

1980-1990년대 동해에서 해구별 오징어(*Todarodes pacificus*) 어획량과 해양환경의 관계

김윤하* · 문창호** · 최광호*** · 이충일****†

*, ** 부경대학교 해양학과, *** 국립수산물과학원, **** 강릉원주대학교 해양생명공학부

Relationship between Squid (*Todarodes pacificus*) Catch by Sea Block and Marine Environment in the East Sea during 1980s and 1990s

Yoon-Ha Kim* · Chang-Ho Moon** · Kwangho-Choi*** · Chung-Il Lee****†

*, ** Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

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

**** Faculty of Marine Bioscience & Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 210-702, Korea

요 약 : 20년간(1980-1999) 동해의 해구(위경도 30' × 30')별 오징어(*Todarodes pacificus*) 총 어획량과 단위노력당 어획량(catch/gear/day, CPUE)을 분석하여, 특정 해역에서 오징어 어획량이 높은 원인을 물리(수온), 생물학적 환경 인자(동물플랑크톤 생체량)를 이용하여 분석하였다. 해구별 총 어획량과 CPUE는 1980년대보다 1990년대에 증가하였다. 20년간 평균어획량이 높았던 해구는 동해 남부 5개 해구(No. 87, 76, 82, 83, 88)이었고, CPUE가 높았던 해구는 울릉도와 울진 부근의 해구(No. 65, 71, 72, 78)로 나타났다. 동해 전체 해구에서 이들 특정 해구의 총 어획량과 CPUE가 차지하는 비율은 각각 35.1%와 62.1%였다. 총 어획량과 CPUE가 높은 해역은 쓰시마 난류의 북방한계 지표수온인 10℃의 등온선의 상부 수층에 위치하였으며, 10℃ 등온선의 분포 위치에 따라 해구별 총 어획량과 CPUE가 다르게 나타났다. 해구별 동물플랑크톤의 생체량 분포와 오징어 어획량 간에는 높은 상관성이 나타나지 않은 반면, 전체 해구의 동물플랑크톤의 연간 총 생체량과 오징어 총 어획량의 시계열 변화 경향은 유사하게 나타났다.

핵심용어 : 오징어, 동해, 쓰시마 난류, 수온, 동물플랑크톤

Abstract : Data on squid catches by the Korean jig fishery in sea blocks (30' × 30'), water temperatures at depth(30m, 50m and 100m) and zooplankton biomass in the East Sea from 1980 to 1999 were analyzed to examine the mechanism of formation of the high density stock area. Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) catch in the East Sea was low in 1980s, while the catch was high in 1990s. The five sea blocks (No. 76, 82, 83, 87, 88) of the southern part in the eastern coastal waters of Korea showed high levels of percentage of total catch (35.1%), whereas the four sea blocks (No. 65, 71, 72, 78) of the coastal waters of Uleung Island showed high levels of percentage of CPUE (61.2%) for 20 years. Squid catches showed monthly fluctuations according to the vertical distribution of optimum water temperature for fishing (14℃~19℃). High total catch and high CPUE area matched well with 10℃ isothermal lines at 100m depth indicating northern limiting of Tsushima Warm Current, and temporal and spatial change in 10℃ isothermal line caused the change in total catch and CPUE. Horizontal distribution of zooplankton biomass by sea block was not matched well with those of total catch and CPUE, however pattern of time-series change in total zooplankton biomass was similar to that in total squid catch.

Key Words : *Todarodes pacificus*, East Sea, Tsushima Warm Current, Water temperature, Zooplankton

1. 서론

동해는 태평양 북서부의 부속해로서 대한해협을 통해 동해 남부해역으로 유입되는 고온 고염분수의 대마난류와 동해 북부해역의 저온저염의 아극대수가 서로 만나 아극전선이 형성된다(Isoda et al., 1991). 동해의 어황은 이들 해수의 공간적 분포에 따른 물리적 환경에 영향을 받게 되며, 난류성 수산생물의 경

* 대표저자 : 정희원, psysonic@nate.com, 051-629-6573

† 교신저자 : 종신회원, leeci@gwnu.ac.kr, 033-640-2855

우, 그들의 주요 서식층인 수온약층 상층부의 변동은 하층부의 냉수피에 비해 해황 및 어황에 미치는 영향이 크다(이, 2003).

오징어(*Todarodes pacificus*)는 우리나라의 중요한 수산자원의 하나로 동해를 중심으로 대만 근해로부터 동중국해 및 일본 태평양측 연안과 오키나와 해까지 널리 분포한다. 오징어는 난류성 어종으로서 어획적 수온은 14-19℃의 범위이며(이 등, 1985), 단년생이고, 회유성이기 때문에 물리, 생물학적 환경의 영향을 많이 받는다. 동해의 오징어군은 발생시기에 따라 동계발생군, 하계발생군, 추계발생군의 3계군으로 나뉘는데, 동해에서 주로 어획되는 계군은 추계와 동계발생군이다(Kasahara, 1978). 이 계군은 동해 남부연안에서 류슈서안의 해역에서 산란하며 북위 45°~46°까지 북상한다(Hamabe, 1962).

오징어와 관련하여, 어황과 회유 및 분포에 관한 연구(Kasahara, 1978), 동해에서 DMSP/OLS영상을 통한 야간조업 어선의 분포를 통한 어장위치 파악(김 등, 2005), DMSP/OLS영상을 이용한 회유 및 분포에 관한 연구(Kiyofuji and Saitoh, 2004; Choi et al., 2008)를 비롯하여, 여름철 동해안 냉수와 그로 인한 급격한 해양환경에 기인한 오징어 어황에 관한 연구(박 등, 1998), 수온전선과 오징어 어획량과의 관계(최 등, 1997; 강, 2002; 최 등, 2003; 최, 2005), 오징어 어황과 동물 플랑크톤 생체량과의 상관관계에 대한 연구(Kang et al., 2002)가 있었다. 특히 Kang et al.(2002)은 동물플랑크톤 생체량의 변화가 오징어 어획량의 변화와 관련이 있으며, 최(2005)는 쓰시마 난류의 이동 경로가 연안(외해)에서 외해(연안)로 이동함에 따라 전체적인 오징어 어장의 분포 또한 연안(외해)에서 외해(연안)으로 이동한다고 설명하였다.

이들 연구는 주로 동해의 광역에 대한 어장의 분포와 수온과의 관계, 회유 및 어획량 변동에 초점을 두었다. 이는 동해의 광역에 대한 오징어 어장의 전체적인 분포와 관련된 것으로서, 특정 해구를 중심으로 어획이 밀집되는 현상에 대해서는 뚜렷하게 밝혀지지 않고 있다. 특정 해구별 어황 분석 및 예측을 위해서는 무엇보다 오징어 자원과 해양환경과의 관계를 이해하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 동해에서 해양환경(수온, 동물플랑크톤 생체량)과 특정 해구에 오징어 어획이 밀집되는 현상과의 관계를 저수온기였던 1980년대와 고수온기에 해당하는 1990년대로 구분하여 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 해구별 어획량

오징어 어획량의 시공간적인 분포 경향을 파악하기 위해 국립수산물과학원(구 국립수산진흥원)의 어황조사연보(1980-1999년, 국립수산물과학원)에서 연근해 채낚기 어업자료를 이용하였다. 오징어 어획량은 국립수산물과학원에서 제공하는 위경도 30' × 30' 크기의 해구별 데이터를 사용하였다. 해구별 오징어 어획량은 어민의 어황 보고 자료에 근거하여 작성된 것으로 해구별 어획량의 분포를 알 수 있는 장점이 있다. 최근 야간 조업어선의 불빛 자료를 이용

한 조업 어선의 위치 정보에 비해 자료의 분해능이 떨어지는 단점이 있는 반면, 야간 불빛 자료의 경우 조업 어선의 분포 위치는 보다 정확하게 알 수 있으나, 어획량 측정에는 어려움이 있다.

해구별 오징어 어획량의 분포로부터 오징어 어업활동이 집중되는 해역을 총 어획량과 단위노력당 어획량(CPUE, catch/gear/day)으로 구분하여 선정하였다. 투입된 어획노력량으로 Fishing gear를 사용하였으며, 이는 어업강도 및 어업환경의 변화에 따른 어획량의 변화를 보다 객관적으로 분석하기 위함이다. 어획량은 해구별 총 어획량이 높은 해구와 단위노력당 어획량이 높은 해구로 구분하여 분석하였다. 20년간 해구별 총 어획량의 경우 동해 전체 해구 169개 중 5개 해구를 제외한 164개 해구의 대부분이 1% 미만으로서 해구별 어획량의 차이가 거의 나타나지 않았다. 반면, 해구별 어획량이 높은 상위 5개의 각 해구별 어획비율은 4.2%-14.6%로 다른 해구에 비해 상대적으로 높은 어획이 기록되었으며, 이들 해구는 특정 해역에 인접해 있다. 자원의학적 의미에서 자료의 객관성을 위해 CPUE를 사용하였다. 동일한 기간의 동해 전 해구 169개 중 지속적인 어획이 가능했던 41개 해구를 대상으로 하였다. 연구 해역 41개 해구의 대부분은 0.1%-1%의 범위로서 해구별 CPUE의 차이가 크지 않았으며 특정 해구에서 어획량이 집중되는 경향을 파악하는데 어려움이 있다. 반면 상위 4개의 각 해구별 CPUE는 1.0-47.1%로 전체 CPUE의 61.2%의 비율을 차지하여 특정 해역에서 CPUE가 높게 분포하는 현상을 잘 보여준다. 또한 저수온기인 1980년대와 고수온기인 1990년대로 각각 구분하여 어획이 집중되는 해구의 위치를 비교하였다.

2.2 물리, 생물학적 환경인자

물리적 환경인자로서 한국해양자료센터(<http://kocd.nfrdi.re.kr/>)의 짝수월(2, 4, 6, 8, 10, 12월) 수온 자료(1980년~1999년)를 이용하였다. 계절변동을 알기 위해 오징어의 주 활동수심인 30m, 50m와 한류와 난류가 만나는 해양환경을 가장 잘 나타내는 수심인 100m의 수온 수평분포도를 작성하였다. 난류성 어종인 오징어는 해양상층부의 온도변화에 영향을 받는다. 따라서 동해 상층부의 난류와 한류수의 경계, 즉 쓰시마 난류의 북방한계 지표 수온인 10℃ 등온선의 분포 위치와 해구별 어획량을 비교하였다.

생물학적인 환경인자로서는 한국해양자료센터의 수온과 동일한 기간의 동물플랑크톤 생체량 자료를 이용하였다. 동물플랑크톤 생체량은 대형인 강장류, 갑각류 및 피낭류 등을 제외한 Copepoda, Chaetognatha, Amphipoda 그리고 Euphausiacea의 습중량이다. 채집 시에 주야 구분을 두지 않은 자료로서 동물플랑크톤의 연간변동추이와 월별, 연도별 공간적 분포를 파악코자 하였다. 수온과 동물플랑크톤 생체량 자료는 34° 15' N ~ 38° N, 128° 20' E ~ 131° 15' E의 범위에 해당되는 정점(Fig. 1)의 자료를 이용하였다. 이러한 자료를 이용하여 동물플랑크톤 생체량의 시계열 변화를 나타내었으며, 해구별 생체량의 분포 특성을 파악하기 위해 해구별 생체량을 20년간(1980-1990) 평균치와 1980년대(1980-1989)와 1990년대(1990-1999)의 평균치로 각각 구분하여 비교하였다.

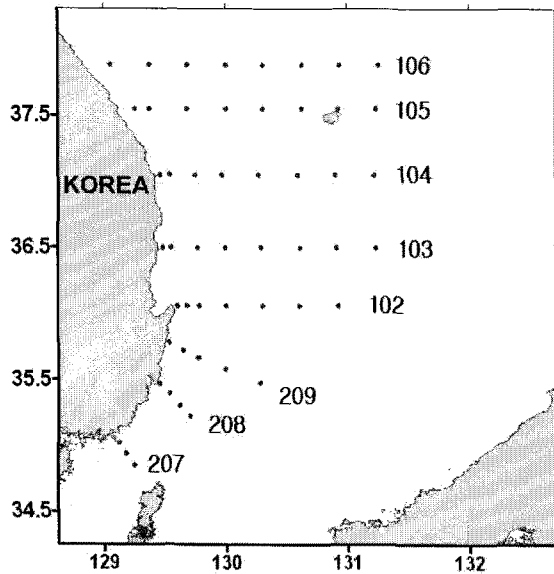


Fig. 1. The study area and location of the serial oceanographic observation stations.

3. 결과

3.1 어획량 변동

Fig. 2는 20년간(1980-1999) 오징어 채낚기에 의한 어획량 변동을 나타낸 것이다. 총 어획량은 1980년부터 1986년까지 지속적으로 감소하였으며, 이후 증가하여 1994년부터 1999년까지 최대 9만 M/T의 어획량을 보였다. 연구기간 동안 가장 낮은 어획량을 보였던 해는 1986년으로 20년간 총 어획량 대비 0.4%의 비율이었고, 가장 높은 어획량을 보였던 해는 1997년으로 12.2%의 어획량이었다. 또한 급격한 어획량 증가를 보인 1994-1999년까지의 어획량은 연구년 총 어획량 대비 65.2%를 보였다.

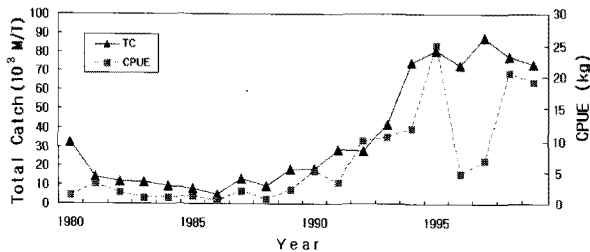


Fig. 2. Annual fluctuation of common squid total catch (TC : triangle) and CPUE (square) by the Korean jig fishery from 1980 to 1999 in the East Sea.

CPUE(catch/gear/day)의 변동 경향도 총 어획량의 변동 경향과 유사하게 나타난다(Fig. 2). 20년간의 CPUE 변동을 살펴보면 1980년 중반까지는 5kg에 미치지 못하였으나, 총 어획량 그래프 패턴과 비슷하게 1990년대에 접어들어 가파르게 증가하였다. 1995년에 최대치로서 30kg에 육박하였으며, 증가세를 보

이던 CPUE는 1996년에 하락하였다가 그 후 다시 20kg대까지 증가하였다. 20년간 월별 어획량 변동을 살펴보면, Fig. 3과 같이 동해의 오징어어획량은 한어기인 4, 5월에 가장 적게 어획된다. 6월부터 본격적인 조업기에 들어가며 9월부터 어획량이 급격하게 늘며 다음해 1월까지 성어기를 이루는데, 최성어기는 10월로 22.9%를 차지했다.

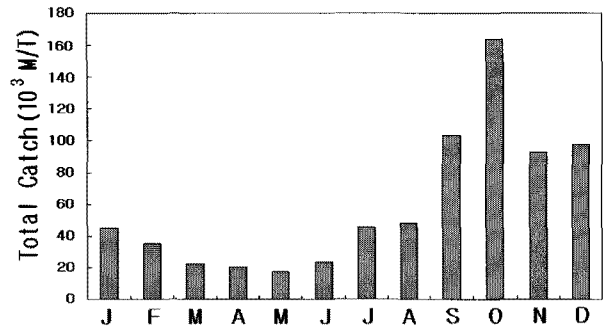


Fig. 3. Monthly total catch of common squid by the Korean jig fishery in the East sea from 1980 to 1999.

20년간 평균어획량이 높았던 해구를 백분율로 나타내었을 때, 동해 전해구의 평균 백분율(0.6%)에 비해 높은 어획량을 보인 해구가 87번 해구를 중심으로 한 동해의 남동쪽의 5개 해구(No. 76, 82, 83, 87, 88)였다. 그리고 CPUE가 가장 높았던 71번 해구를 중심으로 비교적 상위 에 있는 해구를 나타내면 울릉도 주변해역의 4개 해구(No. 65, 71, 72, 78)에서 높게 나타난다(Fig. 4). 동해 남부해역 5개의 해구(No. 76, 82, 83, 87, 88)에서 어획된 양은 해구별 총 어획량의 35.1%를 차지하며, 그 어획량의 99%가 1990-1999년에 어획되었다. CPUE에 대해서는 울릉도 주변 해역의 4개 해구(No. 65, 71, 72, 78)에서 어획량이 전체의 61.2%를 차지하였다. 20년간 평균 어획량이 높았던 이들 해구의 1980년대와 1990년대의 어획비율을 보면, 1990년대에는 동일 해구에서 높은 어획비율이 나타난 반면 1980년대에는 이들 해구의 어획비율이 높지 않았다. 1980년대 총 어획량이 높은 해구와 CPUE가 높은 해구의 위치가 1990년대와 비교하여 서로 바뀌어 있다(Fig. 5). 즉 1980년대의 경우 총 어획량과 CPUE가 높은 해구는 1990년대와는 달리 1980년대는 포항 연안과 울릉도 사이의 해구에서 CPUE가 높게 나타났으며, 총 어획량이 높은 해구는 울릉도의 북쪽 및 동쪽 해역에서 높게 나타났다.

3.2 어장환경

(1) 수온

수온의 수평분포를 알아보기 위해 1980년부터 1999년까지 20년 동안 격월의 30m, 50m 그리고 100m 수층의 수평분포를 Fig. 6에 나타내었다. 30m 수평분포에서는 50, 100m와 달리 등온선 간격이 조밀하지 않았다. 오징어 어획량이 적은 시기인 2월과 4월에 오징어 어획적수온인 14-19°C수온대는 전 수층에

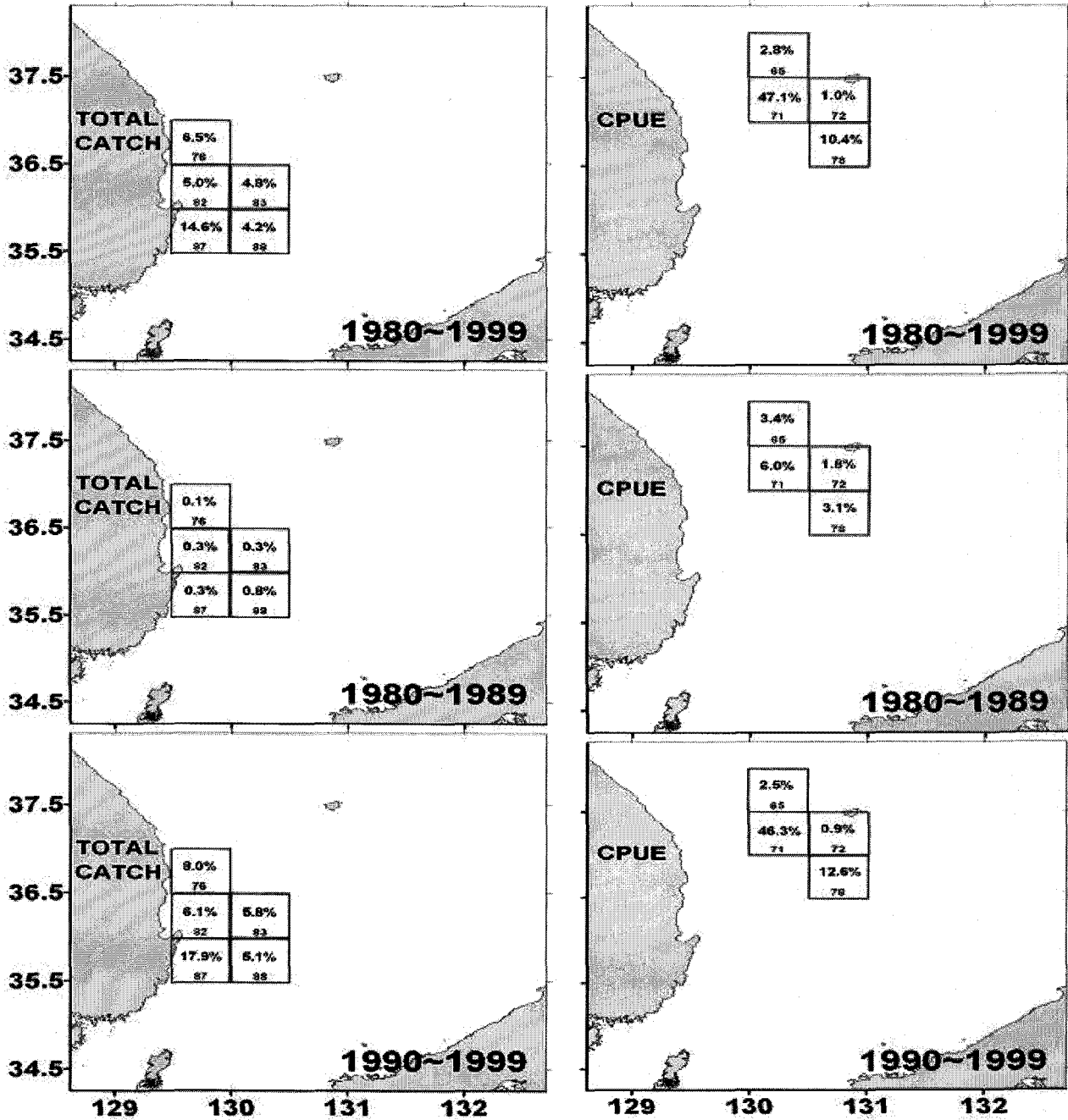


Fig. 4. Percentage of total catch (left) and CPUE (catch/gear/day : right) in the focused area from 1980 to 1999 (top), from 1980 to 1989 (middle) and from 1990 to 1999 (bottom) in the East Sea.

걸쳐 대한해협을 중심으로 동해 남부 해역에 분포한다. 그리고 6월에 접어들면서 50m의 수층에서 호미곶에서 울릉도 쪽으로 남북방향의 10℃(쓰시마 난류 북방향계 지표수온)를 중심으로 한 수온전선대가 10월까지 유지되는 것을 볼 수 있다. 그리고 오징어 어획적수온대가 북상하여 동해 남부와 울릉도 해역까지 확장된다. 10℃ 등온선의 위치는 난류성 어종인 오징어의 분포와도 관련이 있다(Fig. 7). Fig. 7은 북방향계 지표수온의 위치와 해구별 어획량과의 관계를 파악하기 위해 오징어의 주 어획수심인 50m와 한류와 난류가 만나는 해양환경을 가장 잘 나타내주는 수심 100m 등온선의 위치를 오징어 어획량이 높은 해

구의 위치와 비교한 것이다. 어획비율이 높은 특정해구와 10℃ 등온선의 분포 위치 간에 관련성이 있는 것으로 나타난다. 어획비율이 높은 해구들은 50m 수심의 10℃ 등온선보다는 상대적으로 남쪽에 위치하며 100m 수심의 10℃ 등온선과는 그 위치가 중복이 된다. 1980년대는 동해 연안에서 외해쪽으로 갈수록 월별 등온선의 위치가 1990년대에 비해 상대적으로 분산되어 있으며, 특히 2월, 4월의 경우 남쪽으로 치우쳐 있다. 반면, 1990년대의 경우 10℃ 등온선의 분포 위치가 특정 해구에 조밀하게 분포하고 있다.

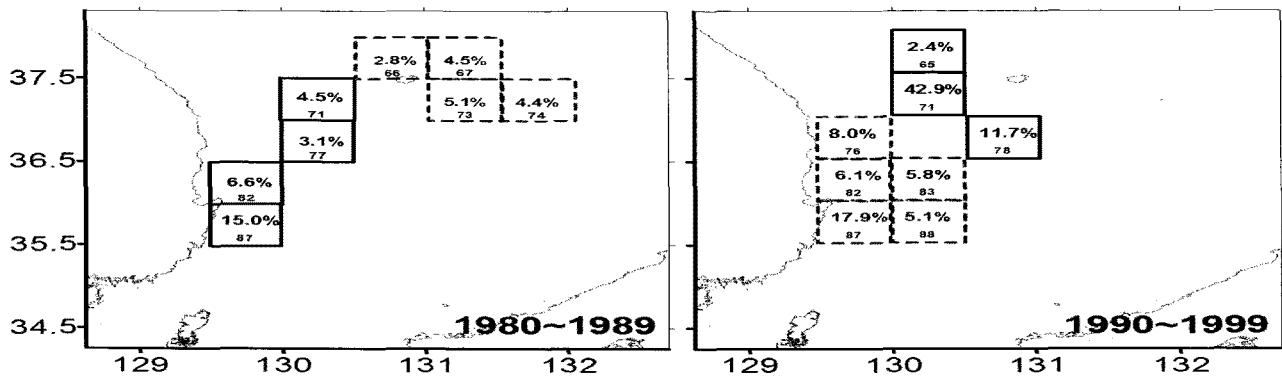


Fig. 5. High level CPEU area and High level total catch area from 1980 to 1989 (left) and 1990 to 1999 (right) in the East Sea (black solid square : High level CPEU area, grey dotted square : High level total catch area).

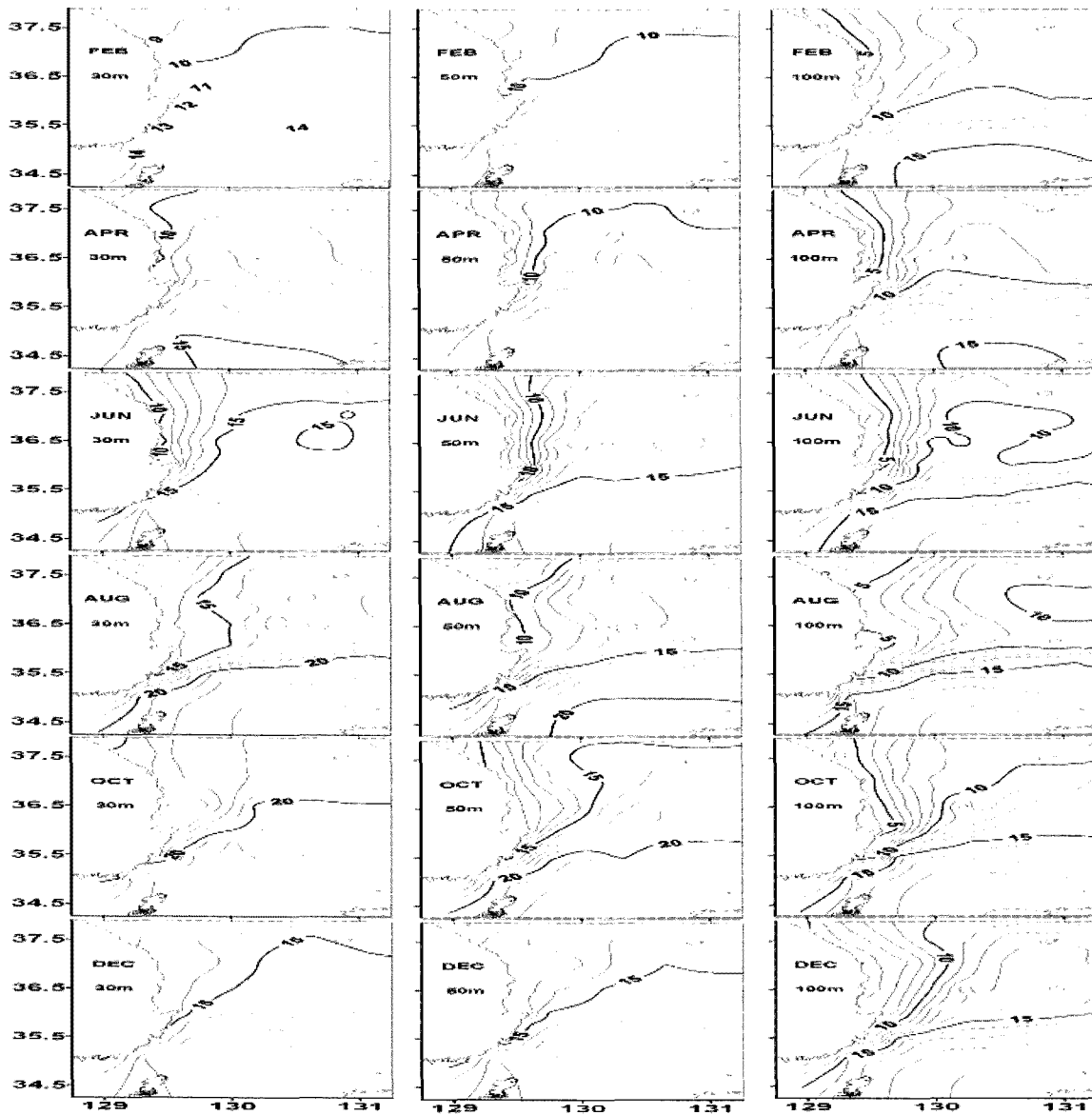


Fig. 6. Horizontal distributions of the water temperature at the depth of 30m (left), 50m (middle) and 100m (right) in every two months from 1980 to 1999 in the East Sea.

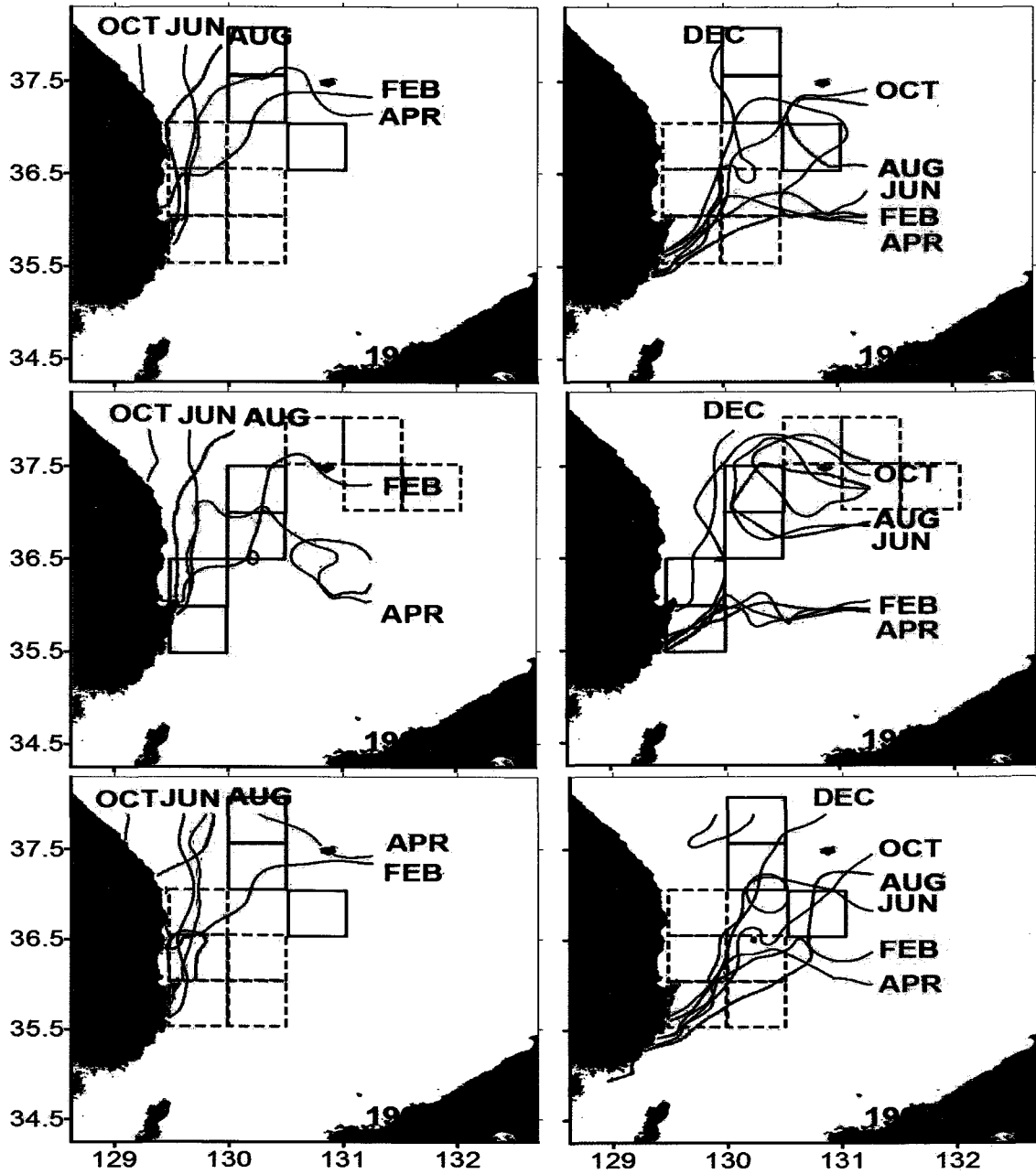


Fig. 7. Squid zone and every two monthly mean 10°C lines at the depth of 50m (left) and 100m (right) from 1980 to 1999 (upper), from 1980 to 1989 (middle) and 1990 to 1999 (lower) in the East Sea (red square : High level CPEU area, blue square : High level total catch area).

(2) 동물플랑크톤

동물플랑크톤은 오징어의 직·간접적인 먹이생물의 역할을 한다. Fig. 8은 동해에서 20년간(1980-1999) 동물플랑크톤 생체량의 시계열 변화 경향을 나타낸 것이다. 전체적인 변동 경향은 오징어 어획량과 유사하며, 1980년보다 1990년에 증가하는 양상을 보였다.

연구 해역에서 1980-1999년간 동물플랑크톤 평균 생체량의 수평분포를 Fig. 9에 나타내었다. 2월에 정선 106을 기준으로 울릉도 부근에 가장 많은 동물플랑크톤 생체량을 보였다. 4월에는 전체적인 동물플랑크톤 생체량은 줄었지만 106정선과 육지

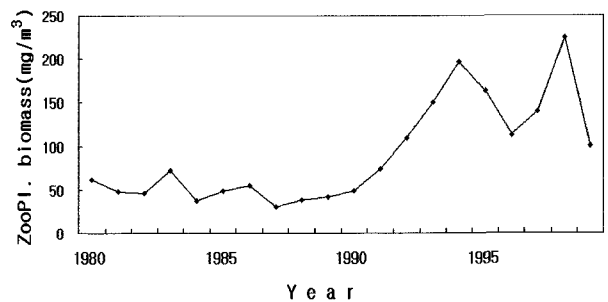


Fig. 8. Annual fluctuation of zooplankton biomass from 1980 to 1999 in the East Sea.

와 가까운 정점에서 비교적 많은 동물플랑크톤 생체량을 보였으며, 6월과 8월에 106정선 부근에서 비교적 높은 생체량을 보였고 10월이 되면서 동해 호미곶을 비롯한 동해 남부해역과 울릉도 부근에서 높은 동물플랑크톤 생체량이 나타났다가 12월로 접어들면서 생체량이 현저히 감소하였다. 동물플랑크톤 생체량

을 1980년대와 1990년대로 나누어 보면(Fig. 9), 동물플랑크톤 생체량이 1980년대보다 1990년대에 상대적으로 많은 양이 나타났다. 2월에는 106정점을 기준으로 가장 많은 동물플랑크톤 생체량을 보였고 이후 동해 전 해역에서 1980년대보다 1990년대에 비교적 많은 동물플랑크톤 생체량을 보였다.

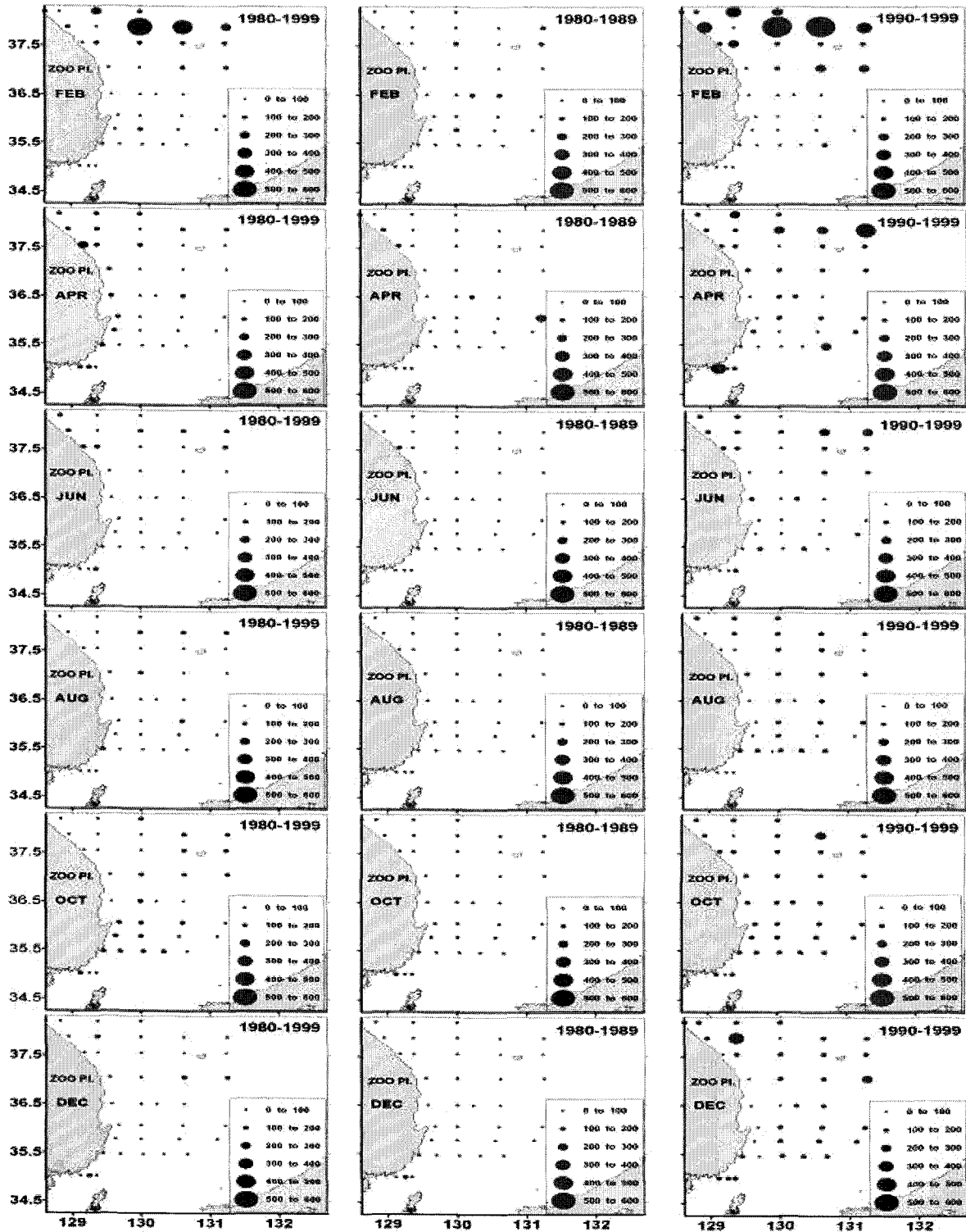


Fig. 9. Distribution of zooplankton biomass (mg/m^3) in every two months from 1980 to 1999 (left), from 1980 to 1989 (middle) and from 1990 to 1999 (right) in the East Sea.

동물플랑크톤 생체량의 수평분포와 해구별 오징어 총 어획량과 CPUE 분포(Fig. 4, Fig. 5, Fig. 7)를 비교해 보면, 이들 인자 간에는 큰 상관성이 나타나지 않는 반면, 해구 전체에 대한 동물플랑크톤 생체량(Fig. 7)과 오징어 총 어획량(Fig. 2)의 시계열 변동 경향은 유사하게 나타난다.

4. 고찰

4.1 해구별 어획량 변동

동해의 오징어 어획량은 1990년 이후 증가하는 경향을 나타낸다. 어획량의 증가 원인에는 인위적인 요인과 자연적인 요인으로 구분된다. 전자는 어업노력에 따른 어획량 변동으로 조업어선 수의 증가, 어업기술의 발달 등이 있고, 후자는 해황의 변화와 그에 따른 오징어 자원량의 증가 등이 있다.

연간 조업어선의 변화를 보면 Fig. 10에 나타난 것처럼 1980년대에 비해 1990년대에 그 수가 크게 증가하였다. 그러나 Fig. 2에서처럼 CPUE도 80년대에 비해 90년대에 증가하였기 때문에 어획량의 증가가 조업어선의 증가 및 자동조획기와 같은 어획기술의 발달에 따른 영향과 함께 자원의 증가에 의한 영향도 받은 것으로 생각된다. 그러나 조업어선 수의 증가 및 조획기술의 발달 등의 어업노력의 증가와 해황의 변화 및 그에 따른 오징어 자원량의 증가 등이 동해의 오징어어획량 변화에 영향을 끼칠 수 있으나 조획기술 발달에 대한 정량적인 평가를 내리기는 어렵다.

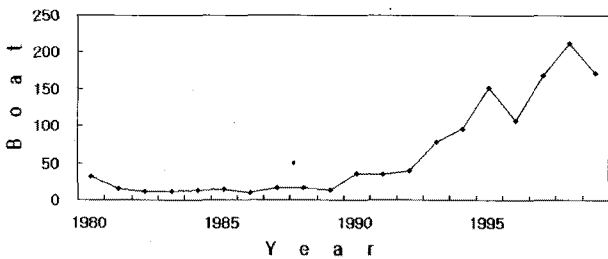


Fig. 10. Annual fluctuation of the number of fishing boat from 1980 to 1999 in the East Sea.

북서태평양 해역의 수온변동에 의한 영향으로 해양표층수의 수온이 낮았을 때보다 높았을 때의 난류성 어종인 오징어의 어획량이 증가한다(Sakurai et al., 2000). 이는 우리나라 주변역에서 저수온기(1980년대)와 고수온기(1990년대)에 어획량의 변화(Fig. 2)가 나타나는 것과 관련된다. 1990년대 동해에서 오징어 어장의 평균 수온이 1980년대에 비해 1°C 이상 높았다(최, 2005). 이는 기후의 체제변화에 있어서 cold regime에 해당되는 1980년대보다 warm regime의 시기인 1990년대에 오징어 자원을 증가시키는 주요 원인으로 보인다.

동해에서 오징어 어획량의 변화는 열전선의 분포 형태에 따라 그 어획량의 변화가 나타난다(최, 2005). 즉, 열전선의 방향이 남-북방향인지 또는 동-서 방향인지에 따라 어획량이 다르

게 나타난다. 본 연구의 경우 1980년대와 1990년대에 오징어 어획량의 차이는 뚜렷하지만, 포항-울릉도 사이 및 그 연장선상에 위치한 해구에서 어획비율이 높게 나타나는 현상이 반복되고 있다. 고수온기인 1990년대에는 포항 연안에서 총 어획량이 높고 울릉도 주변역에서 CPUE가 높게 나타난다. 반면 1980년대는 반대로 포항 연안에 위치한 해구들에서 CPUE가 높게 나타나고 울릉도 주변역에서 총 어획량이 높게 나타난다. 어장이 형성되는 데는 다양한 환경조건이 필요하며, 그중 물리적, 생물학적 환경 조건이 우선적으로 고려된다. 즉 전선역의 위치에 따라 어종의 분포 형태가 달라지며, 수온약층의 깊이 변화에 의해 어군이 얇은 층에 밀집되거나 또는 깊은 수층에 분산되는 등의 변화가 나타난다.

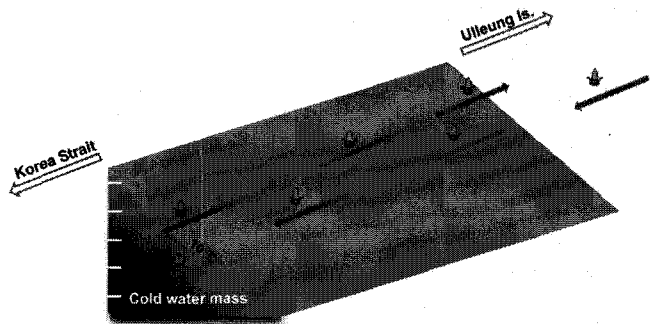


Fig. 11. Schematic view of vertical profile of 10°C face and common squid's migration path in the East Sea.

쓰시마 난류의 북방향계 지표수온(10°C)은 50m 수층에서는 상대적으로 북쪽에 위치하며 100m 수층에서는 그보다 남쪽에 위치한다(Fig. 7). 즉 그 경사면이 북쪽에 남쪽으로 기울어진 면의 형태를 나타낸다(Fig. 11). 이러한 열전선의 구조는 난류를 따라 이동하는 오징어의 어군을 전선역 부근에 밀집하게 하는 주요 원인으로 생각된다. 특히, 저수온기와 고수온기에도 수심별(50m, 100m) 10°C 등온선의 분포 형태 및 조밀도의 차이는 있으나 등온선은 대체적으로 포항 연안에서 울릉도 사이에 위치한다. 이러한 이유가 이들 해역에 위치한 해구에서 어획비율이 높은 원인으로 생각된다. 다만, 저수온기와 고수온기에 총 어획량이 높은 해구와 CPUE가 높은 해구의 위치가 서로 바뀌어 나타난다.

이는 쓰시마 난류의 세력 변화와도 관련이 있다. 동해 상층부의 수온은 쓰시마 난류의 영향을 크게 받는데, Hong and Cho(1983)와 이(2005) 등에 의하면 쓰시마 난류의 세기에 따라 쓰시마 난류의 이동 경로가 다르게 나타난다. 쓰시마 난류의 세력이 강할 때는 대한 해협 통과 후 우리나라 동해안으로 북상하려는 경향이 강하지만, 그 세력이 약한 경우는 다르게 나타난다. 이로 인해 한류와 난류가 만나는 전선역의 수온의 수평 구배도 다르게 나타난다(이, 2003). 따라서 Fig. 7에 나타난 저수온기와 고수온기의 북방향계 지표수온의 조밀한 정도도 이와 관련이 있을 것으로 생각된다. 쓰시마 난류의 세력이 강한 경우

동해안 연안역에 평년에 비해 고수온의 해수가 상층부에 위치하여 이들 해역을 중심으로 어업활동이 집중되며, 그 결과 총어획량의 증가와 CPUE의 감소가 나타날 수 있다. 외해의 경우는 상대적으로 조업 어선의 밀집도가 낮아지게 되어 CPUE가 높아지는 현상이 나타날 수 있다. 저수온기의 경우 어장이 전체적으로 외해역으로 이동하게 되면 어군을 따라 조업 어선도 함께 이동하게 되어 외해역에서 총어획량이 높아지는 현상이 나타난다(Fig. 7, Fig. 12). 일반적으로 연안에 인접한 곳에 어장이 형성될 경우 우선 어장접근이 용이하고, 연안에서 조업이 이루어지는 연안어업의 어선 수가 상대적으로 많다. 그리고 조업에 따른 상대적 비용이 적게 드는 연안역에서 어업이 밀집되며 이는 총어획량과 CPUE의 변화에 영향을 끼칠 수 있다. 조업 어선의 밀집 현상은 총어획량을 증가시키는 한편, 상대적으로 CPUE는 낮아지게 할 수 있다.

로 나타난다. 즉, Cold regime에서 Warm regime으로 기후의 체제변화에 따라 동물플랑크톤의 생체량 또한 낮은 값에서 높은 값을 나타내는데, 이러한 변화로 인해 동물플랑크톤 생체량과 오징어 총어획량 간에는 양의 상관관계(Kang et al., 2002)가 나타나는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서는 해구별 동물플랑크톤 생체량과 오징어 어획량 간에는 이러한 관련성이 크게 나타나지 않는다. 즉, 동해에서 동물플랑크톤의 생체량 변화가 오징어 어획량의 변화와는 관련이 있을지 모르나, 어군의 분포 위치를 변화시키는 것인지는 명확히 설명하기는 어려운 면이 있다. 왜냐하면, 기후변화가 저차생태계의 생물에 영향을 끼치고 저차생태계의 변화가 고차생태계의 변화로 이어지는 Bottom-up process에 의해 동물플랑크톤의 생체량 변화가 오징어 어획량 및 어군의 분포에 작용한 것인지, 또는 기후변화에 따른 해양환경의 변화가 동물플랑크톤과 오징어의 최적 서식

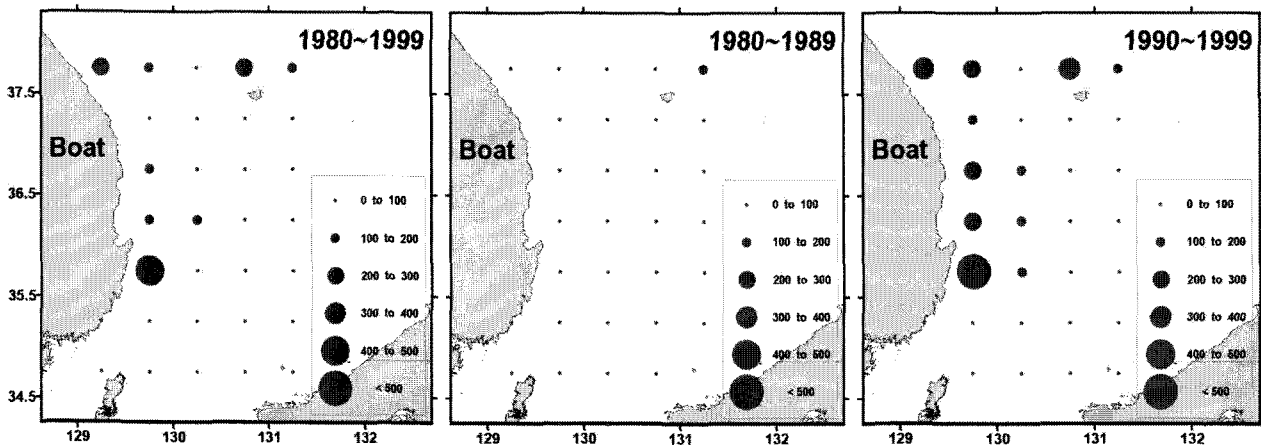


Fig. 12. Mean number of boats in the East Sea (left : 1980-1999, middle : 1980-1989, right : 1990-1999).

어장이 형성되는 데는 물리적 환경 인자의 영향 외에 먹이 생물 등의 생물학적 환경인자의 중요성이 높게 평가된다. 동물플랑크톤은 오징어 자치어 및 성어의 주요 먹이생물의 역할을 하며, 이러한 먹이사슬의 관계는 오징어 자원 및 어군의 분포에도 영향을 끼칠 수 있다. 그러나 동물플랑크톤 생체량의 수평분포(Fig. 9)를 보면 해구별 오징어 총어획량이나 CPUE와 동물플랑크톤 생체량 간에는 큰 상관성이 나타나지 않는다. 반면, 동물플랑크톤 생체량(Fig. 8)과 오징어 총어획량(Fig. 2)의 시계열 변화는 유사하게 나타난다. Kang et al.(2002)에 따르면 동해에서 오징어 어획량과 동물플랑크톤 생체량은 양의 상관관계가 있다고 하였다. 그러나 본 연구의 경우 연구 해역내의 오징어 어획량과 동물플랑크톤 생체량의 시계열 변화 경향은 유사하지만, 이들 인자의 수평분포를 비교하여 보면 동물플랑크톤 생체량의 수평분포와 어획량의 수평분포 간에는 큰 관련성이 나타나지 않는다.

이는 1970년대 말에서 1980년대 말까지 수온이 낮았던 Cold regime에서 1980년대 말부터 1990년대 말까지 Warm regime으로 이어지는 기후의 체제변화(Regime shift)와 관련되는 것으

로 환경을 바꿈으로서 그 결과 동일한 변화 경향이 나타난 것인지에 대해서 추가적인 분석이 필요하다.

5. 결론

동해는 북서태평양에 서식하는 오징어(*Todarodes pacificus*)의 주요 색이장(Feeding ground)의 역할을 하며, 또한 해양학적 환경 특성으로 인해 우리나라 동, 서, 남해에서 오징어가 가장 많이 어획되는 곳이다. 특히, 이러한 동해의 환경 중에서 오징어 어획이 집중되는 곳이 있으며, 이에 대한 원인을 파악하고자 20년간(1980-1999) 동해의 해구별 오징어 어획량과 수온, 동물플랑크톤 생체량 자료를 이용하여 어장형성과 환경인자 간의 관련성을 분석하였다.

1. 동해에서 쓰시마 난류의 북방한계 지표수온(10°C)과 오징어 어획이 집중되는 해구의 분포는 서로 상관성이 높게 나타난다. 어획이 집중되는 해구는 10°C 등온선의 경사면을 따라 상층부에 분포하는 것으로 나타난다.
2. 총어획량이 높은 해구와 CPUE가 높은 해구의 위치가

1980년대와 1990년대에 서로 바뀌어 나타난다. 이는 난류역의 분포 변화에 따른 어장의 이동과 조업어선의 밀집과 관련이 있는 것으로 판단된다.

3. 동물플랑크톤 생체량과 오징어 어획량의 시계열 변동 경향은 유사한 반면, 이들 인자의 수평분포 간에는 높은 상관성이 나타나지 않는다. 동물플랑크톤의 수평 분포가 오징어 어군의 군집형성에 1차적인 인자로 작용한다고 보기는 어려우나, 먹이사슬에서 동물플랑크톤이 오징어의 주요 먹이원임을 고려할 때 이에 대한 세밀한 분석이 필요하다.

본 논문은 해구별 오징어 어획량과 수온 및 동물플랑크톤의 관계를 중심으로 다루었으며, 환경인자들의 시공간적인 변화 원인에 대해서는 다루지 못하였다. 따라서 환경인자의 변화를 일으키는 원인에 대한 분석이 수행되어야 보다 정확한 어획과 해황 간의 관련성을 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단(KRF-2008-331-F00038)과 한국해양연구원(정지례도 해양위성 활용연구지원사업IV)의 지원을 받아 연구되었음.

참 고 문 헌

[1] 강기홍(2002), 동해에서의 오징어 어획과 해황과의 관계, 부경대학교 대학원 석사논문, p. 35.

[2] 김상우, 조규대, 김영섭, 최윤선, 안유환, 김용승(2005), DMSP/OLS 영상에서 관측한 동해 야간조업어선의 분포 특성, 한국수산학회지, 제38권, 제5호, pp. 323-330.

[3] 박종화, 최광호, 이주희(1998), 여름철 동해안 연안 냉수와 오징어 어획과의 관계, 한국어업기술학회지, 제34권, 제2호, pp. 150-161.

[4] 이생동, 손용수, 김용철(1985), 한국 동해산 오징어의 연직분포에 관한 연구, 수진연구보고, 제36권, pp. 23-28.

[5] 이충일(2003), 동해의 쓰시마 난류 변동과 해류순환과의 관계, 부경대학교 대학원 박사논문, p. 93.

[6] 최광호, 황선도, 김주일(1997), 한국 연근해 오징어의 어획 특성, 한국수산학회지, 제30권, 제4호, pp. 513-522.

[7] 최광호, 조규대, 김동선, 김주일, 김상우(2003), 황해에 분포하는 오징어의 어획특성, 한국수산자원학회지, 제6권, 제1호, pp. 21-31.

[8] 최광호(2005), 한국해역에 분포하는 살오징어의 어획과 해황과의 관계, 부경대학교 대학원 박사논문, p. 102.

[9] Choi, K. H., C. I. Lee, K. S. Hwang, S. W. Kim, J. H. Park and Y. Gong(2008), Distribution and migration of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the southwestern part of the East(Japan) Sea, Fisheries

Research, Vol. 91, pp. 281-290.

[10] Hamabe, M.(1962), Embryological studies on the common squid *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup in the southwestern waters of the Sea of Japan, Bulletin of the Japan Sea National Fisheries Research Institute, Vol. 10, pp. 1-45.

[11] Hong, C. H. and K. D. Cho(1983), The northern boundary of the Tsushima Warm Current and its fluctuations, Journal of the Oceanological Society of Korea, Vol. 28(3), pp. 1-9.

[12] Isoda, Y., S. Saitoh and M. Mihara(1991), SST structure of the polar front in the Japan Sea, In: Oceanography of Asian Marginal Seas, Takano K, eds. Elsevier, Amsterdam, pp. 103-112.

[13] Kang, Y. S., H. G. Kim and J. H. Park(2002), Long-term changes in zooplankton and its relationship with squid catch in Japan/East Sea, Fisheries Oceanography, Vol. 11, pp. 337-346.

[14] Kasahara, S.(1978), Descriptions of offshore Squid Angling in the Sea of Japan, with Special Reference to the Distribution of Common Squid and on the Techniques for Forecasting Fishing Conditions, Bulletin of the Japan Sea National Fisheries Research Institute, Vol. 29, pp. 179-199.

[15] Kiyofuji, H. and S. Saitoh(2004), Use of nighttime visible images to detect Japanese common squid *Todarodes pacificus* fishing areas and potential migration routes in the Sea of Japan, Marine Ecological Eco Progress Series, Vol. 276, pp. 173-186.

[16] Sakurai, Y, H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama(2000), Change in inferre spawning areas of *Todarodes pacificus*(Cephalopoa : Ommastrephidae) due to changing environmental conditions, ICES Journal of Marine Science, Vol. 57, pp. 24-30.

원고접수일 : 2010년 05월 26일
 원고수정일 : 2010년 08월 16일 (1차)
 : 2010년 09월 03일 (2차)
 : 2010년 09월 17일 (3차)
 게재확정일 : 2010년 09월 24일