

제주도 주변해역의 방어어장형성기구에 관한 연구

김준택 · 노홍길 · 김상현

제주대학교

(2001년 12월 28일 접수)

Studies on the Forming Mechanism of The Fishing Ground of Yellow tail, *seriola quinqueradiata*, in The Adjacent Sea of Jeju Island

Jun-Teck KIM, Hong-Gil RHO and Sang-Hyun KIM

Cheju National University

(Received December 28, 2001)

Abstract

We studied the fishing ground of a yellowtail and oceanographic conditions around Chujado and Marado around Jeju Island from autumn to winter. Also we investigate the forming mechanism of fishing ground around Marado, which shows the best catch of yellowtail near Jeju island. The obtained results are summarized as follow ;

1. When the high temperature water about 15.0~19.0 °C in depth of 50m distributed around Chujado and Marado, the fishing ground of Yellowtail is shows a good catch. On the contrary, when the low temperature water about 11.0~14.0 °C is shows a poor catch.

2. Fishing grounds of yellowtail by handline fishing are formed with a school of Yellowtail migrating southward from the coastal sea of Korea and staying around Marado to winter and spawn due to following factors. Firstly, a front of temperature and salinity is formed between inshore water and oceanic water around Marado. Secondly, small-size eddies and excellent horizontal and vertical mix which is created by strong tide and geographical features including irregular underwater ground and an isolated island. An abundant school of yellow tails stays in front of the tide where a good fishing ground was made.

緒 論

제주도 주변해역은 계절에 따라 대마난류계수, 황해저층냉수계수, 중국대륙연안수, 한국남해연안수 등 다양한 이질수괴가 출현하고 있으며, 이들

여러수괴의 분포상태에 따라 고등어, 전갱이, 방어, 삼치, 갈치 등과 같은 여러 회유성 어종이 시기별로 출현상황을 달리하고 있다(Rho, 1985; Nakao, 1977; Kim and Rho, 1994; Kim, 1995). 이들 회유성 어종중 방어(Yellow tail, *Seriola*

이 논문은 2000년도 제주대학교 해양과학대학 BK21 사업의 지원으로 연구된 논문임

quinqueradiata, TEMMINCK et SCHLEGEL)는 제주도 주변해역에서 추·동계가 되면 제주도 북서부에 위치한 추자도 주변어장을 시작으로 제주해협외 화도(속칭: 관탈도)를 거쳐 제주도 남서부 마라도 주변해역으로 연결되는 방어어장이 매년 형성되고 있다. 특히, 11~12월 사이의 어획량은 전국 방어 채낚기 어업의 어획량의 대부분을 차지하고 있을 정도로 그 규모가 매우 큰 특징이 주년 나타나고 있다.

방어에 관한 연구로서는 인접한 일본의 경우 Uda and Honda(1934), Mitani(1959, 1960), 日本海區水産研究所(1966, 1970), Enami(1975), Hara(1990a,b,c), Kitahara and Hara(1990), Murayama(1992) 등 많은 연구자에 의해 일본 주변해역의 방어에 대한 생태와 어황, 자원변동, 회유경로 및 산란장 등 어장환경학적인 측면의 많은 연구가 이미 1990년대 초반까지 지속되어 일본 주변해역에서의 방어에 관한 지식이 많이 축적되어 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라의 방어에 관한 연구는 1974년 국립수산진흥원에서 정치망 어획자료를 이용하여 동해중부 연안에 내유하는 방어군의 회유경로에 대한 연구가 있을뿐 그 외 방어에 관한 어장환경적인 측면에서의 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 추·동계 제주도 주변해역의 방어채낚기 어장형성에 영향을 미치는 황해남동해역, 한국남해를 포함한 제주도 주변해역의 해황특성을 파악함에 있어 방어의 주어획수층인 50m~저층(해양생태자료집, 1987, 국립수산진흥원, 1994)의 수괴분포에 관하여 방어의 회유 및 어획적수온 15.0~18.0℃(해양생태자료집, 1987), 15.0℃(宇田, 1964), 월동장 지표수온 16.0~17.0℃(村山, 1991)등 수괴분포 특성과 제주도 주변해역에서 방어채낚기 어장이 주로 형성되는 추자도와 마라도주변해역의 어획량변동과의 관계를 분석하여 제주도 주변해역 방어어장형성의 풍·홍의 원인을 밝혀내고, 또한, 방어 채낚기 어획량이 전국적으로 가장 많은 제주도 남서부에 위치한 마라도 주변해역의 어장형성기구를 규명하고자 하였다.

資料 및 方法

1. 황해남동부 및 한국남해서부와 제주도 주변해역의 해황조사 및 어획량조사

추·동계 방어어군이 추자도 주변해역으로부터 제주도 남서부 마라도 주변해역까지 연결되는 어장의 해황특성을 거시적으로 파악하기 위해 국립수산진흥원 해양관측정선 중 Fig. 1에 나타난 것과 같이 203, 204, 310~314선까지의 해양관측자료 중 방어가 주로 어획되고 있는 50m층의 수온, 염분자료를 이용했다. 본 연구에서 이용한 50m층의 해황과 어황의 자료는 제주도 주변해역에서 방어를 대상으로 조업하는 채낚기 어선에 승선 및 설문조사를 통하여 방어가 주로 어획되는 수층이 50~60m층임을 확인한 후 방어의 주 유영층과 대응하여 해황을 대별할 수 있다고 판단했기 때문이며 특히, Fig. 1에서 표시한 관측정선의 수온, 염분자료 중 10년(1991~2000년)사이의 연별 어획량변동이 심한 1991($6.6 \times 10^2 M/T$)~1994 ($2.8 \times 10^2 M/T$)년과 1997($1.4 \times 10^2 M/T$)~1999 ($4.4 \times 10^2 M/T$)년의 10월 50m층과 저층의 해황과 어황과의 관계를 중점적으로 분석하였으며, 이때 채낚기 어획량자료는 추자도와 화도 주변에서 어획한 방어를 전량 위판하는 추자도 수산업협동조합과 마라도 주변해역에서 어획한 방어를 전량 위판하는 모슬포 수산업협동조합의 계통판매자료를 이용하였다.

2. 마라도 주변해역의 해양환경 및 해수유동조사

마라도 주변 해역에서 국지적으로 방어어획량이 가장 높게 나타나는 12월의 해양환경을 조사하기 위해 2000년 12월 13일과 15일에 남제주군 어업지도선 마라호(40 G/T)를 이용하여 Fig. 2와 같이 마라도를 중심으로 방사형의 관측정선을 설정하여 총 36개 정점의 CTD 관측자료에서 얻어진 수온, 염분의 표층, 50m층 및 저층에 대한 수평분포특성을 분석하였으며, 또한 마라도 주변해역의 해수유동 특성을 파악하기 위하여 2001년 1월 30일과 31일의 창조류와 낙조류 때 TGPS Buoy(한국해양연구소, 155Mhz)의 이동경로를 1분마다 수신하여 분석하였다.

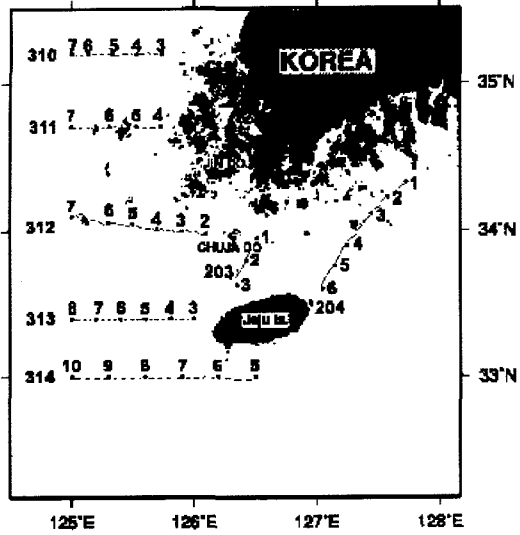


Fig. 1. Location of oceanographic stations in the study area observed by the NFRDA in Oct. 1991~1999.

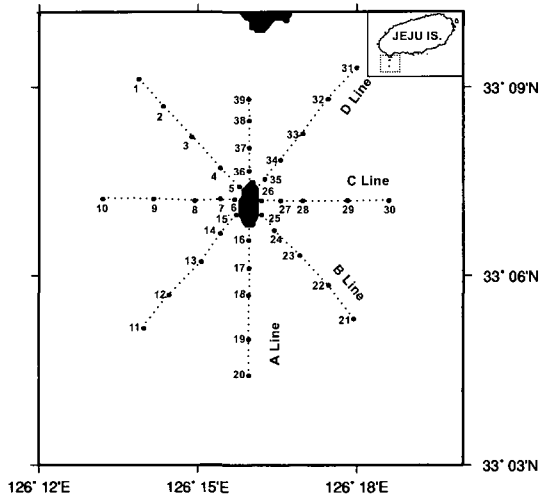


Fig. 2. Location of oceanographic stations at the around Marado in Dec. 13, 15, 2000.

結果

1. 제주도 주변해역의 해황과 어황

1) 추자도 주변해역의 해황과 어황

Fig. 3은 추·동계 추자도수산업협동조합에 위 관된 1991년부터 2000년까지의 9월에서 12월까지의 채낚기 어획량의 연변동을 나타낸 것이다. 추자도에서 이 어기에 어획된 10년간 평균어획량은 100M/T이며, 평균어획량보다 어획이 많았던 해는 1994, 1995, 1999, 2000년이었으며, 그 밖의 해는 모두 평균어획량보다 낮게 나타났다. 특히, 이 기간 중 평균어획량보다 높게 나타나면서 전년대비 어획량이 크게 증가한 해는 1994년과 1999년이었으며, 이때의 50m층 수온과 염분특성은 Fig. 4와 같다.

1994년은 어획량이 많았던 해로 12.0~14.0℃의 저온수가 대흑산도 서쪽에서 소흑산도 부근으로 이어지는 외해측에 남북방향으로 길게 분포하고 추자도 주변에는 15.0~17.0℃, 33.2~33.6psu의 고온고염분수가 분포해 있고, 이 고온수는 황해남동부와 한국남해연안에서 추자도까지 연결되어 있다. 1999년은 10년동안 최고어획이 나타난 해로서, 12.0~14.0℃의 저온수는 소흑산도 남쪽의 제주도 서방외해측에 분포하고 있어 추자도 주변해역과 제주해협에는 15.0~16.0℃, 33.4~33.6psu의 고온고염분수가 광범위하게 분포하고 있으며, 황해남동부에도 15.0~20.0℃의 고온수가 대흑산도 서쪽까지 나타나고, 한국남해연안에도 16.0~18.0℃의 고온수가 분포하며, 이 고온수는 제주해협까지 이어져 있다. 이때의 등온선 간격도 비교적 넓어 연안역으로부터 제주해협내로의 방 어이동이 매우 쉽게 이루어질 수 있는 수온분포 상태이다.

이와 대조적으로 어획량이 낮았던 1993년과 1998년의 50m층의 수온, 염분특성을 Fig. 5에 나타냈다. 1993년은 황해남동부에 15.0~17.0℃의 고온수는 대흑산도와 소흑산도 주변에 대형 와를 형성하여 분포해 있고, 그 남측에 발달한 12.0~14.0℃의 저온수가 서쪽으로 설상으로 추자도 주변의 제주해협내로 삼입되어 있다. 또한 추자도 동쪽의 한국남해연안에도 11.0~14.0℃의 저온수가 외해측으로 넓게 분포해 있으므로 15.0~18.0℃의 고온수는 거문도 외해측으로 밀려나 있다. 이때의 추자도 주변 및 제주해협내의 염분은 33.2~33.8psu 범위로 풍어년인 1994년과 1999년의

제주도 주변해역의 방어어장형성기구에 관한 연구

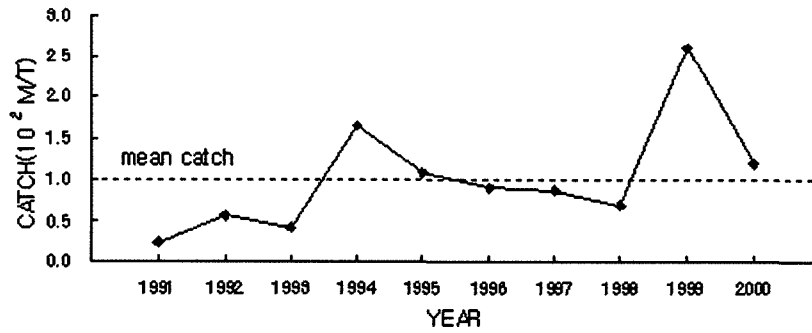


Fig. 3. Annual catch of Yellow tail in the around sea of Chujado during 1991~2000(Sep.~Dec.).

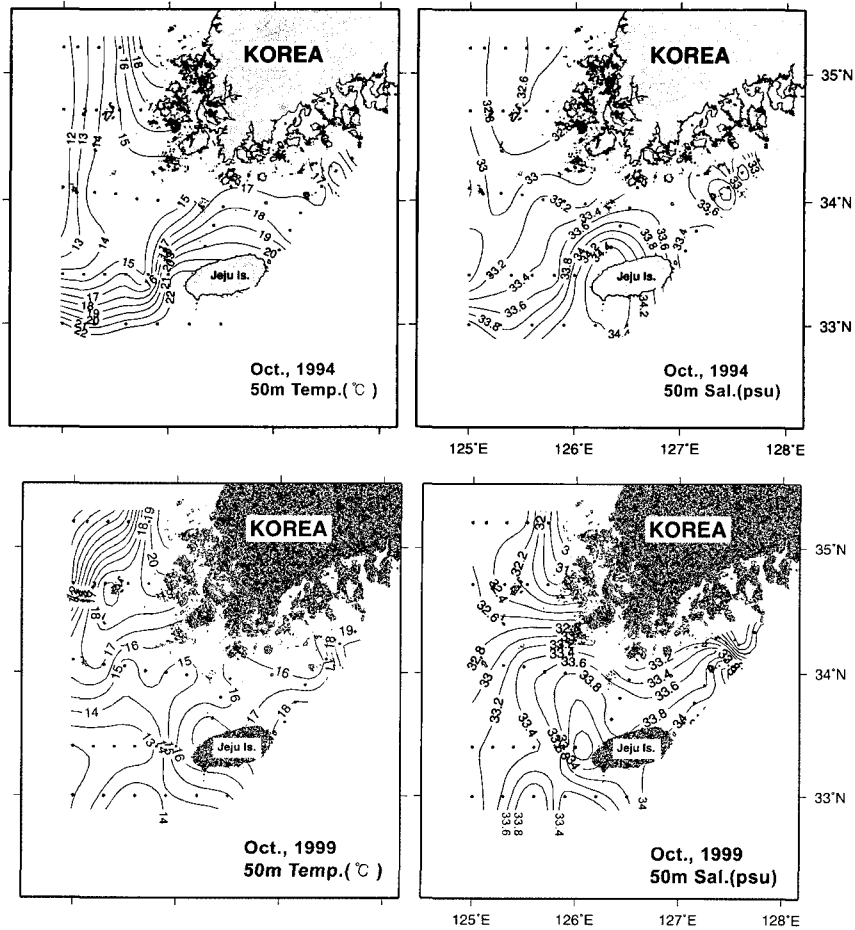


Fig. 4. Horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(psu) at the 50m depth in Oct., 1994 and 1999.

추자도 주변역 염분범위와 거의 같다. 1998년은 황해남동부에 15.0~16.0℃의 고온수가 대흑산도와 소흑산도 동쪽에 남북으로 길게 확장해 있으나 그 남측에서 발달한 11.0~14.0℃의 저온수가 가로막고 있다. 이 저온수의 세력과 한국남해연안에서 발달한 13.0~14.0℃의 저온수의 세력이 추자도 부근에 분포해 있으며, 한국남해연안의 외측에는 15.0~16.0℃의 고온수가 제주도 서부연안역까지 연결되어 제주도 서부외해에 분포한 저온수와 조밀한 전선을 형성하고 있다. 따라서 추자도 주변해역에서 풍어를 보이는 해는 추자도 주변 및 제주해협과 한국남해연안역에 15.0~18.0℃의 고온수가 분포하는 때이며, 특히 이들 고온수의 등온선 간격이 넓을 때 추자도 주변해역에서 좋은 어장이 형성되었다.

이와는 대조적으로 추자도 주변해역에서 풍어를 보인 해는 추자도 주변 및 제주해협과 한국남해연안역에 11.0~14.0℃의 저온수가 넓게 분포하여 황해남동부의 고온수 확장이 차단되고 한국남해연안쪽에 분포하던 15.0~18.0℃의 고온수가 외해쪽으로 밀려나 있는 때이다.

2) 마라도 주변해역의 해황과 어황

Fig. 6은 마라도 주변해역에서 채낚기어선에 의해 어획된 방어를 전량 위판하는 마라도 수산업협동조합의 9~12월 사이에 10년간의 어획량 년변동을 나타낸 것으로서, 평균어획량은 180M/T이다. 이 기간 평균어획량보다 어획이 높았던 해는 1991년과 1998년이었으며, 그 외의 연도는 모두 평균어획량보다 낮게 나타났다. 이 기간 중 평균어획량보다 높게 나타나면서 전년대비 어획량이 크게 증가한 해는 1991년과 1998년이었으며, 그때의 50m층의 수온과 염분특성을 Fig. 7에 나타냈다.

1991년의 경우는 조사기간동안 최고어획이 나타난 해로서 제주도 서쪽외해에서 14.0℃ 이하의 저온수가 제주해협 서쪽입구를 향하여 설상으로 삼입되고 있지만 제주도 서부연안에는 16.0~21.0℃의 침강성 대형 와가 형성되어 있고, 이 와는 황해남동부와 15.0℃이상의 고온수로 연결되어 있다. 한편 한국남해연안에는 14.0℃이하의 저온수가 분포하고 있고, 이 저온수는 추자도 남쪽부

근까지 넓게 확장해 있으며, 15.0~18.0℃ 범위의 고온수는 제주해협의 남쪽부분과 제주도 동쪽 및 거문도, 소리도를 연결하는 해역에 북동에서 남서 방향으로 비슷하게 분포하고, 이 해역에는 등온선이 조밀한 전선이 형성되어 있다. 그러므로 마라도 주변해역은 황해남동부 및 한국남해로부터 15.0~21.0℃의 고온수로 연결되어 있어 황해남동부 및 한국남해로부터 방어가 마라도 주변해역까지 이동하기 알맞은 환경이 형성되어 있다. 또 마라도 주변은 제주도 서쪽연안에 크게 발달한 침강성와의 연변부에 속해 있어 어장확적으로도 좋은 조건이 갖추어져 있다.

1998년은 황해남동부 해역의 15.0~16.0℃의 고온수는 제주도 서부외해로부터 제주해협으로 삼입되어 있는 11.0~14.0℃의 저온수에 의해 남하가 차단되어 있지만 한국남해연안 중 거문도와 소리도 동쪽해역에 발달한 15.0~18.0℃, 33.2~33.8psu의 고온고염수가 제주해협 남부와 제주도 서부연안쪽으로 연결되어 있고, 제주도 동쪽과 마라도 주변해역도 모두 15.0℃이상의 고온수가 분포하고 있어 한국남해로부터 제주해협 및 제주도 동부 및 남부해역을 거쳐 방어가 마라도까지 이동하기 좋은 여건이 조성되어 있다.

이와는 대조적으로 어획량이 낮았던 1997년의 50m층의 수온, 염분수평분포 특성을 Fig. 8에 나타냈다. 1997년도는 예년에 비해 추자도를 포함한 황해남동부연안 및 한국남해 대부분의 연안역에 12.0~14.0℃의 현저히 낮은 저온수가 광범하게 분포해 있고, 제주도 남쪽에서는 20.0~21.0℃의 고온수가 예년에 비해 제주해협쪽으로 압박하고 있어 제주해협내에 분포하는 15.0~19.0℃의 등온선이 동서방향으로 뻗어있어 제주도 남쪽인 마라도와는 연결되어 있지 않다.

따라서 한국남해연안으로부터 15.0~19.0℃의 수온역을 따라 이동하는 방어가 마라도 주변해역으로 이동하기 보다는 제주해협을 거쳐 제주도 서쪽외해로 빠져나가기 쉬운 형상의 수온분포이다. 즉, 이 해의 마라도 주변에는 21.0℃ 이상의 고온의 대마난류수가 남쪽으로부터 공급되고 있어 한국남해 및 황해남동부 연안수와 연결되기 어려운 여건을 갖추고 있다.

제주도 주변해역의 방어어장형성기구에 관한 연구

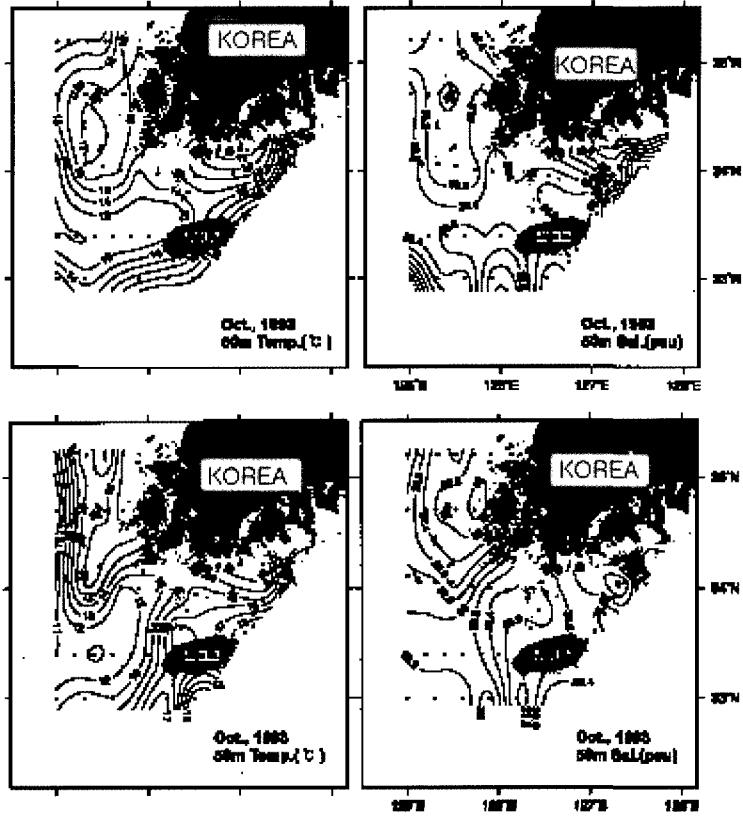


Fig. 5. Horizontal distributions of temperature and salinity at the 50m depth in Oct., 1993 and 1998.

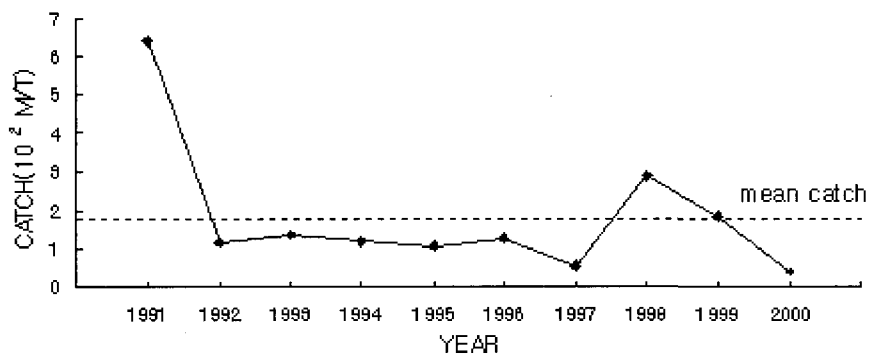


Fig. 6. Annual catch of Yellow tail in the around sea of Marado during 1991~2000(Sep.~Dec.).

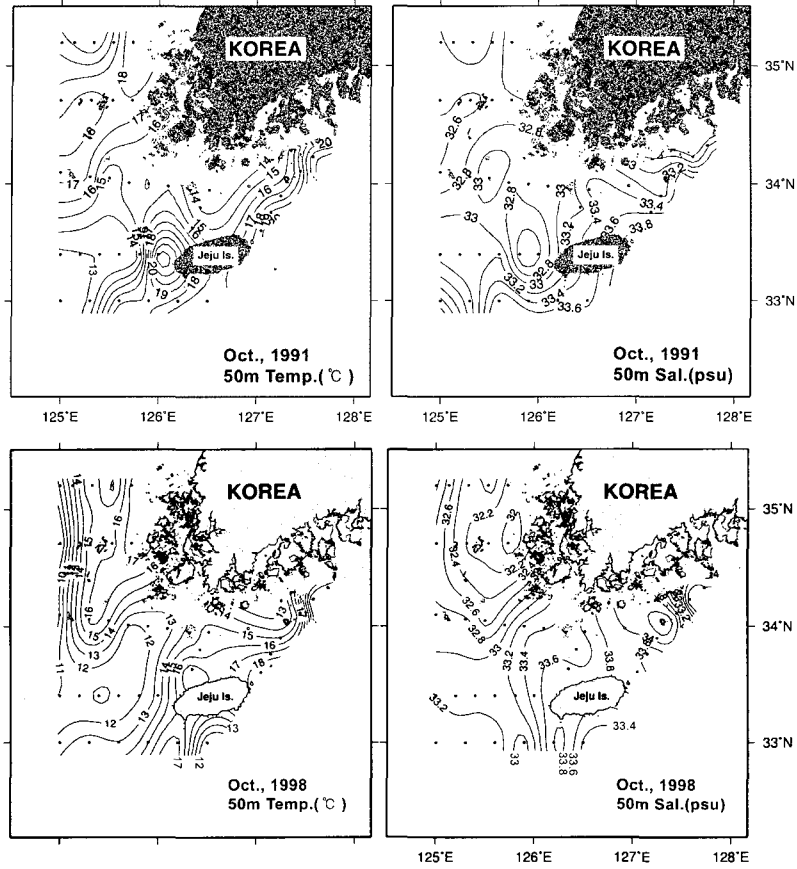


Fig. 7. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(psu) at the 50m depth in Oct., 1991 and 1998.

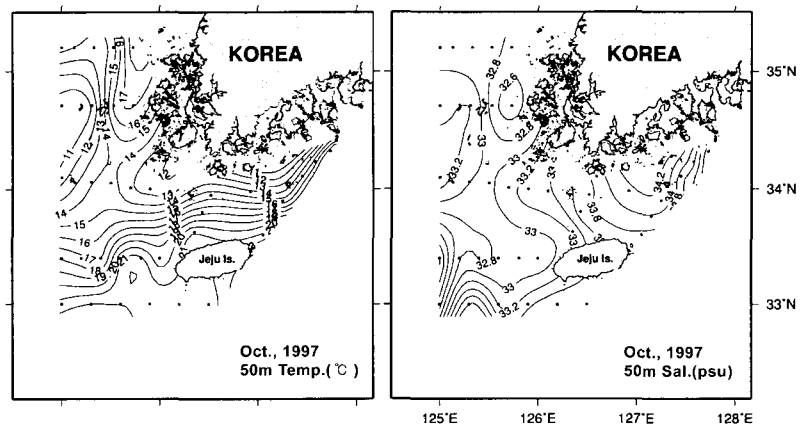


Fig. 8. Horizontal distributions of temperature and salinity at the 50m depth in October 1997.

2. 마라도 주변해역의 어장형성기구

1) 마라도 주변해역의 수온 및 염분분포 특성

마라도 주변해역의 동계해황을 파악하기 위해 2000년 12월 13일과 15일에 실시한 2회의 CTD 관측 결과에 의한 수온, 염분의 표층, 50m 및 저층의 수평분포 특성을 각각 Fig. 9, 10에 나타냈다. 12월 13일의 표층 수온분포는 18.2~18.6℃의 범위로 마라도 북동에서 남서방향을 경계로 마라도 북서쪽의 18.2℃의 냉수와를 중심으로 모슬포 연안에서 18.4℃의 저온수가 마라도쪽으로 분포해 있고, 남동쪽에는 18.6℃의 대규모 와가 북동에서 남서방향으로 길게 형성되어 있으며, 그 동쪽에 18.2~18.4℃의 저온수가 다시 분포해 있다. 염분분포 역시 수온과 같이 모슬포 연안쪽에서 마라도를 향하여 33.4~33.8psu의 저염분수가 확장하고 있고 마라도 주변에는 33.8psu와 34.0psu의 등염분선이 와의 형태를 이루면서 복잡하게 분포해 있으며, 마라도의 남동쪽 외측에 34.0~34.2psu의 고염분수가 출현하고 있다.

50m층의 수온과 염분분포는 18.4~18.6℃, 34.2psu의 범위로 표층해황에 비해 단순한 형태로서 그 양상은 북서쪽에는 18.4℃이하의 저온수가 넓게 분포해 있고, 남동쪽에는 18.6℃이상의 고온수가 마라도를 중심으로 북동에서 남서방향으로 길게 수온경계를 이루고 있다.

저층의 수온과 염분은 16.5~18.5℃, 34.2~34.4psu의 범위로서 가파도에서 마라도 동쪽을 향하여 18.5℃의 고온수가 설상으로 삽입된 것을 핵으로 마라도 주변 및 연안쪽에는 18.0~18.5℃의 고온수가 넓게 분포해 있고, 마라도 남쪽 외해측에 16.5~17.5℃의 저온수가 분포하여 마라도 주변에서 수온전선이 북동에서 남서방향으로 형성되고 있다. 이처럼 마라도 주변 및 연안쪽에 고온수가 분포하고 외해측으로 갈수록 수온이 낮아진 것은 마라도 주변 및 연안쪽에는 강한 조류와 지형적 영향에 의해 표층에서 저층까지 연직혼합이 잘 이루어져 전 수층이 거의 균질수가 되기 때문에 저층수온이 높아지고 외해측은 연직혼합이 저층까지 이루어지지 않으므로 표층 고온수가 저층까지 영향을 미치지 못한 결과라고 해석된다. 염분 역시 가파도에서 마라도 동쪽을 향하여

34.2psu의 저염분수가 18.5℃의 등온선과 거의 같은 모양으로 설상으로 삽입되어 있고 18.0℃ 등온선 분포와 비슷하게 34.4psu의 등염분선이 분포하여 마라도 주변 및 연안측의 저염분수와 외양수가 경계를 이루고 있다.

Fig. 10은 2000년 12월 15일의 수온과 염분분포 특성을 나타낸 것으로서 표층의 수온과 염분은 18.0~19.0℃, 33.4~34.2psu 범위로서 마라도 북동쪽에서 남서쪽으로 향하는 방향을 기준으로 모슬포쪽 연안에서 18.0~18.2℃, 34.2psu의 연안수가 마라도 주변을 향하여 분포해 있고, 마라도 서쪽연안에 냉수성 와가 형성되어 있어 13일의 수온분포와 거의 비슷한 양상을 나타내고 있지만, 가파도 남동쪽에 18.6℃~19.0℃, 33.4~33.8psu의 고온저염인 우선와가 수온, 염분분포 모두에서 뚜렷하게 나타나 있는 것이 특징이다.

50m층 역시 마라도 주변 및 연안측에 18.0℃ 이하의 저온수가 분포하고, 마라도 남쪽 및 남동쪽 외해측으로 갈수록 수온이 약간씩 높아져 18.2~18.4℃의 고온수가 분포하는 기본틀은 13일과 비슷하지만 마라도 서쪽에 17.8℃ 등온선이 와의 형태를 이루고 마라도 주변역의 18.0℃ 등온선 분포상태가 약간 복잡한 것은 13일과는 구별되는 점이다. 또, 50m층의 염분분포와 34.2psu 등염분선만을 표시할 정도로 거의 균질한 염분으로 되어있는 것은 13일과 같다. 저층 역시 13일과 같이 마라도 주변 및 연안쪽에 17.5~18.0℃의 고온수가 있고, 마라도 남쪽 및 동쪽의 외해측으로 갈수록 수온이 낮아져 16.0~17.5℃의 저온수가 분포하며 염분 역시 13일의 염분분포와 같다. 다만 13일보다 수온이 약간 낮아진 것이 구별점이라 할수 있다.

이상의 결과를 요약하면 마라도 주변에는 모슬포 연안역에서 남동쪽으로 확장하는 연안수와 마라도 주변외측에 분포하고 있는 대마난류수가 만나 약한 수온, 염분전선을 형성하고 있으며, 마라도 주변의 강한 조류와 지형적 영향에 의한 소규모 와가 조성되고 있을 뿐만 아니라, 수평 및 연직적 혼합이 왕성하게 이루어져 약한 수온, 염분전선을 경계로 연안측은 표층에서 저층까지 거의 균질수가 이루어지고 있다.

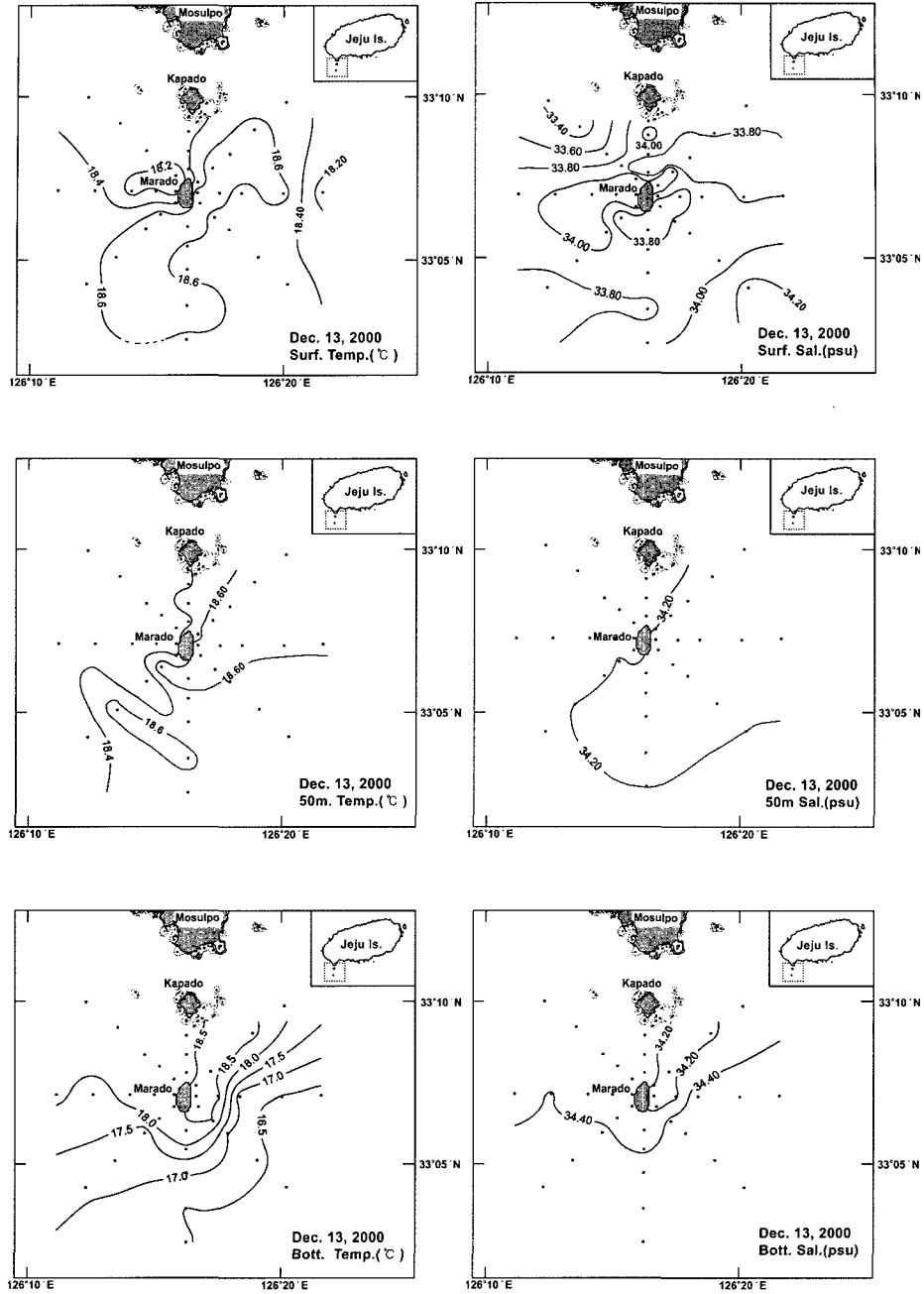


Fig. 9. Horizontal distributions of temperature and salinity at the surface, 50m and bottom in the study area in Dec. 13, 2000.

제주도 주변해역의 방어어장형성기구에 관한 연구

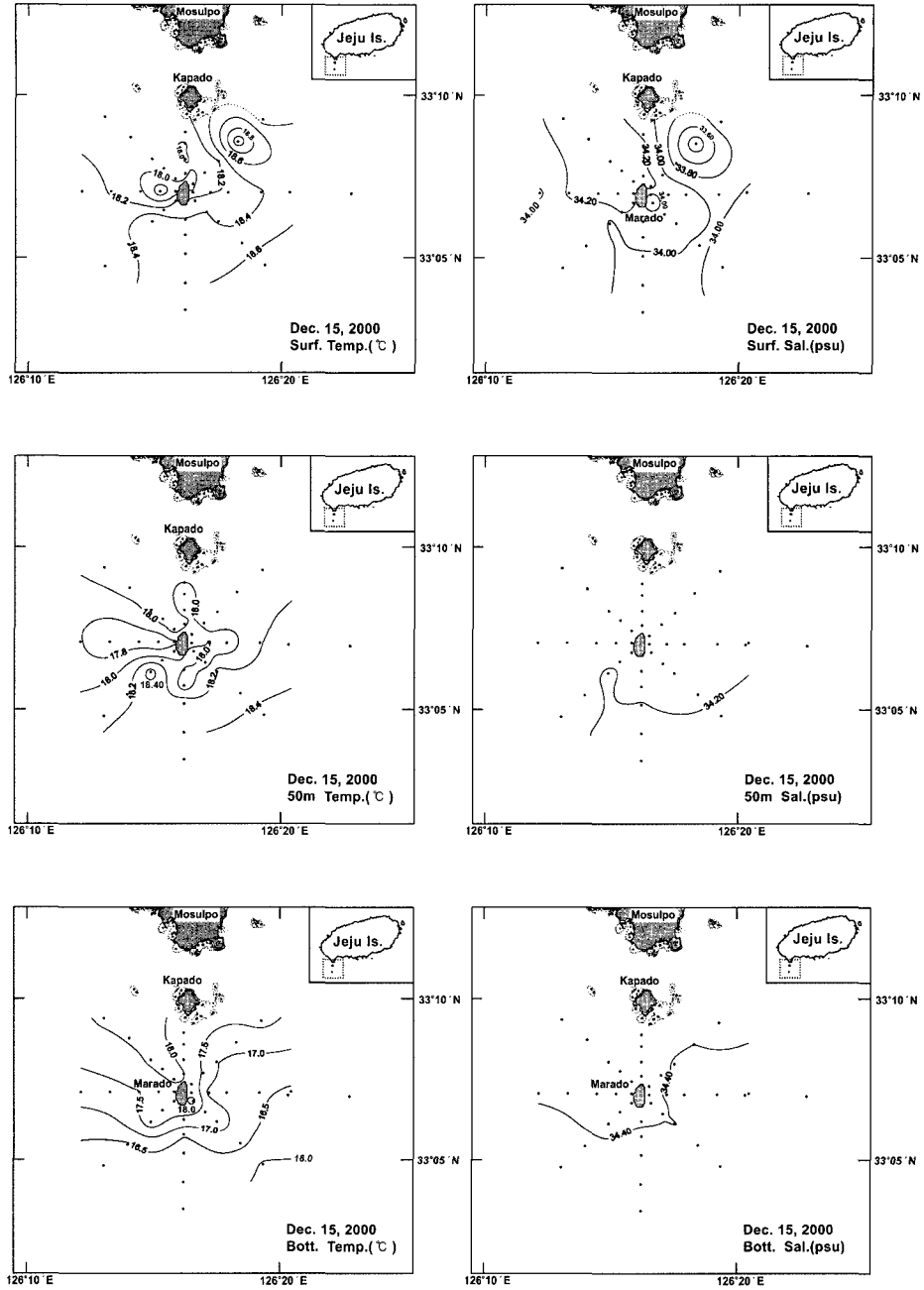


Fig. 10. Horizontal distributions of temperature and salinity at the surface, 50m and bottom in the study area in Dec. 15, 2000.

2) 마라도 주변해역의 해수유동

마라도 주변 해역의 해수입자 유동상황을 파악하기 위해 2001년 1월 30일, 31일의 창조류와 낙조류때 TGPS Buoy를 추적한 결과를 Fig. 11에 나타냈다. 1월 30일의 Buoy추적은 창조때 1시간 50분 추적한 결과로 총 2.5mile을 북서쪽으로 이동하였으며, 이때 평균 이동속도는 1.6knot였다. 낙조류때 1시간 50분 추적한 결과 남~남서방향으로 1.25mile 이동하였으며, 이때 평균 이동속도는 0.8knot였다. 1월 31일의 Buoy추적은 창조때 3시간 10분 추적한 결과로 이동방향은 북서방향으로 약 3.8mile 이동하였으며, 그중 평균 이동속도는 1.42knot였고 관측기간중 나타난 최고유속은 2.8knot였다.

3) 마라도 주변해역의 해저지형과 방어채낚기 어선의 분포

Fig. 12는 마라도 주변해역의 해저지형을 나타낸 것으로서, 동쪽이 서쪽보다 해저면의 경사가 완만해 동쪽은 마라도로부터 멀어질수록 40m, 80m, 90m의 수심으로 변해 동쪽 해역은 90m를 넘는 수심이 없지만 서쪽은 마라도에서 멀어질수록 80m, 100m, 120m의 수심으로 변해 해저경사가 동쪽에 비해 급하다. 특히, 제주도 남쪽의 대륙붕역에는 대체로 100m를 넘는 수심이 거의 없는데 비해 마라도 주위에는 수심 115~140m의 거의 원형으로 움푹 파인 심소가 마라도에서 방사상으로 5개나 분포해 있으며, 그중 마라도 북서쪽의 120~140m에 달하는 원형심소는 제주도 남쪽 대륙붕에서는 지금까지 발견되지 않은 특기할 만한 국부적인 심소이다. 이처럼 마라도는 수심 90~140m의 해저로부터 급경사로 돌출되어 있는 고립된 섬으로서, 극히 일부에만 40m미만의 천소가 있을 뿐이며, 주변 여러 곳에는 100m를 넘는 국부적인 원형심소가 있어 매우 불규칙한 해저지형을 이루고 있다.

Fig. 13은 마라도 주변해역에서 창조류와 낙조류때 방어채낚기 어선의 조업 위치를 나타낸 것으로서 창조류때는 마라도의 동쪽과 남쪽에 집중 분포해 있고, 낙조류때는 마라도의 서쪽과 북동쪽 그리고 가파도 남서쪽에 분포해 있어 창조류와 낙조류때의 조업위치가 다르며, 이들 위치는 마라도를 중심으로 조상(潮上)쪽에 어장이 분포하고 있는 양상이다. 그리고, 어장은 외해쪽보다 마라도 주변의 수심 100m미만의 천해역이면서 경사가 급한 마라도 연안역에 집중되어 있다. 따라서 마라도 주변의 방어채낚기 어장은 창조때는 마라도의 남·동쪽연안 가까이에서 어장이 형성되지만 낙조류때는 가파도 남서쪽 해저요철 해역과 마라도의 서쪽 및 북동쪽 연안의 해저 급경사역에 어장이 분포하고 있어 마라도의 조상쪽에 어장이 형성되고 있음을 잘 나타내고 있다.

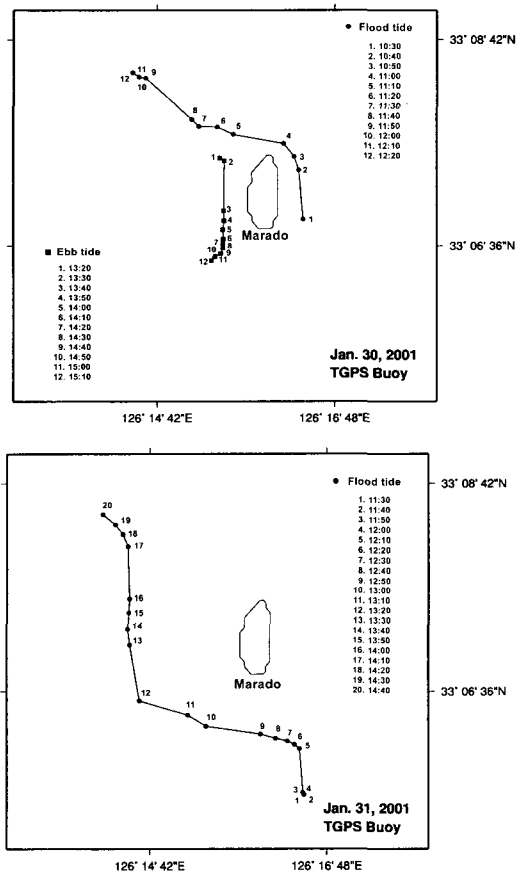


Fig. 11. Drift track of TGPS Buoy around Marado in Jan. 30~31, 2001.

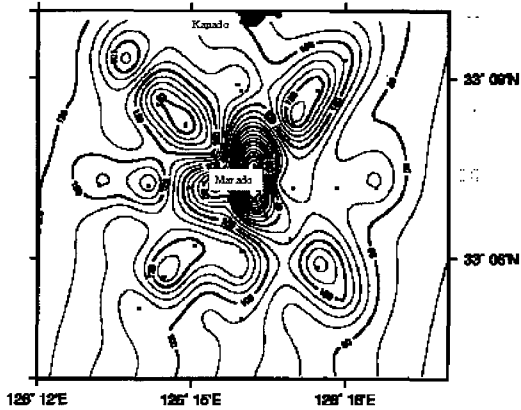


Fig. 12. Bottom topography around Marado.

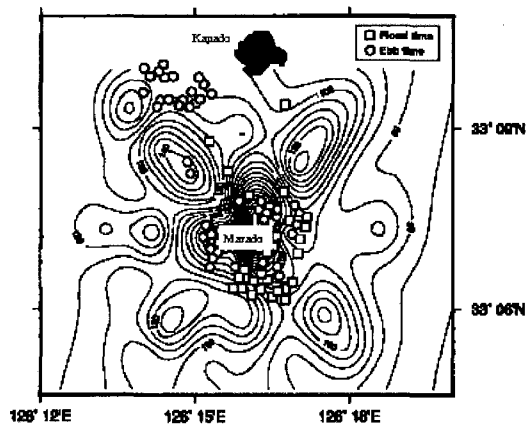


Fig. 13. Distributions of Handline Fishing boat around Marado.

4) 마라도 주변해역의 어장학적 특성

마라도 주변해역에서 방어 어장형성기구를 규명하기 위하여 2000년 12월 13일과 15일 2회에 걸쳐 마라도 주변에 방사상으로 설정한 관측정선을 따라 국부적으로 조밀 관측한 결과를 나타낸 Fig. 9, 10의 수온, 염분수평분포도에 의하면 표·중·저층 모두 마라도 주변해역에서 연안계수와 외양계수가 마주쳐 수온전선이 형성되고, 소규모의 지형성 와가 마라도연안과 가파도 남동쪽에 나타나고 있다. 또 Fig. 9의 표층에는 가파도 남서쪽에 33.40~33.80psu의 연안 저염분수가 출

현해 마라도 주변의 34.0psu이상의 외양수와 염분전선을 형성하고 있을 뿐만 아니라 마라도 주위에 33.8psu와 34.0psu의 등염분선이 고립와의 형태로 복잡하게 분포하고 있어 마라도 주위에서 연안계수와 외양계수가 서로 혼합되고 있는 양상을 나타내고 있다. 이와 같은 해황특성은 규모는 작지만 마치 극전선 부근에서 한·난수의 와가 복잡하게 분포하고 있는 것과 같은 해황이다. 이와 유사한 해황이 Fig. 10의 50m층 수온분포에서도 나타나고 있다.

마라도 주변해역은 창조류때 1.5~2.8knot 정도의 빠른 해조류가 나타났고(Fig. 11 참조), 마라도와 가파도 사이에도 1.3~1.8knot 정도의 강류가 관측되므로 마라도 주변해역은 제주도 주변해역중에서도 비교적 조류가 강한 해역이다. 이처럼 마라도 주변해역은 연안계수와 외양계수간에 형성되는 수온·염분전선, 마라도 주위에 생성되는 소규모의 지형와, 연안계수와 외양계수간의 복잡한 수평혼합 및 강한조류와 불규칙한 해저지형 및 고립도서로 특징 지워지는 지형적·여건 등에 의한 표·저층간의 왕성한 연직혼합 등과 같은 어장학적인 호조건이 두루 갖추어져 있다.

考 察

추자도 및 마라도의 방어어항과 10월의 해황특성을 분석한 결과, 황해남동부와 한국남해연안 및 제주도 주변해역에서 15.0~18.0℃ 범위의 고온수 및 11.0~14.0℃의 저온수의 분포형태에 따라 풍·홍어가 결정되는 특성이 나타났다.

이러한 특성은 추자도와 마라도 두 해역에서 풍·홍이 같이 나타날 때도 있지만 각 각 다르게 나타나기도 했다. 즉, 황해남동부와 한국남해연안역에서 추자도와 마라도 주변해역으로 15.0~18.0℃의 고온수 등온선이 넓게 연결되거나 그 주변해역에 와가 형성될 때 풍어가 나타났다. 이와 반대로 11.0~14.0℃의 저온수가 추자도 주변해역 및 한국남해에 넓게 분포하여 황해남동부에 나타나는 고온수가 제주해협과 연결되는 것이 차단되고, 한국남해연안역의 고온수가 외해쪽으로

밀려나 추자도와 제주해협 남부 및 제주도 서쪽 해역까지 고온수의 영향이 미치지 못할 때이다. 그리고, 추자도와 마라도 주변해역의 해황과 어황이 다르게 나타날 때의 경우는 1991년도로 추자도는 $20M/T$ 이고, 마라도는 10년(1991~2000년) 중에 최고어획량인 $640M/T$ 이 잡힌 해로서 추자도 어획량에 비해 32배에 달하는 풍어를 보였다. 이 해의 해황특성은 추자도 주변해역에는 한국남해연안역에서 발달한 $14.0^{\circ}C$ 이하의 저온수 세력이 분포하고 있지만 제주도 서부에 $15.0\sim 21.0^{\circ}C$ 의 침강성 대형 와가 형성되고, 이 와는 마라도 주변까지 영향을 미치고 있으며, 황해남동부 및 한국남해연안의 $15.0\sim 17.0^{\circ}C$ 의 고온수가 추자도 주변해역의 $14.0^{\circ}C$ 의 저온수를 피해 제주도 서부에 형성되어 있는 대형 와에 연결되므로서 방어어군이 이 고온수를 따라 마라도주변까지 이동하기 쉬운 해황이 형성되고 있다. 또한 1998년의 경우에는 추자도의 어획량이 $70M/T$ 인데 비해 마라도는 $290M/T$ 으로서 추자도보다 약 4배 정도 높은 어획량이 나타난 해이다. 이 시기의 해황특성은 제주도 서부외해에서 발달한 $11.0\sim 14.0^{\circ}C$ 의 저온수가 추자도 주변해역까지 설상으로 삼입되고 있어 황해남동부에서 남하하는 $15.0\sim 16.0^{\circ}C$ 의 고온수를 차단시키고 있는 반면, 마라도 주변해역에는 한국남해연안에서 출현하는 $13.0\sim 14.0^{\circ}C$ 의 저온수 외측에 나타나는 $15.0\sim 18.0^{\circ}C$ 의 고온수가 제주해협남부를 통해 제주도 서쪽연안과 마라도까지 연결되어 있고, 또 한국남해안의 고온수가 제주도 동쪽연안까지도 연결되어 있으므로 황해남동부보다는 한국남해연안에서 이동해 온 방어어군이 제주도주변의 고온수역을 따라 마라도까지 회유해 올 수 있는 환경이 형성된 것으로 판단된다. 그러므로 마라도 주변해역의 방어어장은 한국남해와 황해남동부의 양해역으로부터 월동장 내지는 산란장으로 이동하는 방어어군에 의해 형성되는 어장이라고 판단된다. 따라서 추자도 주변해역에 $14.0^{\circ}C$ 이하의 저온수가 출현하여 추자도 주변해역에 흉어가 나타나더라도 황해남동부 및 한국남해로부터 $15.0\sim 18.0^{\circ}C$ 의 고온수가 제주도 서부 및 동부해역을 통하여 마라도 주변해역까지 연결되는 경우는 마라도 주변어장에 풍

어가 나타날 수 있다. 이처럼 추자도 및 마라도 주변해역의 방어어장의 풍·흉은 제주도 주변해역의 수온분포 상태에 의해 크게 좌우되고 있다. 이와 같은 수온과 방어어장과의 관계에 관해서는 여러 연구가 있는데 橋本(1998)는 방어 1세어 이상의 어획량은 $13.0^{\circ}C$ 이하의 냉수의 이·접안이 큰 영향을 미치고 있고 냉수역을 감싸듯이 흐르는 대마난류가 나타날 때 흉어가 되는 경향이 있다고 보고하였고, 宇田(1964)는 외해수가 연안수인 방어 회유적수온대를 압박하는 것이 흉어의 징후라고 보고했다. 그리고, Hara(1990a,b,c)는 어장부근에 냉수역의 이·접안이 방어의 체류시간을 좌우할 가능성이 높고, $100m$ 층에 한류계수가 접근하는 상태에 따라 어획량의 변화가 크게 나타난다고 보고했다.

또한, 해황특성중 염분분포와 방어어획량과의 관련성을 살펴보면 추자도와 마라도 주변해역에 풍·흉어가 나타날 때 염분은 모두 $32.6\sim 33.8$ psu 범위의 분포를 보이고 있어 제주도 주변해역의 염분분포는 방어어획의 풍·흉을 좌우하는 결정적인 요인이 아닌 것 같고, 염분과 방어어획과의 관계에 관한 문헌도 거의 없다.

마라도 주변해역은 연안계수와 외해계수간에 형성되는 수온·염분전선, 마라도 주위에 생성되는 소규모의 지형성 와, 연안계수와 외양계수(대마난류수)간의 복잡한 수평혼합, 강한 조류와 불규칙한 해저지형 및 고립도서로서 특징 지워지는 지형성 특성 등에 의한 표·저층간의 왕성한 연직 혼합등과 같은 어장학적인 호조건이 두루 갖추어져 있는 해역이다. Fig. 14는 마라도 주변해역의 창조류때의 흐름 모식도를 나타낸 것으로서 마라도의 남쪽(조상측)과 서쪽 및 북쪽(조하측)에 지형성 와가 형성 될 수 있는 유선분포가 나타나 있고, 이와같은 도서주변의 흐름에 따른 지형적인 와의 생성이나, 이러한 지형성 와와 도서주변의 방어어장 형성과의 관계를 설명한 많은 보고가 있다. 즉, 宇田(1964)는 섬주변에 어군이 집적되는 원인으로서 흐름의 앞부분에는 발산성 와를 생성시키고 이 부근에 유영력이 강한 어류가 모이며 흐름의 뒷부분에는 수축성 와가 만들어지므로 어장이 형성된다고 했고, 이와같은 어장이 형

성되는 곳으로 伊豆大島 동쪽의 방어와 고등어 어장등이 있으며, 佐渡와 對馬島부근에도 먹이생물과 함께 지형성 와류역에 방어, 오징어 어장이 형성되는 예를 제시했다.

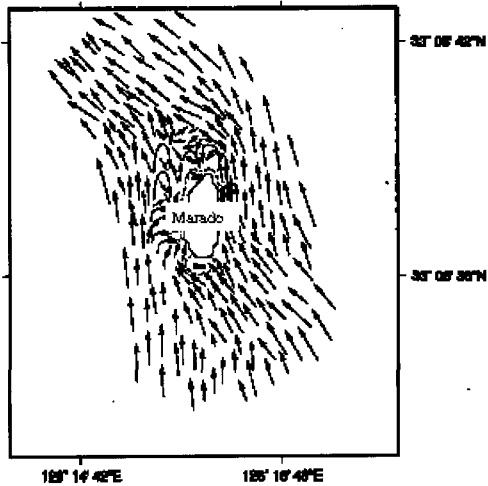


Fig. 14. Current pattern around Marado during Flood tide.

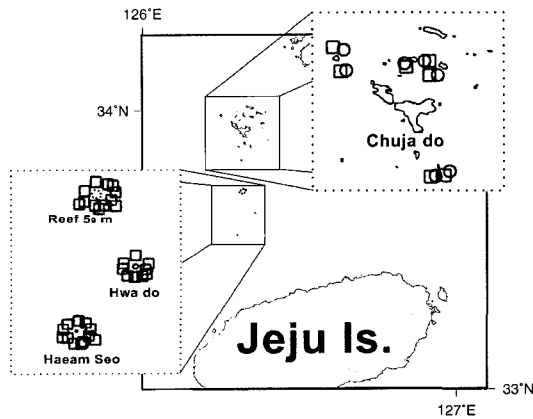


Fig. 15. Distributions of Handline Fishing boat in the Northwest sea of Jeju Island (□, ○:Fishing positions of handline fishing boat).

또 우리나라의 경우도 울릉도, 흑산도 등에서 이와 같은 어장이 형성되고 있으며, 제주도 주변해

역 중 추자도 주변해역의 크고 작은 섬주변과 제주해협 의 화도 및 그 부근의 초 주변, 해암서 주위에서도 방어어장이 Fig. 15와 같이 형성되고 있다. 이처럼 도서 및 초 주변에 형성되는 지형성 와류역에 방어군이 체류하는 습성을 갖고 있으므로 마라도 주변해역의 어장에서도 이러한 현상이 Fig. 13의 선박의 조업위치에서도 나타나고 있다. 즉, 마라도 주위 어장에서는 조류방향의 변화에 따라 섬의 조상측(潮上側)에 방어어장이 형성되고 있다.

앞에서 지적한 여러 가지 어장학적 상황을 종합적으로 정리하면 추·동계에 형성되는 마라도 주변해역의 방어어장은 한국 동·서·남해 연안역으로부터 월동과 색이 및 산란을 목적으로 남하하는 방어군이 제주도 서부 및 동부해역을 거쳐 마라도 주변해역까지 이동해 오는 방어군을 대상으로 하는 어장이며, 이 어장이 10월부터 2월까지 장기간에 걸쳐 형성되는 것은 한국연안역으로부터 이동해오는 어군들의 남하시기 내지는 이동거리, 이동속도에 차가 있기 때문이라고 판단된다. 이처럼 마라도는 동중국해의 월동장 내지는 산란장으로부터 한국연안역으로 북상회유한 방어어군이 추·동계에 월동장으로 이동하는 남하경로에 해당되므로 이곳까지 이동해온 방어군이 마라도 주변에 나타나는 연안계수와 외양계수간에 형성되는 수온·염분전선, 섬주위의 소규모 와, 강한조류와 지형적 특성에 의한 수평 및 연직혼합 등과 같은 어장학적인 호조건에 의해 섬주변에 체류하게 되고 이들 체류어군은 조류방향에 따라 섬의 조상측에 농밀군을 이루어 형성되는 조상측 어장이라고 판단된다.

要 約

1. 추·동계에 추자도 주변해역에서 풍어를 보이는 해는 추자도 주변 및 제주해협과 한국남해 연안역에 15.0~18.0℃의 고온수가 분포하고 이들 고온수의 등온선 간격이 넓을 때이며, 풍어를 보인 해는 추자도 주변 및 제주해협과 한국남해연안역에 11.0~14.0℃의 저온수가 넓게

분포하여 황해남동부 및 한국남해연안역으로부터 15.0~18.0℃의 고온수가 추자도 주변해역까지 영향을 미치지 못하는 해이다.

2. 마라도 주변해역에서 추·동계 풍어가 나타나는 해는 마라도 주변해역이 황해남동부 및 한국남해로부터 15.0~19.0℃의 고온수로 연결되어 있어 황해남동부 및 한국남해로부터 방어가 마라도 주변해역까지 이동하기 알맞은 수온분포를 하고 있을 때이고, 흥어가 나타나는 해는 제주해협에 14.0℃ 이하의 저온수가 넓게 분포하여 황해남동부 및 한국남해로부터 마라도 주변해역까지 15.0~19.0℃의 고온수가 연결되지 않거나 한국남해로부터 15.0~19.0℃의 고온수가 제주해협과는 연결되지만 마라도 주변해역은 21.0℃ 이상의 외양수 영향을 받고 있어 한국남해연안역으로부터 마라도 주변해역으로 방어군이 이동하기 어려운 수온분포를 하고 있을 때이다.
3. 추자도 주변해역에 14.0℃이하의 저온수가 분포하여 추자도 주변어장은 흥어가 나타나더라도 한국남해연안역으로부터 15.0~19.0℃의 고온수가 제주도의 동·서쪽 연안을 통하여 마라도 주변해역과 연결될 때는 마라도 어장에 풍어가 나타날 수 있다. 그러므로 마라도 주변해역의 추·동계어장은 한국남동부 및 한국남해로부터 월동장 내지는 산란장으로 남하하는 방어군에 의해 형성되고 있다.
4. 추자도 및 마라도 주변해역의 추·동계 방어어장의 풍흉은 제주도 주변해역의 수온분포에 의해 크게 좌우되지만 염분분포는 크게 영향을 미치지 않는 것 같다.
5. 마라도 주변해역의 추·동계 방어채낚기어장은 한국연안역으로부터 월동장 내지 산란장으로 남하하는 방어어군이 마라도 주변에 나타나는 연안계수와 외양계수(대마난류) 간에 형성되는 수온·염분전선, 섬주변의 소규모 와, 강한조류 및 지형적 특성(불규칙한 해저지형 및 고립

도서)에 의해 이루어지는 왕성한 수평 및 연직 혼합 등과 같은 어장학적 호조건에 의해 마라도 주변에 체류하게 되고, 이들 체류어군은 조류방향에 따라 섬의 조상 측에 농밀군을 형성하는 섬의 조상측 어장이다.

참 고 문 헌

- Mitani, Fumio(1959) : On shoals of the Yellow tail, *Seriola quinqueradiata* T. & S., migrating to the Tsushima Island, Bull. Japanese Soc. Sci. Fish. 24(11), 888~892.
- Han, Hi-Soo and Lee, Bo-Hweng (1974) : On shoals of the Yellow tail migrating to the East Sea of Korea, Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 12, 27~36.
- Rho, Hong-kil (1985) : Studies on marine environment of fishing grounds in the water around Jeju Island, Ph. D. Thesis, Univ. of Tokyo, 1~215.
- Kim, In-Ok and Rho, Hong-Kil(1994) : A study on China Coastal Water appered in the neighbouring sea of Cheju Island, Bull. Korean Fish. Soc., 27, 515~528.
- Uda, Mititaka and Honda, Koiti (1934) : The catch of Kettle Nets in two fishing grounds on the coasts of Nagasaki Prefecture and Idu Peninsula, Nippon Suisan Gakkaishi, 2(5), 263~271.
- Nakao, T. (1977) : Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and Yellow Sea, J. Fac. Mar. Sci. Tech., Tokai. Univ., Japan, Spec. P. 190~367.
- Hara, Noriyuki (1990a) : An abundance index of Yellow tail immigrating into the sea of Japan and Its yearly variation, Nippon Suisan Gakkaishi, 56(1), 19~24.
- Hara, Noriyuki (1990b) : An abundance index of Yellow tail immigrating into the sea of Japan and Its yearly variation, Nippon

- Suisan Gakkaishi, 56(1), 25~30.
- Hara, Noriyuki (1990c) : Yearly fluctuations of young Yellow tail catch in the coastal area of the sea of Japan, Nippon Suisan Gakkaishi. 56(12), 1933~1939.
- Kitahara, Takeru and Hara, Noriyuki (1990) : An abundance index of immigrants in exploited migratory populations, Nippon Suisan Gakkaishi. 56(12), 1927~1931.
- Murayama, Tatsuro (1992) : Migration of young Yellow tail in the Japan Sea estimated from tagging experiments, Nippon Suisan Gakkaishi, 58(3), 417~426.
- Kim, Sang-Hyan (1996) : Studies on the assembling mechanism of the Hairtail, *Trichiurus lepturus*, at the fishing ground of the Cheju Strait, Ph. D. Thesis, Cheju National Univ., 1~168.
- 江波澄雄 (1975) : 對馬暖流, 水産學シリーズ, 5, 69~114.
- 橋本 寛 (1998) : 潮流と水温分布およびブリ漁獲量との関係, 日本海區水産研究所報告, 38, 101~125.
- 日本海區水産研究所, ほか20機關 (1966) : モジャコ採捕ブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書, 99.
- 日本海區水産研究所, ほか20機關, (1970) : モジャコ採捕ブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書(續報), 99.
- 宇田道隆 (1964) : 海洋漁場學, 水産學全集, 16, 102~260.
- 三谷文夫 (1960) : ブリの漁業生物學的研究, 近大農紀要, 1, 81~300.
- 村山達郎 (1991) : 日本海におけるブリの資源生態に関する研究, 博士學位論文, 京都大學, 京都, 1~108.
- 국립수산진흥원 (1994) : 연근해 주요어종의 생태와 어장, 137~142.
- 한국과학기술원 해양연구소 (1987) : 해양생물 생태자료집, 82~88.