업이 사라진 것이다. 이것은 WCPFC의 보존관리조치에 의한 영향으로 보인다.

눈다랑어, 황다랑어, 가다랑어에 관한 보존관리조치의 이행사항 중 포켓 공해수역 조업금지²⁰⁾와 공해상 선망노력 한도량 설정²¹⁾은 2010년대 선망

²⁰⁾ CMM2008-01

²¹⁾ CMM2013-01

어업의 어장 분포에 주요한 영향을 미친 것으로 추정되는데, 2010년 1월 1일부터 발효된 20°N~20°S 협약 수역 내의 포켓공해 수역 조업 금지 조항에 의해 1°~5°N, 135°~152°E과 3°N~12°S, 157°~175°E 수역 내 두 곳의 포켓공해에서 조업이 일어나지 않았다. 또한 공해상 선망 조업횟수가 국별로 제한되면서 165°W 이동의 공해수역에서의 조업이 현저히 감소된 것으로 추정된다. 관련 보존관리조치는 향후 FAD 금어기 연장 및 조업횟수 제한과 공해상 FAD 조업 금지 등으로 더욱 강화될 예정이므로 이에 따른 어획량 변동과 어장 변화는 계속될 것으로 예상된다.

해양 지리학적 관점에서 인도네시아와 필리핀의 군도 수역과 같이 수심이 얕고 수온이 높은 수역과 동부 공해 수역과 같이 수심이 깊고 비교적 낮은 수온을 가진 수역의 차이에 따라 동일한 조업 형태라 하더라도 어획물의 종조성 및 체장조성에 미치는 영향은 다를 것으로 예상된다. 즉 서부 태평양의 군도 수역은 눈다랑어와 황다랑어의 자치어가 주로 서식하고 있는 반면, 동부 공해 수역은 동 어종의 대형 개체들의 어획 비율이 높기 때문에 동일한 유목 장치를 사용하여 조업하더라도 군도 수역에서 자치어의 어획 비율이 크게 나타날 것이다. 따라서 시간적으로나 절대적인 조업횟수로 FAD 조업을 제한하는 현재 조치 방법보다는 수역에 따라 차등적으로 규제하는 방법이 더욱 효율적일 것으로 보인다. 최근 WCPFC 과학위원회에서도 ‘수역을 기반으로 하는’ 공간적 규제 조치에 대한 필요성이 제기되고 있어 향후 관련 조치 도입을 대비할 필요가 있다. 따라서 수역별 조업 형태별 어종별 종조성 및 체장조성 분석을 통해 수역에 따라 어떠한 어종이 얼마큼 어획되는지, 주요 어획물의 체장조성은 어떠한지, 조업 형태에 따른 조성의 차이가 나타나는지 등에 대한 다양한 어획 및 조업 특성에 관한 정보를 데이터베이스로 구축한다면 향후 중요 어장 정보로써 유익하게 사용될 것으로 예상된다.

IV. 중서부태평양수산물위원회 보존관리조치가 우리나라 다랑어 선망어업에 미친 영향과 향후 대응 방안

1. 서론

보존관리조치는 중서부태평양수산물위원회 관할 수역에 서식하는 다랑어종을 포함한 고도회유성 어종자원의 지속적 이용을 보장하기 위하여 어종별 어획량과 어획 노력 및 이와 관련된 어업 활동과 조업능력 (Fishing capacity)등을 관리하는 위원회의 결정사항이며, 회원국의 이행 의무규정이다. 현재 시행중인 보존관리조치는 협약 수역 내 관리어종과 부수어획종 보존, 선박 등록과 감시 및 보고, 조업규제, 옵서버 프로그램 등에 대한 총 40 가지의 조치로 이루어져 있다.

특히 가다랑어, 황다랑어, 눈다랑어는 WCPFC 관할수역 전체 다랑어 어획량의 95%를 차지하는 목표어종²²⁾으로 오래전부터 연승어업과 선망어업에 의해 과도 어획이 발생하였다. 연승어업은 가장 많은 선박이 투입되어 있으며, 선망어업은 어획 효율성이 가장 높은 어업이다. 이에 따라 2004년 WCPFC가 설립되면서 제1차 연례 위원회에서 이들 종의 ‘보존관리조치에 관한 결의안 (CMM2004-04)’을 채택하였다. 조치의 내용은 눈다랑어, 황다랑어의 지속가능한 어획과 노력 수준의 확인 및 조업금지 수역과 기간의

²²⁾ Estimates of annual catches in the WCPFC statistical area (WCPFC-SC10-2014/ST IP-1 rev.1)

설정, FAD 조업제한 조치 등 자원에 미치는 영향의 평가를 요청하면서, 이를 근거로 이들 중의 보존과 관리를 위한 조치를 채택할 것을 권고 하였다.

2005년 처음으로 채택된 ‘눈다랑어 황다랑어에 관한 보존관리조치²³⁾’는 이후 2014년까지 총 6번의 개정과정을 통해 보완 및 확대되었으며, 각 어종에 대한 최신의 자원평가 결과를 기반으로 가장 적절한 관리옵션을 규정하고 있다 (Appendix 1). 동 보존관리조치와 함께 비목표종 부수어획을 저감하기 위한 상어종 및 고래상어 등을 위한 보존관리조치, 공해상 FAD 조업 금지와 어획물 전체 보유 및 전재 규정, 항구 양륙 감시 및 포켓공해구역 조업금지 등에 관한 8개의 보존관리조치가 별도로 구축되었다 (Appendix II).

동 보존조치는 원양 조업국의 조업활동과 특히 선망어업의 전반적인 동향에 크게 영향을 미치게 되었다. 더 나아가 이러한 조치에도 불구하고 자원의 보존과 회복에 긍정적인 효과가 확실하게 나타나지 않고 있어 우려가 계속되고 있는 실정이며 추가적인 조치가 요구되고 있다.

본 연구에서는 현재 중서부태평양 다랑어 선망어업에 가장 큰 영향을 미치고 있는 WCPFC와 동 기구의 보존관리조치 중 열대다랑어에 관한 보존관리조치를 중심으로 본 조치의 구축배경과 개정과정을 살펴보고, 선망어업 어획 노력을 제한하는 다양한 규제 설정의 과학적 근거를 확인하여 우리나라의 조업 특성과 비교분석하였다. 또한 본 조치가 우리나라 선망선단에 미치는 영향을 분석하기 위하여 조치 이행 전과 후의 우리나라 어획 동향을 확인하였고 주요 조업국들의 어획 동향과 비교하여 향후 더욱 강화될 것으로 예상되는 관련 조치에 대하여 우리나라 선망어업의 특성을 고려한 대응방안을 마련하고자 한다.

²³⁾ Conservation and Management Measures for Bigeye and Yellowfin tuna in the Western and Central Pacific Ocean (CMM2005-01)

2. 자료 및 방법

2.1. 중서부태평양수산물위원회 (WCPFC) 보존관리조치 구축배경 및 개정과정

본 연구에서는 WCPFC 보존관리조치 중 선망어업의 어획 노력을 직접적으로 제한하는 ‘열대다랑어에 관한 보존관리조치’ 중 선망어업 ‘FAD 금어기’와 ‘공해수역 조업금지’ 조치에 대하여 조치의 구축 배경 및 개정 과정을 확인하기 위하여 WCPFC의 연례 위원회, 과학위원회 및 기술이행 위원회의 최종보고서와 함께 과학위원회에서 논의되었던 자원평가 결과와 각 조치의 효율성 평가를 위한 예측 분석에 관한 연구 보고서 등을 통해 본 조치와 관련된 정보를 수집하였다. 보존관리조치에 관한 정보는 WCPFC 웹사이트²⁴⁾를 참고하였다.

WCPFC는 어군집어장치 (Fish aggregating Device)를 이용한 조업 (FAD 조업)에 대하여 ‘어군을 유집하는 수면 위 또는 수면 부근에 떠 있는 부표, 부유물, 그물, 플라스틱, 대나무, 통나무와 고래상어를 포함하지만 이에 한정되지 않고, 크기, 배치 여부 및 살아있는지 여부에 관계없이 모든 물체 또는 물체 조합²⁵⁾’이라고 규정함에 따라 본 장에서는 인공유목과 자연유목을 이용한 모든 조업을 FAD 조업이라고 하고, 열대다랑어에 관한 보존관리조치 중 ‘모든 유목을 이용한 조업금지 기간’을 ‘FAD 금어기’로 정의하였다.

²⁴⁾ <http://www.wcpfc.int/conservation-and-management-measures>

²⁵⁾ "any object of group of objects, of any size, that has or has not been deployed, that is living or non-living, including but not limited to buoys, floats, netting, webbing, plastics, bamboo, logs and whale sharks floating on or near the surface of the water that fish may associate with" (CMM2009-02, Article 3)

2.2. 보존관리조치가 우리나라 선망어업 및 주요 조업국의 어획 동향에 미친 영향

보존관리조치 이행이 우리나라 선망어업에 미친 영향을 분석하기 위하여 열대다랑어에 관한 보존관리조치 중 선망어업의 어획 노력을 제한하는 대표적인 규제인 FAD 금어기와 포켓공해수역 조업금지 조항에 대하여 조치 이행 전과 후의 어업 동향을 비교 분석하였으며, 이를 위해 선박으로부터 제출된 조업일지 자료와 원양통계자료를 사용하였다. 또한 주요 조업국별 어획 동향을 분석하기 위하여 과학위원회에 제출하는 국별 국가보고서(National report)와 중서부태평양수산물위원회 과학자문기관인 남태평양 공동체 사무국²⁶⁾ (SPC)으로부터 제공된 통계자료 및 분석자료를 이용하여 동 보존조치의 이행에 의한 우리나라 및 주요 조업국의 어획 동향 변화를 확인하고 비교하였다.

²⁶⁾ Secretariate of the Pacific Committee (SPC)

3. 결과

3.1. 열대다랑어에 관한 보존관리조치 구축배경 및 개정과정

3.1.1 도입배경

WCPFC의 설립 목적이 중서부태평양 수역 고도회유성 어족 자원의 관리 및 지속적인 이용임에 따라, 기구 설립 준비를 위한 사전 회의에서는 협약 수역 내 주요 관리어종의 자원 상태를 평가하였다. 그 결과 가다랑어 자원은 현재 어획량이 자원의 지속적 이용을 가능하게 하는 수준인 반면, 황다랑어와 눈다랑어는 거의 전체 이용되고 있는 것으로 나타나 눈다랑어와 황다랑어의 자원 상태에 우려를 나타냈다. 특히 선망어업의 FAD 사용 증가로 인한 눈다랑어 자치어의 어획사망률 증가가 자원 감소에 상당한 영향을 미친다고 보고하였다. 이에 따라 임시 사무국 (Interim Secretariate)은 과학 자문단²⁷⁾ (SCG)에 눈다랑어와 황다랑어의 어획을 효과적으로 제한하기 위한 조치 구축을 위해 필요한 관리 옵션을 제공할 것을 권고하였다. 이에 따라 과학 자문단은 제6차 사전회의에서 당시 타 다랑어 관련 지역수산기구에서 열대다랑어 자원의 보존과 관리를 위해 채택하고 있는 다양한 관리 옵션을 정리하고, 이들 중 중서부태평양 수역의 어업 특성을 고려하여 적합한 것으로 판단되는 단기 및 중장기적인 관리 옵션에 대한 보고서²⁸⁾를 제안하였다.

보고서는 관리 옵션에 관해 생산량 관리 (Output control : 어획량 제한 및 쿼터 설정 등), 노력량 관리 (Input control : 선박 척수, 선박 크기 및 조업 능력 제한 등)와 기술적 관리 (Technical measure : 어구종류 및 설계, 지원선 사용 제한, 금어기 및 금어수역 설정, 어획물 보유 등)로 구분하여 분석하였으며, 중서부태평양 수역에서의 각 관리 옵션에 대한 실행 가능성을

²⁷⁾ Scientific Coordinating Group

²⁸⁾ Management options for Bigeye and Yellowfin tuna in the Western and Central Pacific Ocean (WCPFC/PrepCon/WP24)

기준으로 분석한 결과, 단기적 관리 옵션으로는 1) 기국별 어업별 어획량 또는 노력량 제한, 2) 금어기 또는 금어수역 설정, 3) 선박별 FAD 조업횟수 제한이, 중장기적 관리 옵션으로는 기국별 어획량 할당이 가장 실현 가능한 관리 옵션으로 나타났다.

2004년 제1차 WCPFC 연례 위원회에서는 보존관리조치의 구축과 검토의 기준을 제시하기 위해 채택된 ‘보존관리조치에 관한 결의’ (Appendix 3)를 바탕으로 위의 관리 옵션들이 중서부태평양 수역 내 관리어종의 보존과 관련 어업 규제에 효과적이라는 과학적 근거를 확인할 수 있는 분석을 수행할 것을 요청하였다.

이에 대하여 2005년 제1차 과학위원회에서는 눈다랑어, 황다랑어의 지속가능한 어획 및 노력수준을 기반으로 위에서 선택된 각 관리 옵션에 의한 자원 동향을 예측하여 이에 따라 선망어업을 가장 효율적으로 관리할 수 있는 관리 조치를 확인하였다. 자원 동향 예측 분석은 2005년 눈다랑어와 황다랑어의 자원평가 결과를 기반으로 1) 현재 (2003년) 어획 및 노력수준 유지 2) 어업별 어획 및 노력수준 감소 3) FAD 조업 금지 4) 분기별 어업별 조업 금지 등에 관한 총 12개의 시나리오에 대하여 분석하였다 (Appendix 4). 분석 결과 어업별 어획 및 노력을 동시에 감소할 경우 가장 좋은 결과를 보였으며, 눈다랑어는 선망어업의 FAD 조업 노력을 부상군 조업으로 이전 (시나리오 7)할 경우 황다랑어는 인도네시아, 필리핀 국내어업 노력량을 감소 (시나리오 5)할 경우에서 가장 큰 자원량 증가를 나타내었다.

이에 따라 2005년도 제2차 연례 위원회에서는 선망어업 및 연승어업의 어획량 및 노력량 제한과 FAD 조업횟수의 감소가 눈다랑어와 황다랑어 자원량을 회복하는데 가장 효과적이라는 과학위원회의 조언에 따라, 선망어업의 어획 노력과 연승어업의 어획량을 제한하는 눈다랑어, 황다랑어를 위한 보존관리조치 (CMM2005-01)를 채택하였다.

3.1.2 FAD 금어기 및 조업 노력 제한

2006년 제2차 과학위원회에서는 눈다랑어와 황다랑어 자원량 감소에 선망어업의 FAD 조업과 인도네시아, 필리핀의 국내어업 (고정식 유목 (Anchored FAD)을 이용한 소형 선망어업 및 채낚기 어업)이 가장 큰 영향을 미친다는 분석 결과를 바탕으로, 자원의 상태가 나빠짐에도 불구하고 계속적으로 증가하는 어획량과 노력량을 관리하기 위하여 선망어업의 금어기 설정을 위한 분석이 수행되었다. 금어기는 선망어업의 대상 어종인 가다랑어의 어획량에 미치는 영향을 최소화 하면서 눈다랑어와 황다랑어의 어획량을 최대한 감소할 수 있는 기간으로 선정 하였으며 이러한 기준에 따라 9월에서 12월이 가장 적합하다는 결론을 얻었다 (Langley and Hampton, 2006).

위의 금어기를 기반으로 선망어업의 어장 제한 (공해 또는 EEZ), 시간적 금어기 (선망어업 전체), FAD 금어기 설정 등 4가지 금어기 시나리오에 의한 선망 조업국별 어획 노력 감소율이 분석되었다. 분석 결과 대부분의 조업국들이 시나리오 3 (3분기 FAD 조업금지 및 4분기 공해 상 모든 선망어업 금지)에서 가장 큰 감소율을 나타내어 보였다²⁹⁾. 일반적으로 선망어업에서 생산되는 눈다랑어의 대부분이 FAD 조업에 의해 어획되기 때문에 FAD 조업의 노력 감소는 동 자원의 어획 사망을 저감하는데 매우 효과적이다. 그러나 만약 FAD 조업의 어획 노력이 단순히 부상군 조업으로 이전된다면 부상군 조업에 의한 어획 비중이 높은 황다랑어의 어획사망이 증가할 가능성이 높아지므로, 조업 제한 결정 시 조업 형태 간 균형이 필요함이 강조되었다.

따라서 가장 큰 어획 노력 감소율을 보였던 분기별 FAD 조업 금지와

²⁹⁾ Proposal in respect of paragraph 11 of conservation and management measure 2005-01 (WCPFC3-2006/16). Refer to Appendix 5,6.

공해 상 선망어업 금지 (시나리오 3)가 향후 선망어업의 어획 노력을 관리하기 위한 대안 조치로 제안되었다. 그러나 일부 연안국들은 FAD 금어기는 조업 능력의 과도한 투입을 효과적으로 조절할 수 없을 뿐만 아니라 연안국의 경제적 이익과 권리에 심각한 영향을 미칠 수 있음을 강조하면서 본 관리 옵션의 채택에 동의하지 않았음에 따라 CMM2006-01에서는 FAD 금어기와 관련된 조치가 설정되지 않았다.

2007년 제4차 연례 위원회에서는 눈다랑어와 황다랑어 보존을 위하여 관련 어업의 어획 및 노력을 제한하는 조치 (CMM2005-01, CMM2006-01)가 설정되었음에도 불구하고 자원 상태가 계속적으로 악화됨에 따라 본 조치를 강화하기 위한 대안 조치로 선망어업에서는 3개월간의 FAD 금어기가 다시 제안되었으나 FAD 금어기 기간에 대한 합의 도출에 실패하였다. 즉, 원양 조업국의 경우 1개월의 금어기를 주장한 반면, 대부분의 태평양도서국포럼수산기구 (FFA)³⁰⁾ 회원국들은 3개월의 금어기를 지지하면서 보통 양륙 및 선박 보수 유지에 한 달 정도의 시간이 소요되기 때문에 이러한 시간으로 대체될 수 있는 1개월의 금어기는 자치어 저감에 영향을 주지 못할 것이라고 주장하였다. 이에 따라 인도네시아 필리핀 자료수집 프로젝트³¹⁾ (IPDCP)를 통해 개선된 자료를 반영한 새로운 눈다랑어 자원평가 결과를 기반으로 제5차 연례 위원회에서 관련 조치를 결정할 것에 동의하였다.

2008년 제4차 과학위원회에서 수행된 눈다랑어의 자원평가 결과, 최대지속적생산수준의 어획사망을 대비 현재 어획사망율의 비 ($F_{current}/F_{MSY}$)에서 더욱 비관적인 결과를 보였다. 동 자원의 지속적 이용을 위해서는 현재 평균 어획 사망률 (2003~2006년)을 30% 감소해야 한다는 예측 분석 결과를

³⁰⁾ Pacific Islands Forum Fisheries Agency

³¹⁾ Indonesia-Philippines Data Collection Project

바탕으로 과학위원회는 눈다랑어의 2003~2006년 평균 어획 사망률을 최소 30% 감소할 것을 권고하였다.

이에 따라 같은 해 제5차 연례 위원회에서는 본 권고안을 받아들여, 2009년에는 선망어업에 대해 연안국 EEZ 및 공해수역에서 2개월 (7~8월) FAD 조업금지 (또는 2001~2004년 눈다랑어 평균 어획량 10% 감축), 2010~2011년에는 3개월 (7~9월) FAD 조업금지 (또는 2001~2004년 눈다랑어 평균 어획량 20% 감축) 조치를 설정하고 이를 감시하기 위하여 오퍼버 승선율 100%를 의무화 하였다 (CMM2008-01).

그러나 다음 해인 2009년 제5차 과학위원회에서는 CMM2008-01의 이행 검토 결과 선망어업의 어획 노력과 효율성이 모두 증가한 것으로 나타나 지금 추세대로라면 2011년까지 눈다랑어 어획사망률의 30% 감축이 불가능할 것으로 보고하였다. 이에 대하여 연안국을 중심으로 한 회원국들은 조치의 이행이 자원 변동에 반영되는데까지는 상당한 시간차가 존재한다는 것은 인정하지만 현재보다 강력한 조치가 즉각적으로 이루어지지 않을 경우 자원의 상태가 더욱 악화될 것을 우려하였다.

2010년 제6차 과학위원회에서는 2009년에 이행된 FAD 금어기를 평가하기 위하여 2009년도 금어기 동안의 조업활동과 이전 연도 (2001~2008년)의 동일 기간 동안의 조업활동을 비교하였다. 검토 결과 1) 조업횟수와 조업일수에 대한 전체 노력량은 2009년 금어기에서 최고치를 기록하였고 2) FAD 조업의 대부분이 부상군 조업으로 노력이 이전되었으며 3) 가다랑어, 눈다랑어, 황다랑어의 총 어획량은 이전 연도와 비슷한 수준이나 눈다랑어 어획량은 최소치를 기록하였다. 즉, FAD 금어기 동안 기존 FAD 조업에 투입되었던 어획 노력이 부상군으로 이전되면서 전체적인 선망조업 노력이 크게 증가하였으나 눈다랑어 어획량은 감소하였다. 이에 따라 일부 회원국들은 눈다랑어 자원 관리를 위해서 FAD 금어기 기간 확대를 고려할 것을

요청하였다. 또한 FAD 금어기 동안 금지되었던 FAD 조업 노력이 다른 기간으로 분배되고, 특히 금어기 전과 후에 크게 증가함에 따라 실제 FAD 조업횟수가 증가하게 되었으며, 동 기간 동안 (2009년) 추정된 눈다랑어 어획량은 2001~2004년 평균 수준보다 약 40% 이상 높아 역대 2번째로 높은 값을 기록하였다. 따라서 현 FAD 금어기 조치는 금어기 동안에만 영향을 미치는 것으로 판단하여, 이러한 문제를 보완할 수 있는 대안조치 개발을 요청하였다.

2011년 제7차 과학위원회에서는 2009~2010년에 이행된 FAD 금어기 조치를 검토하였다. 검토 결과 1) FAD 금어기간 FAD 사용률이 2009년 13.5%에 비해 5.1%로 크게 감소하였고 2) 눈다랑어 어획량은 금어기 동안 크게 감소하였다. 또한 3) 2010년에는 FAD 금어기 직전과 직후에 낮은 FAD 사용률을 보였으며 4) 금어기 동안의 어획량은 2009년과 2010년 모두에서 평균 보다 낮았으나 5) 어획 개체의 평균 크기가 모든 어종, 특히 황다랑어에서 높게 나타남에 따라 금어기에 의해 발생하는 어획량 손실을 어느 수준까지는 상쇄할 것이라고 보고하였다. 이에 대하여 제8차 연례 위원회에서는 FAD 금어기가 선망어업의 총 노력을 제한하는 데는 효과적이지 못하였지만, 2010년의 경우 FAD 금어기 종료 후에도 낮은 FAD 사용이 유지되는 특이한 동향이 나타났으며, 눈다랑어 어획량이 크게 감소하였음에 주목하였다. 따라서 CMM2008-01의 만료일을 고려하여 현행 3개월의 FAD 금어기를 2013년 2월까지 확장하고, 제9차 연례 위원회에서 회원국들의 연구 결과와 의견을 수렴한 새로운 조치가 채택될 수 있도록 권고하였다.

2012년 제8차 과학위원회에서는 일본 선망선단의 조업 형태별 눈다랑어 어획량의 상관관계에 관한 연구³²⁾와 열대 다랑어 주요 관리조치의 이행 및

³²⁾ Relationship between bigeye tuna catch and school type of Japanese purse seine operated in tropical area of the Western and Central Pacific Ocean (WCPFC-SC8-2012/MI-WP-04)

효율성 검토³³⁾의 결과를 기반으로 현재 FAD 금어기 조치가 적합하지 못함을 강조하였다. 이에 대한 근거로는 FAD 금어기 동안 눈다랑어 어획량은 감소하였으나 FAD 금어기 외의 기간 동안 FAD 사용이 증가함에 따라 2011년 선망어업의 눈다랑어 어획량은 최고 수준을 기록하며 연승 어업에 의한 어획량을 추월하였기 때문이다. 이에 따라 과학위원회에서는 눈다랑어 어획사망율을 감소하기 위한 추가적이거나 대안적인 조치의 필요성을 강조하며 현행의 FAD에 대한 시간적인 금어기 대신 연중 조업횟수를 조정하여 금어기 외의 기간에서도 FAD 조업 노력을 관리할 수 있는 조치를 고려할 것을 권고하였다.

2012년 제9차 연례 위원회에서는 CMM2008-01 채택 이후에도 선망노력이 계속적으로 증가함에 따라 눈다랑어 어획사망율을 추가적으로 10% 감축하고 이에 따라 FAD 금어기도 1개월 연장하여 총 4개월의 FAD 금어기가 제안되었다. 그러나 일부 회원국들은 FAD 조업의 의존도가 매우 높아 장기간의 FAD 금어기 실시 시 자국에 가중되는 손실이 매우 크기 때문에 4개월 FAD 금어기가 실시될 경우 자국이 입을 이익 손실에 대한 대안적인 보상을 요구하였다. 이에 따라 위원회는 각 조업국이 가지는 조업 특성을 고려하여 3개월 FAD금어기를 기본으로, 추가적으로 한 달간의 금어기 연장 또는 4개월 FAD 금어기에 달하는 연간 FAD 조업횟수를 제한하는 조치를 선택하여 이행토록 하였다 (CMM2012-01).

2013년도 제9차 과학위원회에서는 눈다랑어 자원의 과도어획을 제거하기 위하여 선망어업의 FAD 조업 어획 노력(조업 횟수)과 연승어업의 눈다랑어 어획량을 제한하는 복합적인 조치에 대하여 각 어업별 노력 및 어획 감소율 변화에 따른 자원동향예측을 분석한 결과, 선망어업의 경우 현재

³³⁾ Review of implementation and effectiveness of key management measure for tropical tuna (WCPFC-SC8-2012/MI-WP-06)

FAD 조업횟수의 33% 감소에서 가장 많은 회원국의 지지를 받았으며, 이를 금어기로 환산할 경우 약 4개월의 기간으로 나타났다³⁴⁾. 이를 근거로 제10차 연례 위원회에서는 열대다랑어 보존관리조치 개정을 위한 소규모 그룹 회의를 개최하였으며 FAD 조업 관리에 대하여 추가적인 금어기 또는 각 회원국에 고정된 FAD 조업횟수 (FAD 조업횟수 제한)를 할당 등에 대하여 논의하였다. 그 결과 기존의 조치와 마찬가지로 3개월의 FAD 금어기를 기본으로 2014년에는 FAD 금어기의 1개월 연장 또는 2010~2012년 평균 수준으로 FAD 조업횟수 제한, 2015~2016년에는 FAD 금어기의 2개월 연장 또는 2010~2012년 평균 수준으로 FAD 조업횟수 제한하였고, 2017년에는 공해상 FAD 조업을 전면 금지³⁵⁾하였다.

2014년 제11차 연례 위원회에서 FFA는 FAD 금어기와 관련하여 FAD 금어기가 이행된 2009년 이후 많은 소규모 개발도서국들의 입어료에 의한 수입이 크게 감소하였기 때문에, 이러한 경제적 어려움을 증강시키는 보존관리조치의 수정안을 허용할 수 없음을 강하게 주장하며 새로운 대안 조치를 제안하였다. 선망어업과 관련된 조치에는 FAD 금어기 시 야간 조업을 금지하고 지원선을 이용한 FAD 설치 금지, 공해상 선망노력 감소 및 공해상 FAD 조업 금지, 선박별 FAD 설치 수 제한 등과 같은 조치가 포함되어 있다.

³⁴⁾ Analysis of the implementation and effectiveness of key management measures for tropical tunas (WCPFC-SC9-2013/MI-WP-01 Rev.2)

³⁵⁾ CMM2013-01

3.2. 보존관리조치 이행과 선망어업 동향간의 관계

3.2.1 FAD 금어기

가. FAD 금어기 설정과 관련한 월별 어종별 어획 및 노력 비율 확인

눈다랑어와 황다랑어를 보존관리하기 위한 선망어업에 대한 금어기를 설정하기 위하여, 2006년 제2차 과학위원회에서는 최근 자료 (1996~2005년)를 이용한 월별 분석을 통해, 주 대상어종인 가다랑어 어획량에 미치는 영향을 최소화하면서 눈다랑어와 황다랑어의 어획 저감을 최대화할 수 있는 기간을 확인하였으며, 그 결과 9~12월이 두 가지의 조건을 가장 만족시키는 기간으로 나타났다³⁶⁾. Table 4.1은 동 기간 동안 우리나라 선망어업의 어종별 어획비중과 조업 형태별 노력비중을 월별로 분석한 결과로 가다랑어는 3~5월과 7~9월, 황다랑어는 9월~2월, 눈다랑어는 3~4월, 8~9월, 12월에 높은 어획비중이 나타났으며 황다랑어와 눈다랑어를 합산한 자료로 분석한 순위는 황다랑어의 순위와 거의 유사하게 나타남에 따라 가다랑어의 어획비중이 높고, 황다랑어와 눈다랑어의 어획비중이 낮은 기간은 9월에서 2월로 태평양 전체 자료의 분석 결과와 유사하게 나타났다. 우리나라 선망어업의 조업 형태별 어획 노력비중에 대해서는 부상군 조업의 경우 3~5월, 8월, 10~11월, FAD 조업은 7~9월에서 높은 어획 노력이 나타나 보존관리조치의 FAD 금어기 기간과 일치하였다.

나. 조치 이행에 따른 월별 어획량 및 노력량 변화

Fig. 4.1, 4.2는 FAD 금어기에 관한 조치가 시행된 2009년 이전 (2000~2008년 평균)과 이후의 어종별 어획량 비중과 어획 노력 비중을 월별로 나타내고 있다. 가다랑어는 조치 이전에는 전반기에 어획비중이 다소 높았으

³⁶⁾ Potential impact on catches of Skipjack by the WCPO purse seine fishery of various WCPFC conservation and management measures considered for Bigeye and Yellowfin (WCPFC-SC2-2006/SA WP-5)

나, 조치 이행 이후에는 전반기에 다소 높은 어획 노력을 보인 후 7~8월에 감소하였다가 10~12월에 최고수준으로 나타났다. 반면 황다랑어는 조치 이행 전과 후 모두에서 후반기에 높은 어획비중을 나타냈다. 눈다랑어는 조치 이후 3~6월의 전반기에 높은 비중을 보이다가 7~9월에 크게 감소한 후 11~12월에 다시 증가하였다 (Fig. 4.1).

조업 형태별 어획 노력 비율의 월별 변화는 부상군 조업의 경우 조치 이행 전에는 모든 기간에서 거의 고르게 나타났으나 이행 후에는 후반기에서 높은 비율이 나타났으며 특히 8월에 가장 높은 값을 보이고 있다. 반면 FAD 조업은 조치 전후 모두에서 전반기에 비율이 높았으며 조치 이후 금어기인 7~9월에 사라진 노력들이 특히 3~5월에 집중되어 나타나 금어기 이전보다 전반기 어획 비율이 더욱 증가하였다 (Fig. 4.2).

다. FAD 조업과 눈다랑어 어획량간의 관계

전체 어획량 및 눈다랑어 어획량과 FAD 조업 노력에 대한 월별 비중은 Fig. 4.3와 같다. 금어기 조치 이전에는 총 어획량과 FAD 조업 노력량이 모든 기간에서 유사한 수준으로 나타났으며 눈다랑어 어획량은 1, 3, 10, 12월에 다소 높은 비중을 보였다. 그러나 조치 이행 이후 모든 연도 (2009~2014년)에서 FAD 조업 노력과 눈다랑어 어획량은 7~9월에 크게 감소하였으며 연도별로 차이는 있지만 3~6월, 10~11월에 높은 비중을 나타내어 둘 간에 매우 유사한 동향이 나타났으며, 전체 어획량 역시 2014년을 제외한 기간에서 금어기 동안 어획비중이 다소 감소한 경향을 보였다.

Fig. 4.4는 2001년에서 2012년까지 우리나라 선망어업의 연도별 FAD 조업횟수와 FAD 조업에 의해 어획된 눈다랑어 어획량을 나타내고 있다. FAD 조업횟수는 가장 높은 어획 노력을 기록한 2004년 이후 큰 폭의 경년변동을 보였으며, 금어기 설정 이후에도 뚜렷한 감소 추세 없이 계속적인 경년변동이 나타나고 있다. 눈다랑어의 어획량의 경우 FAD 조업횟수의

증감과 완벽하게 일치하는 동향을 보이고 있어, FAD 조업횟수와 눈다랑어
어획량 간에 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.



Table 4.1. The ranks of proportion of monthly catch (by species) and effort (by set type) by Korean tuna purse seine fishery in the Western and Central Pacific Ocean for the period 1996-2005

Mon	Catch				Effort	
	Skipjack	Yellowfin	Bigeye	Skipjack+ Yellowfin	Unassociated set	Associated set
1	10	3	2	3	9	7
2	8	2	7	2	8	8
3	6	10	1	9	6	5
4	2	9	6	10	2	6
5	1	12	10	12	3	4
6	11	11	8	11	10	10
7	5	7	11	7	12	1
8	3	8	5	8	5	3
9	4	1	4	1	7	2
10	9	4	9	4	1	11
11	7	5	12	5	4	12
12	12	6	3	6	11	9

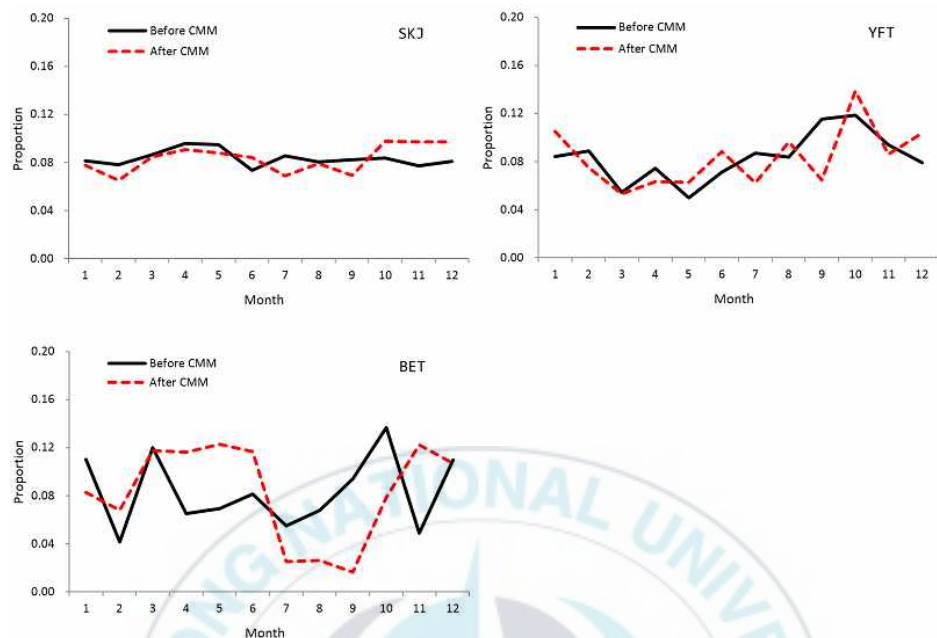


Fig. 4.1. Comparison of monthly distribution of catch by species by implementing CMM2008-01 on FAD closure.

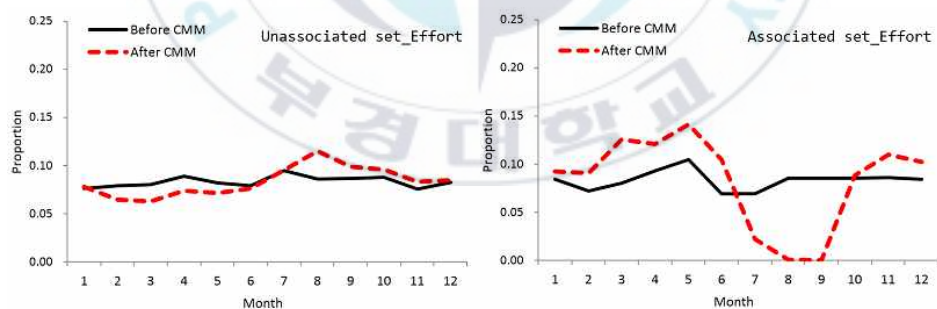


Fig. 4.2. Comparison of monthly distribution of effort (No. of set) by set type by implementing CMM2008-01 on FAD closure.

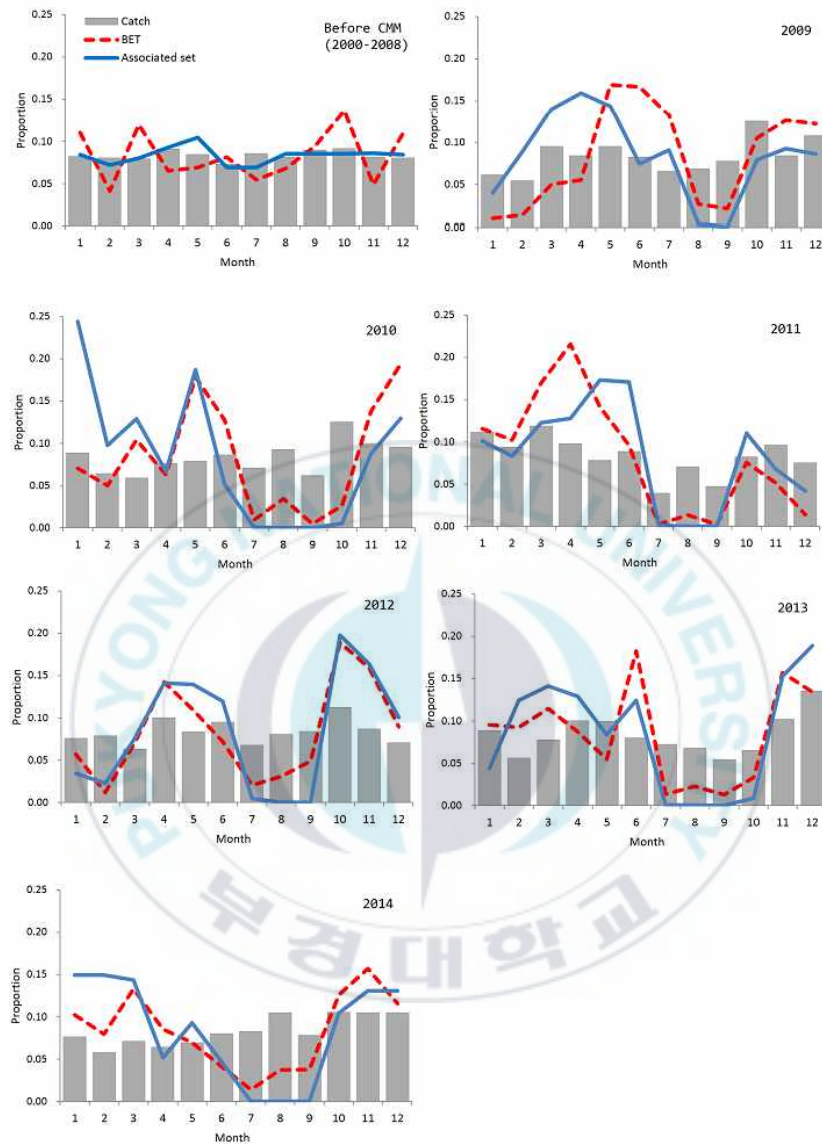


Fig. 4.3. Comparison of monthly distributions on effort of associated set and Bigeye catch by implementing CMM2008-01 on FAD closure.

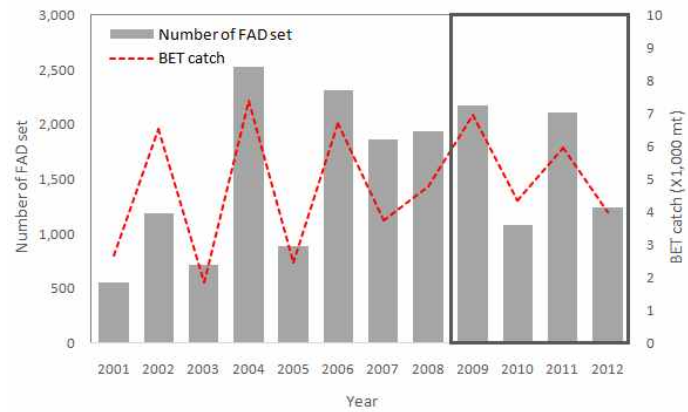


Fig. 4.4. Comparison of trends in number of FAD set and Bigeye catch of Korean tuna purse seine fishery for the period 2001~2012 (Box indicates the period after implementing CMM)³⁷⁾



³⁷⁾ Data resource : WCPFC10-2013-12 (Rev 1)

3.2.2 서부포켓공해수역 조업금지

불법·비보고·비규제 어업 (IUU)에 의해 과도어획이 일어나고 있는 것으로 알려진 두 곳의 서부포켓공해수역에서는 전체 선망어업 노력량의 약 14%가 발생하고 있는 것으로 분석되었다³⁸⁾. 우리나라 선망어업의 동향을 확인하기 위하여 경위도 1°×1°별로 합산한 자료를 분석한 결과, 조치 이전 포켓공해수역에 투입된 어획 노력비중이 약 12%로 위의 분석과 유사한 결과를 보였으며 조치 이후에는 비중이 점차 감소하였다 (Table 4.2).

Fig. 4.5는 본 조치 이행 전(2000~2009년 평균)과 이후의 연도별 우리나라 선망어획 노력 분포를 경위도 1°×1°로 나타낸 결과로, 조치 이후 두 곳의 포켓수역 내 어획 노력은 거의 사라진 것으로 나타났다.

3.2.3 공해수역조업 제한

Fig. 4.6은 우리나라 선망어업 조업 수역별 (EEZ/High Sea) 어획 노력 비율을 분석한 결과이다. 어업 초기에는 절반 이상의 조업이 공해에서 이루어졌으나 비율이 점차 감소하여 1980년대 37%, 1990년대 25%, 2000년대 17%를 기록한 후 2010년 이후에는 약 2%의 낮은 수준을 나타내고 있다.

³⁸⁾ Review of the implementation and effectiveness of CMM2008-01 (WCPFC8-2011-43 Rev. 1)

Table 4.2. Trends in proportion of effort (No. of set) operating in the pocket High Sea by implementing CMM2008-01 on high seas pocket

(Unit : %)

	Before CMM (Average of 2000-2009)	2010	2011	2012	2013	2014
HSP_1	4	0	1	3	3	0
HSP_2	8	5	5	1	3	2
HSP_Total	12	5	6	4	6	2



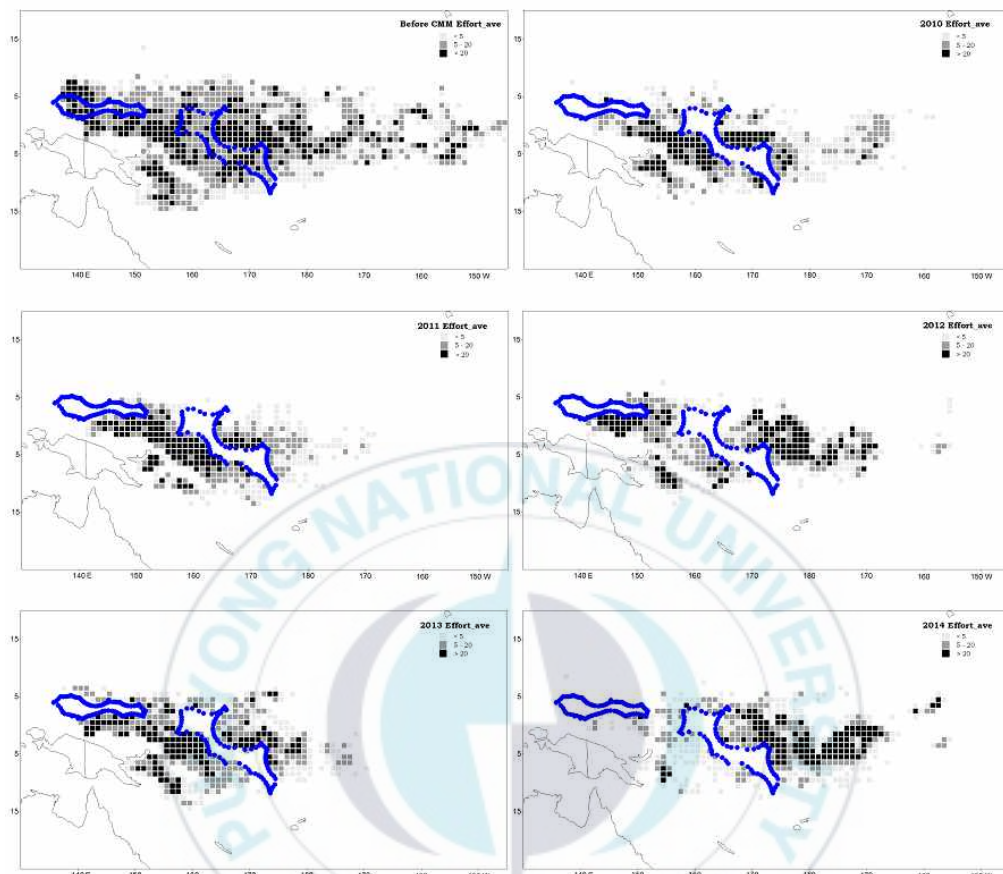


Fig. 4.5. Distribution on proportion of fishing effort in the High Sea Pockets.

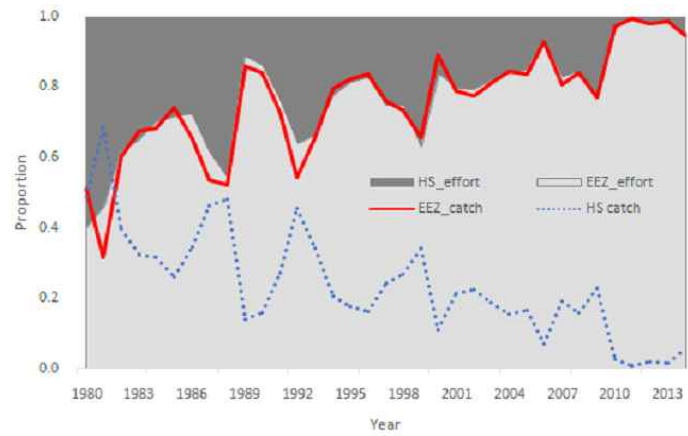
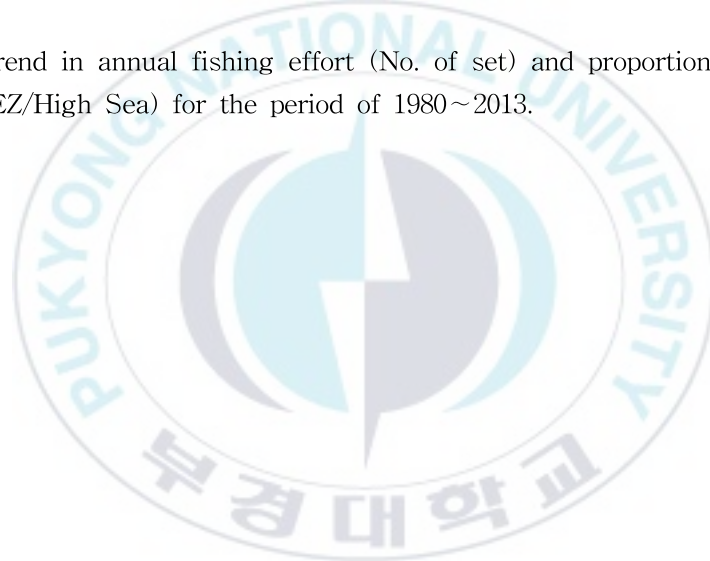


Fig. 4.6. Trend in annual fishing effort (No. of set) and proportion of catch by regions (EEZ/High Sea) for the period of 1980~2013.



3.2.4 주요 조업국의 어획 동향간의 비교

중서부태평양 다랑어 선망어업의 주요 조업국인 우리나라, 일본, 대만, 미국의 조업 형태에 따른 어획 동향을 분석·비교하였다. 주요 조업국별 FAD 조업의 어획 노력량에 관하여, 우리나라는 500~2,500 회의 범위에서 큰 폭의 경년변동을 보이고 있으며 2000년대 전반에 비해 다소 증가한 경향이 나타났으나 전반적으로 조업국 중 가장 낮은 노력량을 보이고 있다. 일본은 대만과 함께 2000년대 높은 FAD 조업횟수를 기록하다가 2010년에 크게 감소한 반면, 미국은 2007년까지 2,100 회 이하의 다소 낮은 값을 보였으나 이후 크게 증가하여 최근에는 조업국들 중 가장 높은 FAD 조업횟수를 기록하고 있다 (Fig. 4.7).

전체 선망어획량에 대한 FAD 조업에 의한 어획량의 비에서 우리나라는 주요 조업국 중 FAD 조업에 의한 어획율이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 일본은 2010년 이후 크게 감소한 경향을 보였다 (Fig. 4.8).

Fig. 4.9는 각 국별 총 어획량에 대한 눈다랑어 어획량을 나타내고 있다. 모든 조업국에서 총 어획량에 대한 눈다랑어 어획비중은 10% 이하로 나타났다. 미국은 다른 국가에 비해 비교적 높은 눈다랑어 어획비중을 보이다가 최근 감소하였으며, 우리나라는 2009년까지 눈다랑어의 어획비중이 매우 미미하였으나, 2010년부터 증가하였다가 다시 감소하는 추세를 보였다.

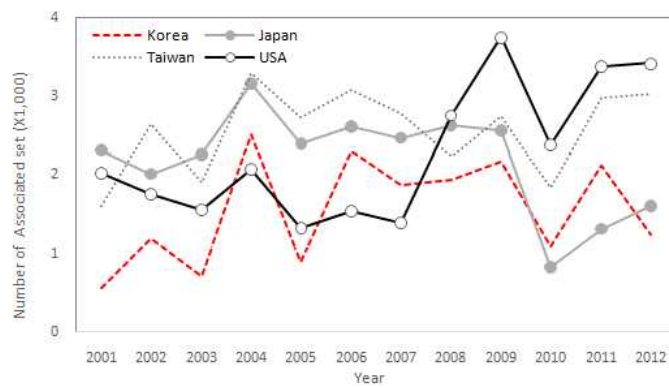


Fig. 4.7. Comparison on number of FAD set by major flag for the period of 2001~2012.

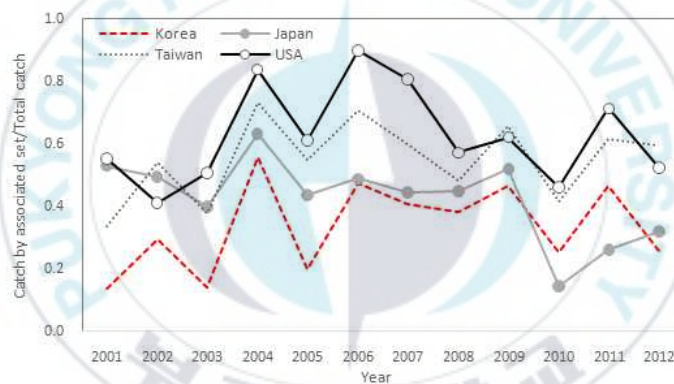


Fig. 4.8. Comparison on proportion of catch by associated set in the total catch by major flag for the period of 2001~2012.

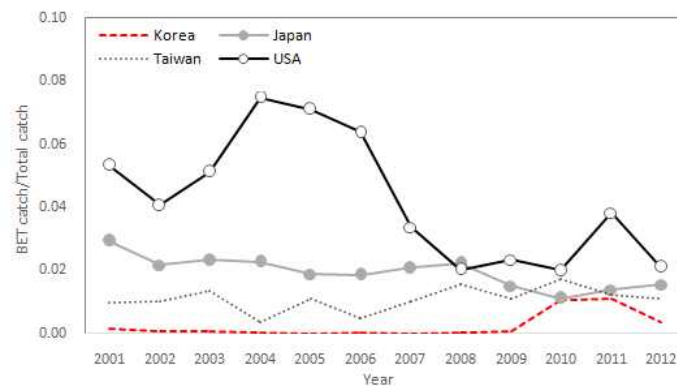


Fig. 4.9. Comparison on proportion of BET catch in the Total catch by major flag for the period of 2001~2012.



4. 고찰

가다랑어, 눈다랑어, 황다랑어와 같은 열대 다랑어를 보존하기 위하여 이들 총 어획량의 81%를 생산³⁹⁾하는 선망어업과 연승어업에 대한 관리 규제는 필수적이다. 선망어업은 어획되는 개체에 대한 선택성이 매우 낮은 어법을 가지고 있기 때문에 대상 어종의 남획 뿐만 아니라 표층에 서식하는 상어류와 같은 기타 경골어류들까지 부수어획하고 있어 문제가 되고 있다. 특히 눈다랑어는 생태학적으로 가다랑어와 황다랑어에 비해 성장이 느리고 성숙연령이 높으며, 성어의 경우 수온약층에서 서식한다. 자치어는 플랑크톤과 같은 먹이 섭이를 위하여 주로 혼합층에서 서식함에 따라 유목장치를 이용한 표층어업에 의해 어획되기 쉬운 것으로 알려져 있다⁴⁰⁾. 위와 같이 선망어업의 유목조업은 눈다랑어와 황다랑어의 성어를 대상으로 하는 연승어업 보다 동 어종의 어획 사망률 증가에 더욱 큰 영향을 미친다는 연구 결과들이 보고되고 있다.

또한 1990년대부터는 자원의 감소와 조업 경제성 문제에 의해 대부분의 어업들이 선단 규모가 축소하거나 소멸되고 있는 반면, 선망어업은 동 시기부터 FAD와 위성 부이 등의 첨단 장비의 도입을 통해 기존 원양 조업국의 조업 효율성이 더욱 강화되었다. 이와 함께 연안국 선망선단의 규모가 크게 확대되면서 선망어업은 중서부태평양 전체 어획량의 급격한 증가의 원인으로 작용하였다. 우리나라는 2000년대 후반에 조업 초기부터 사용된 노후된 선박이 대형의 신조선으로 대체되면서 선단의 조업 능력이 향상

³⁹⁾ Estimates of annual catches in the WCPFC statistical area (WCPFC-SC10-2014/ST IP-1 rev.1)

⁴⁰⁾ Stock assessment of yellowfin tuna in the Western and Central Pacific Ocean, including an analysis of management options (WCPFC-SC2-2006/SA WP-1)

되었다. 또한 중국은 막대한 자본을 투자하여 상당수의 신조선을 선망어업에 투입하였고 현재 건조중이거나 계획 중인 선박들이 향후 조업에 참여하게 될 것임에 따라 선망어업의 어획 강도는 더욱 강해질 것으로 예상된다. 따라서 눈다랑어, 황다랑어, 가다랑어 자원을 보호하고 관리하기 위해서는 선망선단의 어획 노력을 관리할 수 있는 조치가 절대적으로 필요하다.

WCPFC는 눈다랑어와 황다랑어의 자원을 보존하기 위하여 이들 어종을 어획하는 상업적 어업들에 대하여 어획량 또는 어획 노력을 제한하는 다양한 보존관리조치를 구축하였다. 선망어업은 어획 노력을 제한하는 조치로, FAD 금어기 및 어획 노력 제한과 공해수역 조업 제한 등의 조치를 채택하여 모든 조업국에 이행토록 의무화 하고 있다.

FAD 조업을 규제하기 위하여 대상 어종인 가다랑어 어획량의 감소를 최소화 하고 눈다랑어와 황다랑어 어획량의 감소를 최대화 할 수 있는 기간을 확인하여 해당 기간 동안 FAD 조업을 금지하였다 (FAD 금어기). FAD 금어기는 눈다랑어와 황다랑어의 어획 사망률을 감소하고, 산란 자원량을 증가시키기 위한 다양한 시나리오 중 가장 높은 효율성을 보여 선망어업의 주요 규제 조치로 채택되었다. 그러나 수차례의 검토와 개정을 통해 금어기의 기간이 확대되고 기국별 FAD 조업횟수를 제한하는 조치를 추가로 도입하는 등 관련 조치를 더욱 강화하였음에도 불구하고, 선망어업의 전체 어획 노력수준은 기준연도인 2000~2004년 평균 조업일수인 14,000일보다 약 8,000일 이상 (2013년 기준) 증가하였으며, 어획량 역시 130만 톤에서 190만 톤 (눈다랑어 어획량 2만4천 톤 증가)으로 증가한 결과가 나타났다 (Williams and Terawasi, 2014).

이에 대한 원인으로 크게 두 가지를 고려할 수 있는데 첫 번째로는 FAD 조업이 금어기 설정에 의해 제약을 받으면서 직접적인 제한조치가 없는 부상군 조업으로 어획 노력이 이전되고 금어기를 제외한 기간 동안

FAD 사용이 증가하였기 때문이다. 2개월의 FAD 금어기가 적용되었던 2009년의 경우 동 기간 동안 발생한 선망의 조업횟수 및 조업일수가 연중 최대치를 기록하였으며 (Shelter et al., 2010) 금어기의 직전과 직후에 FAD 조업횟수가 크게 증가하여 전체적인 조업횟수 뿐만 아니라 FAD 조업횟수 역시 이전보다 더욱 증가하는 현상이 나타났다.

두 번째로는 소규모 개발도서국과 기타 연안국에 적용되는 보존관리조치의 예외사항을 들 수 있다. 협약 제30조 2항에는 ‘보존관리조치 채택으로 인하여 보존 조치의 과중한 부담이 직·간접적으로 개발도상국, 당사자 및 속령으로 이전되지 않도록 보장하는 등 개발도상국, 특히 소규모 개발도상 도서국, 속령 및 속국의 특별한 필요사항을 고려’할 것을 규정하여 연안국의 국내 어업 발전을 직·간접적으로 지원하도록 하고 있다. 눈다랑어, 황다랑어, 가다랑어에 대한 보존관리조치에서도 FAD 조업 제한 (금어기 설정 및 조업횟수 제한)과 선망선 조업 능력 통제와 관련하여 연안국에 대한 예외조항을 명시하고 있다. 이에 따라 중서부태평양 전체 선망선단 중 나우루협정당사국 (PNA)⁴¹⁾ 선단의 비중은 1990년에는 약 1%의 매우 미미한 수준이었으나, 현재에는 30% 이상을 차지하며 그 규모가 급격히 확대되었다. 또한 원양 조업국의 조업 능력이 연안국으로 이전되어야 한다는 협약 지침을 강하게 주장하고 있어 앞으로도 연안국의 선망선단 확대는 계속될 것으로 예상된다.

인도네시아와 필리핀의 경우 서부태평양의 자국 수역 내에서 채낚기어업 (Pole and line)과 소형 선망어업 등으로 상당한 양의 다랑어를 어획하고 있음에도 불구하고 어획 정보를 확인할 수 있는 통계자료가 제대로 구축되

⁴¹⁾ Parties to the Nauru Agreement : 마이크로네시아 (Federated States of Micronesia), 키리바시 (Kiribati), 마셜제도 (Marshall Islands), 나우루 (Nauru), 팔라우 (Palau), 파푸아뉴기니 (Papua New Guinea), 솔로몬제도 (Solomon Islands), 투발루 (Tuvalu) 등 8개국으로 구성

어 있지 않았다. 따라서 자료의 불확실성에 의해 자원 평가 결과의 신뢰성이 떨어지고, 자원 상태가 과소평가되었을 가능성도 높다. 또한 이들 국가의 국내 어업 선단은 대부분이 조업 능력이 낮은 소형 선박으로 구성되어 있기 때문에 조업 효율을 높이기 위하여 고정식 FAD를 자국의 주요 조업 수역인 군도수역에 대거 설치하여 조업에 이용하고 있다. 그러나 군도 수역은 눈다랑어와 황다랑어 자치어의 주요 서식처일 뿐만 아니라 고정식 FAD 조업의 비중이 높음에 따라 자치어의 어획 비율이 매우 높은 것으로 보고되고 있다. 특히 황다랑어의 자원평가에서는 황다랑어 산란 자원량 붕괴에 대하여 필리핀과 인도네시아의 국내 선망어업의 영향이 가장 큰 원인으로 나타났다 (Langley et al., 2007). 다행히 WCPFC는 인도네시아-필리핀 자료수집 프로젝트 (IPDCP)를 통해 자료 수집율과 정확성을 개선하고 있으나 현재 자원 상태를 고려할 때 인도네시아와 필리핀의 군도수역에서의 어획 노력, 특히 FAD 조업에 대한 제한 조치 도입이 시급하다. 이와 관련하여 제8차 과학위원회에서는 보존관리조치에서 연안국과 인도네시아, 필리핀에 적용되는 예외조항을 제거할 경우 현재 일어나는 과도어획의 절반 이상을 제거할 수 있다는 분석 결과가 발표되어 이들 어업에 대한 관리의 필요성이 부각되었다.

또 다른 선망어업 어획 노력 제한조치는 공해상 조업을 제한하는 조치로 포켓공해 수역 조업금지 및 공해 상 조업일수 제한 등이 포함된다. 서부 포켓공해 수역은 다랑어 주요 조업어장인 PNA EEZ의 경계로 둘러싸여 막혀 있는 공해 수역으로 연안국 수역에서 조업하던 선박들이 어장을 이동하면서 조업 면허나 어획 노력의 제한이 없는 본 수역에서 상당한 양의 불법 조업을 행하였으나, 이에 상응하는 어떠한 관리나 제재가 제대로 이루어지지 않았다. 본 수역은 눈다랑어와 황다랑어 자치어의 어획 비율이 높아 이곳에서 오랫동안 자행되어온 불법 조업이 자원 상태에 상당한 부정적 영향

을 미쳤을 것을 우려하여 2010년부터 동 수역에서 모든 조업을 전면 금지하였다. 조치 이행 이후, 해당 수역에서 제거된 어획 노력은 또 다른 공해 수역, 특히 동부 공해수역으로 이전되지는 않았으나 어획 노력이 제거되지 않고 주변 연안국 수역에 분배된 것으로 나타났다. 또한 눈다랑어의 어획 비율이 높은 동부 공해수역으로 어획 노력이 이전되는 것을 우려하여 2011년 7월부터는 동부 포켓공해 수역을 특별 관리수역으로 지정하였다.

FAD 조업에 관하여, 우리나라는 조업국들 중 FAD 조업 의존도가 가장 낮았다. 우리나라 선망어업에서 FAD 조업의 비율은 1990년대 이후 2000년대 초까지 20% 미만으로, 전체 조업의 절반 이상을 FAD 조업에 의존하는 미국과 태평양 연안국과는 확연한 차이를 보였다. 아이러니하게도 우리나라의 FAD 조업 비율은 FAD 조업 제한 조치가 구축된 이후 더욱 증가하여 평균 26% 수준 (2006~2011년)을 나타냈으나 최근 다시 감소하는 추세를 보이고 있다. 2000년대 후반 FAD 조업 비중이 증가하였음에도 불구하고 다른 조업국들에 비해 여전히 낮은 수치였으며, 또한 조치에서 규정한 우리나라 FAD 조업횟수의 제한치를 초과하지 않은 수준에서 조업이 이루어졌다.

포켓공해 수역에 관한 조치 이행에 대하여 포켓공해 수역에서 제거된 우리나라 선단의 어획 노력의 대부분은 주변 연안국 수역으로 흡수되었으나, 전체 조업횟수는 우리나라 선단의 선박일수관리제도 (Vessel Day Scheme, VDS)로 지정된 일수를 초과하지 않았다. 공해 상 조업 제한 조치 역시, 조업 비중이 높았던 서부 포켓공해 수역의 폐쇄에도 불구하고 다른 공해수역으로 어획 노력이 이전되지 않았으며, 현재 우리나라 선단의 공해 수역 조업일수 수준 이하에서 적절히 운영되고 있는 것으로 보인다.

이와 같이 선망어업에 대한 규제가 강화됨에도 불구하고, 조치 설정 이후 우리나라 선망어업의 총 어획량은 최고 수준을 유지하고 있어, 현 선망

어업의 규제 조치가 우리나라 선망선단의 어획 동향에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

그러나 선망어업에 대한 규제 조치는 향후 더욱 강화될 것으로 예상된다. 이미 2015년에는 기국별로 공해 조업일수를 제한하였으며 2017년부터는 공해 상 FAD 조업을 전면 금지하는 조치가 실시될 예정이다. 따라서 중서부태평양 수역 선망어업에서 연안국의 수역에 대한 조업 의존도가 더욱 증가할 것으로 예상된다. 특히 PNA는 WCPFC와는 독립적이지만 PNA 협약 및 협상은 WCPFC 보존관리조치의 개정에도 매우 큰 영향을 미친다 (Hanich, 2011).

1980년대 말 PNA는 선망어업의 급격한 확장을 우려하여 1990년에 선박 면허 발급을 통해 PNA 수역 내 조업할 수 있는 선망 선박 척수를 제한하기 위한 계획을 논의하였고, 1993년 팔라우 협정 (Palau Arrangement)⁴²⁾을 체결하였다. 따라서 WCPFC가 설립되기 전까지 팔라우 협정은 중서부태평양 수역의 선망 조업 노력을 조절할 수 있는 유일한 방법이었다. 이후에도 PNA의 협정 개정에 따른 정책 변화는 WCPFC 보존관리조치의 기반이 되었다. 특히 2008년에는 ‘나우루 협정의 제3차 이행협약⁴³⁾’을 통해 PNA EEZ 내에서 조업하는 선망선의 100% 읍서버 승선, 3개월간의 FAD 금어기, 2개의 포켓공해수역 조업금지 등의 조건을 설정하였다. 이 시기는 2007년 연례 회의에서 FAD 금어기 설정 등을 포함한 조치 개정에 대하여 연안국과 조업국 간의 이견 차이로 협상이 결렬된 상황이었다. 그러나 같은 해인 2008년 제5차 연례 위원회에서는 나우루 협정의 조건을 그대로 포함한 눈다랑어와 황다랑어에 관한 보존관리조치의 개정이 통과되었다 (CMM2008-01). 이와 같이 대부분의 조업이 연안국 수역에서 이루어지는

⁴²⁾ Palau Arrangement for the Management of the Purse Seine Fishery in the Western and Central Pacific

⁴³⁾ The Third Implementing Arrangement to the Nauru Agreement

선망어업의 경우 연안국의 요구는 관련 어업을 규제하는 조치에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서 향후 조치 개정을 대비하기 위해서는 연안국의 움직임을 주시할 필요가 있다.

WCPFC 보존관리조치에 의한 선망어업의 규제는 앞으로도 강화될 것으로 예상된다. PNA는 2016년부터 원양 조업국의 선박이 자국 수역에서 FAD 조업을 할 경우 약 1,000 달러의 사용료를 부가하기로 결정함에 따라, FAD 조업 및 공해 상 조업에 대한 규제는 단지 조업횟수만을 제한하는 것이 아니라 추가적인 조업 비용까지 발생하게 하였다.

따라서 우리나라 선단은 부상군 조업에 최적화된 선단 및 어구 구성과 어로 기술 그리고 높은 조업 성공률을 바탕으로 부상군 조업에 대한 경쟁성을 높이는데 집중해야할 것으로 생각된다. 이미 언급한 바와 같이 오랜 기간 누적된 경험과 기술을 통해 한국선단의 선장 및 어로장들은 세계 최고 수준의 어로 기술을 가지고 있다. 이와 더불어 해황정보 시스템과 첨단 장비 및 신조선의 도입은 선장의 어로 능력 및 조업 정확성 향상에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 보인다. 또한 최근 어로 시뮬레이터와 같은 교육 프로그램을 통해 해상과 동일한 해양 환경적 요소들을 고려하여 지상에서도 실전에 가까운 어로 연습이 가능해짐에 따라 부상군 조업 성공률 향상에 도움이 될 것으로 기대된다.

V. 종합 고찰

중서부태평양 수역은 전 세계 다랑어 어획량의 60% 이상을 생산하는 다랑어 어업의 중심어장이며 가다랑어를 대상으로 하는 선망어업은 중서부태평양 전체 생산량의 70% 이상을 차지하는 주요어업이다. 우리나라 다랑어 선망어업은 중서부태평양 전체 선망어업 어획량의 14% 이상을 생산하고 있어 다랑어 최대 생산 어장인 중서부태평양에서 우리나라 선망어업 활동이 미치는 영향은 상당하다.

다랑어 선망어업은 조업 형태별 조업 특성이 다르기 때문에 선박의 조업 전략에 따라 어획 동향이 달라진다. 또한 대상어종인 가다랑어는 수온에 민감한 어종으로 좋은 어장의 형성과 해양 환경조건 간에는 밀접한 연관성이 있는 것으로 알려져 있다. 최근에는 지역수산관리기구의 보존관리조치의 구축과 의무적 이행 역시 선망어업의 조업과 어획 동향에 영향을 주는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 중서부태평양 수역에서 조업하는 우리나라 선망선단의 시대적 어획 동향을 확인하고 조업 특성을 분석하였다. 또한 해양 환경적 요인과 어업간의 상관관계를 확인하기 위하여 대표적인 해양 환경지수를 적용하여 어장분포 변화와 어획 종조성 및 조업 형태별 노력비율 변화에 대하여 분석하였다. 마지막으로 중서부태평양 수역의 다랑어 자원을 보호하고 관련 어업을 관리하기 위한 지역수산관리기구인 중서부태평양수산위원회(WCPFC)에서 제정한 보존관리조치 중 선망어업과 관련된 조치의 이행이 우리나라 선망어업에 미치는 영향을 확인하고, 향후 강화될 조치에 대한 대책을 강구하고자 한다.

우리나라 다랑어 선망어업의 가장 큰 특징은 부상군 조업 중심의 어업이다. 다른 조업국들이 어획 효율성이 높은 유목군 조업에 크게 의존하고 있는 것과 달리, 우리나라의 유목군 조업의 비율은 1990년대 이후 현재까지 평균 20%수준에서 변동하고 있다.

우리나라 선망어업의 부상군 조업 특징은 크게 1) 높은 조업 성공률, 2) 어구의 대형화, 3) 어획 선호도 등으로 나누어진다.

우리나라 선망어업의 조업 성공률은 본 연구에서 조업 성패의 기준 어획량으로 도출된 15톤 미만의 조업을 제외하고도 부상군 조업에서 44%, 유목군 조업에서 70% 이상의 높은 성공률을 보였다. 어획 효율성을 확인할 수 있는 주요 선망 조업국 어업의 조업 형태별 CPUE 비교 분석 결과에서 타국의 유목군 조업보다도 우리나라 부상군 조업의 CPUE가 더욱 높게 나타났다. 이와 같이 우리나라 선망선단의 높은 어획 효율성은 선장과 어로장들의 축적된 경험과 뛰어난 어로 기술이 바탕이 된 것이라 할 수 있겠다. 우리나라는 본격적인 상업적 선망어업이 시작된 이래 현재까지 어획량 생산 순위에서 수위를 지켜오면서 쌓아온 현장 경험과 이를 통한 어로 기술 축적이 높은 조업 성공률과 어획 효율성을 이끌어낸 기반으로 판단된다. 예로서, 2000년대부터 막대한 자본을 투자하며 신흥 원양 조업 강국으로 부상하고 있는 중국은 자국 선단의 선장 또는 어로장으로 한국 선단 출신의 어업인의 어로 능력을 인정하여 채용을 선호함에 따라, 현재 많은 한국인들이 중국 선망선단에서 활동하고 있다.

다음으로는 선박 및 어구의 대형화이다. 우리나라의 선망어업은 헬리콥터 탑재식의 미국식 선망어업을 도입 (국립수산과학원, 2007)하였는데, 헬리콥터는 표층에서 유영하거나 먹이를 섭이하고 있는 어군을 육안으로 확인할 수 있기 때문에 어군의 규모와 어군 방향 등을 비교적 정확히 파악할 수 있다. 따라서 선단으로 조업하는 선박들 간에 헬리콥터를 공유함에 따

라 대부분의 선박이 헬리콥터를 이용한 부상군 조업이 가능했다. 또한 우리나라가 선망 조업에 사용하는 그물은 일본과 대만의 그물보다 길이와 폭이 넓으며 시대별로 점차 대형화되고 있다. 그물의 규모가 커지면서 어군을 포위할 수 있는 부피가 커지기 때문에 조업 당 평균 어획량이 증가하게 되었다. 또한 어구의 대형화와 함께 그물의 투망과 양망과정을 지원하는 장비의 성능이 개선됨에 따라 조업소요시간을 단축시킴으로써 어획 성공률을 높일 수 있게 되었다. 이와 같이 우리나라 선단의 선박과 어구 구성은 부상군 조업에 최적화된 것으로 볼 수 있다.

중서부태평양 수역 선망어업의 대상어종은 가다랑어지만 함께 어획되는 황다랑어는 가다랑어에 비해 어가가 높다. 어획물 종조성 분석에 따르면 가다랑어와 눈다랑어는 유목군 조업에서 어획 효율이 높은 반면, 황다랑어는 약 90% 가량이 부상군 조업에 의해 어획 된다 (최근 10년간 평균). 또한 황다랑어의 경우 부상군 조업과 유목군 조업 간의 어획물 체장 조성에서 큰 차이를 보여 대형 개체가 어획되는 부상군 조업이 선호되고 있다. 특히 2000년대 후반부터 횡감용 다랑어를 생산할 수 있는 장치가 설비된 대형의 신조선이 도입되면서 상품가치가 높은 황다랑어 및 대형 개체를 대상으로 조업하려는 노력이 증가하였다. 이에 따라 대상종의 소형 개체와 대부분이 폐기되는 부수어획종들의 어획 확률이 높은 유목군 조업 보다는 부상군 조업을 더욱 선호하게 된 것으로 추정된다.

이와 같이 우리나라 선망선단은 부상군 조업을 선호하며 어탐을 통해 적극적으로 어군을 따라 이동한다. 따라서 해황의 변화에 따라 적합한 서식처를 찾아 이동하는 열대 다랑어를 어획하기 위해서는 해양 환경적 정보를 충분히 고려해야 한다. 우리나라 선단은 2000년대 중반부터 상업적인 해양 환경정보 제공 서비스 (orb map)를 통해 실시간으로 업데이트되는 다양한 해양 환경적 요소들을 고려하여 조업 어장을 선택하고 있으며, 이러한 기

술 도입은 조업 성공률의 증가에도 영향을 줄 것으로 보인다. WCPFC 국별 보고서의 어장 분포 결과에 따르면 2000년대 이후 미국을 제외한 주요 조업국들이 서부 태평양 수역의 전통적인 조업 중심어장에서 조업을 고수하는 것과 달리, 우리나라 선단은 상대적으로 다양한 분포를 나타냈다. 이것은 엘니뇨와 라니냐와 같은 해황에 따라 변하는 어장을 찾아 적극적으로 조업하는 우리나라 선망어업의 조업 특성을 보여준다.

자연 유목과 인공 유목을 이용한 유목군 조업은 눈다랑어와 황다랑어의 자치어 뿐만 아니라 상어와 가오리와 같은 표층 어류의 부수어획 비율이 높아 보존관리조치의 주요 규제 대상이 되고 있다. 현재까지 부수어획과 유목군 조업 간의 상관관계를 확인하기 위해 많은 연구들이 진행되고 있지만 명확한 원인이 밝혀지지 않는 상태이다. 단지 유목장치의 수중 부착물의 구조와 깊이가 소형 개체 및 기타 비목표종 유집에 영향을 줄 것으로 판단됨에 따라 음향 주파수를 이용한 수중 어군의 종식별에 관한 연구와 자치어 어획 저감을 위한 유목 구조물 설계에 대한 연구가 진행 중에 있다 (Itano et al, 2004; Moreno et al., 2007; Lennert-Cody et al., 2008). 이와 관련하여 우리나라도 인공유목장치의 수중 구조물 깊이에 따른 종조성 및 체장조성에 관한 현장 실험을 수행하였으나, 이는 현황을 파악하기 위한 예비적 연구에 가깝기 때문에 보다 체계적이고 세분화된 연구 수행이 필요하다.

특히 유목군 조업에 관한 연구는 열대 다랑어종의 보존뿐만 아니라 다양한 표층 어종의 자원 상태를 파악하는데도 유익할 것으로 보인다. 보존 관리조치에 관한 WCPFC 협약의 전문에서는 '생물의 다양성을 보존하고 해양생태계의 보존의 필요성을 인지⁴⁴⁾할 것을 강조하고 있다. 그러나 현재 이행되고 있는 대부분의 조치들은 열대 다랑어와 같은 주요 어종 관리

⁴⁴⁾ The preamble to the WCPF Convention notes that effective conservation and management, among other things : ... is conscious of the need to preserve biodiversity and maintain the integrity of marine ecosystems;

에 국한되어 있어, 관련 조치가 실제 중서부태평양 수역 전체 생태계에는 어떠한 영향을 미치는지를 파악하는 데는 어려움이 있다. 따라서 다랑어의 장기적인 보존과 지속적인 이용을 위해서는 이들 종과 함께 서식하는 비목표종들에 대한 연구가 필수적이다.

위와 같이 어업이 어중에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 해당 어종에 대한 어획 정보가 필요하다. 그러나 대부분의 선망 선단에서 기재하는 어획 정보는 가다랑어, 황다랑어, 눈다랑어의 열대 다랑어에 대한 정보 수집에 초점이 맞춰져 있기 때문에 그 외의 어종들은 대부분이 부수어획으로 폐기되었다. 우리나라는 2013년부터 선망어업의 어획실적보고 시 부수어획종에 대한 정보를 함께 제출하도록 하여 조업별 부수어획종에 대한 어획 정보를 수집하고 있다. 그러나 이들에 대한 체장자료는 거의 존재하지 않으며 간혹 과학 오피서버 보고서의 생물학적 정보를 통해 보고되기도 하지만 수집량이 매우 미미하다. 따라서 부수어획종에 대한 정확한 어획정보와 체장 자료의 수집을 통해 선망어업이 목표종과 비목표종에 미치는 영향과 둘 간의 상관관계 등에 대한 분석이 가능할 것이다. 특히 최근 보존관리조치에 의해 조업에 사용된 FAD의 세부적인 정보를 기재하도록 하고 있다. 따라서 이와 같은 정보를 본 연구에서 수행한 조업형태별 어획물 종조성과 체장조성 및 어획 성공률 분석 등의 결과와 결합한다면 어구의 특성을 고려한 조업형태별 조업 특성을 확인할 수 있을 뿐만 아니라 자치어를 저감하기 위한 유목장치 개발에 매우 중요한 연구가 될 것이다. 또한 대상어종 뿐만 아니라 부수어획종의 어획 정보와 체장 자료를 포함한 종합적인 어획 자료는 중서부태평양 수역의 생태계 구조를 이해할 수 있는 중요한 정보로 활용될 것이며, 생태계 기반 자원 평가의 기초자료로 사용이 가능하다.

1990년대부터 태평양 연안국이 선망어업에 참여하면서 중서부태평양 선망어업의 규모가 더욱 확대되었다. 소규모개발도상국들은 자국 경제 발전

이라는 명목 아래 미국과 원양 조업국과의 어업협정 및 보존관리조치의 예외조항을 통해 자국 선단을 더욱 확장하여, 현재 중서부태평양 다랑어 선망어업 총 생산량의 30% 이상을 생산하고 있다 (2014년 기준). 과학위원회에서는 열대 다랑어의 자원 평가 결과를 통해 연안국에 적용되는 예외조항들은 다랑어 자원 상태에 상당한 악영향을 미친다고 보고하고 있으나 당분간 예외조항은 유지될 전망이다.

중서부태평양 선망어업은 전체 조업의 80% 이상이 연안국 수역 내에서 이루어지고 있다. 따라서 선망어업에 대한 규제 조치는 나우루 협정과 팔라우 협정과 같은 연안국의 정책 및 요구 사항에 크게 영향을 받는다. 따라서 향후 개정될 조치들은 원양 조업국에 더욱 불리하게 적용될 것으로 예상된다. 나우루협정당사국 (PNA)은 과거 선망의 어획 노력을 제한하기 위한 조치로 면허를 발급하여 조업 선박 척수를 제한하였다. 그러나 원양 조업국이 높은 조업 능력을 가진 대형의 신조선으로 선단을 재구성함에 따라 조업 일수를 제한하는 선박일수관리제도 (VDS)를 채택하고, 일수 계산 시 선박의 전장을 기준으로 차등하여 계산하였다. 또한 조업일수를 확보하기 위한 원양 조업국간의 경쟁을 통해 높은 수익을 올릴 수 있었다. 뿐만 아니라 선망선 100% 옵서버 승선, 해상전재 금지 및 항구 감시 강화 등을 보존관리조치로 채택하여 다양한 일자리를 창출하여 연안국의 지역 경제 성장에 이바지하였다.

현재 선망어업에 관한 주요 규제 조치는 FAD 조업과 공해 상 조업의 제한으로, 공해 상 조업을 제한함으로써 연안국 수역의 중요성을 부각하는 한편, FAD 조업 금지에 따른 자국 이익 손실을 만회하기 위하여 2016년부터는 자국 수역에서 FAD 조업을 하는 원양 조업국에 이용료를 부과하는 계획을 통과시켰다. 이와 더불어 2010년 팔라우 코로르 (Koror)에서는 PNA 국가의 경제적 이익을 극대화하기 위하여 다랑어 어업의 생산량과 어획 노

력을 제한하는 ‘코르르 선언’이 채택되었다. 이것은 PNA 국가에 투자하지 않는 조업국에게는 입어권을 주지 않겠다는 의미를 내포하고 있어 원양 조업국을 강하게 압박하고 있다. 따라서 보존관리조치의 개정과 강화에 대응하기 위해서는 주요 연안국들의 협정 내용과 그들의 요구에 주시해야 한다.

우리나라 선망선단은 높은 어획 효율성과 조업 성공률을 가지는 부상군 조업 중심의 어업 특성을 보이고 있다. 따라서 향후 관련 조치 강화를 위한 개정 논의에서는 선망어업의 전체 조업횟수를 제한하는 것보다 FAD 조업 제한을 강화하는 조치의 채택이 우리나라 선단에 상대적으로 유리할 것으로 예상된다. 이와 더불어 선망어업의 전체 조업횟수를 제한하는 조치에 대비하기 위하여 부상군 조업의 성공률을 높이기 위한 노력이 필요하다. 이에 따라 부상군 조업에 최적화된 어구를 개발하고 첨단 어탐 장비와 실시간 해황정보 서비스를 이용하여 어탐의 정확성을 높여야 한다. 또한 어로 시뮬레이션과 같이 지상에서도 어로 기술에 대한 교육이 가능한 프로그램으로 통해 조업에 대한 간접적 경험을 축적하여 현장에서의 어획 성공률을 향상하는데 기여할 수 있다.

요 약

세계 최대 다랑어 생산어장인 중서부태평양 수역에서 선망어업은 전체 생산량의 70% 이상을 차지하는 주요 어업이다. 1980년대 이후 원양 조업국과 연안국들의 선단 확대와 첨단 장비 및 신어로 기술 도입 등에 의한 조업 능력 증대에 따라 선망어업의 생산량은 크게 증가하였다. 그러나 최근 다랑어 자원이 감소함에 따라 이들에 대한 보존관리조치가 강화되면서 선망어업이 대상자원에 미치는 영향에 대해서 보고되고 있다. 특히 FAD 등과 같은 유목군 조업은 대상자원의 자치어와 기타 비대상종들을 부수어획하여 이들의 자원 상태를 악화시키는 주요한 원인으로 꼽히고 있다. 이에 따라 지역수산물관리기구는 자원을 보존하기 위하여 다양한 조치들을 채택하고 있다. 우리나라는 중서부태평양 다랑어 선망어업의 주요 조업국이며, 다랑어 선망어업은 우리나라 원양어업에서 매우 중요한 어업 중 하나이다. 따라서 지역수산물관리기구의 선망어업에 대한 규제 강화에 대응하기 위해서는 우리나라 선망선단의 특성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 우리나라 다랑어선망어업의 어획 동향과 조업 특성을 분석하고, 어장 분포 및 해황과 어획 동향간의 상관관계를 규명하였다. 또한 국제수산물기구의 보존관리조치 이행에 따른 우리나라 다랑어 선망어업의 조업패턴 변화를 분석함으로써 향후 강화될 조치에 대한 대응 방안을 마련하고자 하였다.

중서부태평양 수역에서 조업하는 우리나라 선망선단의 어획 동향과 조업 특성을 확인하기 위하여 선박에서 제출하는 조업일지의 어획 자료와 원양 생산 통계자료를 이용하여 분석하였다. 또한 우리나라 선망선단의 시대별 조업어장 변화와 해양 환경적 요인이 어업에 미치는 영향을 확인하기 위하

여 대표적인 해양 환경지수인 다변수 엘리뇨남방진동지수(MEI)와 Oceanic Nino Index를 사용하였다. 마지막으로 중서부태평양 수역의 다랑어 자원을 보존하고 관련 어업을 관리하기 위한 중서부태평양수산위원회의 보존관리 조치 중 FAD 조업 제한과 공해 수역 조업제한에 관한 조치의 이행이 우리나라 선망어업에 미친 영향을 확인하고, 향후 강화될 조치에 대한 대응안을 제안하였다.

우리나라 다랑어 선망어업의 어획 동향과 조업 특성에 대한 분석 결과 어획량은 1980년대 후반부터 급증하여 1991년에 약 23만 톤까지 증가하였다. 그러나 1990년대부터 2000년대 전반까지 감소 추세를 보이다가 2006년 이후 다시 증가하여 최근 3년간 평균 어획량은 25만 톤 이상을 기록하였다. 선박 척수는 가장 많은 선박이 조업했던 1990년 (39 척) 이후 감소하여 1990년대 중반부터 현재까지 26~29 척 수준에서 유지되고 있으나, 선박 당 어획량과 조업횟수는 계속적으로 증가하였다. 조업형태별 특성을 살펴보면, 부상군 조업의 조업 비율이 유목군 조업 보다 높았으며, CPUE는 유목군 조업이 높았으나 어획에 성공한 조업만을 고려한 CPUE는 두 조업이 유사하였다. 어종별로는 가다랑어와 눈다랑어는 유목군 조업, 황다랑어는 부상군 조업에 의한 어획 비율이 높았으며, 특히 눈다랑어는 대부분이 유목군 조업에서 어획되었다. 우리나라 선망어업은 선단 구성과 선장의 어로 기술 등으로 인한 높은 조업 성공률과 어획물 선호도에 따라 부상군 조업 중심의 조업 특성을 보이고 있다.

우리나라 선망선단의 어장 분포 및 해황과 어업간의 관계를 분석한 결과, 주요 어장은 5°N~10°S, 140°E~180°의 서부태평양 수역이었으며 어장의 범위가 점차 동부 수역으로 확대되었다. 어획량 분포는 주요 어장에서 높았지만 CPUE는 180° 이동 수역에서 상대적으로 높았다. 부상군 조업은 유목군 조업 보다 동쪽으로 더욱 넓은 조업 범위를 보였으며, 유목군 조업 중

자연 유목군 조업은 160°E 이서 수역에 집중되었으나 인공 유목군 조업은 160°E 이동 수역에서 높은 조업 비율을 보였다. 해황의 변화가 어장 형성에 미치는 영향을 살펴보면, 엘리뇨가 강할수록 어장이 동부로 확대되었고 중심어장 역시 동부로 이동하였다. 또한 황다랑어의 CPUE가 증가하는 경향이 나타났으며, 특히 동부 수역에서 황다랑어의 어획 비율이 높게 나타났다. 조업 형태별 특성으로는 유목군 조업 중 자연 유목군 조업은 엘리뇨 시기에, 인공 유목군 조업은 라니냐 시기에 상대적으로 높은 조업 비율을 보였다. 우리나라 선망선단은 부상군 조업을 중심으로 하기 때문에 중심어장 형성이 해황에 큰 영향을 받았다.

중서부태평양수산물위원회에서 선망어업의 어획 노력을 관리하고 조업 능력을 제한하기 위한 주요 보존관리조치는 FAD 조업 제한과 공해 수역 조업 제한이다. FAD 조업이 눈다랑어와 황다랑어 자치어 남획의 주요 원인으로 지적되면서 FAD 조업에 의한 어획 노력을 제한하기 위해 FAD 금어기와 FAD 조업횟수를 제한하고 있다. 또한 조업 비중이 높은 포켓공해수역에서의 조업을 금지하고 공해 상 조업횟수를 제한하고 있으며, 향후 공해 상에서 FAD 조업금지가 예정되어 있다. 그러나 이와 같은 조치 이행에도 불구하고 우리나라 다랑어 선망어업은 다른 주요 선망조업국들에 비해 어획량과 조업횟수 등에서 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 원인은 우리나라 다랑어 선망선단이 부상군 조업을 중심으로 이루어지고 있기 때문인 것으로 사료된다.

참고문헌

- Adam Langley and John Hampton. 2006. Potential impact on catches of skipjack by the WCPO purse-seine fishery of various WCPFC conservation and management measures considered for bigeye and yellowfin. WCPFC-SC2-2006/SA WP-5.
- Alain Fonteneau, Pilar Pallarés and Renaud Pianet. 2000. A worldwide review of purse seine fisheries on FADs. In: Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Actes Coll. IFREMER 28, 15-35.
- Arrizabalaga H, Ariz J, Mina X, Delgado de Molina A, Artetxe I, Pallarés P, Iriondo A. 2001. Analysis of the activities of supply vessels in the Indian Ocean from observers data, In: IOTC Proceedings. IOTC, Victoria, Seychelles, 19-27 June 2001, 390 - 401.
- Ariz J, Delgado M, Pallares A and Santana JC. 2001. Preliminary information of the activities of supply vessels in the Indian Ocean from observer data, Indian Ocean Tuna Commission, Third Meeting of the Working Party on Tropical Tunas, 19-27, June 2001, Victoria, Seychelles.
- Bayliff, W.H. 1988. Growth of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and yellowfin, *Thunnus albacares*, tunas in the eastern Pacific Ocean, as estimated from tagging data. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin, 19 (4): 307-385.

- Bromhead Don, Foster Jennifer, Attard Rachel, Findlay James, Kalish John. 2003. A review of the impact of fishing aggregating devices (FADs) on tuna fisheries, Final report to the Fisheries Resources Research Fund. Bureau of Rural Science, Canberra, Australia.
- B. Kumasi, T. Usu, L. Baje and L. Kumoru. 2010. Preliminary analysis of length frequency for FAD associated catch in the archipelagic waters of Papua New Guinea from port sampling data, WCPFC-SC6-2010/FT-IP-06.
- B. Leroy, D.G. Itano, T. Usu, S.J. Nicol, K.N. Holland and J. Hampton. 2009. Vertical behaviour and the observation of FAD effects on tropical tuna in the warm pool of the western Pacific Ocean, *Tagging and Tracking of Marine Animals with Electronic Devices*, Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries 9, © Springer Science+Business Media B.V. 161-179
- Bruno Leroy, Joe Scutt Phillips, Simon Nicol, Graham M. Pilling, Shelton Harley, Don Bromhead, Simon Hoyle, Sylvain Caillot, Valerie Allain and John Hampton. 2013. A critique of the ecosystem impacts of drifting and anchored FADs use by purse-seine tuna fisheries in the Western and Central Pacific Ocean, *Aquat. Living Resour.* 26, 49-61.
- Cleridy E. Lennert-Cody, Jason J. Roberts, and Richard J. Stephenson. 2008. Effects of gear characteristics on the presence of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the catches of the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean, *ICES Journal of Marine Science*

Advance Access published May 8, 2008. pp. 1-9.

David Itano, Siosifa Fukofuka and Deirdre Brogan. 2004. The development, design and recent status of anchored and drifting FADs in the WCPO. 17th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish. Working paper INF-FTWG-3. Majuro, Marshall Islands.

David Itano, Laurent Dagorn and Kim N. Holland. 2005. The use of FADs to monitor the behavior and movements of tuna, billfish and pelagic sharks. 1st Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission, Noumea, New Caledonia, WCPFC-SC1 BI WP-4.

Gala Moreno, Laurent Dagorn, Gorka Sancho and David Itano. 2007. Fish behavior from fishers' knowledge: the case study of tropical tuna around drifting fish aggregating devices (DFADs), *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1517-1528.

K.M. Schaefer and D.W. Fuller. 2005. Behavior of bigeye and skipjack tunas within aggregations associated with floating objects in the equatorial eastern Pacific, *Marine Biology* 146. 781-792.

Kurt M. Schaefer, Daniel W. Fuller and Barbra A. Block. 2011. Movements, behavior and habitat utilization of yellowfin tuna in the Pacific Ocean off Baja California, Mexico, determined from archival tag data analyses, including sunscented Kalman filtering, *Fisheries Research* 112. 22-37.

- M. Ben Yami. 1994. Purse Seining Manual (Fishing Manual). Wiley, 1 edition, March 30 1994.
- Marsac, F. and J. L. Blanc. 1999. Oceanographic changes during the 1997–1998 El Niño in the Indian ocean and their impact on the purse seine fishery, 1st session of the IOTC working party on tropical tunas, Mahe, Seychelles, 4–8/09/99. WPTT/99/03. *IOTC Proceedings 2* : 147–157.
- Maunder, M.N. and Harley, S.J. 2005. Status of skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean in 2003 and outlook for 2004, Inter-American Tropical Tuna Commission Stock Assessment Report, 5: 109–167.
- Miyake, M, Guillotreau, P, Sun, C-H and Ishimura, G. 2010. Recent developments in the tuna industry: stocks, fisheries, management, processing, trade and markets, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 543. Rome, FAO. 2010.
- Moon, Dae-Yeon, Doo-Hae An, Seon-Jae Hwang and Soon-Song Kim. 2008. Preliminary information on the catch of small-sized tuna by set type of Korean tuna purse seine fishery in the WCPO, WCPFC-SC4-2008/FT-IP-5.
- P. Lehodey, M. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis and J. Picaut. 1997. El Niño Southern Oscillation and tuna in the Western Pacific, *Nature*, vol. 389, 16 October, 715–718.
- P. Lehodey, B. Leroy. 1999. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus*

albacares) from the Western and Central Pacific Ocean as indicated by daily growth increments and tagging data [YFT_2]. Noumea, New Caledonia: SPC, Secretariat of the Pacific Community. Standing Committee on Tuna and Billfish, Papeete, Tahiti, French Polynesia, 16-23 June 1999, 12th. 21 p

Patrick Lehodey. 2000. Impacts of the El Nino Southern Oscillation on tuna populations and fisheries in the tropical Pacific Ocean, 13th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish. Working paper RG-1. Noumea, New Caledonia.

Peter Williams and Peter Terawasi. 2014. Overview of tuna fisheries in the Western and Central Pacific Ocean, including economic conditions - 2013, WCPFC SC10-2014/GN WP-1.

Quentin Hanich, 2011. Interest and influence - conservation and management in the Western and Central Pacific Fisheries Commission. Doctor of Philosophy thesis, Australian National Centre for Ocean Resources and Security (ANCORS), University of Wollongong, 2011.

구정은, 이성일, 김진구, 박희원, 이미경, 김장근, 이동우 (2015), 중서부태평양 가다랑어의 연령과 성장, 한국수산과학회지, 48(3), 377-385.

국립수산과학원 (2007), 원양어장개발 50년, 해인출판사, 14-21.

국립수산과학원 (2010), 원양어류도감, 한글그래픽스, 381-384

김형석 (1999), 서부태평양에서 다랑어 선망어업의 어획분포와 어장환경, 한국어업기술학회지, 35(3), 227-236.

- 김형석 (1999), 서부태평양해역에서의 다랑어 선망어업의 어군성상과 연직 수온, 한국어업기술학회지, 35(3), 237-242.
- 류경진, 이유원, 김형석 (2015) 중서부태평양 한국 다랑어 선망어업에서의 어구 구성의 변화, 한국어업기술학회지, 51 (1), 50-60.
- 문대연, 이장욱, 김종빈 (1996), 한국 다랑어 선망어선의 유목조업에 관하여, 한국어업기술학회지, 29(2), 197-207.
- 문대연, 양원석, 고정락, 김은정, 김순송 (2005). 중서부태평양 한국 다랑어 선망어업의 조업 특성, 한국어업기술학회지, 41(4), 263-270.
- 박승원 (1984), 태평양 서부 적도해역에서 부유물체나 동물과 함께 발견된 다랑어 어군에 관하여, 한국수산학회지, 17(1), 47-54.
- 박영철, 이장욱, 김종민, 문대연 (1998), 서부열대태평양 한국다랑어선망어업의 어장과 헬기 사용에 따른 어획 효과, 한국수산자원학회지, vol.1, No.1, 59-66.
- 안두해, 문대연, 고정락, 조규대, 김동선 (2003), 엘리뇨 현상에 의한 중서부태평양 한국 다랑어 선망어업 어장 변동, 한국수산자원학회지, 6(1), 32-40.
- 이성일, 김장근, 손호선, 유준택, 김미정, 이동우, 김두남, 문대연 (2011), 가공공장에서 수행한 한국 다랑어 선망 어획물 종조성에 대한 예비연구, 한국어업기술학회지, 47(4), 390-402.
- 현중수, 이병기, 김형석, 김영희, 예영희 (1992), 한국 및 관련각국의 다랑어 선망어업 발전과정, 수산해양교육연구, 4(1), 30-46.

감사의 글

오랜 시간을 돌아 다시 학문의 길로 접어든다는 것은 생각보다 쉽지 않았습니다. 충분한 준비가 되어 있지 않았던 저였기에 더욱 힘든 여정이었습니다. 만약 저와 함께해주신 분들이 없었더라면 도전을 위한 용기조차 갖지 못했을 것입니다.

가장 먼저 너무나 부족한 저는 다시 제자로 받아주시고 끝까지 이끌어주신 이춘우 교수님께 감사와 존경을 전합니다. 교수님의 조언과 충고는 제가 좋은 연구자가 되기 위한 큰 밑거름이 될 것입니다. 바쁘신 일정에도 불구하고 세심한 심사와 귀한 조언을 해주신 김형석 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 누구보다도 뜨거운 열정을 가지고 계신 김장근 연구관님, 포기하고 싶은 순간에 용기와 위로의 말로 힘을 주신 김진구 교수님! 감사한 마음 잊지 않겠습니다. 그리고 연구자의 길로 다시 이끌어주시고 길잡이가 되어주신 이성일 박사님께 진심으로 감사의 말씀을 드리고 싶습니다.

‘No fear! Go! Go!’의 슬로건을 가장 완벽하게 행동으로 보여주시는 원양 자원과의 수장이신 안두해 과장님과 지쳐 있을 때 큰마음으로 안아주신 따뜻한 카리스마 김두남 연구관님께도 진심으로 감사드립니다. 항상 관심을 가지고 일정을 챙겨주셨던 최석관 연구관님과 필요한 조언을 아끼지 않으신 이재봉 박사님, 가까이서 항상 응원해주셨던 이종희 박사님, 권유평 연구사님께도 진심으로 감사의 말씀을 전합니다. 또한 가장 가까이에서 묵묵히 지켜준 구정은 연구원님과 원양 자원과의 모든 박사님 그리고 연구원님들께도 진심으로 고마운 마음 전합니다.

선배의 바쁜 일정을 배려해준다고 고생 많았던 김지원, 박수봉 후배님께, 지쳐 떨어질 때마다 다시 설 수 있는 힘을 주었던 강혜진, 김덕현 신부님께, 그리고 먼 곳에 있어도 항상 곁에 있는 것 같은 차운정, 꿈을 향해 멋지게 정진하고 있는 박희원 박사님, 항상 따뜻하게 챙겨주는 송대호님께 진심으로 고맙다고 말하고 싶습니다. 언제나 든든한 내 편인 평사모 회원 여러분들과 저 이상으로 저를 위해 기도해준 문철민 신부님, 문현성당 청년회 회원 여러분들께 감사함을 전합니다.

마지막으로 내 삶의 근원인 가족... 나의 영웅이신 아버지와 어머니, 내 인생의 최고 친구인 미현이와 온누리, 든든한 제부 박근형, 첫 번째 보물 박하은에게 진심으로 사랑하고 감사하다는 말 전하며 이 논문을 바칩니다.

아직도 많이 부족합니다. 하지만 그 부족함을 알기에 더욱 많은 것을 채울 자신이 있습니다. 지켜봐주시고 격려해주신 모든 분들에게 부끄럽지 않은 사람, 연구자가 될 수 있도록 멋지게 살아내겠습니다.

Appendix 1. Conservation and Management Measures on Purse seine fishery operating in the Western and Central Pacific Ocean

대상	CMM	세부 사항	배경	조치사항
	2006-05 2008-06 2009-04 2010-07		- 모든 회원국은 FAO의 상어에 대한 국제 행동계획(IPOA-Sharks)에 따라 국가행동계획(NPOA-Sharks) 구축 및 이행 - 효과적인 상어보존관리조치 실행을 위해 생물학적, 어획노력, 폐기 및 거래에 관한 자료수집의 필요성 인식 - 표층 상어가 CITES에 올라 있음을 인지	- 상어종 폐기를 최소화하고 살아서 방류하기 위한 정책을 NPOA-Sharks에 포함 - 주요 상어종에 대한 역사적 자료를 포함하여 연간 어획량 및 어구별 어획노력 통계자료 보고 (청새리상어¹⁾, 장완홍상어¹⁾, 미흑점상어²⁾, 청상아리¹⁾, 환도상어¹⁾, 악상어³⁾, 귀상어³⁾) - 보유된 상어 어획량 전체 이용 및 부수어획된 상어는 산 채 방류 권장 - 선상에 보유된 상어지느러미가 상어 전체 무게의 5% 초과 금지 - 전장 24m 이상의 선박에만 적용
상어	2011-04	장완홍 상어	장완홍상어에 관한 IATTC 결의를 인식, 이와 일치하는 CMM 구축	
	2013-08	미흑점 상어	- 자원평가결과 어획을 감소, 낮은 생산성, 남획상태이나 여전히 과도어획이 일어나고 있음에 주목 - 연승어업에 가장 큰 영향을 받으나, 자치어가 어획되는 선망어업의 영향을 인지 - 과학위원회는 미흑점상어 자원 상태 개선을 위해 부수어획 경감조치와 목표어획관련조치가 논의되어야 함을 위원회에 권고	- 장완홍상어, 미흑점상어의 일부 또는 전체를 선박 내 보관, 전채, 저장 또는 양륙 금지 - 장완홍상어, 미흑점상어를 어획한 경우 손상을 최소화하여 즉시 방류 의무화 - 옵서버 프로그램 등을 통해 수집된 자료를 통해 장완홍상어, 미흑점상어 수를 방류 시 상태 (사망/생존)정보와 함께 위원회에 보고 - 과학위원회에서 승인된 연구목적일 경우 사전 승인 후, 사망한 채 올라온 개체로부터 생물학적 시료채취가능
공해상 FAD 사용금지와 어획물 보유 적용	2009-02		- CMM2008-01의 FAD사용금지와 어획물 보유에 관한 규정 - 관련 규정을 적용하기 위한 규칙 확보의 필요성 인지 - PNA는 PNA EEZ에서 FAD사용금지와 어획물 완전 보유이행에 관한 구체적인 규정 개발, 이에 대한 공해상 조치의 양립성 보장 2009년 공해상 2개월 FAD사용금지의 일관성 없는 적용에 관한 우려에 주목	[FAD사용금지 규정] - FAD사용금지 기간 동안 어떠한 선망선도 FAD 1마일 내 그물 전개를 금하고, 선박 포함 어구, 지원선이 FAD 1마일 이내 접근 금지 - 어군 유집행동, 유집등 및 밀발 사용 등을 통해 집어된 어류를 이동시키는데 선박 이용금지 - FAD금지기 동안 FAD와 관련된 전자장비 회수 금지(예외사항 제외) - 선박은 군집된 어군을 잡기 위해 협업하지 않음. FAD금지기 동안 투망작전 24시간 이내 다른 선박이 FAD를 회수한 지점에서 1마일 이내 투망금지 [어획물 완전 보유규정] - 어체크기 및 상업성의 이유로 어획물을 선상에 보유하지 않기로 결정한 경우, 그물이 완전히 닫히고 반 이상 끌어올리기 전에 방류 - 식용 부적합의 이유로 선상에 보유하지 않을 경우 다음의 정의가 적용 가능 : 1) 그물에 걸리거나 으깨진 경우, 2) 상어 또는 고래에 의한 손상, 3) 어구고장 불가능 : 1) 크기, 시장성 또는 종조성 측면에서 적절치 않은 경우, 2) 선원의 행동 등으로 상하거나 오염된 경우

		• 만선인 경우, 가능한 빨리 산 채 방류, 폐기 후 선상에 보유한 어류를 양륙 또는 전재할 때까지 추가조업 금지 • 읍서버가 폐기될 어류의 종조성 확인 전까지 폐기 금지
전재규정	2009-06	• 해상전재가 특히 공해상에서 IUU어업에 기여한다는 문제 인식 • 정확한 어획량 보고를 위해 항구 전재를 장려한다는 협약 제29조 제1항을 상기 • 협약이 정하는 예외사항을 제외하고 협약수역에서 조업하는 선망선에 의한 해상전재 금지 • 항구활동이 소규모개발도상국 회원국에 미치는 중요성 인식 • 어획보고의 정확성 보장, 자원평가 강화를 위해 전채된 생산물에 대한 정보 확보 및 검증을 위한 절차 수립 • 2010년 7월 1일부터 시행 • 항구 또는 EEZ에서 행한 전채활동을 포함한 연례보고서의 일부로 보고 (어획노력량, 위치 정보, 읍서버보고서 및 항구감시 자료 등을 이용하여 선박 보고사항 확인 및 수정) • 해상전재를 관찰하기 위한 지역읍서버 승선 책임이 있는 선박에 대해 다음을 보장 1) 전장 33m 이하 및 냉동시설이 없는 선망 혹은 연승선에 대하여 본 조치 효력 발생일부터 하역 및 수취선박에 100% 읍서버 승선보장, 2) 끝낚시 및 채낚기 어업 선박은 2013.1.1부터 100% 읍서버 승선보장 • 읍서버는 어획물에 대한 적절한 검증을 수행하기 위해 하역과 수취선박 모두에 대한 완전한 접근권을 갖음 • 선망선의 다음의 경우를 제외하고 해상전재 금지 1) 얼음 운반선과 조업선이 함께 조업하는 PNA, 필리핀 국적의 소형선망보트로 구성된 기존의 선망선단 2) 뉴질랜드 EEZ내에서만 조업, 전채 및 양륙하는 뉴질랜드 국적 선망선 (면제요청서 제출)
신뢰성 있는 어획자료보장을 위한 선망선 항구양륙 감시	2009-10	• CMM2008-01의 효용성 확인을 위해 선망선 어획물에 대한 신뢰성 있는 종조성 및 체장자료 중요성 인식 • 대량어획, 어장보관, 전채양륙 후 분류에 의한 어획자료 신뢰도 저하에 따라 보고된 눈다랑어 어획량이 과소추정되었을 가능성 인지 • 양륙장소에서의 분류작업 및 이를 통한 통계자료 이용으로 눈다랑어 어획자료 질 향상 강조 • 상당량의 어획물이 태국 등 협력적 비회원국에서 양륙됨을 상기 • CMM2008-01의 43항에 따라 회원국들은 양륙항에서 감시활동 수행, 결과를 매년 위원회에 보고함을 인지 • 위원회와 관련 회원국들은 2010년에 협력적 비회원국과 함께 약정 체결, 해당 협력적 비회원국의 가공공장에서 나온 협약 수역 내 선망선에 의한 어획물의 종조성 및 체장조성 자료를 수집할 수 있도록 협력, 진행상황을 위원회에 보고
동부포켓공해 특별관리구역	2010-02	• 동부포켓공해에서 IUU어업활동이 발생 인지, 해결 필요성 자각 • 포켓공해수역에 특별한 관심을 두어야 함을 인지 • 2011년 7월 1일부터 동부포켓공해수역에서 실행 • 적용수역 : 쿡아일랜드(서), 프렌치 폴리네시아(동), 키리바시(북)의 EEZ로 둘러싸인 공해 • 기국들은 동부포켓공해 입역 및 출역 전 최소 6시간 전에 사무국 또는 기국이 지정한 기국을 통해 보고서 제출(선박 내 보관된 어획량 추정치 포함) • 회원국들은 동부포켓공해에서 조업하는 자국 선박들이 어선을 목격할 경우, 항차 완료 후 30일 이전에 사무국에 보고 (날짜, 시간, 위치, 진로 등)
선망조업 시 고래류 및	2011-03, 2012-04	• 다랑어군인 고래류에 군집, 고래류가 다랑어 섭이를 위해 추적하는 경향에 따라 고래가 선망그물에 포위될 위험성 인지 • 2013년 1월 1일자로 발효 • 자국선박이 협약수역 내 공해 및 EEZ에서 조업 시작 전에 고래를 발견한 경우 투망 금지 • 의도치 않게 포위된 경우 다음 절차를 의무화 함

고래상어 보호	(고래상어)	• 협약 제5조(d),(e) 비목표종, 관련 또는 의존종으로 고래류 보존조치 채택 의무 • 옵서버 보고서에서 고래류 접촉건수에 대한 미보고 상황 발생 인지	1) 안전한 방류를 위해 모든 조치 취함. 발견 즉시 양망 중단, 방류 후 재포획될 위험이 사라질 때 까지 조업재개금지 2) 포획된 고래어종, 미수, 포위 위치 및 날짜, 안전방류조치 및 방류 시 생사상태 등의 세부사항을 기구 유관 당국에 보고 • 조치 이행 시, 선원의 안전을 가장 우선 시 함 • 자국 선망선에 의한 고래류 포획 건수를 연례보고서 part 1을 통해 보고
------------	--------	---	--

1) 2008-06, 2) 2009-04, 3) 2010-07



Appendix 2. Establishing and revision process of Conservation and Management Measures on Tropical tuna in the Western and Central Pacific Ocean

		2005-01	2006-01	2008-01	2012-01	2013-01
어 세부 업 사항		개정 및 추가사항				
목적		• 눈다랑어, 황다랑어 어획 노력 수준이 현재수준을 초과하는 것을 금지	• 눈다랑어, 황다랑어 어획 노력 수준이 2001-2004년 평균 또는 2004년 수준 초과 금지	• 2009년부터 3년간 눈다랑어 어획사망을 2001-2004년 평균 또는 2004년 수준 30% 감축 • 황다랑어는 2001-2004년 평균 또는 2004년 수준 제한	• 가다랑어 Fmsy<1로 유지 • 눈다랑어 Fmsy<1로 감축. 단계적 접근을 통해 달성 • 황다랑어 Fmsy<1 초과금지	
노력 제한		• 협역수역 내 20°N-20°S • EEZ : 어획 노력을 2004년 또는 2001- 2004년 평균 수준을 초과하지 않음 • PNA의 FFA회원국은 조업일수가 2004년 수준을 초과하지 않도록 제한하는 VDS이행 (2007년 12월 1일부터 완전히 이행)	• 공해 : 어획 노력을 2004년 또는 2001-2004년 평균수준을 초과하지 않음	• 2009년부터 3년간 눈다랑어 어획사망 30%감소 및 황다랑어 과도어획 감소 • 공해에서의 조업일수에 따른 어획 노력수준을 2001-2004년 평균수준을 초과하지 않음	• VDS에 따른 20°N-20°S내 어획 노력을 남위 20°이남, 북위 20°이북으로 이전하지 않음 [2013년 임시조치] • PNA EEZ 내 VDS를 통한 노력수준을 2010년 수준으로 제한 • 공해수역조업일수 증가 금지	• 공해상 국별 선망노력 한도량 설정에 따라 한도량 초과금지
선망어업				[FAD조업금지] • 2009년 조치 - EEZ와 공해에서 8월1일부터 9월30일까지 FAD조업금지 - 공해 FAD금지 대체조치로서 눈다랑어 어획량을 2001-2004년 평균의 10% 감축 • 2010-2011년 조치 - EEZ와 공해에서 7월1일부터 9월30일까지 FAD조업금지 - 공해 FAD금지 대체조치로서 눈다랑어 어획량을 2001-2004년 평균의 20% 감축	[FAD조업금지] • 2013년 조치 - 공통 조치: 3개월(7-9월)간 FAD사용금지 - 옵션 중 하나를 채택 1) 10월 FAD조업금지 2) 연간 FAD조업횟수를 자국 2001-2011년 평균치의 8/12로 제한 [FAD관리계획] • 공해조업 선박의 FAD사용에 대한 관리계획을 제출	[FAD조업금지] • 2014-2017년 공동 조치 - 3개월(7-9월)간 FAD사용금지 • 2014년 추가조치 - 옵션 중 하나를 채택 1) 10월 FAD조업금지 2) 자국 선박 총 FAD조업횟수 제한 • 2015, 2016년 추가조치 1) FAD금지 2개월 연장(5개월, 1-2월 및 7-9월) 및 자국선박 FAD조업횟수 제한(한국: 1,479회) 2) 총 FAD 조업횟수 제한(한국: 1,996회) • 2017년 추가조치 - 공해상 FAD조업 금지(키리바시 국적선 제외)
FAD	[FAD관리계획] • FAD관리계획 개발 및 위원회에 제출		[FAD관리계획] • FAD관리계획 개발 및 위원회에 2008년 1월1일까지 제출	[FAD관리계획]		

		FAD금어기와 미성어 어획제한 계획을 포함한 FAD관리계획을 <u>2009년 1월1일까지</u> 제출	
기타	선망어업 금어기 설정에 관한 연구 권고	- 자치어 어획사망저감을 위하여 협동연구수행 요청 - FAD금어기 설정 및 눈다랑어, 황다랑어 자치어의 높은 밀집도를 보이는 수역 확인 위해 선사와 협업 권고 [어획물 보유] 2010년 1월1일부터 EEZ 및 공해상 선망선 어획물 전체 보유 [감독] 2010년 1월1일부터 지역옵서버 동반 승선의무 [포켓공해수역] 2010년 1월1일부터 포켓공해수역 (HSP-1,2) 조업금지	[중복수역] - FAD조업횟수, 공해상 선망노력제한, 눈다랑어 연승어획량 및 황다랑어 선망노력량 및 연승어획량에 관하여, IATTC와의 중복수역에서 일어나는 어획실적을 IATTC 조치에 적용하겠다고 통지한 회원국에 대해서, 협약 수역 내 자국 한도량 계산 시 중복수역 내 어획 및 노력량 실적을 제외 [황다랑어 조치] - 회원국별 선망어업에 의한 황다랑어의 적정 한도량 마련 및 채택 2014-2017년 조치 - 눈다랑어 어획량 한도설정 - 초과분은 이듬해 해당 회원국의 어획한도량에서 차감 [황다랑어 조치] - 회원국별 선망어업에 의한 황다랑어의 적정 한도량 마련 및 채택
연승어획제한	3년간 눈다랑어 어획량은 2001-2004년 평균 또는 2004년 눈다랑어 어획량을 초과하지 않음 2004년 기준 총 어획량이 2,000톤 미만인 회원국은 예외	- 눈다랑어는 2012년 1월1일까지 2001-2004년 평균 또는 2004년 수준 70% 감축 - 황다랑어는 2001-2004년 수준 초과 금지 2013년 조치 - 눈다랑어 어획량 한도설정 - 눈다랑어 어획량을 사무국에 월별 보고	
기타사항	[기타상업적 어업] 2007년부터 눈다랑어, 황다랑어를 어획하는 다른 어업에 대하여 필요한 조치를 취해야 함 (눈다랑어, 황다랑어 어획량이 2,000톤인 영세어업은 예외)	[항구통제] - IUU조업 어획물의 양륙, 전재, 상업적 거래 금지 2014-2017년에 적용되는 다년도 관리프로그램 수립을 위한 작업반 분석 내용	[조업능력관리] - 선망선 - 회원국은 20°N-20°S 수역 내에서 냉동시설을 갖춘 24m 이상 선망선 척수를 현 수준에서 초과 금지(SIDS와 인도네시아 제외) - 대체되는 신조선은 구 선박의 어획노력량 초과금지 - 연승선 - 회원국은 냉동시설을 갖추고 눈다랑어를 목표로 하는 연승선 척수를 현 수준에서 초과 금지(SIDS와 인도네시아 제외)

Appendix 3. Resolution on Conservation and Management Measures of Western and Central Pacific Fisheries Commission (CMM2004-04)

과학위원회 및 기술이행 위원회 작업

1. 위원회의 과학적 조업 준비와 과학자문단에 의해 실현가능성이 확인된 관리옵션을 고려하기 위한 준비를 위하여, 다음의 조업이 제2차 연례 위원회에 제공될 것
 - (a) 눈다랑어, 황다랑어, 남태평양 날개다랑어의 지속가능한 어획 및 노력 수준 추정
 - (b) 2003년 어획 및 노력 수준과 금어기와 금어수역을 포함한 선망, 연승 및 기타 표층 어업의 협약 구역 내 어획 및 노력 변화의 가능한 시나리오를 고려한 눈다랑어, 황다랑어의 총 자원량 및 산란자원량에 대한 5~10년간 변동 예측 (Projection)
 - (c) FAD조업횟수 조정을 포함한 눈다랑어, 황다랑어 자치어 어획량 저감을 위한 조치가 자원에 미치는 영향
 - (d) 바닷새, 바다거북, 상어 등의 비목표종의 사망 추정치
2. 과학위원회의 예비분석은 2차 연례 위원회에서 사용 가능해야 함
3. 기술이행 위원회는 금어기/금지구역 또는 대안적 조치 등의 보존관리조치의 효과적 이행을 위한 문제들에 대하여 연례 위원회에 조언을 제공해야 함

제2차 연례 위원회에서 보존관리조치 채택

4. 과학위원회, 기술이행 위원회의 조언과 제2차 연례 위원회 개최 30일 이전까지 회원국에서 제출한 정보에 대하여, 위원회는 지속가능성에 관한 문제를 설명하기 위하여 보존관리조치에 관한 협약 5조에 입각하여 필요한 조치를 채택. 이러한 조치는 특히 다음사항을 포함
 - (a) 어획량 및 노력량 제한
 - (b) 대형 선박의 capacity 제한
 - (c) 자국 관할구역 외의 구역에서 적용되는 조치와 구역 내 선박에 의한 조업을 관리하기 위해 연안국에 의해 적용되는 조치 간의 양립성을 보장하기 위하여, 대형선박의 영향을 설명하기 위한 조치
 - (d) 금어기 및 금어구역
 - (e) 바닷새, 바다거북 및 상어와 같은 비목표종 어획사망 저감조치
5. 협약 6조에 따라 예비적 접근법이 적용될 것이며, 적합한 과학적 정보의 부재가 보존관리조치 채택을 지연하거나, 채택을 하지 않는 원인으로 사용될 수 없음

감시 및 이행

6. 기술이행 위원회는 2005년 회의에서 우선적으로 VMS 프로그램과 지역옵서버프로그램을 고려해야 함

이전 결의안 조항의 이월 (carry over)

7. 협약 구역 내 어획 노력 및 능력 확대에 대한 타당한 규제를 포함한 조치를 필요로 하는 다자고위급회담 및 사전회의의 결의안 (WCPFC/PrepCon/22, WCPFC/PrepCon/34)은 계속적으로 적용
-

Appendix 4. Projection runs for estimating biomass of Bigeye and Yellowfin

감소적용대상		설명
1	현재 어획량 이하	2003년 어획량 수준 이하
2	현재 노력량 이하	2003년 노력량 수준 이하
3a	어획량 15% 감소	열대 수역에서 선망어업 감소 (모든 조업 형태)
3b	어획량 30% 감소	
3c	노력량 15% 감소	
3d	노력량 30% 감소	
4a	어획량 15% 감소	모든 수역에서 연승어업 감소
4b	어획량 30% 감소	
4c	노력량 15% 감소	
4d	노력량 30% 감소	
5a	어획량 15% 감소	인도네시아, 필리핀 감소
5b	어획량 30% 감소	
5c	노력량 15% 감소	
5d	노력량 30% 감소	
6a	어획량 15% 감소	모든 어업에서 감소
6b	어획량 30% 감소	
6c	노력량 15% 감소	
6d	노력량 30% 감소	
7	FAD 조업의 모든 노력을 부상군 조업으로 이전 (감소 없음)	FAD 조업금지 등에 의한 부상군에서 FAD 조업으로의 향후 노력이전
8	FAD 조업 능력을 50% 감소	FAD 조업 50% 감소함으로써 눈다랑어, 황다랑어의 조업 능력 감소
9i	1분기 노력량 없음	서부적도수역 분기별 FAD 조업의 모든 노력을 부상군 조업으로 이전
9ii	2분기 노력량 없음	
9iii	3분기 노력량 없음	
9iv	4분기 노력량 없음	
9Ai	1분기 노력량 없음	서부적도수역 분기별 선망전체조업금지
9Aii	2분기 노력량 없음	
9Aiii	3분기 노력량 없음	
9Aiv	4분기 노력량 없음	
10i	1분기 노력량 없음	동부적도수역 분기별 FAD 조업의 모든 노력을 부상군 조업으로 이전
10ii	2분기 노력량 없음	
10iii	3분기 노력량 없음	
10iv	4분기 노력량 없음	
10Ai	1분기 노력량 없음	동부적도수역 분기별 선망전체조업금지
10Aii	2분기 노력량 없음	
10Aiii	3분기 노력량 없음	
10Aiv	4분기 노력량 없음	
11i	1분기 노력량 없음	분기별 연승어업 금지-노력량 동부적도수역으로 이전
11ii	2분기 노력량 없음	
11iii	3분기 노력량 없음	
11iv	4분기 노력량 없음	
12i	1분기 노력량 없음	분기별 연승어업 금지-노력량 서부적도수역으로 이전
12ii	2분기 노력량 없음	
12iii	3분기 노력량 없음	
12iv	4분기 노력량 없음	

Appendix 5. Four scenarios considered for contributing to a reduction in fishing mortality for bigeye and yellowfin

Scenario	Measure
1	공해 상 모든 선망어업 12개월간 조업 금지 (어획 노력이 EEZ로 이전되지 않음)
2	3, 4분기 간 공해 및 EEZ 수역 (군도수역 제외)에서 FAD 조업 금지
3	3분기 FAD 조업 금지 및 4분기 공해 상 모든 선망어업 금지
4	4분기 공해 상 선망어업 금지, EEZ 내 FAD 조업 금지 및 공해 상 연승어업 눈다랑어 쿼터 설정

Appendix 6. The estimated percentage reductions in total purse seine fishing days by flag resulting from four the scenarios⁴⁵⁾ (WCPFC3-2006/16 Rev.1)

Scenario	FSM*	China	Japan	Korea	NZ*	PNG*	RMI*	C-T*	USA	Vanuatu	Total
1	21.4%	25.3%	28.2%	18.1%	26.9%	10.3%	22.9%	21.0%	21.5%	32.1%	18.7%
2	31.1%	29.5%	31.1%	12.4%	37.0%	18.6%	42.8%	23.0%	28.7%	25.1%	23.1%
3	32.6%	30.1%	36.6%	15.8%	32.1%	17.8%	40.7%	25.5%	32.6%	26.9%	25.4%
4	17.7%	21.9%	19.7%	9.0%	17.4%	10.9%	21.3%	14.0%	16.4%	18.3%	13.9%

* FSM (Federated States of Micronesia), NZ (New Zealand), PNG (Papua New Guinea), RMI (Rep. of the Marshall Island), C-T (Chinese Taipei)

45) Proposal in respect of paragraph 11 of conservation and management measure 2005-01 (WCPFC3-2006/16 Rev.1)