

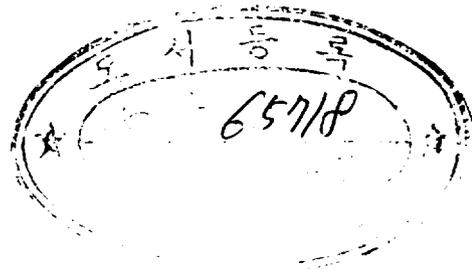
17
1284
02813

석사학위논문

한국 남·서해 및 동중국해 북부해역에 출현하는 전선과 어황

 제주대학교 대학원
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
어업학과

양 영 진



1997년 12월

한국 남·서해 및 동중국해 북부해역에 출현하는 전선과 어황

지도교수 노 홍 길

양 영 진

이 논문을 수산학 석사학위 논문으로 제출함.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1997년 12월

양영진의 수산학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 안 영 화

위 원 안 장 영

위 원 노 홍 길

제주대학교 대학원

1997년 12월

**Fronts and fishing conditions observed
The South-West Sea of Korea and the
Northern sea area of East China Sea**

 **YOUNG-JIN YANG**
(Supervised by professor **HONG-KIL RHO**)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF FISHERIES SCIENCE**

**DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

1997. 12

目 次

| | |
|----------------------------------|-----|
| List of Figures | ii |
| List of Tables | iii |
| Summary | 1 |
| I. 서 론 | 4 |
| II. 개 요 및 방 법 | 6 |
| III. 결 과 | 10 |
| 1. 연구 대상해역의 해저지형 | 10 |
| 2. 한국 남·서해 및 동중국해 북부해역의 해황 | 10 |
| 1) 통 계 | 12 |
| 2) 춘 계 | 23 |
| 3) 하 계 | 25 |
| 4) 추 계 | 27 |
| 3. 전선의 출현해역과 그 변동 | 29 |
| 1) 년변동 | 29 |
| 2) 월변동 | 32 |
| 3) 단기적 변동 | 37 |
| 4) 제주해협에 출현하는 수온 전선의 변동 | 39 |
| 4. 전선역의 연직적 수온, 염분, 밀도 변화 | 45 |
| 5. 수온전선과 선망어장 | 51 |
| IV. 고 찰 | 56 |
| 1. 전선 형성기구와 그 변동특성 | 56 |
| 2. 전선대와 선망어장과의 관계 | 59 |
| V. 요 약 | 61 |
| 참 고 문 헌 | 63 |
| 감사의 글 | |

List of Figures

| | |
|--|----|
| Fig. 1. Oceanographic Stations of National Fisheries Reserach & Development Agency(Dotted Line is 400 Line). | 7 |
| Fig. 2. Locations of oceanographic stations in the Cheju Strait. | 8 |
| Fig. 3. Bottom topography in the around Cheju Island, the South-West Sea the Korea and the Northern area of the East China Sea. | 11 |
| Fig. 4. Horizontal distribution of the sea surface temperature by NOAA Satellite. | 13 |
| Fig. 5. Bimonthly horizontal distributions of the Maximum and Minimum Temperature($^{\circ}\text{C}$) and Salinity(‰) in 1995. | 15 |
| Fig. 6. Yearly frontal contour of temperature at the sea surface. | 30 |
| Fig. 7. Monthly frontal contour of temperature at the sea surface. | 33 |
| Fig. 8. Daily variations for a month of Sea Surface Fronts(Jan. 1993; Apr. 1996; Jul. 1994; Oct. 1996). | 38 |
| Fig. 9. Short term variations of sea surface fronts. | 40 |
| Fig. 10. Seasonal frontal contour of temperature at the sea surface in the Cheju Strait. | 42 |
| Fig. 11. Seasonal frontal contour of temperature at the depth of 50m in the Cheju Strait. | 43 |
| Fig. 12. Seasonal frontal contour of temperature at the bottom in the Cheju Strait. | 44 |
| Fig. 13. Vertical profiles of temperature($^{\circ}\text{C}$, T), salinity(‰ , S) and density(σ_t , D). | 46 |
| Fig. 14. Monthly relationship between frontal movement and fishing conditions in the period of during 1991~1996. | 52 |
| Fig. 15. NOAA infrared image taken on Feb. 1987; Apr. 11, 1997; May, 24, 1996; Jul. 25. 1997; Sep. 12. 1997; Oct. 20, 1997(from NFRDA). | 58 |

List of Tables

| | |
|---|----|
| Table 1. Name of fishing fleets. | 9 |
| Table 2. Seasonal shape of fronts observed the South-West Sea of Korea and the Northern sea area of the East China Sea. | 37 |



Summary

In order to illustrate location, shape, seasonal change condition, the frontal formation mechanism and vertical oceanographic conditions of SST(Sea Surface Temperature) fronts were observed at the South-West Sea of the Korea and the Northern sea area of the East China Sea, SST distribution data which analysed and rearranged SST IR image during the period of 1991~1996, serial oceanographic data reported by NFRDA, oceanographic data were carried out in Cheju Strait by use of a guidance ship belonging to a Cheju Provincial Government utilized. Also to clear up the relationship between analysed fronts and fishing grounds formation, fishing conditions data by the Korea Purse seine of 41 fishing fleets from 1991 to 1996 rearranged. Summary of the results obtained are as follows

1. In winter, Southward moving low temperature and salinity water from the western area of the Chindo to the western area of the Cheju Island appear, but warm water over 10°C and 34.00‰ intrude into the south area of Chindo. Cold water at the surface layer appear in the adjacent sea of Daehuksan Island when SST rise suddenly from June.

The study area is showed oceanographic conditions of winter season from December to April, exchange period from winter to spring in May, from spring to summer in June, from July to September oceanographic conditions of summer season, from summer to autumn in October and autumn to winter in November.

2. Formed frontal zone in the South-West Sea of the Korea and the Northern sea area of the East China Sea are grouped with several pattern.

Because frontal zone of "L" type occurred in the South-West Sea

of the Korea during the period of January~April did not meet with frontal zone of "ㄹ" a long type occurred in the North western area of the Cheju Island toward southeastern, it was made with clockwise "ㄴ" shape of Korean Language at the west sea of the Cheju Island, with winter pattern. Summer pattern of frontal zone with "L" shape only occurred in the coastal region of the South Sea-West Sea of Korea from June to August.

Frontal zone of "L" shape at the coastal region in the South-West Sea of Korea and frontal zone in the Southwestern sea of the Cheju Island come into contact each other in May, September~October. There are formed Spring and Autumn patterns of a crossing with three corners shape like lie down to the left side at the around sea area of the Cheju Island.

Frontal zone with type of strait line occurred the coastal region in the Southern Sea of Korea and it of the Southwestern Sea of Cheju Island met in the west area of Cheju Island, and formed "ㄱ" of Korean Language" inversed type with "ㄹ" shape in November~December.

3. Because a short period variations of fronts not move largely in several days, fishing grounds that is formed in frontal band have a durability for several days. Frontal zone of the southwestern sea of Cheju Island have largely the change of locations than that of the Korea south coast.

Frontal zone that is occurred every year at the southern sea of Korea with the north-south movement, move the most southern in spring and autumn, and approach the closest to the coast area in winter. Frontal zone of the southwestern sea of Cheju Island have east and west movement, and it reach to closest westward area in winter and eastward area in summer like the seasonal change of

the Tsushima Current. Moreover the frontal zone of the southwestern sea of Korea weaken extremely in March, April and November.

4. SST fronts be situated near connection a line from Chuja Island to Yeose Island or Chungsan Island in the Cheju Strait every year. Two and three water mass coupled at area of those. And the thermocline, salinocline, pycnocline and inversion phenomenon appeared at the boundary area of the water mass respectively. Except for November~January, the coastal sea area of Cheju Island appear the tidal mixing front with the Ring Shape. Fronts are formed between the coastal water of Cheju Island and Tsushima currents connect frontal zone of the coastal region in Southern sea of Korea with it of Southwestern sea area of Cheju Island in May and October specially.
5. Purse seine fishing grounds in the Southern sea of Korea and the Northern sea area of the East China Sea formed good fishing conditions at the frontal zone and surroundings of the onshore edge of the Tsushima current every year. Fishing grounds of the warm current area like the Pocket Shape in western sea of Cheju Island, the main stream of the Tsushima current of high water temperature(14~16℃) area between Cheju Island and Goto Islands in winter season, the surrounding sea area of the Tsushima Current in winter and spring season be made a classification. Besides good fishing conditions is showed in the Yellow Sea Warm Current area between the offshore side of the Coastal Fronts and Yellow Sea Bottom Cold Water in summer and autumn season.

I. 서 론

한국남·서해 및 제주도 근해의 동계에는 대마난류 및 황해난류, 황해빙수, 한국남·서해 연안수 등이 출현하고 하계에는 고온저염의 중국대륙연안수가 표층을 점유하면서 중·저층에는 황해저층빙수, 한국 남·서해연안수, 대마난류수 등이 출현하여 이러한 이질수괴들이 시기와 계절별로 서로 상집하여 복잡한 해황을 형성한다(Nakao, 1977; 김·노, 1994; 노, 1985; 김, 1995; Zhang *et al.*, 1996).

그러므로 이들 해역에 출현하는 고온·고염의 난류세력과 저온·저염의 냉수세력 및 연안수들 사이에서 수온·염분 전선이 형성되며 이들 전선은 위치나 형상의 시·공간적 변화가 예상된다. 또 서로 다른 이질수괴가 부딪치는 전선역에는 와동현상의 발달이나 전선의 굴곡과 장벽효과 등이 있어 어류의 분포와 회유에 영향을 미치고, 특히 북반구에서 난수성화(暖水性渦)는 물질의 집적효과, 냉수성에서는 용승현상에 의해 영양염류가 풍부한 저층수를 상층에 공급하여 생산성을 높이므로 어류를 밀집시키는 역할을 한다.

어장학적으로 매우 중요한 전선연구는 Nakao(1977), KORDI(1977), 조(1986) 등이 대마난류와 중국대륙연안수사이에서 형성되는 전선이 있고, 한국 남해역과 한국 남서해역 제주도 주변해역에서 형성되는 전선에 관해서는 공(1971), Zheng and Klemas(1982), 이(1983), 조(1986), 이 등(1984), 양(1994) 등이 있다. 한국 남서해역을 중심으로한 전선과 어장과의 관해서는 공(1971), 노·정(1978), 노(1985), 조·양(1985), 조(1986) 등의 여러 연구가 있다. 또한 전선의 수치적 정의는 어렵지만, Uda(1959), 공·손(1982), 박·최(1995) 등이 수치적으로 제시한 논문이 있다.

그럼에도 불구하고 한국 남·서해 및 동중국해 북부 해역에 형성되는 전선대의 위치 및 그 형상, 장·단기적 변동상황, 전선 형성기구, 전선역의 연직구조인 수온·염분의 미세구조, 전선과 어장과의 관계 등에 대해 종합적이고 구체적인 연구가 이루어져 있지 않다. 그러므로 월동장에서 산란장, 성육장, 색이장 등으로 이동하는 한국 연근해 내유(來遊) 어군들의 이동경로나 이합집산(離合集散), 분포범위 등을 환경과 관련지워 설명하기 어려운 점이 많았고, 이러한 기초적 연구가 미흡한 관계로 어·해황예보를 정도 높게 실시하지 못하는 근본 원인이 되기도 했다.

따라서 이러한 연구를 깊이 있게 수행하기 위해서는 우선 전선역의 위치나 형상기부, 장·단기적 변화 등을 충분히 파악할 수 있는 최소한 월별 관측 이상의 단주기 광역 관측자료가 필요한데도 불구하고 국립수산진흥원의 선박을 이용한 기원 해양관측 체계에서는 본 연구에서 시도하는 내용을 만족시킬 수 있는 자료를 확보하기 어려웠다. 그러나 최근에 인공위성을 이용한 광역의 표층수온을 동시에 관측할 수 있는 시스템 개발에 의해 비록 표층수온전선에 한정되기는 하지만 본 연구에서 시도하는 광범위 해역에 대한 종합적이고 구체적이며 장·단기 변동 상황까지 파악할 수 있는 자료가 국립수산진흥원으로부터 발표되고 있다. 그러므로 본 연구는 최근에 발표되는 월별 관측 주기 이상의 단주기적 표층수온 관측자료로부터 한국 남·서해 및 동중국해 북부 해역의 전선 출현 위치를 년별, 월별, 일별로 구해내고 이들 전선 위치와 선망어선으로부터 직접 얻은 41선단의 한국선망 어선 조업 상황자료를 대응시켜 연구대상해역의 전선과 어황의 관계를 종합적으로 분석하여 지금까지 연구되지 못한 미흡한 부분을 보완하고 어·해황예보의 정도 향상에 필요한 기초자료를 제공하는데 본 연구의 목적이 있다.



II. 재료 및 방법

본 연구대상해역은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 한국 남해는 국립수산진흥원 해양관측정선 207선 이서해역, 한국 서해는 310선 이남해역, 동중국해는 316선 이북 해역이며 한국 서해와 동중국해의 서쪽한계는 124° E이다.

이 연구에서 사용된 자료는 국립수산진흥원 해양조사년보에 발표된 해양관측 정선 203~207, 311~316, 400선의 1990년부터 1995년까지의 격월별(2월, 4월, 6월, 8월, 10월, 12월) 수온, 염분 자료 및 동기관에서 인공위성으로부터 수신하는 화상 자료를 보정하여 표면수온으로 발표하는 한국근해 수온분포 중 1991년부터 1996년까지의 자료, 국립수산진흥원에서 발표하는 인공위성 화상자료(Inter Net)를 사용하였다.

또 제주해협을 국지적인 전선형성 상태와 전선역의 연직 수온, 염분, 밀도의 미세구조를 파악하기 위하여 Fig. 2와 같이 제주도 주변해역의 국립수산진흥원 해양관측 정선보다 조밀하게 설정된 해양관측 정선을 따라 제주도청 소속 어로지도선인 삼다호(G/T 250톤급)를 이용하여 1995년 1월부터 1996년 12월까지 매월 조사한 제주해협 수온, 염분, 밀도자료를 활용하였다.

전선이 어황에 어떠한 영향을 미치는가를 파악하는데 사용한 어황정보는 1991년부터 1996년까지 41개 선단(Table 1)의 조업상황을 정리한 자료를 사용하여 아래와 같이 각 해구별 CPUE를 구하였다.

$$TY_i = \sum_{j=1}^n SY_j$$

(TY_i : 각해구의 총어획량, SY_j : 각해구의 어선별 총어획량)

$$EF_i = \sum_{j=1}^n ES_j$$

(i = 각해구, j = 조업어선수(1, 2, ..., n),

EF_i : 각해구의 총노력량, ES_j : 각해구의 어선별 총양당회수)

$$CPUE_i = TY_i / EF_i$$

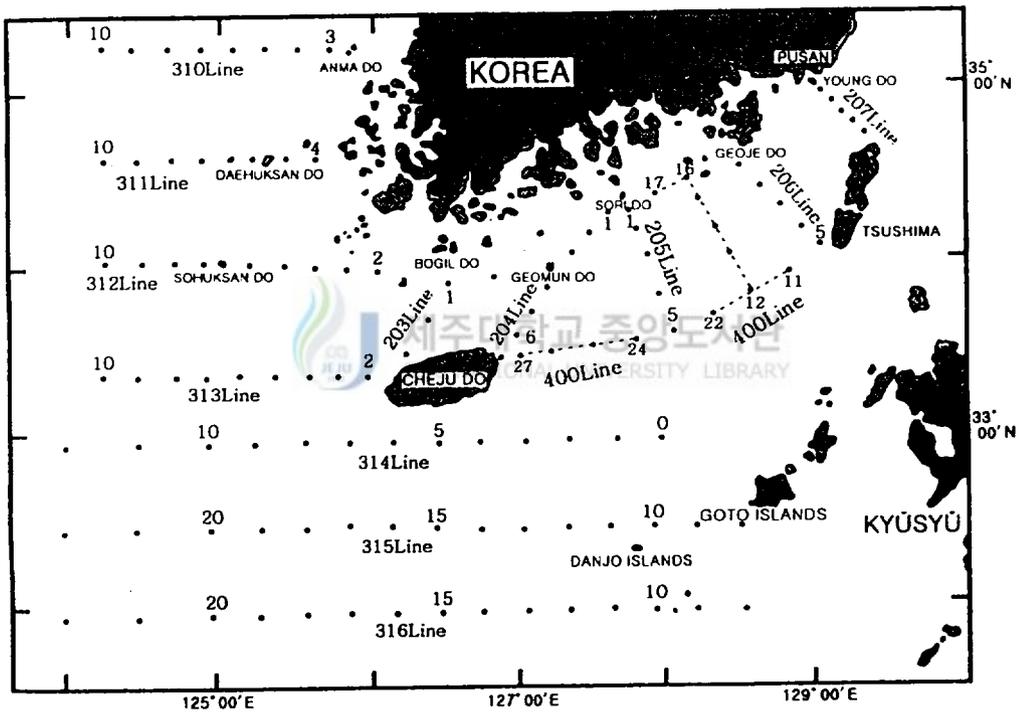


Fig. 1. Oceanographic Stations of National Fisheries Research & Development Agency (Dotted Line is 400 Line).

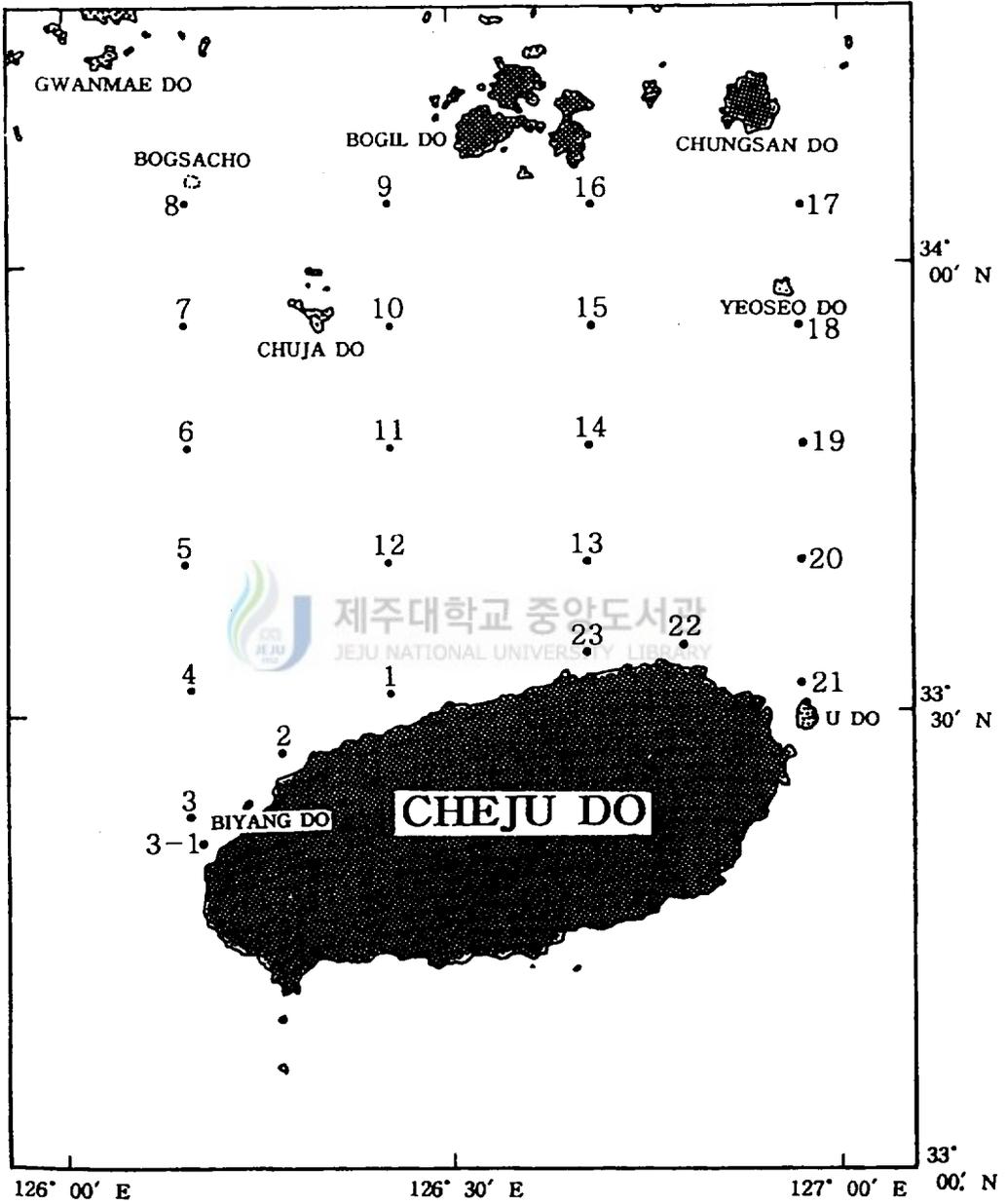


Fig. 2. Locations of oceanographic stations in the Cheju Strait.

Table 1 Name of fishing fleets

| Name of fishing fleets | | | |
|------------------------|--------------|--------------|----------------|
| 75 Gümsung | 2 Daepung | 77 Chilsung | 77 Wooyang |
| 85 Gümsung | 285 Munchang | 308 Dongwün | 105 Gümsung |
| 95 Gümsung | 235 Munchang | 515 Dongwün | 55 Daegwang |
| 3 Dongsung | 62 Sekil | 801 Wünil | 101 Gümbae |
| 603 Dongsung | 275 Peunga | 92 Daejin | 225 Dükmyoung |
| 701 Dongsung | 111 Daewoo | 88 Wüngyoung | 900 gyounghae |
| 701 Dongsam | 62 Jinyoung | 77 Daeyang | 69 Gwanghae |
| 1 Dongsam | 63 Jinyoung | 205 Dalsung | 92 Newgwanghae |
| 901 Dongsam | 69 Munsung | 111 Donga | |
| 62 Taeyoung | 700 Oyang | 89 Gümyang | |
| Samkwang | 800 Oyang | 81 Namsung | |

선망자료와 전선과의 관계를 택하여 어황과 전선과의 상호관계를 분석한 것은 본 연구에서 표층에 형성되는 전선위치를 주로 구하였으므로 표층전선과 밀접한 관계가 있는 부어류를 주대상으로 하면서 타어선보다 조업위치가 정확히 보고되고 있는 점을 중시했기 때문이다.

전선이란 수온, 염분 등과 같은 환경요인의 수평경도가 급한 해역을 지칭하는 용어로 수평경도의 크기가 정해져 있는 절대값 개념이 아니고 등치선의 분포가 다른 해역에 비해 조밀한 곳을 뜻하는 상대적 개념으로 사용하는 경우가 많지만 본 연구에서는 기준이 되는 수온수평경도($\Delta t^{\circ}\text{C}$)를 다음식에 의해 구해 전선역을 관정하는 기준으로 삼았다.

$$\Delta t(^{\circ}\text{C}) = \frac{t_2 - t_1}{\ell} \quad (t_1, t_2 \text{는 양지점의 수온, } \ell \text{는 양지점간의 거리})$$

그러나 해역의 환경특성에 따라 등온선의 분포가 비교적 조밀한 한국남서해 및 제주해협, 대한해협의 경우는 수온수평경도가 $0.186^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 이상되는 곳을, 등온선 분포가 비교적 완만한 동중국해의 경우는 수온수평경도가 $0.106^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 이상인 곳을 전선역으로 구분하였으며 이들 전선역의 중앙부를 전선이라고 표시했다.

연구대상해역의 해황과 해저지형도의 연관성을 알기 위하여 대한민국수로국에서 축심하여 1993년 9월에 발행한 최근 해도(S-No. 418)를 사용하여 10m 간격으로 상세하게 등심선 분포를 나타내었다.

III. 결 과

1. 연구 대상해역의 해저지형

Fig. 3은 연구대상해역의 등심선 분포를 나타내고 있다. 이 해역은 일본 오도열도(五島列島) 부근에 300m 이상의 최심소가 있고 대한해협 서수도에 270m의 심소가 있으므로 오도열도 부근과 대마도 부근이 130m 이상의 심소가 되며 이곳으로부터 서쪽으로 갈수록 수심이 점점 얕아지고 있다. 한국남해의 등심선은 대체로 연안과 평행하게 분포하여 동서방향으로 배열되어 있으며 연안쪽으로부터 외해로 나아수록 수심이 완만하게 깊어져 100m 이상에 달한다. 제주도 남쪽은 100m의 등심선이 연안에 가깝게 접근하여 있지만 외해쪽에서는 수심변화가 매우 완만하여 110~120m의 수심이 32° N 부근까지 지속된다. 이 해역에서도 동쪽의 수심이 깊고 서쪽의 수심이 얕아 오도열도 서쪽의 200~300m의 심소에서 서쪽으로 갈수록 점차 얕아져 125° E 부근에서는 50m 이하의 수심이 된다. 제주해협은 오도열도 서쪽의 심소로부터 북서쪽으로 뻗어 있는 수심 120m 이상의 골이 제주도 동쪽을 거쳐 제주도 북부연안을 따라 제주해협까지 삼입되고 있어서 제주도 북부연안으로부터 15mile 이내의 수심은 100m 이상이며 이 골내의 최심소는 140m에 달하기도 한다.

그러므로 제주해협의 수심은 제주도 북부쪽이 깊이 100~140m의 수심이 되지만 북쪽으로 갈수록 수심이 점점 얕아져 제주해협의 북쪽인 한국남해 연안쪽은 50m 이하가 된다. 한국 서해남부의 수심은 제주해협의 골로부터 소흑산도 동쪽과 홍도 연결선인 북서방향으로 90~100m의 한국 서해 최심소가 있는 골이 뻗어 있고 이 골의 양측은 수심이 완만하게 얕아져 한국서해 연안은 30m 이하의 천해가 된다.

2. 한국남·서해 및 동중국해 북부 해역의 해황

제주도를 중심으로 한 동중국해, 한국남해, 한국 서해의 전선형성 기구를 이해하기 위하여는 연구대상 해역에 출현하는 각종수괴의 분포범위, 시·공간적 변동상황, 국지적인 특성 등을 종합적으로 규명할 필요가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 대상해역을 동시에 관측한 자료를 이용하여 분석하는 것이 이상적이라고 할 수 있다. 이러한 여건을 충족할 수 있는 자료로는 NOAA 인공위성에 의해

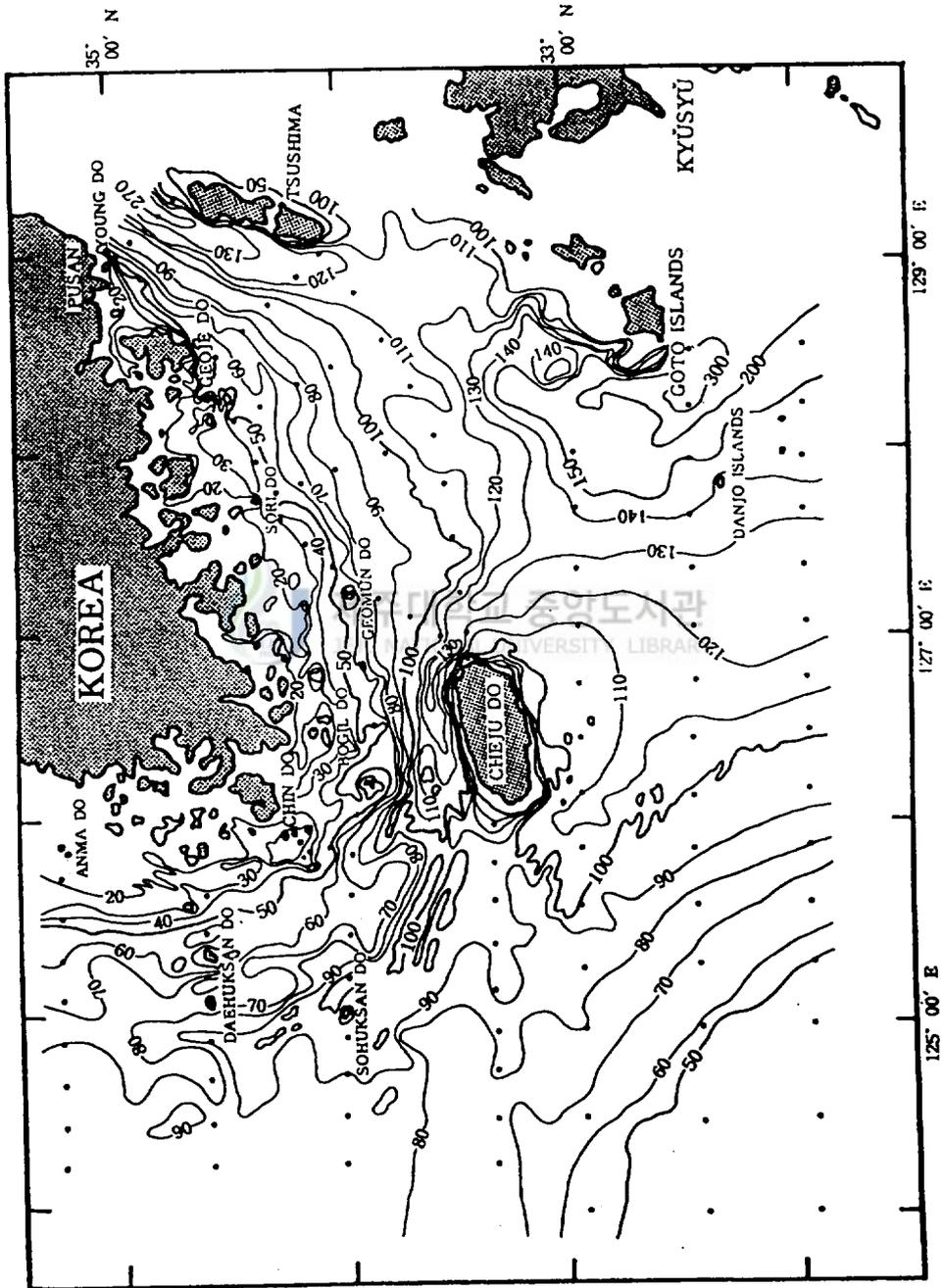


Fig. 3. Bottom topography in the around sea of Cheju Island, the South-West sea of the Korea and the Northern area of the East China Sea.

관측된 광역의 표층수온자료라고 생각되어 국립수산진흥원의 한국근해수온분포도 (1991~1996) 중 구름 등의 영향을 받지 않아 연구대상해역 전체의 수온이 잘 나타난 것을 골라 각 월별 대표로 제시한 것이 Fig. 4이다.

그러나 이 자료는 광역의 수온을 동시 관측한 장점은 있지만 표피수온에 한정되므로 여러이질수괴가 복잡하게 상호작용하는 이 해역의 수괴분포상황을 정확히 이해하는 데는 불충분한 점이 많으므로 이것을 보완하기 위하여 국립수산진흥원 해양관측자료 중 제주도 남쪽 315, 316선까지 관측된 1995년의 수온, 염분 관측자료를 택하여 이 해역의 해양특성을 보다 정확히 규명하였다.

Fig. 5는 1995년에 Fig. 1의 국립수산진흥원 해양관측정선을 따라 격월로 관측된 수온과 염분 자료 중 각정점(표층에서 저층까지)의 최고·최저 수온과 염분을 택하여 관측 층에 관계없이 동일 평면상에 나타낸 최고·최저 수온, 염분 수평분포이다. 이 그림은 고수온, 고염분으로 대표할 수 있는 대마난류수괴나 저염분으로 대표할 수 있는 중국대륙연안수, 저수온으로 대표할 수 있는 황해중양저층냉수 등의 연구대상해역에 분포하는 각 수괴의 최대 영향범위 파악할 수 있으며, 또한 하계 표층수온만으로는 수괴분포 상황을 정확히 판단할 수 없는 단점을 보완할 수 있었다.

1) 동 계

Fig. 4의 a, b, c는 1992년 1월, 1995년 2월, 1991년 3월의 동중국해 북부, 한국서해 남동부, 한국남해의 표층수온 수평분포를 나타내고 있다. 이들 수온분포양상은 비록 동계인 1월~3월의 어느 순간의 이들 해역에 대한 수온분포상태를 반영하고 있는데도 불구하고 a, b, c 모두 분포양상이 거의 비슷하다. 즉 13~17°C의 고온수가 한국남해 연안쪽 이외의 대부분과 제주도 남·동쪽 및 제주도 서방 125° E 해역까지 넓게 분포하고 있다. 이러한 고온수역은 대체로 수심 80~100m 이상의 심소(Fig. 4)와 잘 일치하고 있다.

고온수와는 대조적으로 34° N 이북의 한국서해와 한국남해 연안천해역과 제주도 남서쪽 50m 이하의 동중국해 북부 천해에는 9°C 이하의 냉수가 분포하고 있다. 그러므로 13°C 이상의 고온역과 9°C 이하의 저온역사이에는 현저한 수온전선이 형성되고, 이러한 수온전선은 한국남해연안과 소흑산도와 추자도를 잇는 선(3

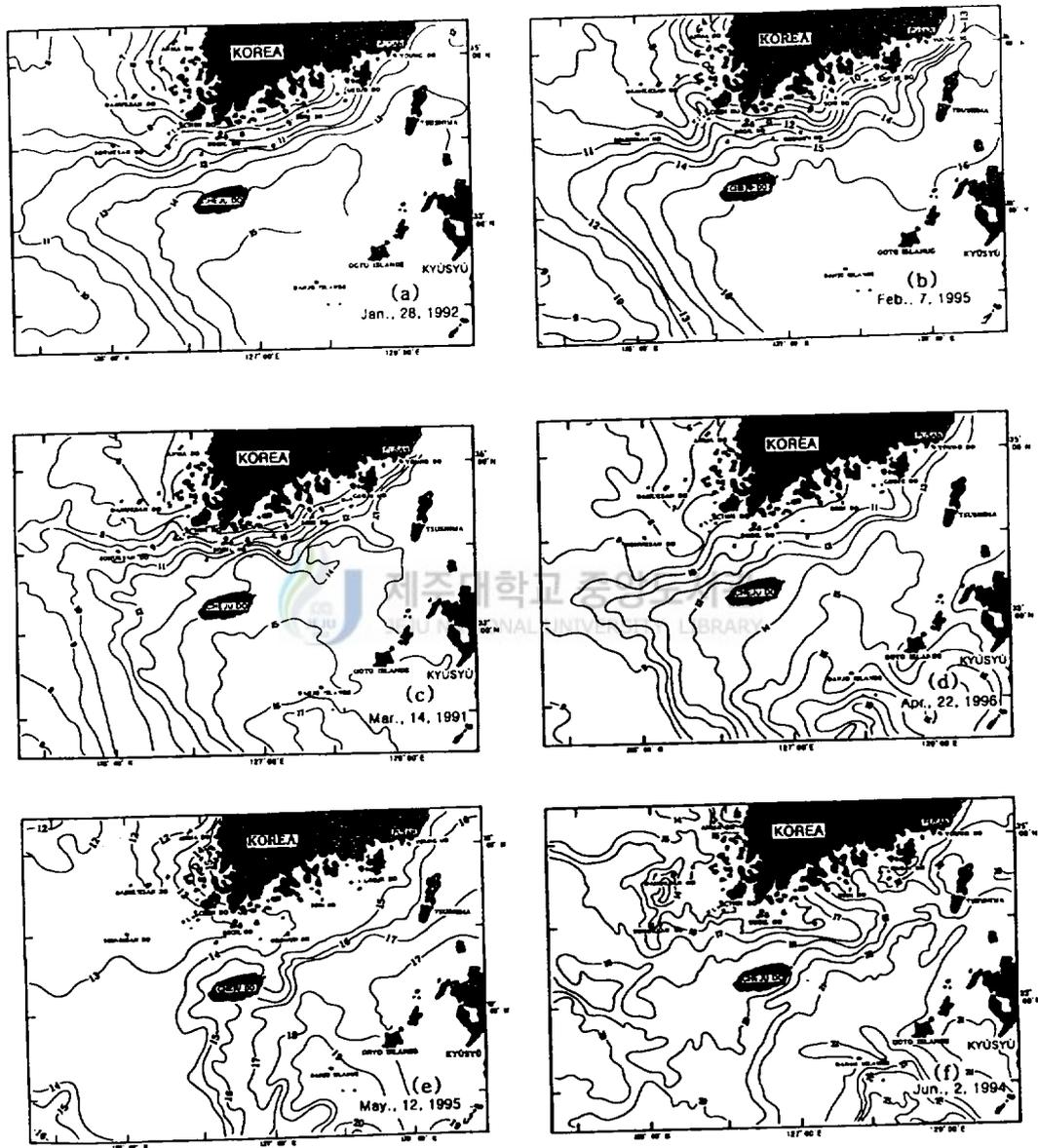


Fig. 4. Horizontal distribution of the sea surface temperature by NOAA Satellite.

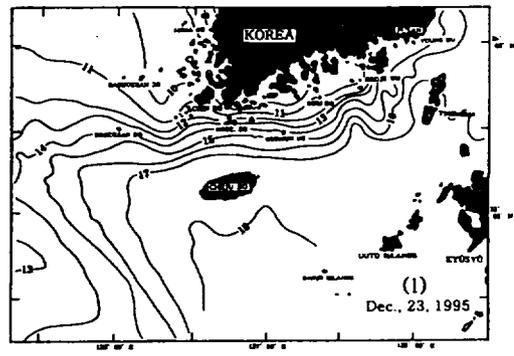
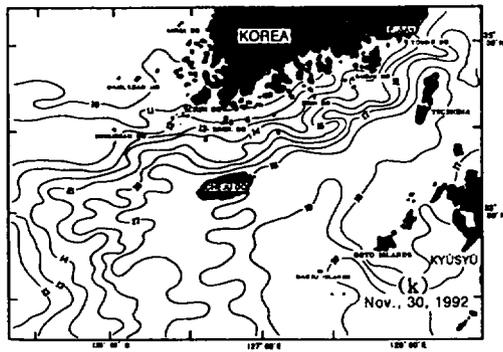
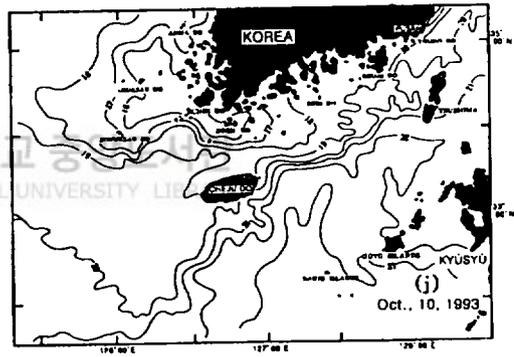
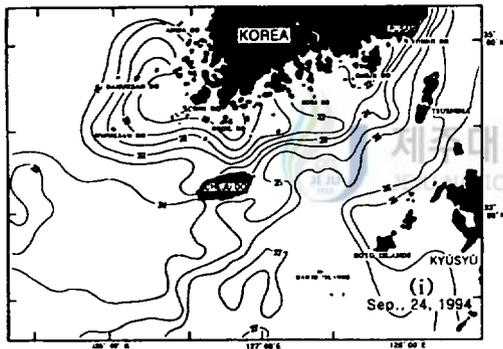
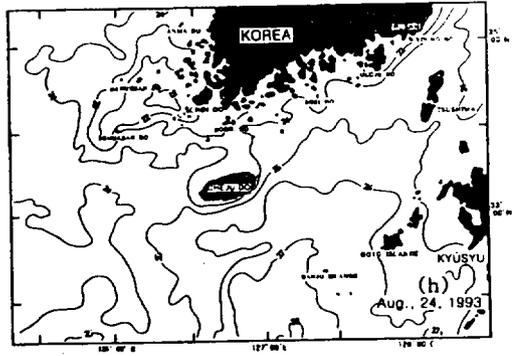
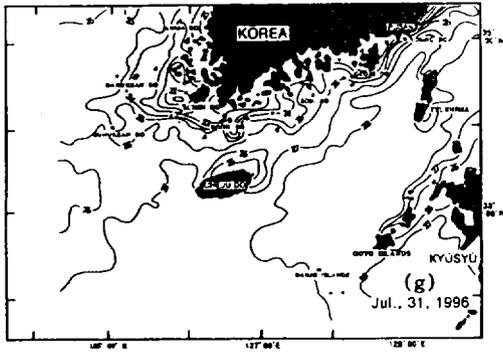


Fig. 4. Continued.

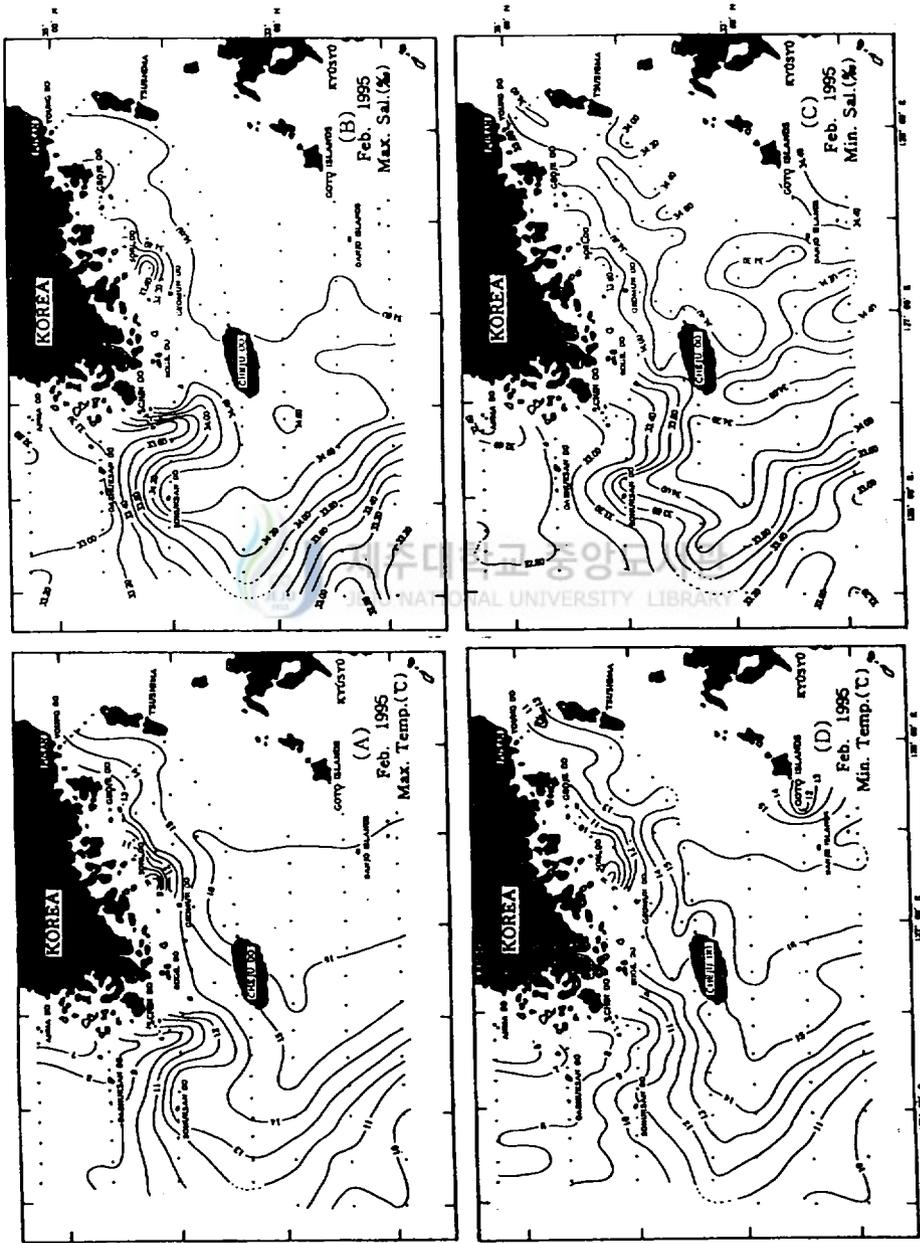


Fig. 5. Bimonthly horizontal distribution of the Maximum and Minimum Temperature (°C) and Salinity (‰) value in 1995.

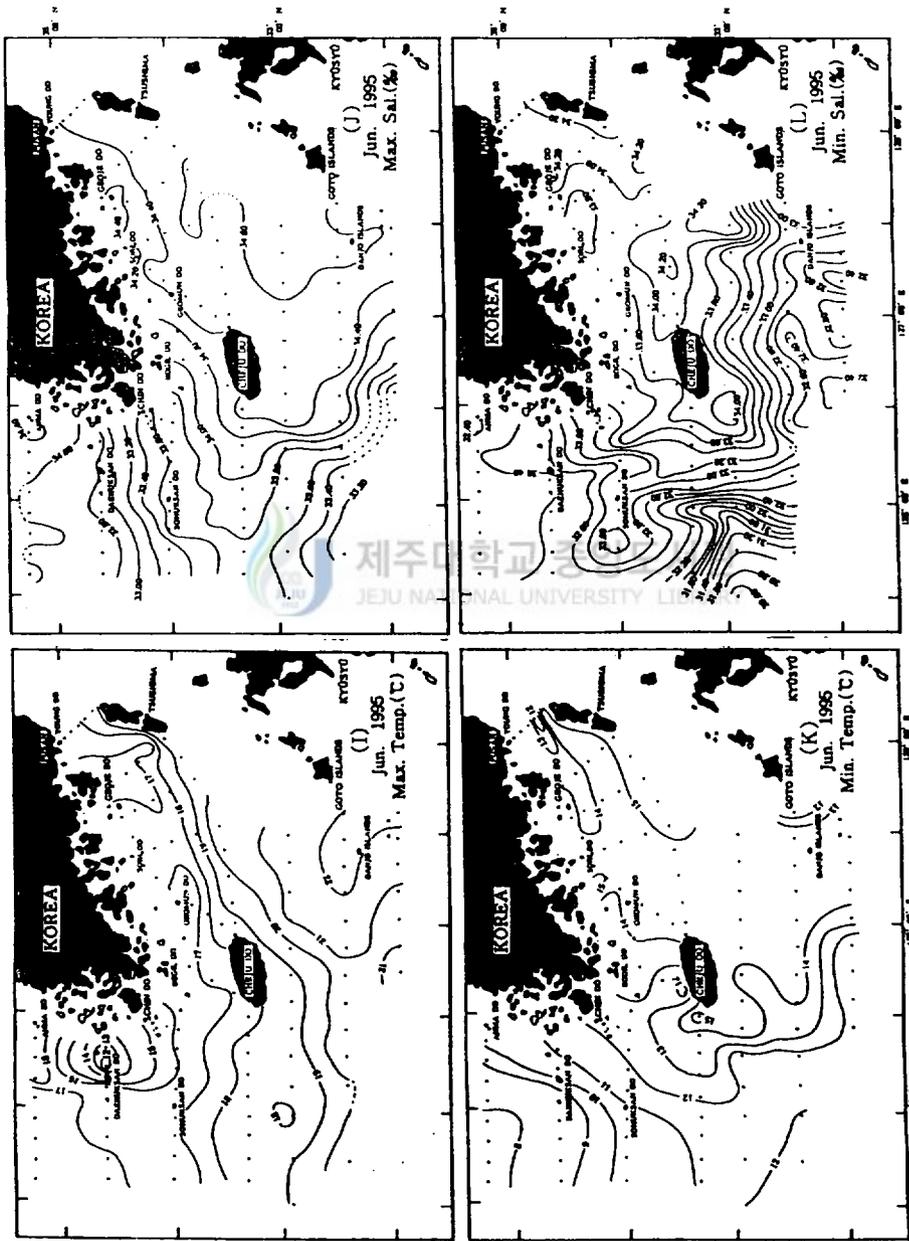


Fig. 5. Continued.

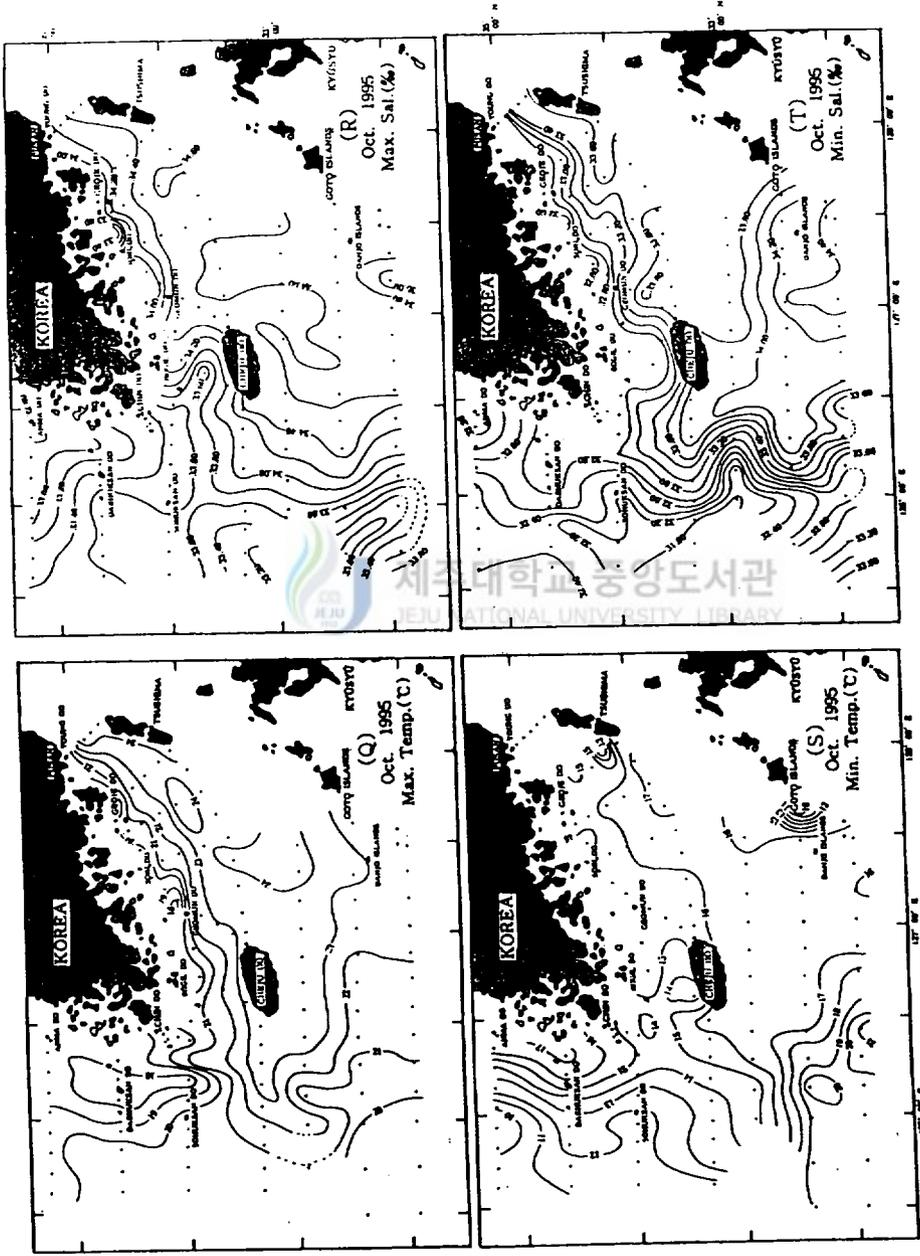


Fig. 5. Continued.

4° N 부근) 주변에서 그 수평경도가 가장 크다. 또 제주도 서쪽해역에는 주변해역보다 상대적으로 높은 수온이 서쪽을 향해 설상(舌狀)으로 한국 서해 중부로 삼입되고 있다.

이상의 동계 수온분포특성이 어떠한 수괴분포에 의해 지배되고 있는가를 좀더 구체적으로 파악하기 위하여 동계를 대표할 수 있는 1995년 2월의 최고수온·염분과 최저수온·염분수평분포를 나타낸 것이 Fig. 5(A, B, C, D)이다. 분포양상이 큰 차가 없는 것은 대류기인 동계에 연직혼합이 잘 이루어져 전 층이 거의 균질 상태가 되었다는 것을 나타내고 있다. 13~16°C의 고온역은 염분 34.00~34.60‰의 고염분역으로 노(1985)의 제주도 주변해역 수괴 분류기준에 의하면 이러한 수온과 염분범위는 대마난류 및 황해난류 수괴에 속하므로 동계 13°C 이상의 고수온역은 모두 난류계 수괴에 속한다. 그러므로 동계에는 연구대상해역의 대부분인 80~100m 이상의 심소에는 대마난류계수(系水)인 고온·고염의 난류수가 광범위하게 분포하고 있다. 이 난류수 중 13°C의 등온선과 34.00‰의 등염분선 최대확장 범위(Fig. 5 A, B)는 제주도 북서쪽에서는 소흑산도 부근까지이고 서쪽에서는 제주도 서방 80mile 부근까지이다. 한국남해안의 경우는 50m 등심선 부근까지인 것 같지만 국립수산진흥원의 해양관측정점이 남해안 연안 천해역에는 설정 되어있지 않으므로 Fig. 3에서는 연안역의 상황이 잘 나타나 있지 않다.

이 난류수괴 분포 해역중 34.60‰ 이상의 고염분수가 나타나는 해역은 127° E에서 제주도 동단을 연결하는 선과 제주도 북동단에서 대마도 북측을 연결하는 선의 동측(Fig. 5 B)으로 이 해역의 수온도 15~16°C로 가장 높은 수온이 출현하는 점으로 보아 Kuroshio로부터 분리된 대마난류수 중 가장 변질되지 않는 고온·고염분수가 제주도와 오도열도 사이와 대한해협 동수도 및 서수도의 대마도 연안쪽을 통하여 한국동해에 공급되고 있는 것으로 판단된다. 이 고염분역 중 16°C 이상의 최고수온이 출현하는 해역은 127° ~ 128° E 사이에서 제주도 남동쪽을 향하여 분포하고 이 고온수는 모두 제주도 동쪽을 거쳐 대마도 남단을 향하여 분포하고 있다. 그러므로 동계의 경우 32° N 이북 해역에서는 대마난류수의 주축이 127° ~ 128° E 사이에서 제주도 남동쪽을 향하여 북상한 후 제주도 동쪽을 거쳐 대마도 남단을 향하여 흘러가는 유로를 취하고 있다. 34.60‰ 이상의 최고염분이 출현하는 해역내에서도 34.00~34.40‰의 저염분이 최저염분분포(Fig. 5 D)에서 나

타나고 있는 것은 대마난류수가 주변해수와 무단히 혼합되면서 북상하고 있음을 뜻하며, 이러한 혼합작용은 제주도 남동해역에서 왕성하여 등염분선의 심한 굴곡과 국지적인 와(渦, eddy)의 형태가 많이 나타나고 있다. 또 이러한 형태는 제주도와 대마도를 잇는 선 부근에도 나타나고 있고, 특히 대마도 남단에 34.00~34.20‰의 저염분수가 출현하는 것은 특기할만한 것으로 이 저염분수가 출현하는 기구의 해명은 이 해역이 어장형성기구 해명과도 깊은 관련이 있을 것 같다. 또 Fig. 5 C의 최저수온분포에서 오도열도(五島列島) 북서쪽에 12~13℃의 저온수 출현은 수심 200~300m 정도(Fig. 3)의 심소 수온을 반영하고 있다.

관련 제주도 서쪽해역에 출현하는 난류수는 대마난류수 주류부 보다는 많이 변질된 수괴로 이 난류수 중 13℃, 34.20‰ 이상의 수온·염분 조건을 동시에 충족하는 대마난류수괴는 모두 제주해협을 거쳐 한국남해에 공급되고 13℃, 34.00‰ 이하의 난류계수 중 일부가 한국 서해 중부해역을 향해 설상으로 삼입되고, 또 나머지 일부는 한국남해 연안역에 공급되고 있다.

최고·최저 수온과 염분분포 모두 진도 서쪽에서 제주도 서단(西端)을 향하여 남하하는 저온·저염분수가 출현하고 이와는 반대로 진도 남쪽에는 12~13℃, 34.00~34.20‰의 난류계수가 삼입되는 양상이 나타나고 있다. 이러한 현상이 출현하는 것은 한국남서해역에 분포하는 9℃, 33.20‰ 이하의 저온·저염분수가 북서계 절풍에 의해 소혹산도와 추자도 사이를 통해 남쪽으로 유출되고, 이것과는 대조적으로 제주해협에서는 진도쪽으로 난류계수가 공급되는 것 같다. 진도 남쪽에 동계에 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현한다는 것은 최(1989), 노·김(1983)도 보고한 바 있다. 그러므로 한국 서해로부터 9℃ 이하의 저온수가 한국 남해쪽으로 직접 공급되기는 어려운 것 같고 Fig. 4에서 나타나는 한국 남해연안역의 10℃ 이하의 저온수는 제주도 서방해역에 분포하는 10~13℃의 해수가 제주해협내에서 한국 남해연안 천해역에 공급되어 기온의 영향으로 더욱 냉각되어 나타나는 것으로 판단된다.

이상의 동계 해황 분석으로부터 연구대상 해역에 출현하는 동계의 전선은 한국 남해의 경우 한국 남해 천해역의 냉각수와 대마난류수 사이에서 형성되며 추자도와 소혹산도를 연결하는 선 주변에 나타나는 전선은 한국 남서해역에 출현하는 9℃, 33.20‰ 이하의 한국서해저온수와 제주도 서방해역에 출현하는 난류계수 사이

역시 형성되는 전선이고, 제주도 남서해역에 나타나는 전선은 대마난류수와 동중국해 북부 50m 이하의 천해역에 나타나는 10℃, 33.00‰ 이하의 저온·저염분수 사이에 형성되는 전선이다. 그리고 제주도 서부해역 일부에 전선이 나타나지 않는 것은 이 해역으로부터 주변보다 상대적으로 수온과 염분이 높은 황해난류수가 한국 서해 중앙부를 향해 삼입되고 있기 때문이며, 이 난류수의 연변부에도 전선이 형성되고 있다.

2) 춘 계

Fig. 4의 d, e, f는 1996년 4월, 1995년 5월, 1994년 6월 표층 수온수평분포를 나타내고 있다.

4월의 수온분포(Fig. 4 d)는 일본 남너군도(男女群島, Danjo Islands) 남쪽에 17~19℃의 고온수가 출현하는 반면 한국 남해 및 제주도 주변해역의 수온은 동계보다 오히려 저온이 되고, 14℃ 이상의 고온수의 확장방향은 32° N, 127° ~ 128° E 사이로부터 제주도를 향하지 않고 제주도와 오도열도의 중앙부를 통하여 대마도 남단을 향하는 북동방향으로 바뀐 것을 제외하면 전체적으로 동계의 상황과 같다. 그러므로 동중국해 북부, 한국 남서해(한국 서해 남동부), 한국 남해의 수온은 4월까지 동계의 상황이 지속되며 제주도 주변 해역은 동계보다 오히려 수온이 낮아져 4월 수온이 연중 최저가 되고 있다. 그러나 한국 남해 연안역은 4월부터 수온이 상승해 10℃ 이하의 수온은 거의 출현하지 않았다.

5월(Fig. 4 e)이 되면 4월까지 지속되던 동계의 수온분포 양상이 크게 변하여 전체적으로 수온이 상승하므로 한국 남서해역에서는 동계에 나타났던 10℃ 이하의 저온수는 출현하지 않고, 12~13℃의 수온 분포를 보이고 있다. 또한 제주도 남동해역에도 18~19℃의 고온수가 제주도와 오도열도 사이로 확장하고 있다. 제주도 서쪽해역에는 한국 서해중부해역으로 삼입되던 설상의 고온수도 소멸되고 한국 남해 연안에는 제주도 서쪽에 출현하는 13~14℃의 해수가 제주해협 북쪽 연안역을 통하여 유입되고, 기온상승에 의해 연안수온이 상승하므로 겨울에 출현하던 수온전선도 형성되지 않는다.

그러므로 5월은 동계의 해황으로부터 춘계 해황으로 바뀌는 시기라고 판단되며 이 시기에는 수온전선의 출현 위치도 동계와 달리 제주도와 대마도를 연결하는

선 부근과 제주도 서단에서 남쪽을 향하는 방향에 전선이 각각 나타나고 있다. 특히 제주도 동쪽과 대마도를 연결하는 선 부근에 형성되는 전선에 대해 공(1971)은 한국남해연안수와 대마난류수 사이에 형성되는 전선이라고 해석한 데 반해, 노(1990)는 제주해협 서쪽으로부터 제주해협을 통하여 한국 남해에 공급되는 비교적 빈질이 많이된 대마난류수와 제주도 동쪽을 거쳐 대한해협 동수도와 서수도의 대마도 연안쪽을 향하는 대마난류수의 주류부 사이에 형성되는 전선이라고 해석했다. 이때 역시 대마난류의 주축방향은 4월과 같이 $32^{\circ} \text{ N}, 127^{\circ} \sim 128^{\circ} \text{ E}$ 사이에서 제주도와 오도열도 중간을 거쳐 대마도 남단을 향하는 양상이 나타나고 있다.

제주도 남쪽에서 대마난류와 중국대륙연안수와의 사이에 형성되는 전선은 동계보다 훨씬 동쪽으로 이동해 있는 점으로 보아 춘계부터 대마난류의 분포범위가 동계보다 축소 되는 것으로 보인다.

6월이 되면 수온이 크게 상승하여 전 해역이 대부분 18°C 이상의 고수온이 되지만 한국 남해 연안쪽과 한국남서해역의 수온이 가장 낮아 $14\sim 17^{\circ}\text{C}$ 의 수온범위이며, 특히 대흑산도 부근에 최저수온이 출현하고 있다. 그리고 표층수온전선은 연안역의 저온수와 외해역의 고온수 사이에서 주로 형성되고 있다.

Fig. 5의 E, F, G, H는 1995년 4월의 최고·최저의 수온과 염분수평분포이다. 소흑산도와 추자도 사이를 통하여 한국 남서해역의 저온, 저염분수가 남하하고 있는 양상의 소멸된 것을 제외하면 앞의 Fig. 4 d는 표층수온 수평분포에서 지적인 바와 같이 동계의 해황이 4월까지 지속되고 있음이 잘 나타나 있다.

Fig. 5의 I, J, K, L은 1995년 6월의 최고·최저 수온과 염분수평분포이다. 이때 최고수온과 최저염분은 표층수온과 염분을 대표하고, 최저수온과 최고염분은 중·저층의 수온과 염분을 반영하는 것으로 해석할 수 있다. 최고수온은 $12\sim 22^{\circ}\text{C}$ 범위로 1994년 6월의 표층수온 분포상태와 매우 잘 일치하고 있다. 특히 대흑산도 부근에 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 의 냉수출현과 대마도에서 제주도를 잇는 선 부근과 제주도 남동해역에 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 의 수온범위에서 수온전선이 형성된 것은 1994년, 1995년 모두 나타난 공통된 특징이다. 그러므로 대흑산도 부근의 하계 냉수출현은 표층수온이 크게 상승하는 6월부터 나타나는 현상인 것 같다. 또 대마도 남단과 제주도 동쪽을 연결하는 선 부근에 형성된 표층의 수온전선은 전선부근의 최저·최고 염분분포 모두 $33.80\sim 34.60\%$ 의 고염분수가 출현하고 있는 점으로 보아 한국남해연안수와

대마난류수 사이에서 형성되는 전선(공, 1971)이 아니고 제주도 서쪽해역에서 한국남해로 공급되는 약간 변질된 대마난류수와 대마난류수의 주류부사이에서 형성되는 전선(노, 1990)이라는 것을 잘 입증하고 있다.

Fig. 5 L의 최저(표층) 염분분포에서 특이한 것은 제주도 남·서해역에 동계에는 출현하지 않던 33.00‰ 미만의 저염분수가 넓게 분포하고 한국 남해에 33.80‰ 이상의 고염분수가 출현하는 현상이다. 이와 같은 현상은 하계가 되면 중국대륙연안수가 한국 주변해역까지 확장하여 오는 과정을 잘 반영한 것으로 이 연안수의 영향을 많이 받은 제주도 남·서쪽의 표층은 염분이 낮고 그 영향이 아직 적게 미친 한국 남해는 표층이라도 동계의 고염분이 유지되기 때문이다. 또 제주도 남·서쪽의 저염분수 출현해역 중 최저염분은 제주도 서쪽 해역에 분포하는 중국대륙연안수의 주축이 하계에 제주도 서쪽을 거쳐 제주해협을 통하여 한국남해로 이동한다는 노(1985)와 김·노(1994)의 보고와 잘 일치하고 있다. 이처럼 표층 수온상승과 염분저하와는 대조적으로 최저수온과 최고염분은 제주도 서쪽 해역의 34.00‰ 이상의 고염분 출현역이 약간 축소된 것을 제외하면 동계의 상황이 큰 변화 없이 잘 유지되고 있다. 즉 6월이 되면 표층은 중국대륙연안수의 확장과 기온 상승에 의해 표층수온은 크게 상승하고 염분은 제주도 남·서쪽 해역부터 하강하기 시작하지만 중·저층에는 동계의 수온과 염분이 큰 변화 없이 지속되고 있음을 반영하고 있다. 그러므로 6월은 춘계 해황으로부터 하계 해황으로 바뀌는 변화기라고 할 수 있다.

3) 하 계

Fig. 4의 g, h, i는 1996년 7월, 1993년 8월, 1994년 9월의 표층 수온수평분포를 나타내고 있다. 하계가 되면 중국대륙연안수가 제주도 주변 및 한국 남해 등으로 넓게 확장하여 대마난류수의 표층을 덮게 되므로 동중국해 북부 및 한국 남해의 표층은 매우 안정된 성층이 형성돼 연직혼합이 일어나기 어려운 조건이 되므로 일사에 의한 표층수온 상승이 커져 수심 100m 이상의 외해역에는 27℃ 이상의 고온수가 나타난다. 그러나 50m 이하의 연안 천해역에는 조석에 의한 강제혼합에 의해 표·저층간의 연직혼합이 일어나므로 한국 남해연안에는 22~24℃ 정도의 저온수가 표층에 나타나 외해의 고온수 사이에 수온전선이 형성된다. 또 한국 남

서 연안인 대흑산도, 맹골군도 부근에는 연구대상 해역 중 최저 수온인 20℃ 이하의 냉수가 표층에 출현해 마치 용승역과 같이 냉수역 주변에 전선이 형성되고 있다. 이 해역의 냉수출현에 관해 방·노 등(1994)은 황해저층냉수의 연안용승이 아니고 제주해협 저층으로부터 이 해역에 공급되는 11~13℃의 저층 저온수와 표층수간의 연직혼합에 의해 만들어지는 냉수라고 했다. 1994년 9월은 이 냉수역의 범위가 크게 확대되어 한국 남해 연안까지 영향을 미치고 있는 것이 특징이다. 하계중 7, 8월은 한국 남해 및 남서해, 제주도의 연안역을 제외하면 25℃ 이상의 연중 최고수온이 광범위한 해역에 분포하므로 해역별 수온차가 크게 없어 수온전선이 나타나지 않는다. 그러나 9월부터 한국남해 연안역의 저온수 분포범위가 외해 쪽으로 확대되고 제주도 서쪽과 남서해역의 수온이 낮아지는 반면 대마난류역 수온은 고온이 지속되어 이들 저온역과 고온역 사이에 제주도와 대마도 북단을 연결하는 선 부근과 제주도 남쪽에 전선이 형성된다.

Fig. 5의 M, N, O, P는 하계를 대표하여 1995년 8월의 최고·최저의 수온과 염분수평분포이다. 하계의 경우 최고수온과 최저염분은 표층수온과 염분을, 최저수온과 최고염분은 중·저층에 나타나는 수온과 염분을 반영한다.

최고수온과 최저염분 분포에 의하면 하계에는 앞서서도 지적한 바와 같이 한국 연안역을 제외한 전해역이 25℃ 이상의 고온역이 되며 특히 대마난류의 주류역에는 28~29℃의 고온수가 출현하고 있고 이러한 고온역에는 전선이 출현하지 않는다. 또 이러한 고온수 출현해역에는 27.00~32.00% 정도의 저염분수가 분포하고 있어 중국대륙연안수 확장에 의한 표층고온수 출현 상황이 잘 나타나 있다. 중국대륙연안수는 노(1985)와 김·노(1994)가 지적한 바와 같이 양자강 하구로부터 북동쪽으로 이동하여 제주도 서쪽해역을 거쳐 그 주축이 제주해협을 통과하여 한국 남해로 이동하는 것이 일반적인 이동 Pattern인데도 불구하고 1995년 8월의 경우는 저염분수 축이 제주해협에 위치하지 않고 제주도 남쪽연안을 따라 동서방향으로 분포하고 있다. 그러나 이 최저염분수 분포역의 남쪽 표층에는 33.00~34.00%의 고염분수가 출현하고 있는 점으로 보아 제주도 남쪽의 최저염분수는 대마난류 주류부의 표층을 따라 제주도 남쪽에서 북상한 것이 아니고 중국양자강 하구로부터 북동쪽으로 정상 진로를 따라 제주도 서쪽까지 이동한 후 그 주축이 제주해협으로 유입되지 않고 제주도 남쪽으로 이동하는 이상진로를 택한 것으로 사료된다.

한국 남해안인 보길도(제주해협 북부)로부터 거문도, 소리도를 거쳐 부산 연안역까지 이어지는 천해역에 나타나는 22~24°C의 표층저온수는 남해안 연안역이 한국 남서연안역보다 최고·최저 염분 모두 현저히 높은 점으로 한국 남서연안역으로부터 공급되는 저온수가 아니고 한국 남해연안 외측의 저층에 분포하는 13~15°C(Fig. 5 O)의 저온수와 표층 고온수가 조류에 의한 강제혼합에 의해 만들어진 표층 저온수라고 해석된다.

최고염분수평분포에 의하면 제주도 서쪽해역 중·저층에는 34.00‰ 이상의 고염분수가 설상(舌狀)으로 분포하고 제주해협 및 한국 남해, 제주도 남쪽 126° E 이동해역에도 34.00~34.80‰의 고염분수가 출현하고 있어 표층의 저염분수 출현에도 불구하고 중·저층에는 126° E 이동(以東) 해역과 제주도 서쪽 일부에는 대마난류수가 분포하고 있음이 잘 나타나 있다. 특히 34.60‰ 이상의 고염분수 분포해역은 동계와 거의 비슷한 양상, 즉 제주도 남쪽으로부터 제주도 동단(東端)을 거쳐 대마도 서쪽 연안역을 잇는 선의 이동해역에 분포하고 있으므로 대마난류의 주류역은 하계에도 크게 변동되지 않고 있다. 그러나 제주도 남쪽 126.5° E 이서(以西) 해역과 제주도 서쪽 및 제주해협내에 분포하는 34.40‰ 이하의 대마난류수 분포범위는 노(1985)가 지적한 바와 같이 중국대륙연안수, 황해냉수, 한국남해 연안수 등의 세력소장에 의해 계절별 염분변화가 심한 것 같다. 그러므로 대마난류수와 주변수괴 간에 형성되는 전선의 시기적 변화는 이들 수괴의 시기적 변화를 반영하고 있다. 한편 한국 남서연안쪽 최고염분에서 주변수보다 염분이 높은 것은 방 등(1992, 1994, 1995), 현 등(1996)이 지적한 바와 같이 하계에는 제주도 서쪽해역에서 한국 남서연안을 따라 북상하는 황해난류수라고 판단되며, 제주도 남서쪽 50m이하의 천해역 저층에 주변보다 고온, 저염분이 제주도를 향하여 설상으로 확장되고 있는 것은 중국대륙연안수가 저층까지 영향을 미치고 있어 나타나는 현상이라고 해석된다. 그러므로 이들 수괴와 한국 남서해역의 경우는 황해저층냉수, 제주도 남서해역의 경우는 대마난류수간의 중·저층에 각각 전선이 형성될 수 있다.

4) 추 계

Fig. 4의 j, k, l은 1993년 10월, 1992년 11월, 1995년 12월의 표층수온수평분포를

나타내고 있다. 10월은 하계 보다 수온이 전체적으로 하강해 제주도 동쪽의 대마난류 주류부에서도 25℃ 이상의 고온수는 나타나지 않는다.

최저수온(16~18℃)은 한국 남서해 및 한국 남해연안역에 분포하며 대마난류의 주류역은 수온이 가장 높아 22~23℃ 정도이며 제주도 서쪽해역에 분포하는 중국 대륙연안수역은 19~20℃의 중간적 수온분포가 나타나고 있다. 그러므로 전선은 한국 남서해 및 남해연안의 저온수 주변과 대마난류 주류부의 서쪽 연변, 즉 대마도와 거제도 간의 중간해역에서부터 제주도 동단을 거쳐 남서쪽으로 이어지는 선부근에 길게 형성되고 있다. 11월이 되면 10월 보다 수온이 많이 저하하여 한국 남서해역에는 10℃ 이하의 최저수온이 나타나며 한국 남해안과 제주도 서쪽에는 11~13℃ 저온수가 나타나므로, 이들 저온수와 대마난류의 북부 및 서부 연변부에서 수온전선이 형성되고 있다. 즉 10월에 대마도 서쪽해역부터 제주도 동단을 거쳐 남서쪽으로 길게 형성되던 전선은 그 방향을 바꾸어 제주해협을 거쳐 서쪽으로 연장되다가 124° ~ 125° E 사이에서 남쪽으로 방향을 바꾸어 길게 형성되고 있다. 이와 같은 전선형성 위치의 변화는 중국대륙연안수의 후퇴와 제주도 서방해역 및 제주해협내의 대마난류수 분포범위의 확장 때문이라고 판단된다.

12월(Fig. 4 l)은 수온저하율도 감소하여 11월과 거의 같은 수온이 유지되지만 한국 남해 및 한국 남서해의 연안저온수, 제주도 서쪽과 남서쪽 해역에 분포하는 중국대륙연안수와 대마난류의 북부 및 서부 연변부에서 각각 나타나는 수온전선이 11월 보다 더욱 명료해진다. 제주도 서쪽에는 14℃ 이상의 고온수가 설상으로 넓게 분포하고, 이 고온수의 선단부는 북쪽으로는 소흑산도, 서쪽으로는 124° E선까지 확장되고 있어, 전체적인 수온분포 양상은 동계의 형태가 된다. 그러므로 10월은 하계에서 추계로, 11월은 추계에서 동계로 해황특성이 바뀌는 변화기라고 할 수 있다. 또 대마난류역 최고온수의 확장 축 방향이 10월과 11월은 제주도와 오도열도 중간 해역을 통하여 대마도 남단을 향하고 있으며 이런 형태가 4월(Fig. 4 d)부터 나타난 후 11월까지 지속되었지만 12월부터 그 방향이 바뀌어 제주도 남쪽을 향하게 되며 이런 양상은 3월까지 지속된다. 동계 제주도 서부 해역에 대마난류수가 넓게 확장되는 것도 이러한 고온수 확장 축 변화와도 관계가 있는 것 같다.

Fig. 5의 Q, R, S, T는 1995년 10월의 최고·최저 수온과 염분 수평분포이다.

추계에도 최고수온, 최저염분은 표층수온과 염분을 대표하고 최저수온, 최고 염분은 중·저층의 수온과 염분상태를 반영하고 있다. 10월까지도 한국 남서연안역의 표층에 저온수 와(渦, eddy)가 대륙산도를 중심으로 넓은 범위에 분포하고 있으며 32.00% 이하의 중국대륙연안수도 한국 남해 및 제주도 남쪽해역에는 전혀 나타나지 않고 제주도 서쪽 125° E선 부근까지 후퇴한 반면 제주도 서쪽해역에는 표층까지 33.80~34.00%의 고염분수가 나타나므로 이들 수괴사이에서는 심한 염분전선이 형성되고 있다. 이처럼 중국대륙연안수의 분포범위 축소에 따라 제주도 남쪽에서는 34.00~34.40%의 염분범위가 8월보다 훨씬 서쪽으로 확장됐다. 즉 추계가 되면서 대마난류수의 분포범위가 하계보다 훨씬 넓어지고 있고, 이러한 대마난류수의 확장과 중국대륙연안수의 축소 등과 같은 수괴의 분포범위 변화에 의해 전선 위치의 시기적인 변화가 나타나고 있다.

Fig. 6의 U, V, W, X는 1995년 12월의 최고·최저 수온과 염분수평분포이다. 국립수산진흥원 관측정선 315, 316선이 관측되지 않아 33° N 이남의 해황을 파악할 수 없는 약점이 있지만 한국 남서해역 및 한국 남해에는 10월과 같이 10°C 이하의 저온수가 거의 출현하고 있지 않다. 이것과는 대조적으로 1995년 8월(Fig. 5 O)에는 한국 남서해역에 10°C 이하의 저온수가 외해측에 넓게 분포하고, 이 저온수는 소록산도 북쪽까지 나타나고 있다. 그러므로 한국 남서해역의 황해저층냉수는 연중 추계에 가장 축소 되는 것 같다. 또 한국 남해 연안역에는 최고·최저염분분포 모두 33.80% 이상의 고염분수가 출현하고 수온도 13°C 이상의 고온수가 분포한다. 제주도 서쪽해역도 최고·최저 모두 34.00%, 15°C 이상의 대마난류수가 124° E선 부근까지 넓게 분포하고 있고 표·저층간의 수온과 염분 차가 거의 없다. 그러므로 10월부터 확장되기 시작한 대마난류수가 12월이 되면 제주도 서쪽 및 한국 남해 연안까지 넓게 분포하여 이 해역에 동계 대마난류수의 분포범위가 넓어지는 과정이 잘 나타나 있다.

3. 전선의 출현해역과 그 변동

1) 년변동

Fig. 6의 a~f는 인공위성에 의해 관측된 표층수온자료로부터 구해진 전선역의 중심위치를 년별로 모아 1991년에서 1996년까지 나타내고 있다. 전선이 집중적으

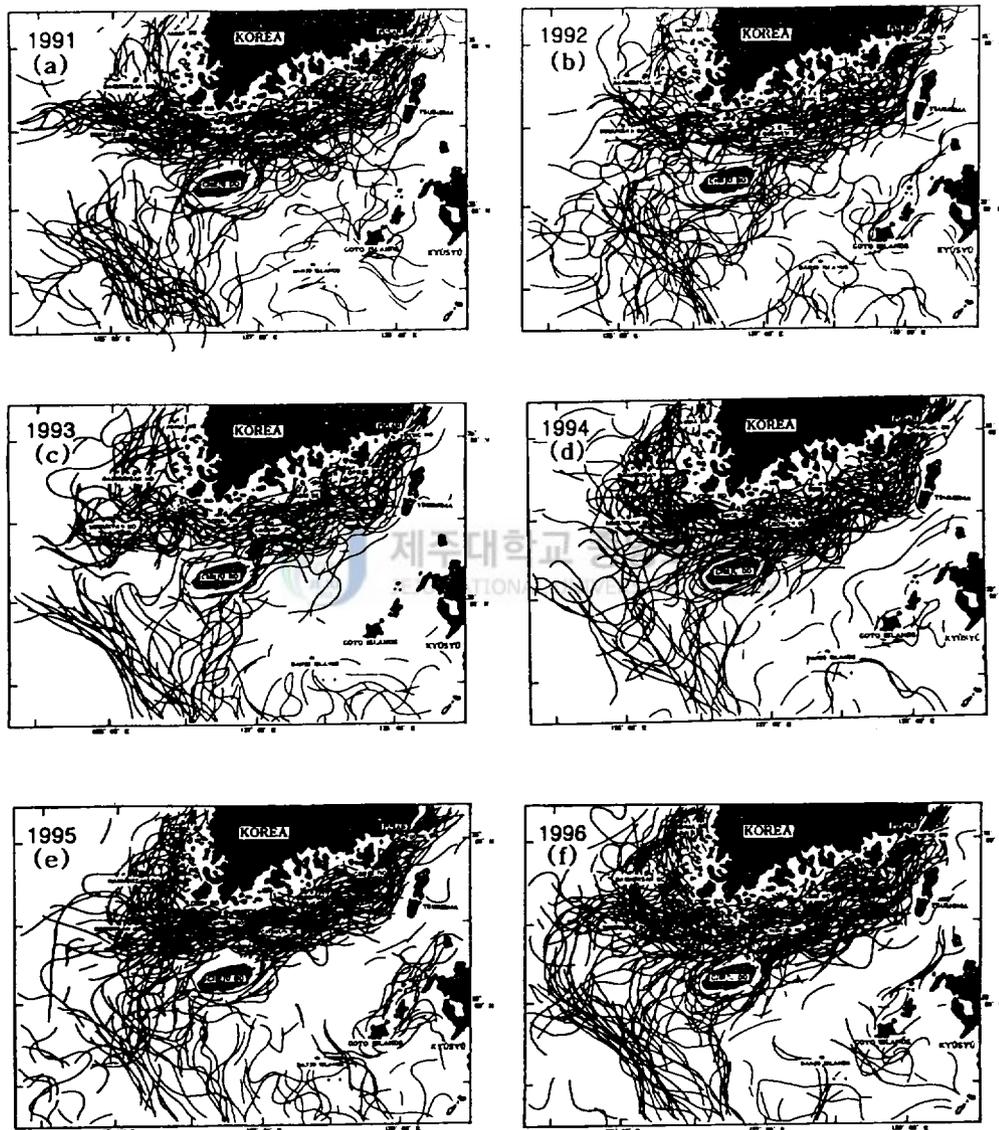


Fig. 6. Yearly frontal contour of temperature at the sea surface.

로 분포하고 있는 해역은 소흑산도 부근에서 제주해협과 대한해협 서수도로 이어지는 해역으로 이 전선역은 년별 변화가 거의 없이 매년 같은 해역에서 나타나고 있으며 분포범위의 북쪽한계는 한국남해 수심 50m 미만의 연안 천해역으로 대체로 추자도, 보길도, 청산도, 소리도, 거제도를 잇는 선 부근이며 남쪽한계는 대마도 남단에서 제주도 동쪽을 잇는 선과 제주도 서쪽 33.5' N 선이다.

또다른 전선 밀집역은 소흑산도에서 홍도를 잇는 선의 이동해역인 한국 남서 연안 천해역이다. 이 전선역은 년별 전선출현율이 1991~1993년은 낮고 1994~1996년은 높아 해에 따라 출현 상황이 한국남해의 전선역 보다는 다소 변화가 있지만 매년 출현하고 있다. 그러므로 소흑산도에서 홍도를 잇는 선의 이동해역인 한국 남서 연안역과 소흑산도, 제주해협, 대한해협 서수도를 연결하는 한국 남해 연안역에는 "L" 자형의 전선대가 형성되고 있다. 이러한 "L" 자형 전선역 외에 제주도 서쪽에서 남내지 남동방향으로 길게 뻗은 "\ " 형 전선이 있다. 이 해역의 전선대는 한국 남·서 연안역의 전선대 보다는 전선대의 폭이 넓어 시기별로 전선 출현 위치가 크게 변하고 있음을 시사하고 있다. 이처럼 전선 형성 위치의 시기별 변화가 큰 것은 앞에서 지적한 바와 같이 제주도 서쪽 및 남쪽 해역에 출현하는 대마난류수 및 중국대륙연안수의 시기별 세력변화에 기인되는 것 같다.

또 대한해협 서수도로부터 제주해협을 거쳐 소흑산도 주변까지 동서방향으로 길게 형성되는 한국 남해 연안역의 전선대와 제주도 서쪽 해역에서 남내지 남동방향으로 뻗어 있는 전선대는 제주도 서쪽해역에서 서로 마주쳐 "∨" 형태의 "역 ㄱ" 자 모양을 하고 있지만 1991년, 1993년과 같이 제주도 서쪽해역에서 두 전선대가 서로 마주치지 않는 것은 동계 이 해역에서 황해난류수가 황해 중앙부를 향하여 설상으로 확장되는 것과 깊은 관계가 있다.

상기 주요 전선대의외 국지적으로 제주도 주변 연안역에도 전선이 출현하고 있다. 그 중 1994년, 1996년의 경우는 제주도 연안역에 제주도를 완전히 둘러싼 환형(環形, ring shape)의 전선역이 뚜렷이 나타나고 있으며 이런 양상은 정도의 차는 있지만 그 외의 해에도 출현하고 있다. 또 한국 남해 연안역에서 형성되는 전선대의 남쪽한계인 대마도 남단에서 제주도 동쪽 및 남쪽을 거쳐 남서단에 이르면 남쪽방향으로 뻗은 형태의 전선대도 매년 출현하고 있다. 전선 출현율은 낮지만 일본 오도열도 주변에도 1992년, 1995년, 1996년에 출현했다.

2) 월변동

앞절에서 기술한 연구대상해역의 년별 전선 분포상태는 이 해역에 전선이 자주 출현하는 곳을 파악 하는데 도움이 되지만 일년치를 한꺼번에 표시한 관계로 계절별 특성을 파악할 수 없는 단점이 있다. 그래서 1991년부터 1996년까지의 6년 동안의 월별 전선위치를 Fig. 7에 나타냈다. 이 월별 분포도로부터 동계(1~3월), 춘계(4~6월), 하계(7~9월), 추계(10~12월) 상황을 정리하면 다음과 같다.

동계(1월~3월) : 한국 남해 연안역과 소흑산도 서쪽 해역까지 동, 서 방향으로 길게 뻗어 있는 명료한 수온전선대가 형성되며, 제주도 서쪽 33° 30' N, 124° E 부근에서 남동방향의 뚜렷한 전선대가 나타나고 있다. 그러나 한국 남서 연안역의 전선은 1월과 2월은 남북방향의 뚜렷한 전선대가 나타나지만 3월은 이 전선대가 약화된다.

동계의 특성은 한국 남해 연안에서 소흑산도 서쪽까지 년중 가장 긴 동서 방향의 전선대가 좁은 범위에 집중적으로 출현하며 그 위치도 연중 가장 연안쪽에 치우쳐 있다.

또 소흑산도와 추자도 사이의 제주해협 북서해역에서 전선이 크게 굴곡되는 것은 이 해역의 동계 해황특성(Fig. 5 A, B, C, D)에서 지적한 바와 같이 한국 남서해역으로 부터의 냉수 남하와 제주해협으로부터 진도 연안역을 향한 난류계수의 진입 때문이다. 이러한 전선굴곡현상은 거문도 부근과 소리도 남동쪽에서도 나타나지만 전자는(前者) 보다 약하다.

제주도 남서쪽의 전선대도 비교적 좁은 폭으로 뚜렷하게 출현하지만 한국 남해 연안을 따라 형성되는 동서방향의 전선대와는 마주치지 않는다. 이처럼 양 전선대가 제주도 서쪽해역에서 서로 마주치지 않는 것이 동계의 특징이며 이것은 앞에서 지적한 동계 황해난류수의 한국 서해 중앙부로의 확장과의 관계가 있다.

춘계(4월~6월) : 4월(Fig. 7 D)은 한국 남해 연안과 제주도 남서쪽의 전선대 폭이 동계에 비해 넓어지고 제주도 남쪽 32° N, 127° E 부근에서 오도열도를 향한 해역에 전선이 출현하는 것을 제외하면 동계의 상황과 거의 같다. 그러나 5월이 되면 한국 남해 연안역의 전선은 남쪽, 즉 외해쪽으로 이동하여 대한해협 서수도의 중앙부에서 제주도 동쪽을 연결하는 선 부근에 좁은 폭으로 뚜렷이 형성되고 이 전선은 제주해협 동쪽입구에서 양분된다. 그 중 하나는 제주도 남쪽을 돌아 제

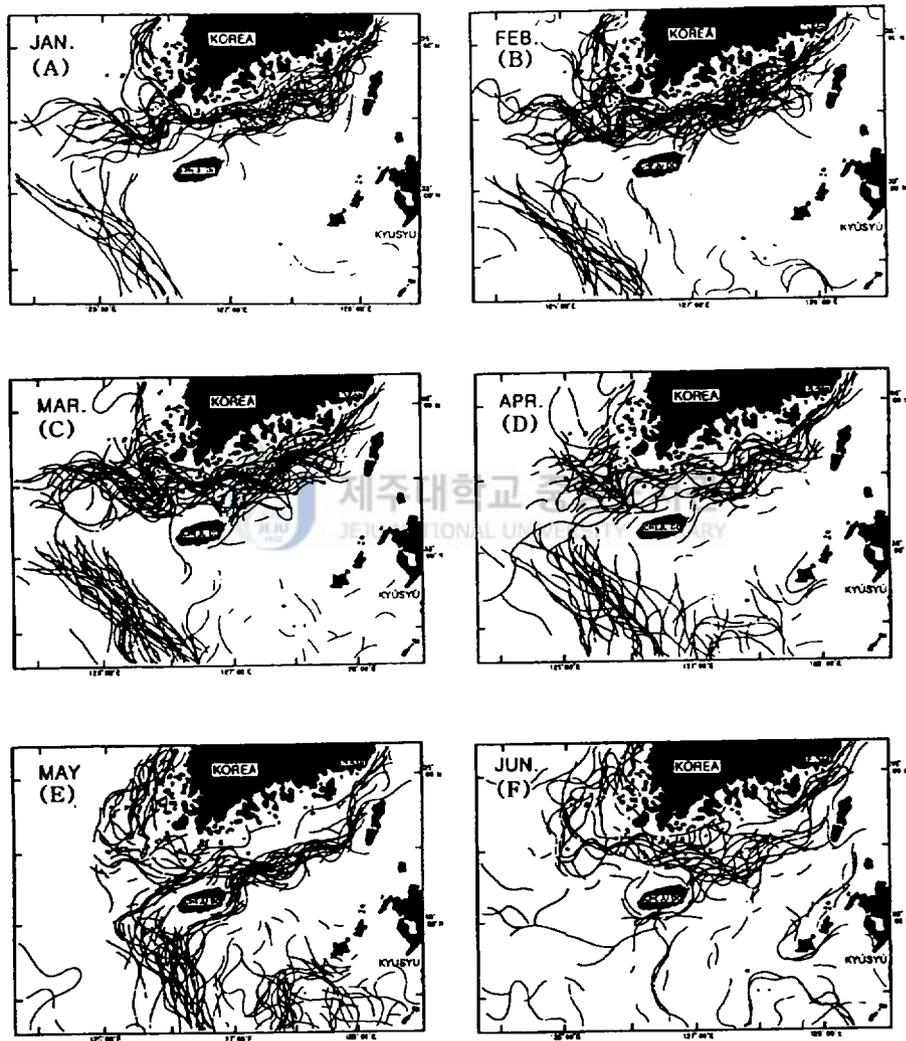


Fig. 7. Monthly frontal contour of temperature at the sea surface.

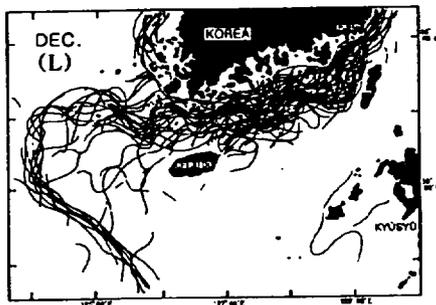
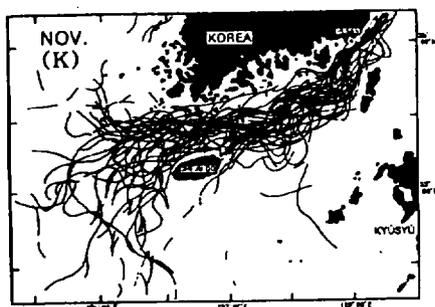
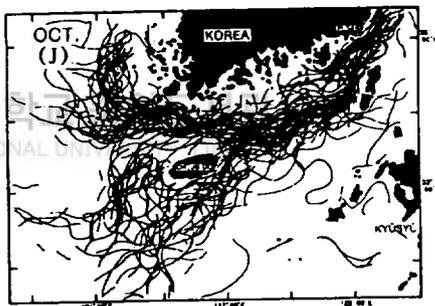
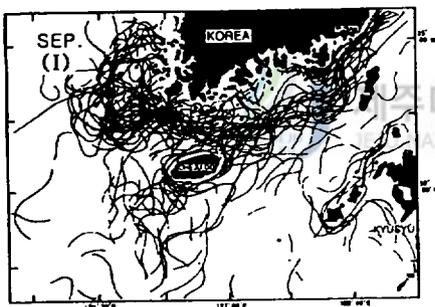
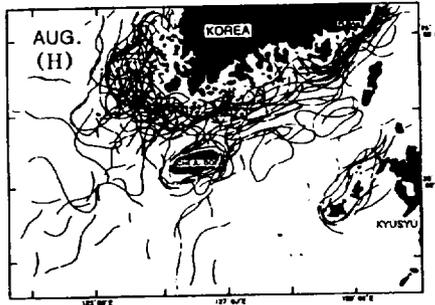
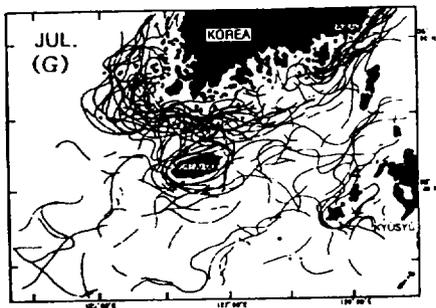


Fig. 7. continued.

주도 남서해역 전선과 이어지고, 다른 하나는 제주해협을 거쳐 제주도 서쪽을 돌아 제주도 남서해역 전선과 연결된다.

이러한 전선대는 32° N 부근에서 $126^{\circ} \sim 127^{\circ}$ E 사이를 따라 북쪽으로 형성되는 전선대와 한국 남해 연안 전선대가 제주도 서쪽 및 남서쪽 해역에서 마주쳐 “ Γ ”자 형태의 전선대가 만들어 진다. 또 한국남해 연안전선대는 제주해협 북서 해역에서 5월부터 한국 서해 연안역에 형성되는 남북방향의 명료한 전선대와 연결되면서 한국 남·서 연안에서 “L” 자형 전선대를 형성한다. 그러므로 1월~4월까지 한국 남해 연안의 전선대와 제주도 남서해역의 전선대가 황해난류수의 확장 때문에 제주도 서쪽 해역에서 서로 마주치지 않던 것이 5월부터 이 전선대가 동쪽으로 이동하여 남북방향의 전선이 된다. 한편 일본 오도열도 남서 해역에도 4월부터 나타나기 시작한 전선대가 연중 가장 뚜렷하게 형성되고 있다.

6월이 되면 1월부터 5월까지 지속적으로 나타났던 제주도 남서해역의 전선대가 없어지고 한국 남·서해 연안의 “L” 자형 전선대만 나타난다. 그러나 이 “L” 자형 전선대도 형성위치의 분산폭이 넓어지므로 전선대의 선명도가 동계보다 약해진다. 또 오도열도 남서쪽의 전선대도 소멸되므로 연구대상해역 중 한국 남·서 연안역을 제외한 전해역의 표층에는 수온전선이 출현하지 않는다. 이와 같은 현상은 중국대륙연안수의 확장에 의한 표면수온 상승으로 전해역의 표층수온이 거의 같아지기 때문이다.

하계(7월~9월) : 하계에도 6월과 같이 한국 남·서 연안 외측에 형성되는 “L” 자형 전선대는 뚜렷하게 나타나지만 제주도 연안역과 9월의 제주도 남서 해역 전선대 출현을 제외하면 34° N 이남해역에는 뚜렷한 전선대가 출현하지 않는다. 그러나 이 “L” 자형 전선대도 7월과 8월은 거문도 부근에서 제주해협을 거쳐 한국 남서해 연안역을 잇는 해역과 부산 연안에서 거제도 연안역까지의 해역에는 전선대가 명료하게 형성되지만 거문도와 거제도 사이에는 전선대가 소멸되거나 약화되다가 9월이 되면서 다시 대한해협 서수도에서 한국 남서 연안역까지 한국 남·서 연안역에 명료한 전선대가 형성되는 월별 변화가 있다. 또 하계가 되면 제주도 연안을 둘러싸는 환형의 약한 전선대가 형성되는데 이 환형 전선은 김(1995)이 지적한 것과 같이 제주도 연안역의 조석전선에 의해 형성되는 전선이라고 판단된다. 9월이 되면 6월부터 8월까지 소멸되었던 제주도 남서 해역에 다시 전선대

가 출현 한다.

추계(10월~12월) : 10월의 전선대 출현 양상은 대체적으로 9월과 비슷하지만 한국 남·서해 연안 “L” 자형 전선대의 전선출현율이 많아져 전선대의 주축이 명료 해지며, 이 주축의 위치가 7, 8월의 하계보다 외측에 나타나고 이러한 경향은 특히 한국 남서 해역에서 뚜렷하다. 그러므로 10월은 한국 남서 해역의 경우 대륙산도와 홍도를 통과하는 좁은 폭의 전선대가 남북방향으로 형성되어 소흑산도 동쪽에서 한국 남해 연안역의 서쪽으로 뻗어 있는 전선대와 연결되고 있다.

또 9월부터 형성되기 시작한 제주도 남서쪽 연안의 남서방향 전선대가 10월에는 더욱 출현율이 많아지며 제주도 동쪽과 남쪽에도 년중 가장 뚜렷한 전선대가 형성되어 5월과 같이 한국 남해 연안역 전선대와 제주도 남서쪽의 전선대를 연결하고 있다.

11월은 3월과 4월처럼 한국 남서 연안역에 전선대가 출현하지 않는 것이 특징이며 대한해협 서수도에서 제주해협을 거쳐 제주도 서쪽에서 방향을 남쪽으로 바꾸어 32° N, 125° E 부근까지 이어지는 “역 ㄱ” 자형의 명료한 전선대가 나타나고 있다.

12월은 한국 남서 연안에 다시 남북방향의 전선대가 나타나며 한국 남해 연안역의 전선대는 11월과 같지만 이 전선대가 34° N 선을 따라 소흑산도 서쪽 124° E까지 연장된 후 방향을 남쪽으로 바꾸어 제주도 남서 해역에 좁은 폭으로 동계의 현상과 같은 전선대가 된다. 즉 11월의 제주도 서쪽역에 나타난 남북 방향의 전선대가 12월이 되면서 제주도 서쪽해역에 출현하는 대마난류수의 분포범위 확장에 따라 124° E 부근까지 서쪽으로 크게 이동하는 과정이 잘 나타나 있다. 그러므로 12월의 전선대 양상은 대체적으로 동계와 같지만 한국 남해 연안역의 전선대와 제주도 남서쪽의 전선대가 제주도 서쪽에서 서로 연결되어 있는 것이 차이점이라 할 수 있다.

이상의 월별 전선대 분포 유형을 간추려 보면 1월부터 4월까지 한국 남·서 연안역에 나타나는 형으로 한국 남·서 연안역의 “L” 자형 전선대와 제주도 남서쪽의 “\” 형 전선대가 연결되지 않고 “느” 자를 비스듬히 놓힌 형상의 동계형과 6월부터 8월까지 한국 남·서 연안역에만 전선이 나타나는 “L” 자형의 하계형, 그리고 5월과 9월, 10월에 나타나는 한국 남·서해 연안역의 “L” 자형 전선대와 제

주도 남서해역의 전선대가 제주도 주변에서 서로 마주쳐 “Y” 자가 왼편으로 누운 것과 같은 삼거리 모양의 춘·추계형의 전선대를 나타냈다. 또한 11월, 12월에 나타나는 한국 남해 연안역의 전선대와 제주도 남서해역의 전선대가 제주도 서쪽에 서 마주쳐 역 “Y” 자 모양이 되는 늦가을형이 있다. 이러한 형태의 전선대는 Table 2와 같이 대별되며 그 중 한국 남해 연안역의 전선대는 주년 출현하지만 동·하계에는 연안역에 접근하고, 춘·추계는 외해쪽으로 이동함과 더불어 시기에 따라 전선대 추축의 강약이 있다.

Table 2. Seasonal shape of fronts observed in the South-West Sea of Korea and the Northern sea area of the East China Sea

| Winter | | Summer | | Spring and Autumn | | Late autumn | |
|-----------------|---|-----------------|-------|--|---|----------------------|---|
| Title | Shape | Title | Shape | Title | Shape | Title | Shape |
| Shape of winter |  | Shape of summer | L | Shape of spring and autumn(Shape of crossing with corners) |  | Shape of late autumn |  |

이러한 전선대 분포양상은 연구대상 해역의 어장 형성이나 어류 특히 춘·추계 월동장에서 한국 남·서해 연안으로 접근하는 산란군 내지는 색이군이나 추계 색이장 또는 성육장인 한국 남·서해역에서 월동장으로 이동하는 어군들의 이동경로 해명에도 중요한 지침이 될 수 있으리라고 판단된다.

3) 단기적 변동

Fig. 8은 1993년 1월, 1996년 4월, 1994년 7월과 1996년 10월에 표층수온 전선의 한달간 변화상황을 나타내고 있다. 4계절 모두 출현하고 있는 한국 남해 연안역 전선은 1월과 7월의 동·하계에는 연안에 접근하여 형성되고 4월과 10월의 춘·추계에는 외해쪽에 형성되는 경향이 잘 나타나 있으며 한달내에서도 전선의 위치가 남북방향으로 약간씩 변동하고, 그 변동폭이 가장 큰 예는 1996년 4월(Fig. 8 b)로 20~30mile 정도이지만 그 외에는 약 10mile/월 정도로 변동이 나타나 단기적 변동폭이 작은 전선대이다. 또 한국 남서해역의 전선은 1994년 7월의 변동폭이 비교적 크지만 1996년 10월은 한국 남해 연안역과 같이 변동폭이 작다.

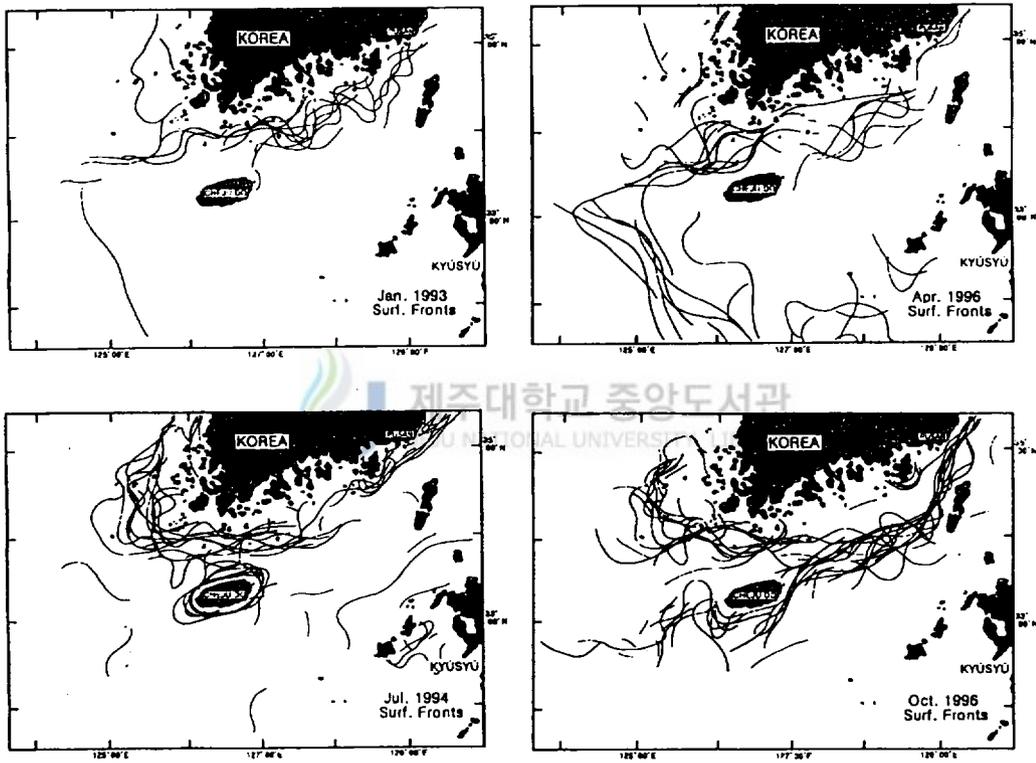


Fig. 8. Daily variations for a month of Sea Surface Fronts(Jan. 1993: Apr. 1996: Jul. 1994: Oct. 1996).

Fig. 9는 인공위성에 의해 구한 많은 표층수온 자료 중 수일간의 전선위치 변화를 파악하기 위하여 전선의 일변화를 나타낸 것이다. 이들 자료는 연속된 일자의 표층수온자료가 없어 3~6일 간의 전선위치 변동상태를 나타낸 것으로 6일 이내의 짧은 기간동안에는 대체로 전선의 위치가 크게 이동하지 않고 10mile 이내의 좁은 범위내에서 변하고 있는 것이 일반적인 경향이지만 1993년 10월 8일~13일까지의 6일간의 경우와 같이 수일 이내에 30~60mile 정도의 단기 변화가 나타나는 예도 있으므로 이러한 단기변동에 대한 많은 연구가 필요하다. 이상의 단기변동 경향은 연구대상 해역에 형성되는 전선의 위치가 수일 이내에는 크게 이동하지 않으므로 전선역에 형성되는 어장은 일주일 정도의 지속성이 있고 또 한국 남해 연안역 전선대의 어장보다 제주도 남서쪽 전선대의 어장위치 변화가 심할 것으로 사료된다.

4) 제주해협에 출현하는 수온전선의 특성

앞에서 지적한 바와 같이 한국남해 연안역에는 주년 전선대가 형성되고 있다. 이와 같은 전선대의 국지적인 특성을 좀더 구체적으로 살펴볼 목적으로 제주해협 내에 Fig. 2와 같이 조밀한 관측정선과 정점을 설정하여 1995년부터 1997년까지 매일 관측한 CTD자료로부터 표층, 50m 층 및 저층의 계절별 수온전선과 염분전선 출현위치를 나타내면 Fig. 10~12와 같다.

제주해협의 표층수온전선(Fig. 10)은 4계절 모두 추자도에서 여서도를 잇는 선 부근에서 전선이 형성되고 있다. 이 전선은 계절에 따라 다소 전선의 모양이 달라지기도 하지만 계절적인 위치변화는 매우 작다. 이 전선은 한국 남해안 연안수와 제주해협을 통과하는 대마난류수 또는 중국대륙연안수(하계)간에 형성되는 전선이며 출현회수는 동계는 적고 그외 계절은 비슷하게 나타나고 있다. 동계 이 전선의 출현회수가 적은 것은 제주해협 내의 대마난류수가 한국남해 연안역까지 넓게 분포하기 때문이다.

제주해협에는 이 전선 이외에 춘계와 하계에는 제주도 북부 연안역에 전선이 출현한다. 춘계는 제주도 북서 연안역인 비양도 부근과 제주도 북동 연안역인 우도 부근 해역에서 주로 나타나며 이 전선은 제주해협내에 설상으로 삽입되는 고온·고염의 대마난류(노, 1985)와 관계가 있고, 하계의 전선은 제주도 북부연안을

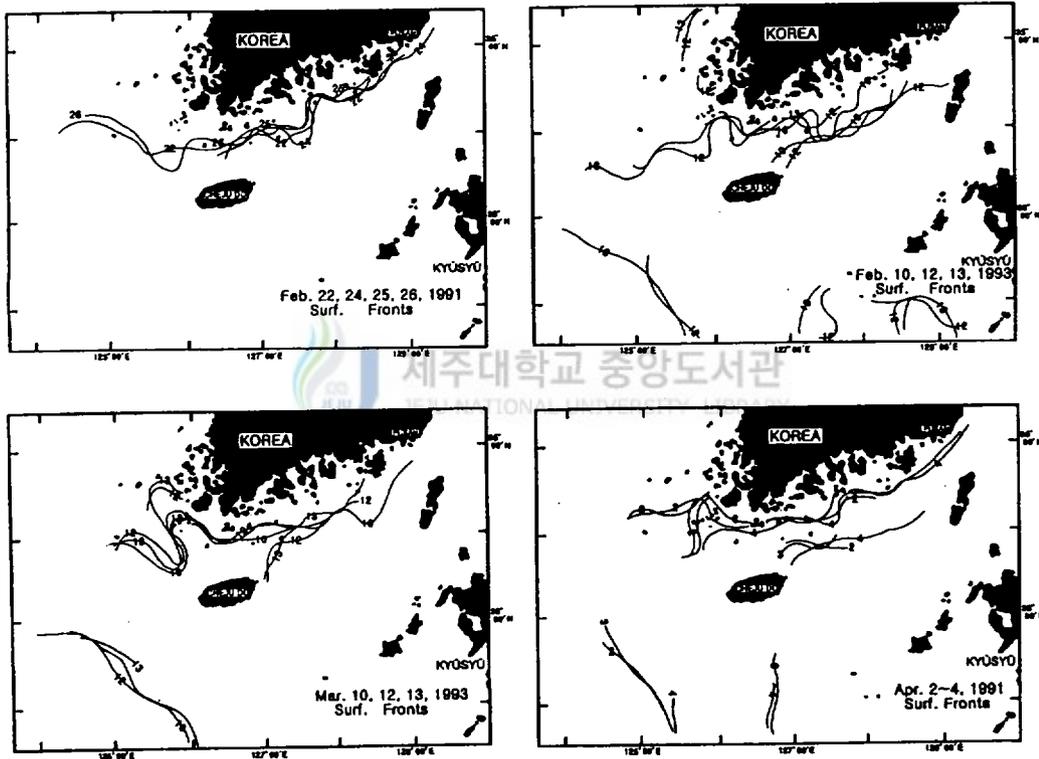


Fig. 9. Short term variations of sea surface fronts.

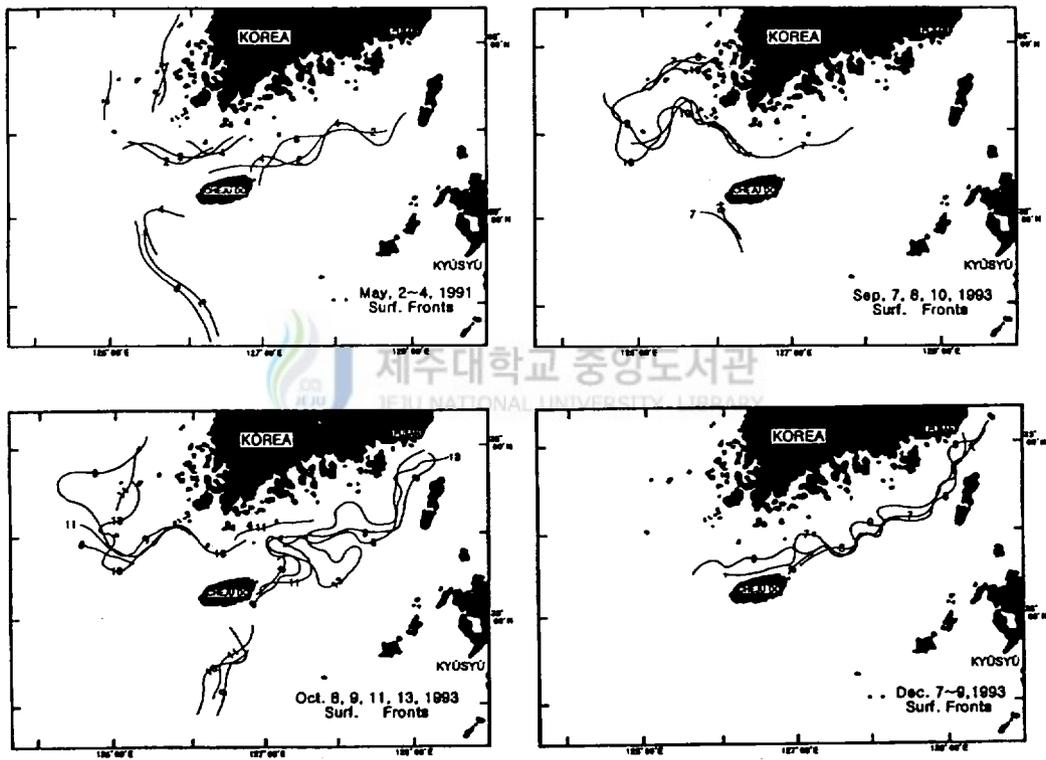


Fig. 9. Continued.

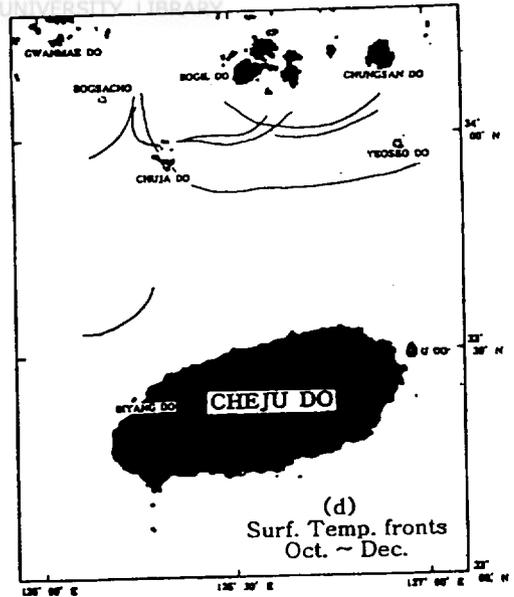
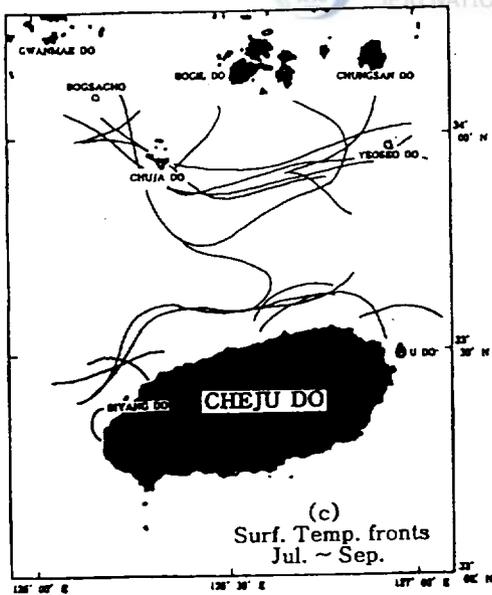
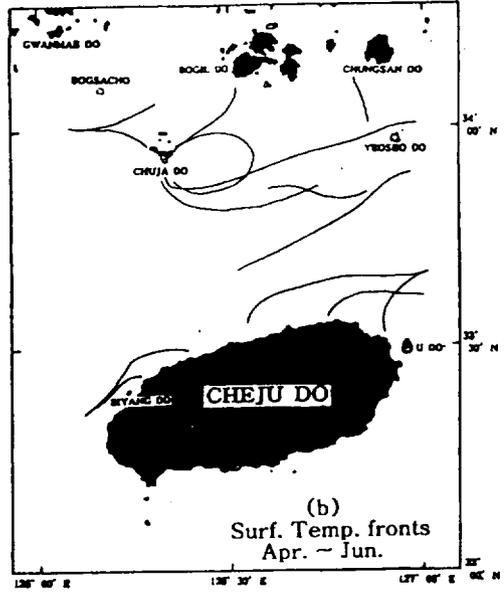
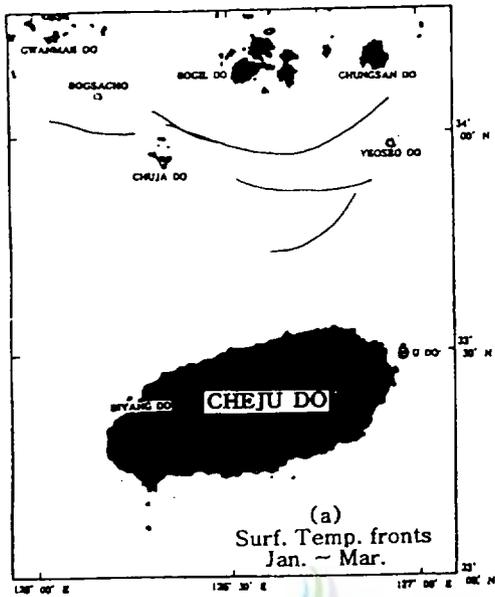


Fig. 10. Seasonally frontal contour of temperature at the sea surface in the Cheju Strait.

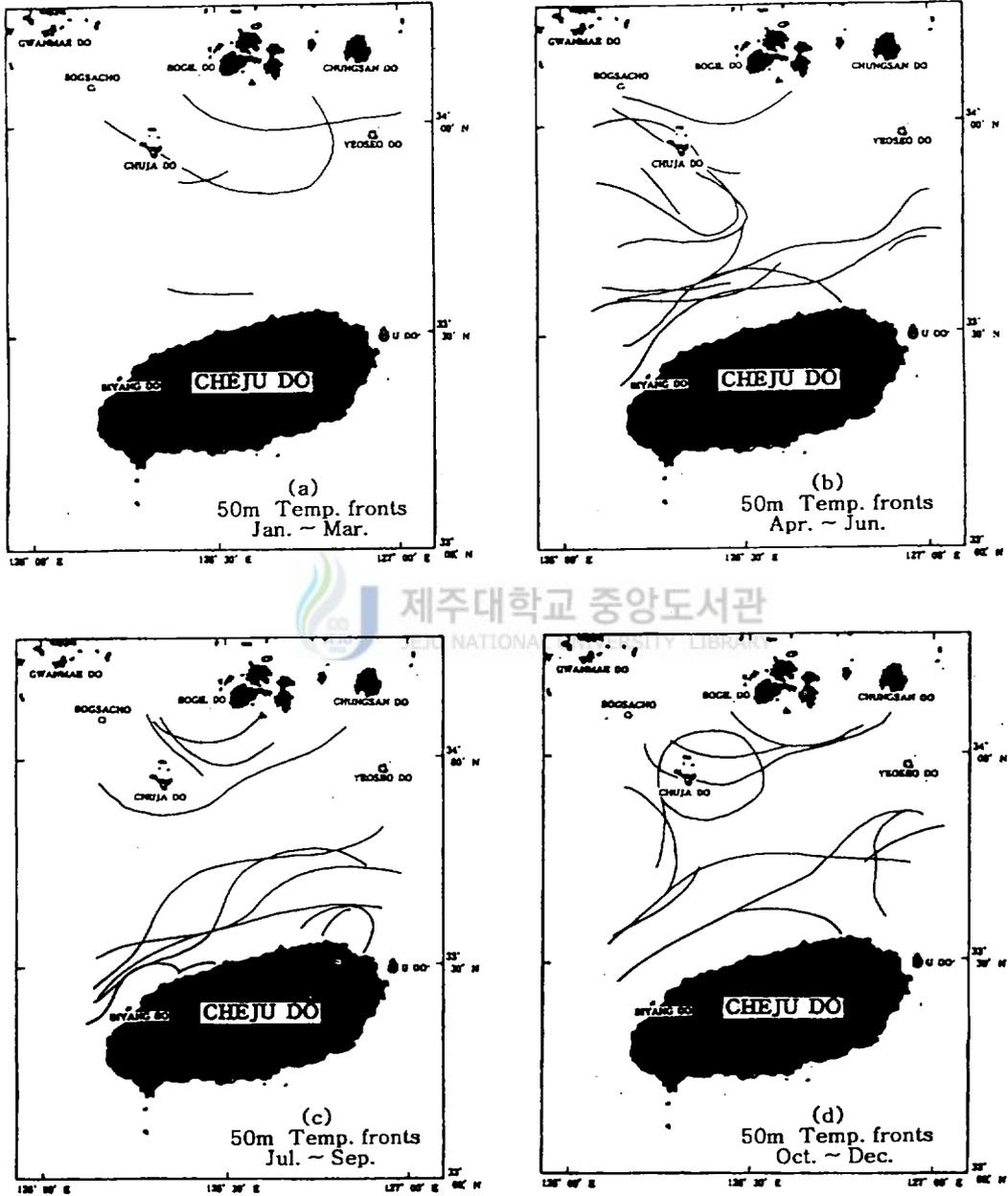


Fig. 11. Seasonally frontal contour of temperature at the depth of 50m in the Cheju Strait.

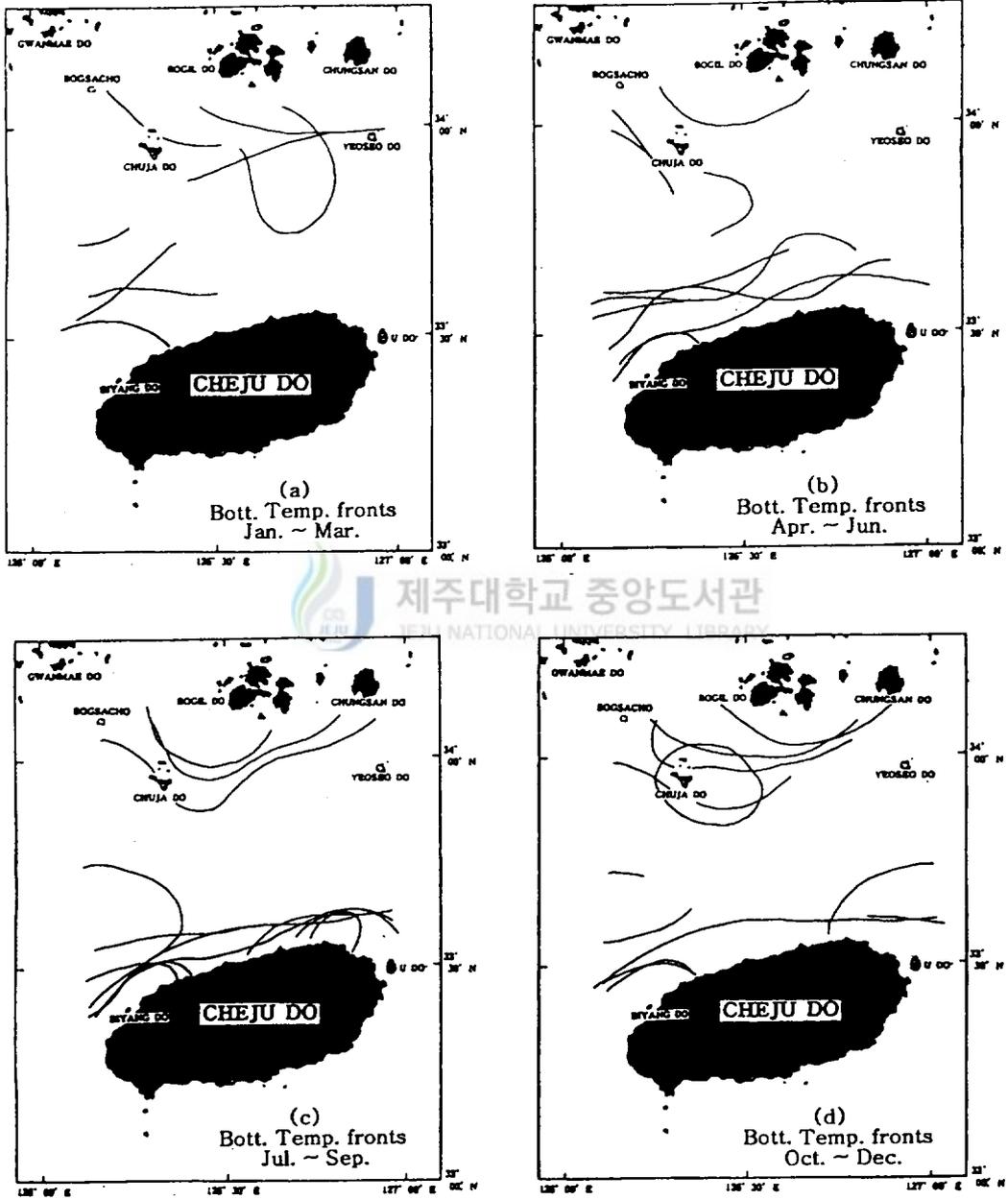


Fig. 12. Seasonally frontal contour of temperature at the bottom in the Cheju Strait.

따라 동서로 분포하는 전선으로 김(1995)이 지적한 제주도 연안역의 조석전선이다.

50m 층은 표층에 동서방향으로 추자도와 여서도를 잇는 선 부근에 형성되는 제주해협 북부 전선의 양상이 다소 변해 보길도 서쪽부터 추자도와 정산도를 잇는 선 부근에 포물선 형 전선이 자주 출현하여 한국 남해 연안수가 제주해협을 향하여 확장하는 형상을 간접적으로 나타내고 있으며, 표층의 제주도 북부 연안역 전선도 50m 층에서는 동계를 제외한 전 계절에 해협 전체에 동서방향으로 뚜렷이 나타나고 있다. 이 전선대는 제주해협에 출현하는 고온·고염의 대마난류수와 변질된 혼합수(노, 1985)간에 형성되는 전선으로 표층에 나타나는 조석전선대 보다는 외측에 위치한다. 또 춘계와 추계에 추자도와 제주도 북서 연안 사이에 서쪽에서 제주해협을 향해 표층에서는 나타나지 않았던 포물선형 전선이 출현하는 것이 특징이다.

지층(Fig. 12)의 전선 출현 양상도 50m 층과 거의 같지만 동계에 표층과 50m 층에서는 거의 출현하지 않던 제주도 북서 연안역에 전선이 나타나며, 제주해협 북부 전선의 방향이 보길도로부터 추자도를 향하는 형상이 된다. 즉 전자는 제주도 서쪽해역에서 제주해협쪽으로 유입하는 고온·고염의 대마난류수 연변에 형성되는 전선인 것 같고, 후자는 동계 한국 남해안 연안수가 북서 계절풍에 의해 보길도 주변에서 추자도쪽으로 확장되기 때문에 나타나는 전선으로 해석된다.

또 추자도와 제주도 북서 연안역 사이에 춘계에서 추계까지 나타나는 포물선의 전선은 이 시기에 제주해협 저층에 나타나는 11~13℃의 저층냉수(노, 1985) 출현에 의해 나타나는 전선이고, 앞의 50m 층에 춘·추계 동안 이 해역에 나타난 포물선의 전선도 이 수괴 출현과 관계 있는 전선이다.

4. 전선역의 연직적 수온, 염분, 밀도 변화

전선역의 연직적인 수온, 염분, 밀도의 미세구조를 파악하기 위하여 제주해협 중 전선이 출현한 해역에 위치한 몇 개의 정점(Fig. 2의 추자도 주변 Sta. 5, 7~10)에 대한 CTD 관측자료로부터 수온, 염분, 밀도의 연직변화 상태를 월별로 나타내면 Fig. 13과 같다. 이들 연직 변화 곡선은 CTD에 의한 연속기록이므로 수심 1m 간격의 수온, 염분, 밀도(σ_t)에 대한 미세변화 상황을 반영하고 있다.

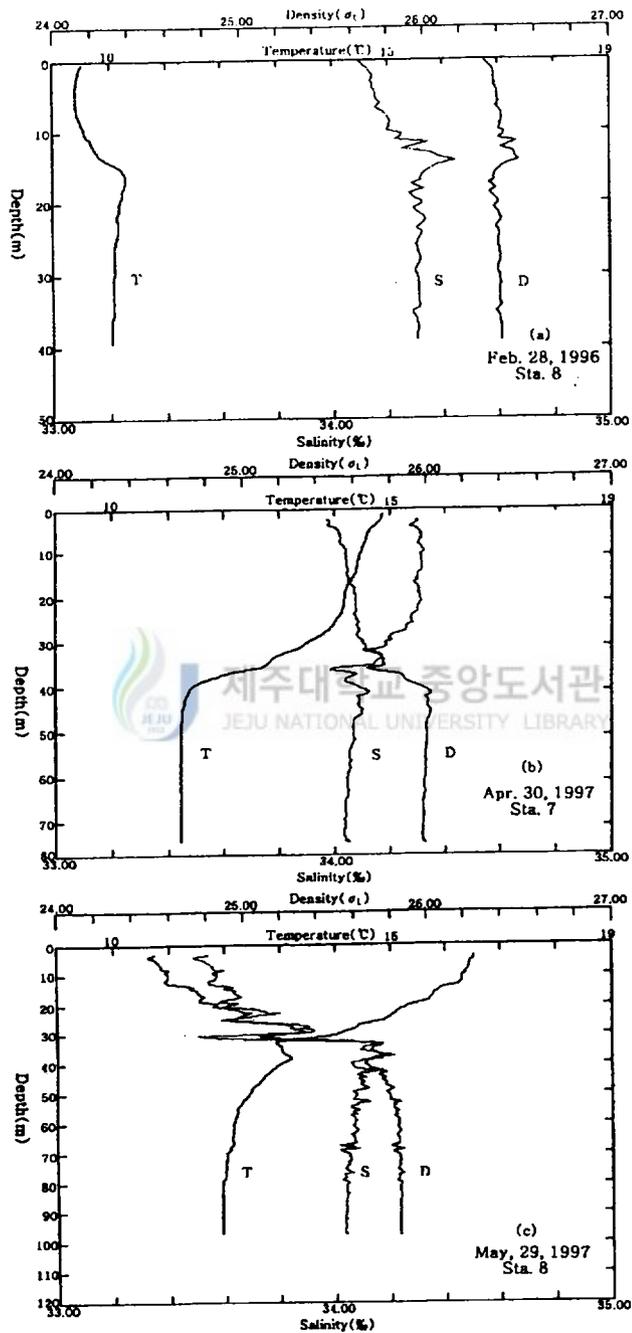


Fig. 13. Vertical profiles of temperature ($^{\circ}\text{C}$, T), Salinity(‰, S) and density(σ_t , D).

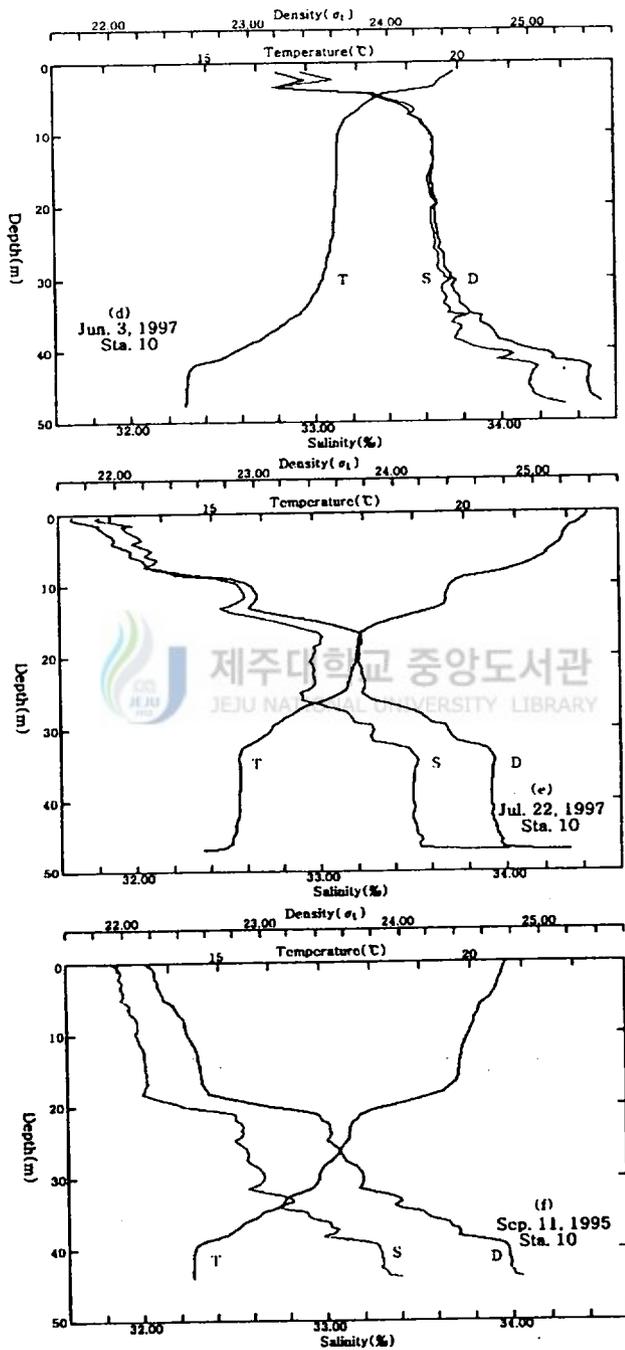


Fig. 13. Continued.

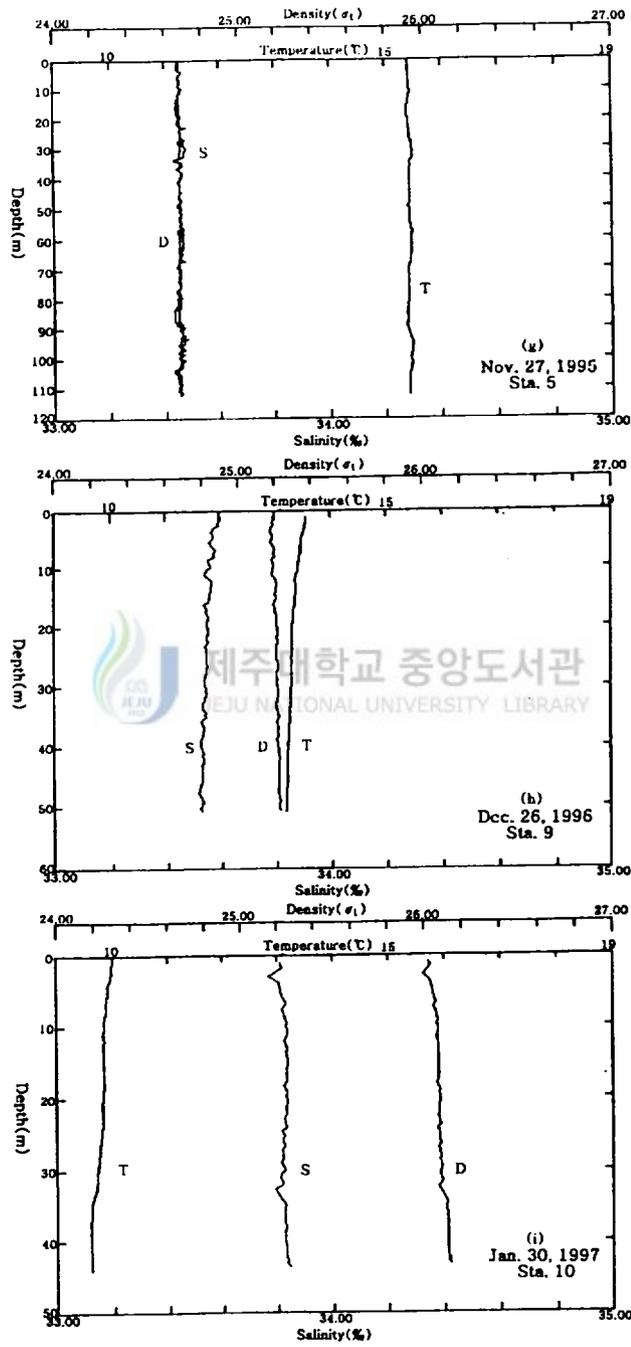


Fig. 13. Continued.

Fig. 13(a)은 1996년 2월 28일에 관측된 Sta. 8(추자도 북서 약 8mile)의 연직구조로 수심 16m 부근에 수온, 염분, 밀도 역전층의 중심이 있다. 이 역전현상은 수온 10°C 이하, 염분 34.10‰ 내외의 연안저온수가 표면에서 수심 10m 부근까지의 표층을 덮고 있고, 그 밑의 중·저층에 수온 10°C, 염분 34.20‰ 이상의 대마난류 연변수가 침투하여 만들어지는 역전현상으로서 동계 한국남해연안수와 제주해협 내의 대마난류수간에 형성되는 전선역에서 나타나는 전형적인 역전현상이다. 이때의 밀도분포는 표층이 크고 중·저층의 작으므로 연직혼합이 왕성하게 일어나 시간이 경과에 따라 전층이 균질화되고 수온, 염분이 낮아질 것으로 판단된다.

Fig. 13(b)는 1997년 4월 30일에 관측한 Sta. 7(추자도 서쪽 약 6mile)의 자료로 수온은 표층에서 수심 30m까지는 14°C 내외의 고온수가 있고 수심 40m 부근부터 저층까지는 11°C 정도의 저온수가 분포해 수심 30~40m 사이에 대류기인 4월에는 거의 나타나지 않는 심한 수온약층이 형성되고 있다. 그러므로 표면에서 30m까지의 상층에 표층냉각에 의한 미약한 수온역전이 나타날뿐 전선역에서 볼 수 있는 수온역전 현상은 나타나고 있지 않다. 그러나 염분연직 분포에서는 수심 35~45m 사이에서 염분역전 현상이 출현한다. 이때의 염분은 표면에서 수심 30m까지의 상층이 높고 하층이 낮다. 그러므로 이 정점의 수온, 염분은 동계 추자도 부근까지 남하한 한국남해연안수 위에 제주해협으로부터 대마난류수가 침입하고 있으며 이 두 수괴의 경계층에서는 염분역전 현상이 일어나고 있음을 잘 나타내고 있다. 이때의 밀도분포는 상층이 낮고 하층이 높으므로 전체적으로는 안정되어 있지만 상층 또는 하층 각각은 밀도차가 크게 없어 각층내에서는 연직혼합이 쉽게 일어날 수 있는 상태이다.

Fig. 13(c)는 1997년 5월 29일에 관측된 Sta. 8의 연직분포로 수심 30m 부근을 경계로 상층에는 고온(표층 16.5°C), 저염분수(표층 33.37‰), 하층에는 저온(12°C 내외), 고염분수(34.05‰ 내외)가 분포하고 전층에서는 미세한 수온, 염분 변화가 나타나며 특히 두층의 경계역 부근에는 수온, 염분 역전현상이 나타나고 있다. 또 하층수는 4월의 Sta. 7에 나타난 저층수와 거의 비슷한 수온, 염분 범위이지만 상층수는 고염분인 대마난류수는 소멸하고 33.40‰ 미만의 저염분수가 표층에 나타나고 있다. 그러므로 제주해협 북부해역인 한국 남해 연안역의 동·춘계 전선은 대마난류수와 한국 남해 연안수의 세력소장에 의해 그 위치가 남북으로 변하고

이들 전선역에서는 수온, 염분, 밀도 약층 및 역전현상이 나타나고 있다.

Fig. 13(d~f)는 1997년 6월 3일, 1997년 7월 22일, 1995년 9월 11일에 관측된 Sta. 10(추자도 동쪽 약 4mile)의 수온, 염분, 밀도 연직분포를 나타내고 있다. 이 시기의 연직분포 특징은 모두 3개의 수괴가 겹쳐 있다는 점이다. 즉 Fig. 13(d)의 경우는 수심 5m 미만이 극히 표층에 수온 20.0℃, 염분 32.80‰ 정도의 최고온, 최저염분수가 분포하고 수심 40m 이하의 저층에 수온 14.6℃, 염분 34.35‰의 최저온, 최고염분수가 자리잡고 있고, 수심 10~30m의 중층에 수온 18.5℃ 내외, 염분 33.70‰ 정도인 중간적 성질의 수괴가 나타나고 있어 최상층에 한국남해연안수가 얇게 덮혀 있고 중층에 황해난류계수가 가장 두껍게 자리잡고 있다. 그리고 최하층에는 10m 정도의 두께로 대마난류수가 얇게 침투하고 있어 3개의 수괴가 겹쳐져 있는 연직구조로 이들 각 수괴가 중첩되어 있는 경계층 부근에서는 염분의 불규칙 변화가 나타나고 있다. 이러한 6월 상황은 하계가 되어도 3개의 수괴가 겹친 상태는 지속되지만 각층의 수괴 성질이 변하고 있다. Fig. 13(e)는 1997년 7월 22일에 관측된 경우로 표층의 고수온, 저염분수층이 6월보다 두꺼워져 수심 15m 부근까지 덮고 있고 중간층은 그 두께가 6월보다 얇아져 수심 15~25m의 층을 점유하고 하층수는 6월보다 두께가 두꺼워져 수심 30~45m까지의 저층을 메우고 있다. 또 각층의 두께 변화뿐만 아니라 수괴성질도 변해 표층최저염분은 32.00‰ 이하가 되 중국대륙연안수의 성질이 되고 6월 대마난류가 나타났던 저층에는 수온 15.5℃ 내외 염분 33.50‰ 정도의 황해난류 수괴로 바뀌었으며 6월 중층에 두껍게 자리 잡았던 황해난류수는 수온 17.0℃ 정도 염분 33.20‰ 내외의 혼합수로 변했다. 즉 연직적으로 3개의 수괴가 층상구조를 하고 있는 양상이나 각 수괴의 경계역에 심한 수온, 염분, 밀도 약층이 형성되어 있는점, 이들 약층 부근에 염분의 불규칙한 미세변화가 나타나고 있는 점 등은 6월과 7월 모두 같지만 수괴의 두께나 성질에는 차가 있다. 이러한 연직적인 수온, 염분, 밀도 분포상태는 1995년 9월 (Fig. 13 f)에도 거의 비슷하게 나타나고 있는 점으로 보아 이 전선역의 하계 수온, 염분, 밀도 분포 특성이라고 할 수 있다. 또 제주해협 중앙부에는 하계 표층수온이 25~28℃ 정도의 고온수가 나타나는데 반해 전선역에서는 21~23℃의 저온수가 나타나는 것은 해협 중앙부 보다는 이 전선역은 표층수와 중층수, 중층수와 저층수간에 연직혼합이 일어나기 쉬운 조건이 되는 것 같다.

Fig. 13(g~i)는 1995년 11월 27일 Sta. 5, 1996년 12월 26일 Sta. 9, 1997년 1월 30일 Sta. 10에서 관측된 전선역의 수온, 염분, 밀도 연직분포로 11월부터 1월까지의 전선역인데도 불구하고 수온, 염분, 밀도 약층이 나타나지 않고 역전현상도 약하여 표층부터 저층까지 거의 균질수가 된 것이 특징이다.

그러므로 제주도해협은 늦가을부터 연직적인 혼합이 왕성하게 일어나 전선역이라 하더라도 연직적인 수온, 염분변화가 거의 나타나지 않는 것 같다.

5. 수온전선과 선망어장

Fig. 14는 전선과 어황과의 연관성 분석을 위하여 부어류를 주대상으로 하는 41선단의 선망어획자료(1991~1996년)로부터 구한 해구별 CPUE를 월별로 정리한 어장분포와 그 기간동안에 형성된 월별 표층수온전선대를 대응시켜 나타낸 것이다.

동계(1~3월)에 고등어, 전갱이류를 주대상으로 하고 있는 선망 어장이 형성되는 곳은 주로 한국남해 및 제주도 남서해역 전선대와 그 연변의 대마난류수역이다. 이외에 전선대와 관련이 적은 어장으로 제주해협에서 34° N선 부근을 따라 서쪽으로 뻗어있는 전선대와 제주도 남서해역 전선대를 경계로 제주도 서쪽 넓은 해역에 Water pocket 모양으로 어장이 형성되고 있고, 또 제주도와 오도열도사이인 고수온(15~17°C)의 대마난류 주류부와 대마도 동쪽해역에도 어장이 형성되고 있다. 그러나 한국서해, 한국남해, 동중국해의 10°C 이하의 저수온 해역에서는 어장이 형성되지 않았다. 이것을 좀더 구체적으로 살펴보면 1월에는 제주도 남서해역과 거제도 연안해역의 전선대에서 좋은 어장이 형성되었고, 그 중 제주도 남서해역 전선대 어장은 전선대 중앙에서 다소 서쪽에 치우쳐 있는 특징이 있다. 3월에는 제주도 남서해역 전선대 보다는 제주도와 제주도 남서해역 전선대 사이인 제주도 서쪽의 고수온역, 제주도와 대마도를 잇는 선 부근의 전선대 주변과 대마도 동부해역의 대마난류역에도 좋은 어장이 형성되었다.

이러한 어장이 춘계(4~6월)에 접어들면서 제주도 서부 및 남서부 해역 어장은 소멸하고 주어장은 제주도와 대마도를 잇는 선상의 전선대와 그 연변부 난류수역과 대마도 북쪽 및 동쪽해역에 어장이 형성되고 있으며 전반적으로 어장 형성위치가 동계에 비해 북쪽과 동쪽으로 이동하고 있어 고등어, 전갱이류의 계절회유

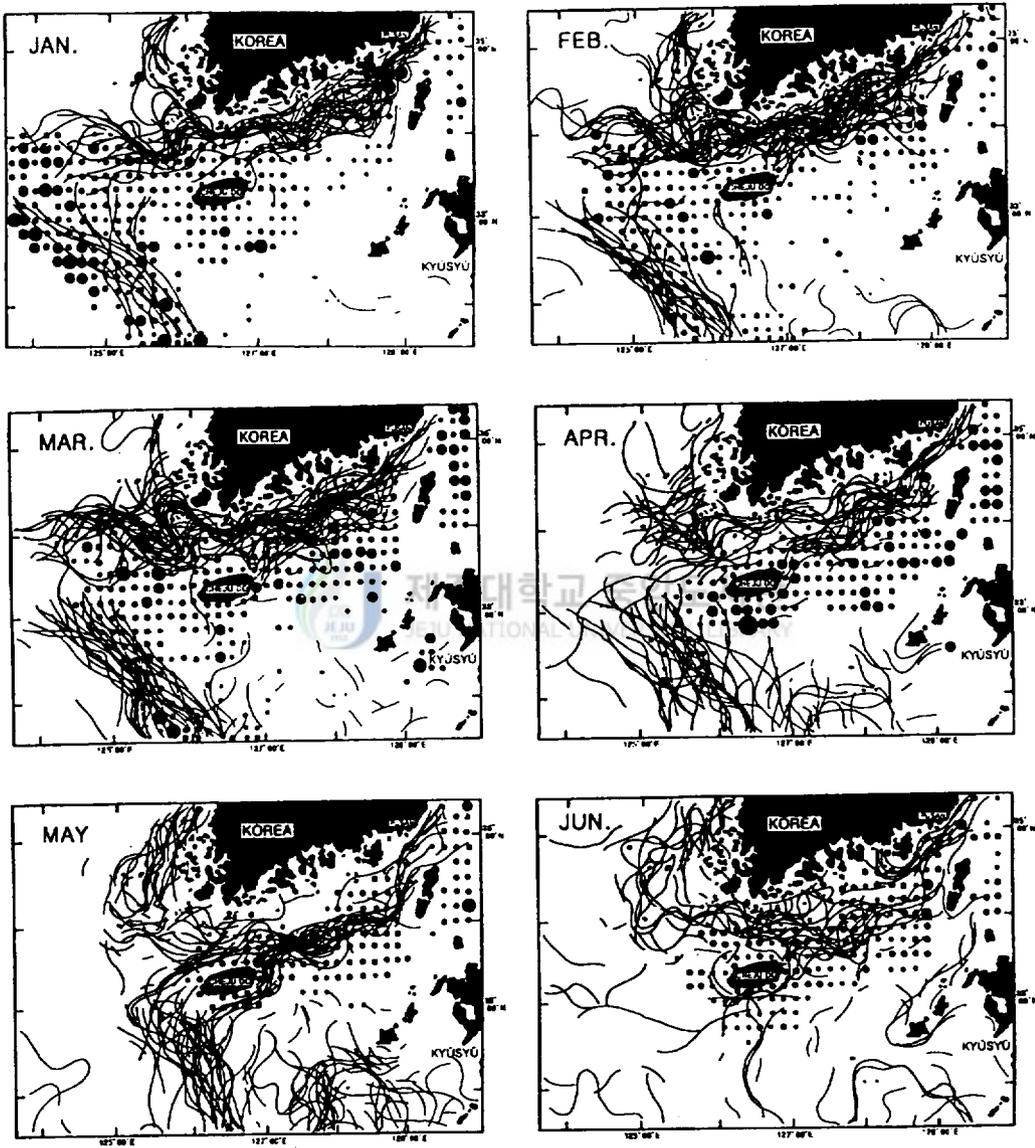


Fig. 14. Monthly relationship between frontal movement and fishing conditions in the period of during 1991~1996.

• : 0~10,000kg • : 10,001~40,000kg • : 40,001~80,000kg
 • : 80,001~160,001kg • : > 160,001kg

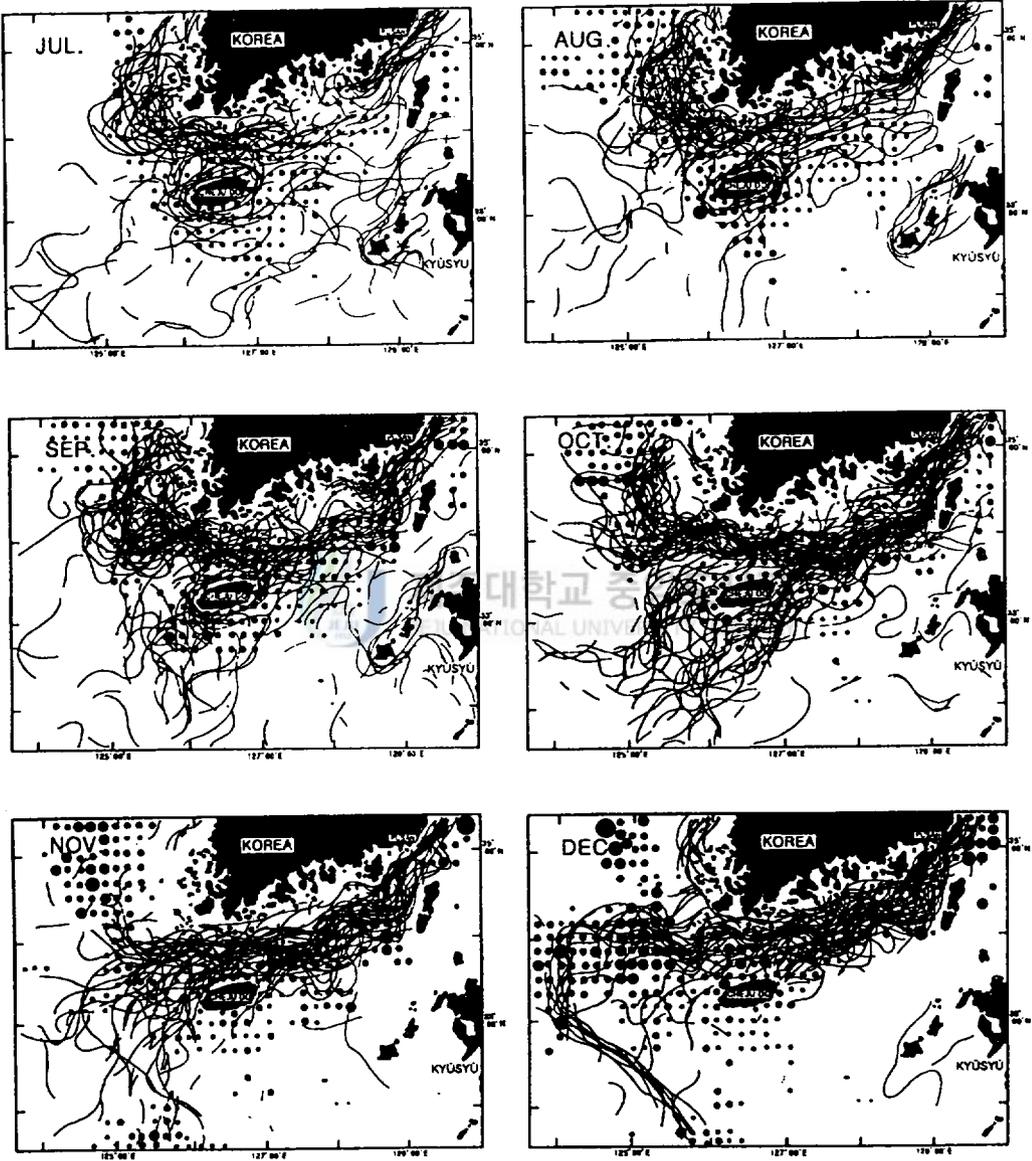


Fig. 14. Continued.

상황을 반영하는 것 같다. 즉 4월에는 제주도 남부해역과 대마난류 주류부, 한국 남해에 출현하는 전선대와 대마난류 연변부에서 주어장이 형성되고 있지만, 5월과 6월에는 제주도와 대마도를 연결하는 선 부근의 전선대에서 주로 어획이 이루어지고 있다. 즉 전선대가 전반적으로 한국 남해연안에서는 남쪽으로, 제주도 남서해역에서는 동쪽으로 이동하면서 한국 남해 연안전선대가 제주도 서부를 돌아 제주도 남부쪽으로 이어지는 “역 ㄱ” 자 형태의 전선대 및 양쪽 연변에서 어장이 형성되고 있는 것이 특징이다. 그러므로 제주도 서부 및 남서부 해역의 동계 어장이 소멸하여 어장이 동계에 비해 동쪽에 치우쳐 있는 것은 춘계가 되면서 제주도 서쪽해역의 대마난류수 축소와 제주도 남서쪽의 대마난류수 동쪽이동으로 동계형의 전선대에서 춘계 “역 ㄱ” 자형 전선형으로 바뀌는 전선대 이동 Pattern과 잘 일치하고 있다. 또한 한국 남·서해 연안수역과 제주도 남부연안을 제외한 33° N 이남해역, 126° E 이서해역에서는 전선 출현과는 상관없이 어장이 형성되고 있지 않다.

하계(7~9월)의 선망어장은 한국 남해연안의 전선대 및 제주도 주변의 조석전선대역, 한국 남서해 전선대 외측과 황해저층냉수 사이의 황해난류수역에서 좋은 어장이 형성되고 있어 하계에는 주로 전선대 및 그 연변부 어장이라고 할 수 있다. 그러나 한국 남·서 연안수 내측과 황해저층냉수역에서는 어장이 형성되고 있지 않다.

추계(10~12월)에도 한국 남서해의 전선대 외측, 황해저층냉수 사이의 황해난류역, 소흑산도에서 제주해협과 한국남해를 지나 대한해협 서수도로 이어지는 전선대와 제주도 남쪽해역에서 제주도 동쪽을 거쳐 한국남해 연안전선과 이어지는 삼거리형 전선대에서 어장이 형성되고 있으며, 특히 10월 제주도 동쪽해역에서 남쪽해역으로 이어지는 전선 출현과 이 해역의 어장형성이 잘 일치하는 등 다른 계절에 비해 전선대와 어장형성 위치가 잘 일치하고 있는 것이 특징이다.

한국 남서해역의 주 어장 범위가 10월과 11월에 비해 12월에는 다소 축소되고 남하하며, 특히 한국 남해 연안으로부터 소흑산도 서쪽까지 연장되어 있는 전선대가 제주도 남서해역 전선대와 마주쳐 자루모양을 하고 있는 전선대 주변에 좋은 어장이 형성되어 동계 제주도 서쪽해역의 대마난류 및 황해난류역에 나타나는 Water pocket 모양의 어장으로 변화되는 양상을 보여주고 있고, 11월과 12월에 대

마도 북부해역의 전선대 연변부 대마난류수역에서도 좋은 어장이 형성되고 있다. 추계 역시 한국 남·서해 연안해역와 대마난류 주류역에서는 어장이 형성되고 있지 않다.

이상의 결과를 종합하면 한국 남해 및 동중국해 북부 해역의 선망어장은 주년 전선대 및 그 주변 대마난류수 연변부에서 좋은 어장이 형성되고 있지만 전선역 어장외에 동계에는 제주도 서쪽 해역의 Water pocket형의 난류역어장, 제주도와 오도열도 사이 고수온(14~16℃)역의 대마난류 주류역 어장, 동·춘계 대마도 주변어장 등으로 대별되고 한국 남서부 해역에도 하·춘계에 연안 전선대 외측과 황해저층냉수사이의 황해난류역에 좋은 어장이 형성된다.

한편 주년을 통해서 어장이 형성되지 않는 해역은 한국 남·서해역의 연안수역과 제주도 남서해역 전선대 서쪽의 중국대륙연안수역, 또 한국남서해역은 1월부터 6월까지의 전선대는 나타나지만 어장은 형성되지 않는 것이 특징이다.



IV. 고 찰

1. 전선 형성기구와 그 변동특성

국립수산진흥원에서 NOAA 위성으로부터 수신되는 표면수온 화상자료를 분석한 표면수온 분포자료를 활용하여 전선의 정확한 위치 및 그 변동특성을 분석하는 기법과 그 전선 응용 방법의 개발은 첨단과학을 어선어업의 과학화에 접목시킬수 있는 방법 중의 하나로 최근 특히 관심이 집중되고 있는 과제라고 판단되어 본 연구에서는 이들 자료를 광범위하게 활용하여 자료를 정리하였다. 이러한 분석 방법은 기존의 Uda(1959), 近藤(1969), 공(1971), 양 등(1994)에 의하여 한국 남·서해역 및 동중국해 북부해역에서의 해양전선 분석결과 보다 광역의 상황을 Real Time으로 또 단기적인 상황까지 제시할 수 있어 어민들이 현업에서 직접 활용할 수 있는 장점이 있다.

또 수온전선은 수치로 나타내기는 어렵지만, Uda(1959)의 경우 수온의 수평경도가 $0.05\sim 0.5^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 이상인 곳, 공·손(1982)은 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 이상인 불연속대를 수온전선역, 박·최(1995)는 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 이상인 곳을 수온전선으로 보았다. 본 연구에서는 전선의 기준을 한국 남·서해역에서는 $0.186^{\circ}\text{C}/\text{mile}$, 동중국해 북부해역에서는 $0.106^{\circ}\text{C}/\text{mile}$ 로 정의하여 한국 주변해역에서 형성되는 전선의 수치적 개념을 제시했다.

분석결과 한국 남·서해 및 동중국해 북부해역에서 나타나는 전선은 년별·계절별로 남북 혹은 동서방향의 변동이 있지만 매년 전선대의 형성 Pattern은 거의 유사하게 나타나고 있다.

그 전선 Pattern은 계절별로 몇가지 형태로 나눌 수 있는데 동계(1~3월)에는 한국 남해연안역에 가장 근접하여 한국 남동해역에서 소흑산도 서쪽까지 동서방향으로 년중 가장 긴 전선이 형성되며, 이와 같은 전선은 한국 남해 연안 천해역 및 한국 서해에서 기온 저하에 의해 냉각되는 10°C 이하의 저온수와 외해쪽의 대마난류수 사이에서 형성된 것이다. 또 제주도 남서 해역에 북서방향에서 남동방향으로 연중 가장 서쪽에서 뚜렷한 전선이 형성되는 것은 대마난류수와 중국대륙연안수간에 형성되는 전선이며 이들 양 전선은 제주도 서쪽에서 동계에만 서로 마주치지 않고 불연속이 되고 있다. 이처럼 동계에 한국 남해 연안역에 동서방향으

로 형성되는 긴 전선이 년중 가장 북쪽에 위치하고 제주도 남서해역의 전선이 년중 가장 서쪽에 위치하며, 이들 양 전선이 제주도 서쪽해역에서 마주치지 않는 것 등은 대마난류수가 동계에 가장 북쪽 및 서쪽으로 확장하여 년중 제일 넓은 범위까지 분포하므로써 황해난류수가 방 등(1994)이 지적한 바와 같이 동계에는 제주도 서쪽해역에서 한국 서해 중앙부를 향해 설상(舌狀)으로 확장되고 있는 것을 잘 반영하고 있다.

4월부터는 동계 한국남해 연안역에 가장 가깝게 위치해 있던 전선이 소멸되고 제주도 동단과 대마도 남단을 연결하는 선 부근에 전선이 형성된다. 이 전선에 대해 공(1971)은 한국남해연안수와 대마난류수의 경계역에서 형성된 전선이라고 하였으나 4월까지의 제주도 서쪽해역에는 대마난류 주류부 보다는 약간 변질된 대마난류수가 존재하고(Fig. 15) 이 난류수는 제주해협을 통하여 한국 남해로 유출(김·노, 1997)되므로 제주도 서쪽에서 이동해 오는 약간 변질된 대마난류수와 대마난류 본류수간에 형성되는 전선(노, 1985)이라 사료된다. 이러한 현상은 NOAA 위성수신 자료에서도 제주도를 우회하여 변질된 해수가 대마도쪽으로 향하면서 확장하고 한국 남해연안수는 연안쪽에 한정되어 있음이 잘 나타나고 있다.

또한 제주도 남서해역 전선은 4월이후 대마난류수의 축소, 중국대륙연안수의 확장으로 인하여 동쪽해역으로 이동하는 특성을 나타내나, 하계에는 저염분수인 중국대륙연안수의 표층확장에 의한 수온 상승으로 한국 남·서해 연안역을 제외한 연구대상해역 대부분이 고온수역이 되어 수온차가 거의 나타나지 않고, 이 전선은 흔적만 남을 정도로 약화되지만 9월이후 제주도 남쪽에 남북방향으로 폭넓은 전선대가 다시 형성되어 제주도와 대마도를 연결하는 전선과 제주도 동쪽에 출현하는 전선에 의해 연결되다가 11월 이후 동계상황으로 바뀌는 계절변화를 나타낸다.

그리고 5월 이후 10월까지 제주도를 둘러싸는 듯한 Ring 모양의 전선은 제주도 주변해역의 연안수와 외해수사이에서 조석류에 의해 연안수의 외측경계역에서 형성된 조석전선이며, 이 조석전선의 특징은 연안역에서 조류에 의한 표·저층수의 혼합으로 외해역에 비하여 표층이 저온·고염, 저층에서는 고온·저염 현상을 나타낸다(김, 1995; 김 등, 1998). 이러한 경향은 Fig. 15의 NOAA 위성수신자료에서도 제주도 주변해역에 외해수 보다는 낮은 수온분포를 나타내고 있는 현상을 볼 수 있다. 따라서 이러한 조석전선의 주변해역에서는 선망어장이 분포하고 갈치채

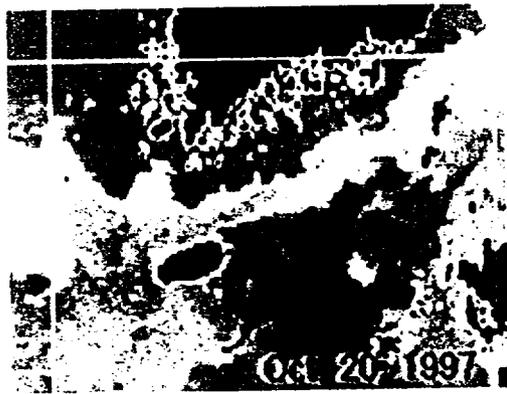


Fig. 15. NOAA infrared image taken on Feb. 1987; Apr. 11, 1997 ; May, 24, 1996; Jul. 25, 1997; Sep. 12, 1997; Oct. 20. 1997 (from NFRDA).

남기 어선의 주 조업장이 되는 해역이기도 하다(김, 1995; 김·노, 1998).

이상 고찰한 한국 남·서해역 및 동중국해 북부해역에서의 전선대의 위치, 형태 변동특성은 어류의 분포, 회유경로 추정이나 어·해황예보의 정도향상에 크게 기여할 수 있는 중요한 기초자료가 될 수 있다. 따라서 NOAA 위성에 의한 표층수온 영상자료로부터 전선대의 위치를 추정하는 것은 어·해황 예보시 매우 유익한 자료가 될 수 있다. 그러나 하계가 되면 중국대륙연안수의 확장에 의해 한국 남·서해 연안역을 제외한 연구대상해역 대부분의 표층수온이 거의 같아 지므로 표층 전선대가 나타나지 않거나 나타나더라도 중·저층의 전선대와 일치하지 않게 된다. 그러므로 NOAA 위성의 화상자료로부터 얻어내는 표층수온 전선대에 의한 어·해황 예보의 한계성을 고려할 필요가 있다.

2. 전선대와 선망어장과의 관계

동중국해의 가장 좋은 선망어장은 우리나라 남해연안을 포함한 대마난류 해역에 형성되고(공, 1970; 노·入江, 1973; 조, 1984; 조·양, 1985; 조·박, 1986; 나 등, 1990; 김, 1991). 특히 제주도 주변해역은 시기별, 계절별로 고등어, 전갱이, 쥐치, 갈치, 조기, 등 각종 회유성어종이 출현하여 호어장을 형성하며, 이를 대상으로 하는 안강망, 유자망, 채낚기, 선망, 기선저인망 어업이 성행하는 해역이기도 하다(노, 1985; 김; 1995). 그 중에서 선망어업을 대상으로 분석한 한국 남·서해역 및 동중국해 북부해역의 어장변동은 이들 해양전선대의 위치와 상호 밀접한 관계를 보이며 변동하고 있다.

Fig. 14는 장기간의 어획자료로부터 구한 소해구별 CPUE와 그기간의 월별 전선대를 대응시켜 나타내고 있다. 선망어장은 계절에 관계없이 전선대 및 그 주변 난류역에 주로 분포하고 있지만 이러한 전선대 어장 이외에 몇 개의 예외적 어장이 나타나고 있다. 즉, 대마도 동쪽해역에 출현하는 선망어장은 전선대와 관계없는 어장 중의 하나로 이 어장 형성기구에 대해 迂田·近藤(1958)은 대마도 부근 해역의 해류가 대마도를 통과하면서 생기는 지형성 와류어장이라고 했다. 또한 동계 1, 2월에 한국남해역에 형성되었던 선망어장이 3월이후 춘계에 전선대와 약간 떨어진 제주도와 오도열도 사이해역에서 형성된 것은, 이 해역에 나타나는 설상의 대마난류수 주류부의 선단부에서 형성되는 어장으로 이 해역에 나타나는 고수온선

(15~16℃)이 심한 굴곡부 Water pocket내에 형성된 어장(노·人江, 1973; 노·정, 1978)이라고 사료된다. 또한 4월까지 제주도와 대마도를 연결하는 전선대의 주변역에서 형성되었던 어장이 5월에 접어들어 제주도와 대마도를 연결하는 전선대를 경계로 전선대의 북쪽인 한국 남해역과 남쪽인 제주도 북동쪽 해역의 선망어장으로 양분되는 현상은, 전선대의 변동 특성에서 언급한 바와 같이 제주도 서쪽에 나타나는 약간 변질된 대마난류수가 제주해협을 통하여 한국 남해역으로 이동하므로 전선대 북쪽의 약간 변질된 대마난류수 해역에 서식하는 군과 전선대 남쪽의 대마난류의 주류부 연변에 서식하는 군들에 의해 형성된 선망어장이라 사료된다. 즉, 추계와 같이 전선대 양쪽에서 어장이 형성되는 것은 이 전선대가 약간 변질된 대마난류수와 대마난류 주류수간에 만들어지는 특성 때문에 이들 양수괴에 서식하는 어군에 의해 형성되는 어장이라고 판단된다.

또한 7월부터 한국 서해역에서 형성되는 어장은 한국 서해 연안역 전선대와 황해저층냉 사이에서 형성되는 어장이다. 이는 제주해협 저층으로부터 진도부근 해역을 따라서 이 해역에 공급되는 11~13℃의 저온수와 표층수간의 연직혼합에 의해 만들어지는 대흑산도 맹골군도 부근의 하계 저온수 출현 해역(방 등, 1994)과 황해저층냉수 사이의 황해난류수역에서 형성되는 어장으로 노(1985)는 황해저층냉수의 확장범위가 좁은 해(年)에 좋은 어장이 형성된다고 했다. 그리고 하계 제주도 주변해역에서 형성되는 선망어장은 제주도 주변해역의 조석전선과 밀접한 관계를 가지고 있는 어장으로 박(1971)이 지적인 바와 같이 8월에 가장 농밀군을 형성하는 것은 조석전선이 8월에 가장 뚜렷하게 나타나는 것과 일치하고 있다.

또 동계에 제주도 서쪽에 나타나는 동서방향의 한국남해 연안역 전선대와 제주도 남서해역 전선대를 경계로 한 제주도 서쪽 넓은 해역에 Water pocket 모양으로 형성되는 어장은 이 해역에 나타나는 약간 변질된 대마난류수와 황해난류수역에 형성되는 어장이다. 이상 고찰한 각 어장형성 특성을 정리해 보면 한국 남·서해 및 동중국해 북부해역에서 형성되는 선망어장은 전선대 및 그 연변 난류역 어장이 주지만 그외에 대마도 동쪽의 지형성 와류어장, 제주도와 오도열도 사이의 동계 대마난류수 주축인 고수온선(15~16℃) 굴곡부인 Water pocket 어장, 동계 제주도 서쪽의 대마난류수역 어장, 하계 및 추계의 한국서해의 황해난류수역 어장, 하계 제주도 주변의 조석전선역 어장 등으로 대별될 수 있다.

V. 요약

한국 남·서해 및 동중국해 북부 해역에 나타나는 표층수온 전선의 위치, 형태, 시기별 변동상황, 전선형성기구, 전선역의 연직해황특성 등을 규명하기 위하여 1991년부터 1996년까지 국립수산진흥원에서 NOAA 화상자료를 분석정리한 표면수온분포도와 정선 해양관측 자료 및 제주도청 어업지도선 등을 이용하여 관측한 제주해협 해양관측자료를 활용하였다. 또한 분석된 전선과 어장형성과의 관계를 규명하기 위하여 1991년부터 1996년까지 한국선망 41선단의 어획자료 등을 분석 정리한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 동계에는 진도서쪽에서 제주도 서쪽을 향하여 남하하는 저온·저염분수가 출현하고 반대로 진도 남쪽에는 10℃, 34.00‰ 이상의 난류계수가 삽입되며, 하계 대흑산도 부근의 표층 냉수 출현은 주변해역의 표층수온이 크게 상승하는 6월부터 나타나는 현상이다.

연구대상 해역은 12월부터 4월까지 동계형의 해황이고, 5월은 동계해황으로부터 춘계 해황으로, 6월은 춘계에서 하계 해황으로 바뀌는 시기이며, 7월에서 9월까지는 하계형 해황, 10월은 하계에서 추계 해황으로 11월은 추계에서 동계해황으로 변화하는 시기이다.

2. 한국 남·서해 및 동중국해 북부 해역에 형성되는 전선대 양상을 몇 개의 유형으로 정리해 보면 1월부터 4월까지 한국 남·서 연안역에 나타나는 “L” 자형 전선대와 제주도 남서쪽 해역에 북서에서 남동방향으로 길게 형성되는 “\” 형 전선대가 제주도 서쪽 해역에서 서로 마주치지 않아 “느” 자를 비스듬히 놓은 형상의 동계형 전선대가 형성된다. 그리고 6월부터 8월까지 한국 남·서 연안역에만 전선이 나타나는 “L” 자형의 하계형 전선대, 5월과 9월, 10월에 나타나는 한국 남·서해 연안역의 “L” 자형 전선대와 제주도 남서해역의 전선대가 제주도 주변에서 서로 마주쳐 “Y” 자가 왼편으로 누운 것과 같은 삼거리 모양의 춘·추계형 전선대가 형성된다. 또 11월과 12월에 나타나는 한국 남해 연안역의 직선형 전선대와 제주도 남서해역 전선대가 제주도 서쪽에서 마주쳐 “ㄱ” 자를 오른편으로 뒤집은 “역 ㄱ” 자 모양의 늦가을형으로 대별된다.

3. 전선의 단기변동 경향은 수일 이내에는 그 위치가 크게 이동하지 않으므로 전선역에 형성되는 어장은 수일간의 지속성이 있고, 또 한국 남해 연안역 전선대 보다 제주도 남서해역 전선의 위치 변화가 크다. 또 한국 남해 연안역에는 주년 전선대가 출현하며 이 전선대는 대체로 동계에 연안역에 가장 접근하고 춘·추계에 가장 남쪽으로 이동하는 남북 이동을 하며, 제주도 남서해역 전선대는 대마난류 분포범위의 계절변화와 같이 동계에는 가장 서쪽에, 하계에는 가장 동쪽에 형성되는 동서방향 이동이 있고 한국 남서해역 전선대도 3월, 4월, 11월에 가장 약화된다.
4. 제주해협에는 추자도에서 여서도 또는 청산도를 잇는 선 부근에 주년 표층수온 전선이 형성되고 이 전선역에는 2~3개 수괴가 겹쳐지고 각 수괴의 경계역에는 수온, 염분, 밀도 약층과 역전현상이 나타난다. 또 11월~1월을 제외하면 제주도 연안에는 하계에 환형(Ring shape)의 조석전선이 나타나며 특히 5월과 10월에는 제주도 동쪽과 남쪽에 제주도 연안수와 대마난류수간에 전선이 형성되어 한국 남해 연안역 전선대와 제주도 남서해역 전선대를 연결하고 있다.
5. 남해 및 동중국해 북부 해역의 선망어장은 주년 전선대 및 그 주변 대마난류수 연변부에서 좋은 어장이 형성되고 있지만 전선역 어장외에 동계에는 제주도 서쪽 해역의 Water pocket형의 난류역어장, 제주도와 오도열도 사이 고수온(14~16℃)역의 대마난류 주류역 어장, 동·춘계 대마도 주변어장 등으로 대별되고 한국 남서부 해역에도 하·추계에 연안 전선대 외측과 황해저층냉수사이의 황해난류역에 좋은 어장이 형성된다.

참 고 문 헌

- 공 영, 1971. 한국 남해연안 전선에 관한 연구. 한국해양학회지, 6(1) : 25~36.
- 공 영·손송정, 1982. 한국 동해의 해양 열전선에 대한 연구. 수진연구보고 28 : 25~52.
- 김복기·1991. 한국 남해의 1988년 해황과 선망어장에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구보고, 45호 : 1~11.
- 김상현, 1995. 제주해협을 갈치어장 형성기구에 관한연구. 박사학위논문, 제주대학교 : 5~162.
- 김상현·노홍길, 1997. 제주해협의 해수유동특성에 관한연구. 한국수산학회지, 30(5) : 759~770.
- 김상현·노홍길, 1998. 제주해협(Hairtail, *Trichiurus lepturus*)자원의 어장형성기구에 관한 연구. 미발표 논문.
- 김상현·노홍길·최찬문, 1998. 제주도 북부연안역의 해황과 조석전선 특성. 미발표 논문.
- 김인옥·노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산학회지, 27(5) : 515~528.
- 나정열·한상규·조규대, 1990. 한반도 근해의 해류와 해수 특성 -남해연안 수 확장과 수온변화 -. 한국수산학회지, 23(4) : 267~279.
- 노홍길·정공훈, 1978. 환경조건이 고등어 전갱이 어군의 분포에 미치는 영향. 제주대학교 어업연구지 :125~128.
- 노홍길·김 구, 1983. 제주와 목포, 제주와 완도간의 표면수온변화. 한국해양학회지, 18(1) : 64~72,
- 노홍길·平野敏行, 1983. 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 설상의 난수. 한국수산학회지, 16(4) : 1~49.
- 노홍길, 1990. 한국남해에 유입하는 대마난류의 특성 및 유황에 관한 연구. 한국과학재단 연구결과 보고서 : 83~219.

- 박종화 · 최광호, 1995. 고등어 어장형성과 어황예측에 관한 연구. 49 : 25~35.
- 방익찬 · 노홍길 · 김태희, 1994. 제주도 북서해역의 해수분포와 해수순환. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 18 : 1~18.
- 방익찬 · 노홍길, 이재학, 1995. 제주도 북서해역의 해수분포의 계절변화와 여름철의 한국 황해난류. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 19 : 49~66.
- 박정식, 1991. 제주도 주변해역 고등어 건착망의 연구. - 4. 어획량의 특성과 어구의 특성 -. 어업기술학회지, 27(4) : 247~253.
- 양성기, 1994. 한국남해연안의 해표면 수온분포와 천해전선의 변동 특성. 한국환경과학회지 3(2) : 111~128.
- 조규대 · 홍철훈 · 김용문, 1984. 고등어 어획량 변동에 따른 동지나해의 어장과 해황. 어업기술학회지, 20(2) : 83~90.
- 조규대 · 양용림, 1985. 쓰시마 난류역에서의 선망어장환경. 어업기술학회지, 21(1) : 41~61.
- 조규대 · 박성우, 1986. 1986년 하계 제주도 동부 해역의 수온역전 현상. 어업기술학회지, 26(3) : 265~274.
- 조규대, 1986. 동지나해의 선망 어장 환경. 어업기술학회지, 22(4) : 104~116.
- 최찬문, 1989. 한국 남서역 연안수의 근원에 관한 연구. 석사학위논문, 제주대학교 : 1~44.
- 현경훈 · 방익찬 · 노홍길, 1996. 남·서해의 계절순환과 여름철 난류수의 서해 유입. 제주대학교 해양연구소 연구보고, 20 : 17~36.
- 廬洪吉 · 入江春彦, 1973. 五島西沖マアジ・サバ漁場の海洋學的 特性に關する研究. 長崎大學水産學部研究報告, 35 : 67~84.
- 近藤正人, 1969. 黄海冷水とまき網漁場について. 宇田道隆教授退官紀念論文集 : 279~285.
- 辻田時美 · 近藤正人, 1958. 東支那海のアジサバの生態と漁場の海洋學的研究. 西水研研報. 14 : 7~47.

- Gong, Y., 1970. A Study on the south korean coastal front. Proc. of the 2nd CSK Symposium, Tokyo : 79~94.
- Lee, J. C., 1983, Characteristics of front near the Cheju Strait in early winter, Bull. Korean Fish. Soc., 16 : 51~58.
- Lee, J. C., Nam J. Y. and Chang, S. D. 1984, Thermohaline structure of the shelf front in the Korea Strait in early winter. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(1) : 56~67.
- Nakao, T. 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and The Yellow Sea. J. Fac. mar. Sci. Technol., Tokai Univ., : 199~367.
- Pang, I. C., Rho, H. K., and Kim, T. H., 1992. Seasonal Variations of Water Mass Distributions and Their Cause in the Yellow Sea, the East China Sea and the Adjacent Seas of Cheju Island. Bull. Korean Fish. Soc. 25(2) : 151~163.
- Q. A. Zheng and V. Klemas, 1982. Determination of Winter Temperature Patterns, Fronts, and Surface Currents in the Yellow Sea and East China Sea from Satellite Imagery. Remotesensing of Environment 12 : 201~218.
- Qi-Long Zhang and Xue-chuan Weng, 1996. Analysis of water masses in the south Yellow sea in Spring 2(1) : 74~82.
- Rho, 1985. Studies on marine environments of fishing ground in the waters around Cheju Island, Ph. D. Thesis, Univ. of Tokyo : 225.
- Uda, M., 1959 : Oceanographic Seminars, 2, Watermass boudaries-"Siame", Frontal theory in Oceanogrphy. Fis. Board, Can, Ms Rep. Ser.(Oceanogr. Limnol.) 51 : 10~20.
- KORDI, 1997. 쿠로시오 해역과 동중국해의 해양순환-동중국해 동부해역 중심- : 195~255.
- 국립수산진흥원, 1992, 해양조사년보 제39권 : 9~404.

- 국립수산진흥원, 1993, 해양조사년보 제40권 : 11~338.
- 국립수산진흥원, 1993, 해양조사년보 제41권 : 11~355.
- 국립수산진흥원, 1994, 해양조사년보 제42권 : 11~412.
- 국립수산진흥원, 1995, 해양조사년보 제43권 : 5~437.
- 국립수산진흥원, 1996, 해양조사년보 제44권 : 5~432.
- 국립수산진흥원, 1996, 1991년도 한국근해 수온분포도 : 1~201.
- 국립수산진흥원, 1996, 1993년도 한국근해 수온분포도 : 1~159.
- 국립수산진흥원, 1996, 1994년도 한국근해 수온분포도 : 1~197.
- 국립수산진흥원, 1996, 1995년도 한국근해 수온분포도 : 1~240.
- 국립수산진흥원, 1997, 1996년도 한국근해 수온분포도 : 1~277.
- 국립수산진흥원, 1992, 1992년도 일일해황속보자료. 국립수산진흥원 제주분소에서
 연음.
- 국립수산진흥원, 대형선망수산업협동조합, 1983. 대형선망어업대상어종의 생태와
 어장 : 9~277.
- KORDI·해양연구소, 1987. 해양생물생태자원집 : 23~224.

감사의 글

이 논문을 마치면서 지난 시간속에서 이 부족한 제자를 돌봐주시고 가르켜 주신 노홍길 교수님에게 크나큰 고마움을 마음속 깊이 간직하면서 감사드립니다.

부족한 논문을 꼼꼼하고 정성스럽게 다듬어 주신 안영화, 안장영 교수님에게도 크나큰 감사를 드리며 지도와 편달을 아끼지 않으신 박정식 교수님, 서두옥 교수님, 김석중 교수님에게도 감사의 마음을 이 지면을 통해 전해드리고 싶습니다.

내가 일생을 살아가는 동안 오랫동안 기억에 남을 대학생활, 대학원 생활동안 가르침과 더불어 논문을 다듬어 주신 김상현 선생님에게도 감사를 드리며 또한 저의 논문을 도와주신 경동근 선생님과 고맙디 고마운 김인옥선생님에게도 깊은 감사를 드립니다.

본 논문이 나오기까지 정신없이 헤메도는 저를 옆에서 묵묵히 보살펴 주신 우리 이창현 선생님과 이유철 선생님에게도 또다른 의미있는 감사를 드릴 수밖에 없는 것 같습니다. 또한 부족한 시간을 그나마 채워갈수 있었던 것은 현철선배님, 준택형과 철민, 병기와 실험실 선후배님, 그리고 휴빈형, 준택 이외 동기분, 선후배님들, 해대에 같이 근무하시는 조교님과 여러분들이 크나큰 도움이 있었기에 가능했던 것이라고 생각하면서 갇기 힘든 빛을 진 느낌을 금할 수가 없습니다.

제가 철없던 시절에 마음 따스하게 같이 어울릴 수 있었던 학인 선후배님들도 저에게는 너무나도 고마우신 분들이라 생각하며 이 논문에 도움을 주신 고주홍선배님, 상우, 연주, 은미, 상은이 아빠와 엄마, 옥성형, 정윤, HAKOB의 여러분들과 나의 고향친구들에게도 감사를 드립니다.

해양 환경 조사자료를 얻는데 도움을 주신 삼다호 선장님과 다른 고마우신 분들에게 깊은 감사를 드리며, 아라호, 한라호, 아라 2호 선장님과 직원 여러분, 표면수온자료를 제공해 주신 수산진흥원제주분소에 근무하시는 여러분에게도 소중한 고마움에 감사드립니다.

그리고 영원히 나의 친구로 남을 수밖에 없는 남훈과 또다른 인생을 위하여 현실을 감내할 줄 아는 화섭, 나의 형과 같은 봉식형은 나에게 색다른 의미를 갖고 있습니다.

어쩌면 이다지도 송구스러움 마음만을 갖으며 고마움을 전하기도 힘든 이미 칠순을 넘기신 저의 부모님과 철없는 나를 이해하고 언제라도 따스히 맞아 주시는 누나들에게도 부족한 마음으로 고마운 마음을 드리며 이제까지 부족하디 부족한 나를 다독여 새로움과 성실함을 갖고자 노력하려합니다.