
박사학위논문

제주해협의 갈치(*Trichiurus lepturus*) 어장
형성기구에 관한 연구

제주대학교 대학원

어업학과

김 상 현

1995년 12월

제주해협외 갈치(*Trichiurus lepturus*) 어장 형성기구에 관한 연구

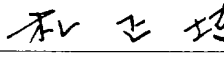
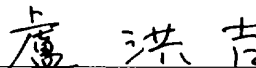
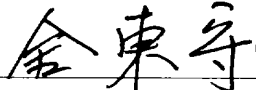
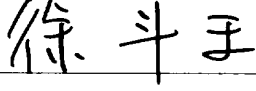
지도교수 노 홍 길

김 상 현

이 논문을 수산학 박사학위 논문으로 제출함

1995년 12월

김상현의 수산학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장  
위 원  
위 원  
위 원  
위 원  

제주대학교 대학원

1995년 12월

Studies on the Assembling Mechanism of the
Hairtail, *Trichiurus lepturus*, at the Fishing Ground
of the Cheju Strait

Sang-Hyun Kim

(Supervised by professor Hong-Kil Rho)

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

DEPARTMENT OF FISHERY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1995. 12

目 次

List of figures	iv
List of tables	ix
Summary	1
I. 서 론	5
1. 연구 배경과 의의	5
2. 제주도 갈치어업 개요 및 연구사	6
3. 갈치의 생태학적 특성	8
4. 연구목적과 구성	9
II. 우리나라의 갈치 어획량 변동	10
1. 서 언	10
2. 자료 및 방법	10
3. 결과 및 고찰	10
1) 전국의 연도별 갈치의 어획량 변동	10
2) 연도별 어업별 갈치어획량	11
3) 한국 연근해 어류 어획량과 갈치 어획량의 변동	13
4) 전국 갈치 어획량에 대한 제주도의 갈치 어획량 변동	14
5) 제주도의 어류 어획량에 대한 갈치 어획량 변동과 비율	16
6) 월별 어획량 변동 특성	17
4. 요 약	19
III. 제주해협 및 한국남해의 해양환경 특성	20
1. 서 언	20
2. 자료 및 방법	20
1) 제주해협내의 해양환경 조사	20
2) 광역 해양조사	20
3) 제주도 북부연안역의 조석전선 및 국지적 용승역 조사	24
4) 해황의 연직구조 분석	26
3. 결과 및 고찰	26
1) 제주해협내의 동계해황	26
2) 한국남해안 연안수	27
3) 제주해협의 중앙부에 출현하는 저층저온수	39
4) 제주해협내의 표층에 출현하는 저염분수	47
5) 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 설상의 고염분수	50
6) 제주도 북부연안역 및 추자도 주변해역에 출현하는 저온·고염분수	53
7) 제주해협내에 출현하는 안장형의 수괴분포	53
8) 제주도 북부연안역의 조석전선 및 국지적 용승	54

(1) 1991년 10월의 해황	54
(2) 1992년 8월의 해황	56
(3) 1993년 6월의 해황	58
(4) 1993년 9월의 해황	59
(5) 제주도 주변해역의 조석진선 특성	61
9) 해황의 연직성	64
(1) 표층 저염분수의 연직구조	64
(2) 제주해협 중앙부에 출현하는 저층저온수의 연직구조	73
(3) 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 고염분수의 연직구조	74
(4) 제주해협내의 연직적으로 균질한 해수	75
(5) 제주해협내 일정점의 시계열분석 결과	75
4. 요 약	77
IV. 어획수층의 수온·염분 특성	79
1. 서 언	79
2. 자료 및 방법	79
1) 갈치 채낚이 어선 승선조사	79
2) 연승어선 승선조사	80
3) 안강망 어선 승선조사	80
4) 표본어선에 의한 어획수층 및 어획량 조사	82
3. 결과 및 고찰	82
1) 갈치 채낚이 조업어장의 해황	82
2) 갈치연승 조업어장의 해황	90
3) 안강망 조업어장의 해황	90
4) 어획수층의 변동	94
4. 요 약	96
V. 제주해협에 출현하는 갈치의 번식생물학적 특성	97
1. 서 언	97
2. 재료 및 방법	97
3. 결과 및 고찰	100
1) 생색소의 외부 형태 및 구조	100
2) 생식소 숙도지수(Gonadosomatic index, GSI)의 변화	100
3) 간숙도지수(Hepatosomatic index, HSI)의 변화	102
4) 생식소 발달	103
(1) 난자 형성 과정	103
(2) 정자 형성 과정	103
5) 생식주기	103
(1) 성장기	103
(2) 성숙기	107

(3) 완숙 및 산란기	107
(4) 회복 및 휴지기	107
6) 지역별 갈치 성비 관계	107
7) 공식관계(Cannibalism)	108
8) 산란기 난소내 난경조성과 포란수	109
4. 요약	114
VI. 갈치 체장조성 및 성장 특성	115
1. 서 언	115
2. 자료 및 방법	115
3. 결과 및 고찰	116
1) 전장·두동장 관계의 변화에 따른 지역적 특성 분석	116
2) 체중과 두동장 변화에 따른 지역적 특성 분석	119
3) 체장조성 빈도분포의 변동 특성	122
4. 요약	131
VII. 제주해협 갈치어장 형성기구 및 출현어군	132
1. 서 언	132
2. 자료 및 방법	132
1) 갈치어장 형성과 해황과의 관계	133
2) 어획 적수온·염분 추정	133
3) 제주해협 갈치채낚이 어업의 초어기 및 종어기	134
3. 결과 및 고찰	134
1) 갈치어장 형성과 해황과의 관계	134
(1) 월별 저층해황과 어장형성	134
(2) 월별 표층해황과 어장 형성	140
2) 어획 적수온과 적염분 추정	146
(1) 표층의 어획수온·염분	146
(2) 저층의 어획수온·염분	148
3) 제주해협 갈치 채낚이어업의 초어기 및 종어기	148
(1) 갈치의 초어기	148
(2) 갈치의 종어기	150
4) 갈치의 풍·흉어년의 특성	151
5) 제주해협에 출현하는 갈치군	154
4. 요약	159
VIII. 결 론	160
참 고 문 헌	163
감사의 글	

LIST OF FIGURES

Fig. I -1. Bottom topography around Cheju Island and East China Sea from Inoue(1975).	6
Fig. I -2. Mean catch of Hairtail by the fishing methods during 1974 ~1994.	7
Fig. II -1. Annual catch of Hairtail in Korea during 1974~1994.	11
Fig. II -2. Annual catch of Hairtail by the fishing methods during 1974 ~1994.	12
Fig. II -3. Fluctuation of annual catch of Hairtail compared with yearly National fish catch during 1974~1994.	13
Fig. II -4. Fluctuation of annual catch of Hairtail in Cheju Island and National during 1974~1994.	14
Fig. II -5. Frequency of Cheju Island compared with National annual catch of Hairtail during 1974~1994.	15
Fig. II -6. Annual catch of Hairtail in Cheju Island during 1974~1994.	15
Fig. II -7. Fluctuation of annual catch of Hairtail compared with annual catch of fish in Cheju Island during 1974~1994.	16
Fig. II -8. Frequency of annual catch of Hairtail compared with annual catch of fish in Cheju Island during 1974~1994.	17
Fig. II -9. Frequency of monthly catch of Hairtail in Korea during 1974~1994.	18
Fig. II -10. Frequency of monthly catch of Hairtail in Cheju Island during 1974~1994.	18
Fig. III -1. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University during Apr. 1992~Sep. 1993.	22
Fig. III -2. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Aug. 1992.	22
Fig. III -3. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Sep. 13~16, 1993.	23
Fig. III -4. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Oct. 11~18, 1991.	23
Fig. III -5. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Jun. 18, 1993.	24
Fig. III -6. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Aug. 13, 1992.	24
Fig. III -7. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Sep. 13~16, 1993.	25
Fig. III -8. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Oct. 11, 1991.	25

Fig. III-9. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Dec. 27~29, 1992.	28
Fig. III-10. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Feb. 4~5, 1993.	29
Fig. III-11. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Mar. 9~10, 1993.	30
Fig. III-12. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Apr. 16~19, 1992.	31
Fig. III-13. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Apr. 16~17, 1993.	32
Fig. III-14. Vertical distributions of temperature(°C), salinity(‰) and density(σ_t) in the section C.	34
Fig. III-15. Vertical distributions of temperature(°C), salinity(‰) and density(σ_t) in the section B.	35
Fig. III-16. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in May 18~20, 1992.	36
Fig. III-17. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in May 25~26, 1993.	37
Fig. III-18. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jun. 16~18, 1992.	38
Fig. III-19. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jul. 27~28, 1992.	40
Fig. III-20. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jul. 1~2, 1993.	41
Fig. III-21. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 11~20, 1992.	42
Fig. III-22. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 23~24, 1993.	43
Fig. III-23. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Sep. 18~19, 1992.	44
Fig. III-24. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Sep. 13~16, 1993.	45
Fig. III-25. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Oct. 11~18, 1991.	46
Fig. III-26. Horizontal distributions of bottom water temperature(°C, a) and salinity(‰, b) in the Cheju Strait and the Southern Sea of Korea in May, 1989.	48
Fig. III-27. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Oct. 28~29, 1992.	51

Fig. III-28. T-S diagram and horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the surface and bottom in Nov. 23~24, 1992.	52
Fig. III-29. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the depth of surface, 50m and bottom in Oct. 11, 1991.	55
Fig. III-30. Isobath in the nothern coast of Cheju Island.	56
Fig. III-31. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 13, 1992.	57
Fig. III-32. Monthly fishing grounds by the Hairtail Hand Line fishing vessel in 1992.	58
Fig. III-33. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jun. 18, 1993.	59
Fig. III-34. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the depth of surface, 50m and bottom in Sep. 10, 1993.	60
Fig. III-35. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m ³) in June, 1993.	62
Fig. III-36. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m ³) in August, 1992.	62
Fig. III-37. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m ³) in September, 1993.	63
Fig. III-38. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m ³) in October, 1991.	63
Fig. III-39. Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) of section A in the west entrance of the Cheju Strait.	65
Fig. III-40. Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) of section D in the east entrance of the Cheju Strait.	69
Fig. III-41 The result of time serial analysis in the B2 oceanographic station from April 1992 to September 1993.	76
Fig. IV-1. Location of fishing grounds by the Hand Line fishing vessels.	80
Fig. IV-2. Location of fishing ground by the Long Line fishing vessels.	81
Fig. IV-3. Location of fishing grounds by the Stow Net fishing vessels.	81
Fig. IV-4. Vertical profiles of temperature($^{\circ}\text{C}$, T), salinity(‰ , S) and density(σ_t , D) by the Hand Line Fishing vessels.	83
Fig. IV-5. Vertical profiles of temperature($^{\circ}\text{C}$, T), salinity(‰ , S) and density(σ_t , D) by the Long Line Fishing vessels.	91
Fig. IV-6. Vertical profiles of temperature($^{\circ}\text{C}$, T), salinity(‰ , S) and density(σ_t , D) by the Stow Net Fishing vessels.	93
Fig. IV-7. Range of daily fishing depth by the Hand Line Fishing vessel, Youngkil.	94

Fig. IV-8. Range of the monthly mean fishing depth caught by the Hand Line Fishing vessel, Youngkil.	95
Fig. V-1. Location of the fishing grounds in the surrounding seas of Cheju Island.	99
Fig. V-2. Reproductive organ of Hairtail.	100
Fig. V-3. Monthly and regional variations of the female's gonadosomatic index. Bars indicate the standard errors.	101
Fig. V-4. Monthly and regional variations of the male's gonadosomatic index. Bars indicate the standard errors.	101
Fig. V-5. Monthly and regional variations of the female's hepatosomatic index. Bars indicate the standard errors.	102
Fig. V-6. Monthly and regional variations of the male's hepatosomatic index. Bars indicate the standard errors.	102
Fig. V-7. Gonadal phases of female Hairtail, <i>Trichiurus lepturus</i> in different phase of the reproductive cycle.	104
Fig. V-8. Gonadal phases of male Hairtail, <i>Trichiurus lepturus</i> in different phase of the reproductive cycle.	105
Fig. V-9. Gonadal phase of Hairtail.	106
Fig. V-10. Monthly regional variations of the sex ratio($\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$).	108
Fig. V-11. Monthly regional variations of the cannibalism ratio.	109
Fig. V-12. Frequency distribution of egg diameter measured from ovary.	110
Fig. V-13. Relationship between anal length and number of eggs for Hairtail.	111
Fig. V-14. Relationship between total length and number of eggs for Hairtail.	111
Fig. VI-1. A map showing sampling site(●) in the study area.	116
Fig. VI-2. a. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Hanrim.	117
Fig. VI-2. b. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Cheju City.	117
Fig. VI-2. c. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Sungsanpo.	118
Fig. VI-2. d. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Cheju Island.	118
Fig. VI-3. a. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Hanrim.	120
Fig. VI-3. b. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Cheju City.	120
Fig. VI-3. c. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Sungsanpo.	121

Fig. VI-3. d. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Cheju Island.	121
Fig. VI-4. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Cheju City Fisheries Cooperative from May 28, 1992 to Dec. 13, 1993.	123
Fig. VI-5. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Hanrim Fisheries Cooperative from May 29 to Nov. 22, 1992.	127
Fig. VI-6. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Sungsanpo Fisheries Cooperative from May 29 to Dec. 30, 1992.	128
Fig. VI-7. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Seogwipo Fisheries Cooperative from Jun. 6 to Oct. 30, 1992.	129
Fig. VI-8. Variation of daily and regional mean anal length.	130
Fig. VII-1(a~j). Monthly distribution of Hairtail from Handline fishing and sea bottom temperature($^{\circ}\text{C}$), salinity(‰) in the Cheju Strait, in April~December, 1992.	135
Fig. VII-2(a~j). Monthly distribution of Hairtail from Handline fishing and sea surface temperature($^{\circ}\text{C}$), salinity(‰) in the Cheju Strait, on April~December, 1992.	141
Fig. VII-3. Monthly changes of optimum surface temperature($^{\circ}\text{C}$, a) & salinity(‰ , b) for Hairtail in the Cheju Strait, 1992.	147
Fig. VII-4. Monthly changes of optimum bottom temperature(a) & salinity(b) for Hairtail in the Cheju Strait, 1992.	149
Fig. VII-5. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Aug. 1974 and 1977.	151
Fig. VII-6. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Aug. 1983 and 1986.	152
Fig. VII-7. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 18~19, 1992.	153
Fig. VII-8. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 13~16, 1993.	153
Fig. VII-9. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 1994.	154
Fig. VII-10. Migration path of Hairtail by MISU(1961).	155
Fig. VII-11. Migration path of Hairtail by FRDA(1994).	155
Fig. VII-12. Monthly distributions of Hairtail caught by Stow Net, Long Line and Hand Line fishing in the off Korea, 1988~1994.	157

LIST OF TABLES

Table III-1. The date and atmospheric conditions observed in the Cheju Strait	21
Table III-2. The low temperature distributions of the bottom layer appeared in the Cheju Strait	47
Table V-1. Summary of the materials used in the study	98
Table V-2. Monthly and regional gonadal phase of Hairtail	107
Table V-3. Composition of egg numbers by anal length	109
Table V-5. Comparison of the spawning season in six fishing grounds.	112
Table VI-1. Correlation coefficient between anal length and total length.	119
Table VI-2. Correlation coefficient between anal length and body weight.	122
Table VII-1. The information of fishing vessel used in this study	133
Table VII-2. The information of first appearance date of Hairtail in the surrounding sea of Cheju Island during 1987~1992 and coastal temperature(℃)	150
Table VII-3. The information of last disappearance date of Hairtail in the surrounding sea of Cheju Island during 1987~1992 and coastal tempreature(℃)	150

Summary

Following is the summary of the study in which comparison and analysis has been executed for hairtail, *Trichiurus lepturus* among migratory fish, which appear differently in accordance with the periods of time at the coastal area of Cheju Island which is most important area for fishery in the coastal areas in Korea. The study has focused on: analysis of the haul by fishing vessel, investigation of oceanic environment of the Cheju Strait and the southern coastal sea in Korea where the major fishing grounds are formed, on-vessel research of long line, stow net, long line of which fishery object is the hairtails, identification of spawning seasons, breeding ecology and growth characteristics of the hairtails through analysis of biology, assembling mechanism for fishing grounds of the hairtails at the Cheju Strait, and comparison and analysis of groups of the hairtails which appear at the Strait.

1. The rate of catch of hairtail against the entire catch of Cheju Island in 1977 was less than 2%, the lowest rate, however, in 1994 the rate reached 38%, the highest. Generally, the rate has been maintained at 10~25% except from 1974 to 1978. The average rate is 14%, which is higher 7 times than 2% of the rate of the catch of hairtail in Cheju Island against the entire catch in Korea. This means the importance of hairtail fishery in Cheju Island.

2. The monthly rate of catch of hairtails against the entire catch of fishery maintains less than 2% from January through May, and then is increased by 6% in June, when the fishing season is started, and to its peak in October(20%). The rate is then dropping by 7% by December. In Cheju Island, the rate initiates to increase from May and June to its peak by September, one month earlier than other areas, and then drops drastically from November. The catch of hairtail from January in the following year shows almost nil around the Cheju Island.

3. The South Sea of Korea which is connected with the Cheju Strait is shallow sea area with depth less than 50m. In contrast with the Cheju Strait, the characteristics of the surface are of lower temperature and salinity in winter season, while lower temperature and high salinity in summer season. Therefore, remarkable a front of temperatures and salinity are common phenomena between the southern coastal water and water mass flows into the Cheju Strait, which are laid on both side of center line linking Chuja Island and Yeoseo Island. However, water on the floor is of lower temperature and salinity in winter season, while higher in summer season. High saline water over 34.00‰ in the southern coastal area in winter and spring seasons suggests that the area is effected by Tsushima Current from the Cheju Strait rather than cold water from the Yellow Sea.

4. Cold water appears in the bottom of the Cheju Strait from April through October, and flows into the bottom via central portion of the western entrance of the Cheju Strait. The

shape of most of the flow is formed linguiform, and the cold water flow divide the horizontal distribution of the water temperature into the southern coastal area of the South Sea of Korea and the northern coastal area of Cheju Island. It is very hard to accept that the cold water on the bottom of the Yellow Sea flows directly into the Strait, since the such cold water flow into the Cheju Strait is much higher in temperature and salinity than the one of the Yellow Sea. It will be more probable that the mixed water of Tsushima Current and the cold water on the bottom of the Yellow Sea flows into the Cheju Strait. It also is probable that the cold water on the bottom of the Cheju Strait may effect the eastern coastal area of the South Sea of Korea.

5. Sea water of relatively lower temperature and salinity than those of central portion of the Strait and the surrounding coasts appears frequently locally, and forms local front of temperature and salinity between such sea water and the surrounding water. It is believed that such phenomena appear due to upwelling or tidal front in the north sea area of Cheju Island. Such water with low temperature and salinity appears from May through October, when the low salinity water begins to appear on the surface of the Cheju Strait. Though varied upon the investigation locations, the phenomena appear frequently at places where projection area, depth of sea or geometry of the bottom may effect the currents and tides such as Chagui Island and Coast of Biyang Island of west of Cheju Island, Northern coast of Aewol, vicinity of Cheju City, northern coast of Hamduk, and northern coast of U Do and Haengwon.

6. Water masses with different nature meet each other in the Cheju Strait forming saddle shape of water almost every month. It is possible there will be formed a front of temperature and salinity at the boundary between central portion of saddle and the different water mass.

7. The range of stratification parameter- $V(J/m^3)$ calculated for the coastal area of Cheju Island is: $8.4 \sim 209.8 J/m^3$ in June, $201.9 \sim 634.9 J/m^3$ in August, $0.18 \sim 680 J/m^3$ in September, and $2.7 \sim 462 J/m^3$ in October. Therefore, the tidal front in northern coastal area of Cheju Island is formed at the sea area with violent variety of depth within 1~2 miles from the northern coast of Cheju Island. The front roughly matched with 50m of isobath.

8. It is believed that the hairtail fishing ground is concentratedly performed within 10 miles from the northern coast of Cheju Island because of the cold water below $14.0^{\circ}C$ at the bottom.

9. Hydrographical conditions from vertical profile for the rich catch of hairtails are: area where appears surface cold water; temperature of the bottom over $14.0^{\circ}C$; formation of homogeneous water on the surface; existence of low temperature water in middle; Yellow Sea Warm Current or Tsushima Current in such weak layer of water, i.e., intrude of lower salinity water of $33.60 \sim 34.20\%$ into Tsushima Current instead of Tsushima Current of high

salinity over 34.30‰; and the bottom water temperature over 14.0°C. The fishing depth of hairtails is identical with thermocline. The fishing depth is shallow in summer season while medium and deep in autumn(Nov. and Dec.) season. The catch is greater in winter fishing ground in the bottom of Tsushima Current with higher salinity than summer or autumn seasons. Therefore, the fishing ground shifts from low salinity area in summer season to high salinity area and the depth becomes deeper in autumn and winter seasons.

10. GSI's for both of female and male hairtails were maintained high in the period between June and September, began to decrease from October, and maintained low until December. Gonadal phase is: maturation and spawning season from June to October, and main spawning season in August. Hairtails are spawning several times in single spawning season. Sex ratio of hairtails are higher during spawning season. During seasons other than the spawning season the ratio of female/male hairtails is maintained 1:1. Number of eggs per unit is 12,821 minimum and 125,876 maximum. The bigger the anal length and weight, the more eggs hairtail bred.

11. The fishing grounds of hairtail in the Cheju Strait are formed at the bottom of high temperature in tidal front at the coastal area of the northern Cheju Island, tip of the linguiform high salinity area at the eastern and western entrances of the Cheju Island, low salinity eddy on the surface and its surrounding salinity front, various water masses in the Strait and coastal water of South Sea in Korea.

12. Estimation of optimum temperature and salinity per season based upon analysis for relationship between temperature of water and salinity of the bottom layer and the catch is: 15.2~16.4°C, 34.20~34.40‰ in spring (June); 14.4~17.0°C, 33.70~34.30‰ in summer(July~September); and 15.7~18.6°C, 33.70~34.50‰ in autumn(October~December). Hairtails are mostly caught in Yellow Sea Warm Current and Tsushima Current with temperature over 14.5°C and salinity over 33.70‰ in their bottom layers in the Cheju Strait.

13. Considering the relationship between the amount of hairtail catch and the water temperature of bottom layer, when the bottom water being above 14°C flowed into the Cheju Strait through the western entrance of the Strait in summer, the catch appeared to have been abundant. In contrast, the catch has been poor when the temperature of such water was recorded to be below 13°C. Therefore, distribution pattern of the water in the bottom layer can be used as a forecast index whether the catch of a certain year will be good or poor.

The groups of hairtails which appear coastal areas of Cheju Island will be classified into wintering groups at south western sea area of Cheju Island and the ones in warm currents at south eastern sea area. However, it is required to study further for wintering hairtails at south eastern sea area of Cheju Island which approach to the coastal sea.

I. 서론

1. 연구 배경과 의의

제주도는 한국 남해, 황해, 동중국해와 접하고 있어 여러 이질수괴(대마난류수, 황해난류수, 황해냉수, 황해저층냉수, 혼합수, 한국남해연안수, 중국대륙연안수 등)가 제주도 주변해역에 출현하므로 이들 수괴에 서식하는 회유성 어종들 중 멸치, 갈치, 고등어, 방어, 복어, 전갱이, 참조기, 삼치, 옥돔 등 어업적으로 중요한 여러 어종들이 시기별·계절별로 출현 상황을 달리하고 있다.

이들 어종 중에서도 갈치(Hairtail, *Trichiurus lepturus* LINNAEUS)는 회유성·저서어종이면서 우리나라 및 제주도 주변해역에 많이 출현하고 있으므로 제주도에서의 갈치를 대상으로 한 어선어업은 그 중요성이 대단히 커 제주도 어류어획량 중 상위권(1992년, 1993년, 1994년 각 1위)에 속하고 있다.

제주도 주변해역에서의 갈치어업은 제주도 서방해역이 월동장(朱, 1971. 黃과 洪, 1985. 白과 朴, 1986)이면서 갈치어군 이동의 길목임에도 불구하고 5월부터 익년 1월까지만 어획되는 특수성을 갖고 있으며, 제주도 주변해역도 갈치의 대부분이 제주해협에 한정된 어장, 즉 제주도 연안으로부터 약 10해리 범위의 수역에서 동·서방향으로 길쭉한 帶狀의 어장에서 어획되고 있다. 그리고 갈치어획 방법도 춘·하계 및 추계에는 주로 안강망, 채낚이예, 동계에는 연승어선에 의해 이루어지고 있다. 그리고 출현하는 갈치의 어업생물학적 특성도 다양해 소형어부터 대형어까지의 성장단계, 색이군, 산란군, 월동장으로 이동하는 군 등의 다양한 생활주기에 해당하는 갈치가 출현하고 있다.

그러나 이와 같이 제주도 어선어업의 중요한 위치를 차지하고 있는 갈치를 대상으로 한 어업이 한정된 시기에만 출현하는 특징 및 제주해협내에서도 국지적으로 갈치어장이 형성되는 원인 등에 관한 연구가 거의 전무한 상황이며, 또한 제주도 주변해역에 출현하는 갈치의 번식생태 등에 대한 구체적인 연구가 아직 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 제주해협에 출현하는 갈치자원을 대상으로 이와 같은 특수한 상황이 나타나는 원인과 어장형성기구를 해명함으로써 앞으로 제주해협에서 조업하는 채낚이 및 안강망 어선의 어장 탐색 및 어황예측에 크게 기여할 수 있는 방안을 제시하는 데 큰 의의가 있다.

2. 제주도 갈치어업 개요 및 연구사

한국 남해역과 동중국해에 접해 있는 제주도 주변해역은 Fig. I-1과 같이 대륙붕해역으로 제주해협내에서는 연안역에서 약 5해리를 벗어나면 남북방향으로의 수심의 기복이 심하며, 제주해협의 동쪽 입구를 통하여 삼입되는 해저골(120m 수심)이 서쪽으로 뻗어 있고 한국 남해연안역은 등심선이 해안선과 거의 평행하게 분포하고 있다.

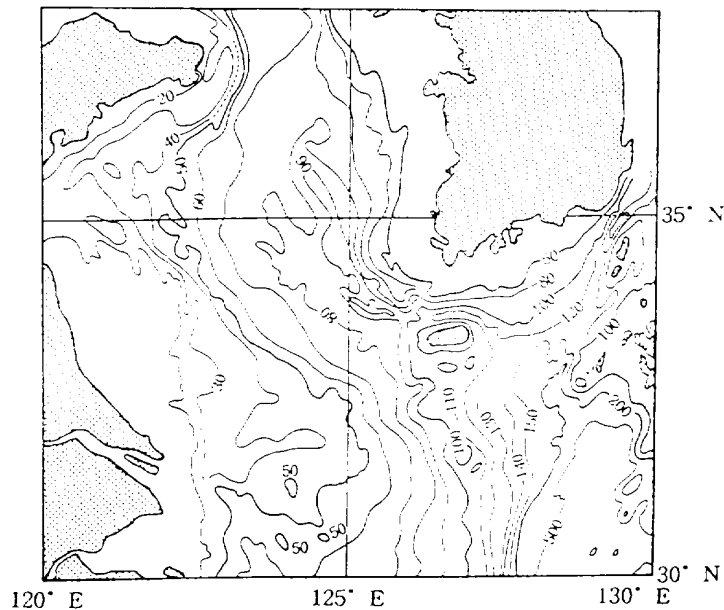


Fig. I-1. Bottom topography around Cheju Island and East China Sea from Inoue(1975).

우리나라 및 동중국해역에서 갈치를 어획하는 어구는 안강망(Stow Net), 저인망(Otter Trawl), 선망(Purse Seine), 정치망(Set Net), 채낚이(Hand Line Fishing), 유자망(Drift Gill Net), 연승(Long Line) 등이며 이러한 어구, 어법에 의한 21년간의 각 어업별 어획량의 연간평균치는 안강망이 86,463M/T, 저인망 12,276M/T, 선망 3,308M/T, 정치망 2,417M/T, 채낚이 2,323M/T, 유자망 623M/T, 연승 552M/T의 수준이다(Fig. I-2).

갈치에 관한 연구는 주로 안강망어업을 중심으로 어장의 분포와 회유경로에 대해 연구되어 왔는데 후과 권(1959)은 우리나라 연근해(서해·남해)에 회유해 오는 갈치의 시기별 어장 분포상황으로부터 어군 이동과 어황과의 관계를 보고한 바 있고, 朱(1971)와 黃과 洪(1985)은 안강망 어획통계자료를 바탕으로 서해안에서 어획되는 갈치의 이동경로에 관하여 다음과 같이 정리한 바 있다. 즉, 서해안에 내유하는 갈치는 1~2월에 제주도 서방해역에서 월동하다가 3월부터

분산 이동하기 시작하여 5월에는 서해 남부연안, 6~7월에는 서해 중부연안까지 이동하여 8~10월에 서해중부 전해역에 분산 서식한 후 11월이 되면 다시 농밀군을 형성하여 월동장으로

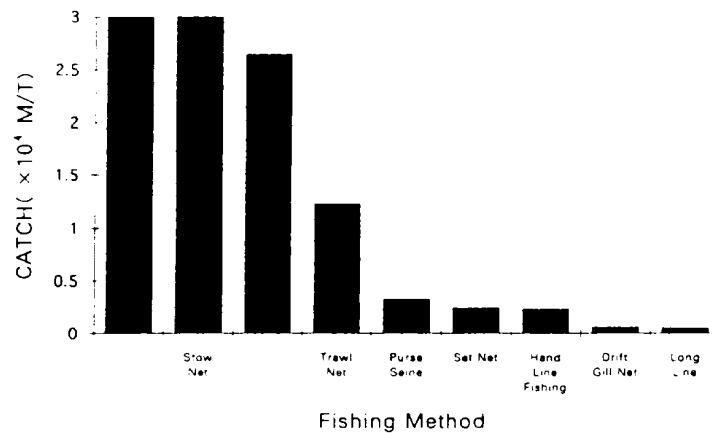


Fig. I -2. Mean catch of Hairtail by the fishing methods during 1974~1994.

남하한다고 했다. 이외에도 중앙수산시험장(1956, 1957, 1958)과 국립수산진흥원(1965, 1970, 1974, 1975, 1977, 1980, 1983, 1985, 1986, 1989, 1991)에서 각종 갈치 어업조사, 갈치 어장, 자원 및 어구 등에 관한 많은 연구가 이루어 졌으며, 白과 朴(1986)은 안강망어업의 어황자료와 수산진흥원의 해양관측자료를 대응시켜 어황과 해황과의 관계를 설명해 보려했지만 아직 정도 높은 어장예보체계를 확립하기에는 미흡한 실정이다. 또한 최근에 고갈되어가는 갈치자원을 대상으로 자원량 예측 및 예보시스템 구성을 위한 여러 연구가 박(1992), 장(1994) 등에 의해 진행되고 있다.

이 이외에도 인접 국가인 일본에서는 松井와 高井(1952)가 동중국해·황해산 중요 어류의 생태학적 연구 중 갈치에 대한 생태적 연구를 수행한 바 있고, 三栖(1954, 1958, 1961, 1964, 1965)가 동중국해와 황해산 갈치의 연령과 성장에 관한 생태적인 특성 및 갈치자원량과 계군에 대한 분포·회유에 관하여 기술하였다. 山田(1964, 1971)는 동중국해, 황해산 갈치의 체장별 어군의 분포와 회유 및 생식생태의 변화에 관하여 보고한 바 있다. 또한 山下(1971)는 동중국해·황해의 저어분포에 관한 연구에서 해양환경에 따른 갈치어군의 계군분석을 시도했으며, 浜田(1971)는 동지나해·황해산 갈치 이석을 이용하여 연령과 성장에 관하여 보고하였으며, 小坂 등(1967), 大森와 清野(1993)은 駿河灣 갈치의 생태학적 특성과 이료생물 등에 관하여 연구했고, 鈴木와 木村(1980)가 熊野灘 갈치의 자원생물학적 연구를, Hanabuchi(1989)가 대마도 근해역에 출현하는 갈치의 연령과 성장에 관한 연구를 수행하였다. 또한 宗清와 桑原(1983, 1984 a, b, 1988)과 宗清(1990)가 若狭灣 西部海域의 갈치의 생태적인 특성을, 阪本(1992)는 紀伊水道에 서식하는 갈치의 생태적인 특성 및 어황과 해황과의 관계를 해석하는 연구를 수행한 바 있다.

이처럼 국내외적으로 자원관리, 생리·생태, 어·해황관계 등 여러 측면에서 갈치자원에 관한 연구가 이루어졌지만 그 대부분은 동중국해 및 황해에 서식하는 갈치의 회유경로, 분포상황, 자원량, 계군 등과 같은 생물생태학적 측면의 연구에 차중되어 왔다.

그러므로 본 연구는 각종 이질수괴가 좁은 해역에 분포하고 있어 다양한 환경조건을 갖고 있으면서 8, 9개월 동안 여러 상태의 갈치를 쉽게 채집할 수 있는 유리한 입지 조건을 갖고 있는 제주해협을 연구 대상 해역으로 잡아, 각종 성장단계와 생활주기에 해당하는 갈치가 각 단계 또는 주기에 따라 어떠한 환경을 택하며, 제주해협내에서도 한정된 장소에서만 어장이 형성되는 이유 등을 밝혀 환경이 어류의 생활에 어떻게 관여하고 생활주기에 따라 갈치가 어떠한 환경을 택하는 가를 현장 관측자료로부터 규명하여 갈치의 어장예보 시스템 개발과 정도향상에 기여할 수 있는 연구가 되도록 시도했다.

3. 갈치의 생태학적 특성

어류의 분류학상

脊索動物門 Phylum Chordate

脊椎動物亞門 Subphylum Vertebrata

顎口上綱 Superclass Gnathostomata

硬骨魚綱 Class Osteichthyes

硬骨上目 Superorder Teleostei

농어目 Order Percida

고등어亞目 Suborder Scombrina

갈치上科 Superfam Trichiuricae

갈치科 Family Trichiuridae

갈치속 Genus *Trichiurus* LINNAEUS

에 속하는 갈치는 Hairtail, Cutlassfish, Ribbon fish(영국) 혹은 Atlantic cutlassfish(미국), Tachiuo(太力魚, 일본), 帶魚(중국)라 부른다. 갈치의 학명은 먼저 *Trichiurus japonicus*(TERMMINCK et SCHLEGEL)로 동정해서 보고(MORI와 UCHIDA, 1934)되었지만 MATSUBARA (1955)에 의해 *Trichiurus lepturus* LINNAEUS로 개명 보고되어 현재까지 사용되고 있다(정, 1991).

형태적으로는 몸이 아주 길고 측면되어 있으며 꼬리 쪽은 띠 모양으로 꼬리 끝은 긴 끈과 같고, 비늘이 없으며 몸빛은 은백색이다. 입은 크고 양 턱과 구개골에는 크고 억센 이빨이 있

으며 양 턱 앞쪽에 있는 송곳니의 끝은 갈고리같이 되어 있다. 두 눈 사이는 평탄하며 등지느러미는 1기로서 140연조이고 머리 뒤에서 거의 끝까지 전 등쪽을 차지하고 있고, 배지느러미와 꼬리지느러미가 없으며 뒷지느러미의 연조는 약간 나와 있어 손으로 만져서 갈갈함을 느낄 정도다. 뒷지느러미 기부(基部)에는 비늘 모양의 돌기가 없고 요골(要骨)도 없다. 옆줄은 가슴지느러미 위에서 비스듬히 되어 있으며 전장은 1,500mm에 달한다(정, 1991).

습성으로는 비교적 원해성 어류이나 8~9월경에 산란기가 되면 다소 얕은 곳으로 이동하고, 알은 부유성이며 직경은 1.35~1.80mm이다. 유구(油球)는 0.36~0.42mm로 연한 등색이다. 치어는 전장이 10mm까지는 몸의 폭이 넓으나 짧고 머리는 크며 띠 모양이 아니다. 전장이 7~8mm부터는 뒷꼬리부가 연장되기 시작하고 등지느러미 앞쪽에 크고 억센 가시가 생기지만 20mm내외가 되면 퇴화되어서 거의 연조와 같게 된다. 뒷지느러미도 처음에는 강한 1가시와 그 뒷쪽에 발달된 연조가 출현하였다가 그 후에 전부 살갗 속에 묻히게 된다. 같은 종의 꼬리를 잘라 먹는 습성(Cannibalism)이 있다. 우리나라 전 연근해에 분포하며 특히 서해와 남해에 많이 분포한다. 일본, 중국, 타이완, 필리핀, 동인도제도, 호주, 인도양 홍해와 아프리카 동쪽 연안인 대서양의 난해역에 많이 분포한다(정, 1991).

4. 연구목적과 구성

본 연구에서는 제주해협 및 한국 연근해에서 어획되는 갈치의 어획량 변동 특성을 비교·분석하고, 갈치의 섭이·산란 및 생육장이 되고 있는 제주해협내의 해황을 조사하여 갈치어장 형성 기구를 규명하여 어장 탐색 및 어·해황예보에 필요한 기초자료를 제공하는 데 주 목적을 두고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 구체적으로 제주도 주변해역에서 갈치를 대상으로하는 어선(채낚이, 연승, 안강망)에 직접 승선하여 갈치가 선호하고 있는 어장환경을 파악하고 어획량과의 관계를 분석했으며, 제주도 주변해역에서 어획된 갈치시료를 채집하여 지역별(한림, 제주시, 성산포, 서귀포) 번식생태를 비교·분석함으로써 갈치의 산란기를 추정하여 제주도 주변해역으로부터 제주해협으로 회유해 오는 상황을 분석하는 등, 갈치자원에 대한 여러 가지 정보를 종합함으로써 효율적인 갈치어장의 탐색 및 자원관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 했다.

본 논문은 서론(제 I 장)과 제 II 장 우리나라의 갈치어획량 변동, 제 III 장 제주해협 및 한국 남해의 해양환경 특성, 제 IV 장 어획 수층의 수온·염분 특성, 제 V 장 제주해협에 출현하는 갈치의 번식생물학적 특성, 제 VI 장 갈치 체장조성 및 성장 특성, 제 VII 장 제주해협의 갈치어장 형성기구 및 출현어군, 제 VIII 장 결론을 포함하여 총 8장으로 구성했다.

II. 우리나라의 갈치 어획량 변동

1. 서 언

세계 각국이 200해리 경제수역을 선포(1977년)함에 따라 자원 관리의 중요성을 인식하게 되었다. 따라서 우리가 유익하게 이용하고 있는 각종 수산자원에 대한 특성과 변화 양상을 신속하고 정확하게 파악하는 것은 수산자원을 효율적으로 이용하고 관리하는 선결 조건이다.

이러한 수산자원 중 갈치는 안강탕 및 채낚이어업의 주대상 어종으로 어획량도 상위권에 속하는 경제적으로도 중요한 어류이다. 그러므로 갈치자원 등 수산자원에 관한 문제를 이해하기 위하여는 먼저 정확한 어획 통계를 필요로 한다(能勢 등, 1988).

이를 위하여 지금까지의 어획 통계자료로부터 각종 어구 및 어법에 대한 전국과 제주도의 연별, 월별 어획량과 그 변화 경향을 분석하여 갈치자원의 실태를 파악하려고 했다.

2. 자료 및 방법

우리나라와 제주도의 갈치자원에 대한 어획량 변동 경향을 파악하기 위하여 1974년부터 1994년까지 21년간의 농림수산부 어업생산량 통계자료로부터 갈치어획량 변동 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 전국의 연도별 갈치의 어획량 변동

Fig. II-1은 전국의 연도별(1974~1994년) 갈치 총어획량을 나타낸 것이다. 1974년에 166,391 M/T이 어획되어 최고에 달한 후 감소하기 시작하여 1977년에는 1974년의 ½수준에도 못미치는 72,032M/T이 어획되었다.

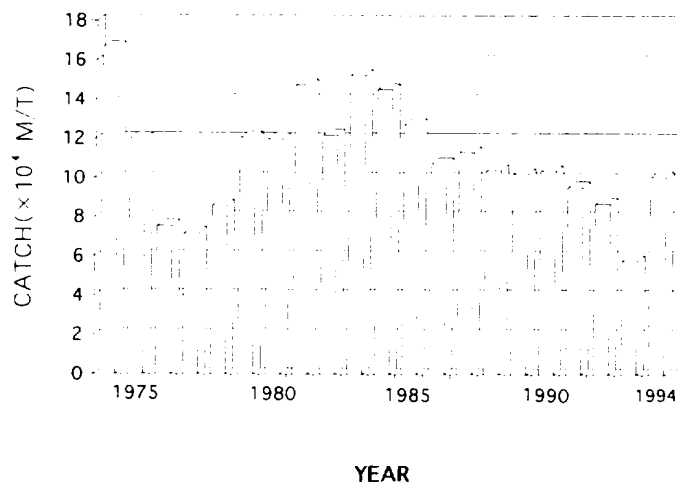


Fig. II-1. Annual catch of Hairtail in Korea during 1974~1994.

이후 다시 어획량이 점차 증가하여 1983년 또 한차례의 최고를 보이면서 1990년까지는 대체로 100,000M/T이상의 어획고를 유지했지만 최근 어획량은 다시 감소하기 시작하여 1993년에는 58,035M/T 수준으로 격감하였다. 그러나 1994년에는 101,052M/T으로 다시 100,000M/T이상의 어획고를 나타냄으로써 자원량 회복의 징후를 보이고 있다.

2) 연도별 어업별 갈치어획량

1974년부터 1994년까지 21년간의 연도별, 어업별 갈치의 생산량 변동 추이를 보면, 갈치는 안강망(86,463M/T)에 의해 가장 많이 어획되고 있고, 다음으로 저인망(12,276M/T), 선망(3,308M/T), 정치망(2,417M/T), 채낚이(2,323M/T), 유자망(623M/T) 및 연승(552M/T)의 순으로 어획되고 있다.

어업별 어획변동 특성은 Fig. II-2와 같다. 안강망어업(Fig. II-2 a) 어획량은 1983년 최대 어획량(134,736M/T)을 보인 이후 계속 감소 추세를 나타내 1993년 최소 어획량(41,075 M/T)을 보였으나 1994년에는 61,205M/T으로 다시 증가 경향을 나타내기 시작하였다. 저인망어업(Fig. II-2 b) 어획량은 1976년 이후 1979년 25,647M/T으로 최대 어획량을 보였으나 1991년까지 1979년의 ¼에도 못 미치는 수준(5,736M/T)으로 격감하였고 1992년 이후 계속 증가 경향을 보이면서 1994년에는 22,823M/T으로 1979년 수준까지 어획되었다.

선망어업(Fig. II-2 c)에 의한 어획량은 해에 따른 증감의 폭이 크지만 전체적으로는 증가 추세를 나타내 1992년 최대 어획량(8,662M/T)을 나타냈다.

정치망어업(Fig. II-2 d) 어획량은 1974년 이후 계속 감소 추세를 나타내 1979, 1980, 1981년에 약 5,000M/T의 어획고를 보인 후 다시 계속 감소하여 1994년은 252M/T에 불과했다.

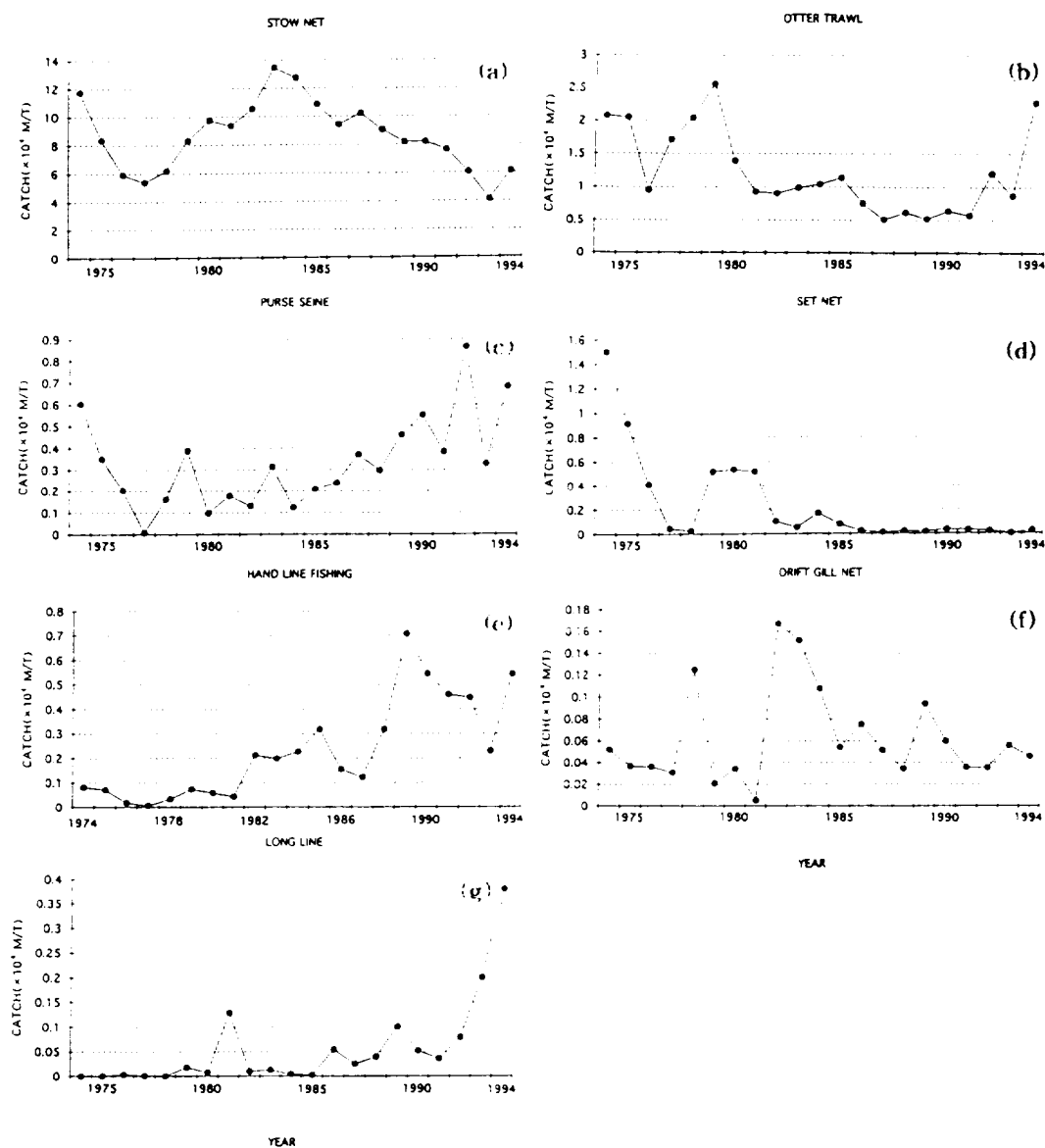


Fig. II-2. Annual catch of Hairtail by the fishing methods during 1974~1994.

채낚이어업(Fig. II-2 e) 어획량은 1989년 7,079M/T으로 최대 어획량을 보일 때까지 계속 증가경향을 나타내었으며 이후 1993년까지 2,300M/T으로 감소하나 1994년에는 5,444 M/T이 어획되어 증가 경향을 나타냈다.

유자당어업(Fig. II-2 f) 어획량은 그 변동 폭이 상당히 커, 1978년 1,251M/T을 제외하면

1981년(50M/T)까지 계속 감소하였으나 1982년 1,671M/T으로 최대 어획고를 보인 다음 1994년에는 459M/T이 어획되어 계속 감소 추세에 있다.

연승어업(Fig. II-2 g) 어획량은 1981년의 1,291M/T을 제외하면 1985년까지 약 200M/T 내외의 낮은 어획량을 보였으나 이후 계속 증가 경향을 나타내 1993년에 2,008M/T, 1994년에는 3,803M/T으로 최대 어획량을 보였다.

이상의 결과는 채낚이, 선망, 연승에 의한 어획량은 계속 증가 경향을 나타내나, 안강망, 유자망, 정치망의 어획량은 계속 감소 경향을 보이고 있는 것이 특징이다. 또한 정치망과 연승의 어획량은 정치망이 계속 감소하고 연승은 그 반대 경향을 나타내 대조를 이루고 있다.

3) 한국 연근해 어류 어획량과 갈치 어획량의 변동

1974년부터 1994년까지 21년간의 우리나라 전체 어류 어획량에 대한 갈치 어획량의 변동 경향을 Fig. II-3에 나타냈다.

어류의 총어획량은 1977년 이후 1990년까지 거의 10^6 M/T이상을 유지하다가, 1991년 이후 10^6 M/T이하로 떨어져 거의 비슷한 경향(1991년 930,549M/T, 1992년 892,762M/T, 1993년 992,870M/T, 1994년 987,429M/T)을 나타낸 반면, 갈치의 어획량은 계속 감소 추세를 나타내어

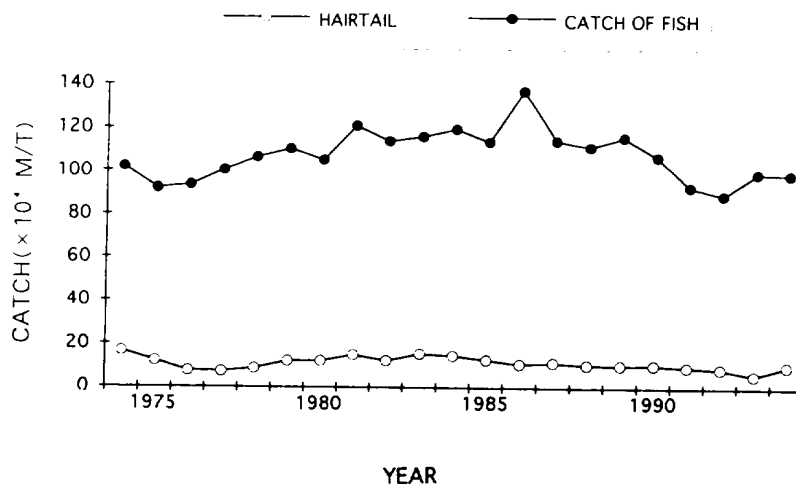


Fig. II-3. Fluctuation of annual catch of Hairtail compared with yearly National fish catch during 1974~1994.

총어획량의 증감 경향과 갈치 어획량의 증감 경향은 반드시 일치하는 것만은 아니었다. 또한 갈치의 최대 어획량은 1983년에 나타났지만(Fig. II-1 참조), 어류의 총어획량은 1986년에 최대를 보였다.

4) 전국 갈치 어획량에 대한 제주도의 갈치 어획량 변동

Fig. II-4는 1974년부터 1994년까지 21년동안의 전국 갈치 어획량과 제주도 갈치 어획량과의 관계를 비교한 것이고, Fig. II-5는 전국 갈치 어획량에 대한 제주도 갈치 어획량을 백분율로 나타낸 빈도 분포이다. 전국 갈치의 어획량(Fig. II-4)은 어획량이 낮은 1976, 1977, 1993년도를 제외한 다른 해에는 80,000M/T 이상이고, 그 중 1974년은 166,391M/T으로 가장 많은 어획량을 나타냈지만 그 후 계속 감소하여 1977년에 72,032M/T까지 낮아졌다가 다시 증가하여 1983년에는 152,633M/T까지 어획량이 많아졌으나, 다시 완만하게 하강하여 1993년에 가장 낮은 어획고인 58,035M/T을 보임으로써 16년만에 최저치를 기록하였다.

전국 갈치 어획량에 대한 제주도의 갈치 어획량비(Fig. II-5)는 1974~1977년까지는 0.5%미만의 낮은 수준을 유지하다가 1978년 이후 약간 증가하여 1988년까지는 1~2.5% 수준이었지만 1989년부터 크게 신장하여 3~6%의 수준을 유지하고 있다. 특히 21년간 전국 어획량의 최저

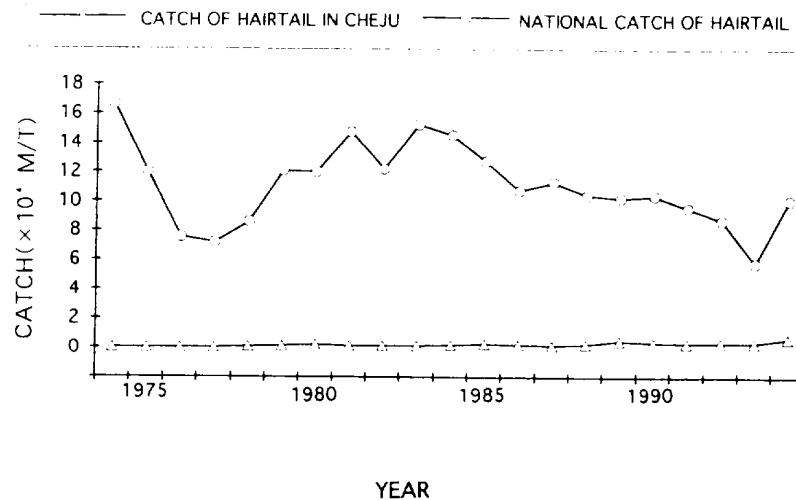


Fig. II-4. Fluctuation of annual catch of Hairtail in Cheju Island and National during 1974~1994.

치를 나타낸 1993년의 경우는 전국의 갈치 어획량에 대하여 제주도의 어획량 비중이 6.3%를 차지하고 있다. 전국의 갈치 어획량에 대하여 가장 높은 어획량비를 나타내는 것은 1994년으로 6.7%를 차지했다.

Fig. II-6은 제주도의 연도별 갈치 어획량을 나타낸 것으로 1994년(6,818M/T)을 제외하면 .

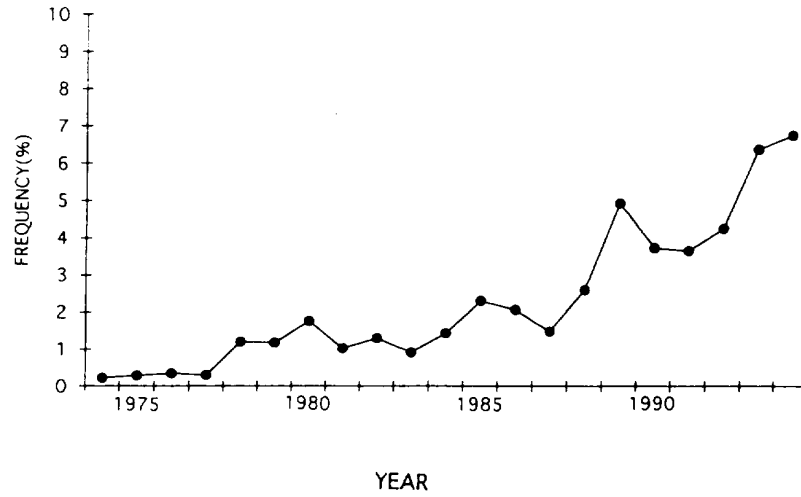


Fig. II-5. Frequency of Cheju Island compared with National annual catch of Hairtail during 1974~1994.

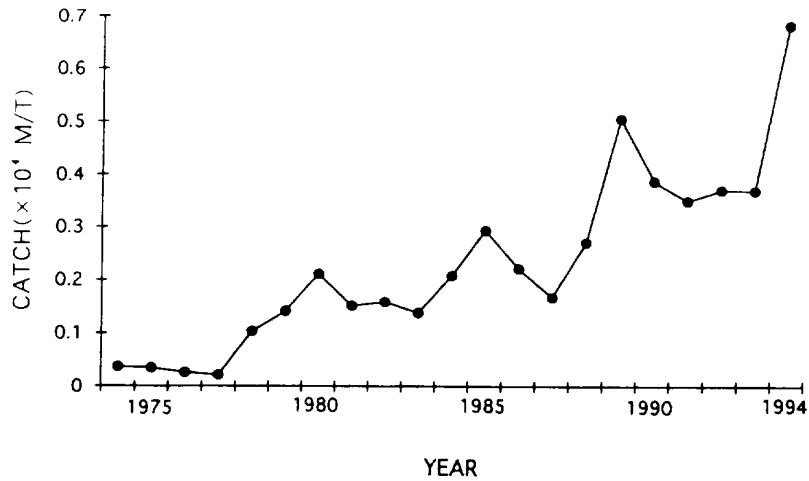


Fig. II-6. Annual catch of Hairtail in Cheju Island during 1974~1994.

대부분 5,000M/T 이하이다. 최저 어획고를 보인 때는 1977년으로 216M/T이었다.

최근 6년간(1989~1994)의 전국 갈치 어획량은 1989년 최대 어획량이 나타난 후 3,500M/T 전후의 거의 비슷한 수준을 유지하다가 1993년에는 최소치를 보인 후 1994년 101,052M/T으로 1993년의 약 2배의 어획고를 보였으며 제주도의 갈치 어획고는 21년 중 가장 높은 수준을 나타냈다.

5) 제주도의 어류 어획량에 대한 갈치 어획량 변동과 비율

제주도의 어류 총어획량과 갈치 어획량을 Fig. II-7에 나타냈다. 제주도의 어류 총어획량은 1979년 이후 해에 따른 어획량 변동은 있지만 계속적으로 증가하여 1991년 25,852M/T으로 최대 어획량을 보였고 이후 감소되는 추세를 보이고 있다. 이에 대해 갈치 어획량은 1974년 이후 다소의 예외는 있지만 전체적으로 계속 증가하고 있는 경향이다.

Fig. II-8은 제주도의 어류 총어획량에 대한 갈치 어획량의 비율을 나타낸 것이다. 1977년 1.59%로 가장 낮은 비율을 보였고, 1994년에 38.20%로 최고치를 나타냈다. 대체로 1974~1978년을 제외하면 10~25% 수준이며 평균 비율은 13.9%로 전국의 갈치 어획량에 대한 제주도 갈치 어획량 비율의 평균치인 2.29% 보다는 약 6배나 높아 제주도에서의 갈치 어획의 중요성이 잘 나타나 있다.

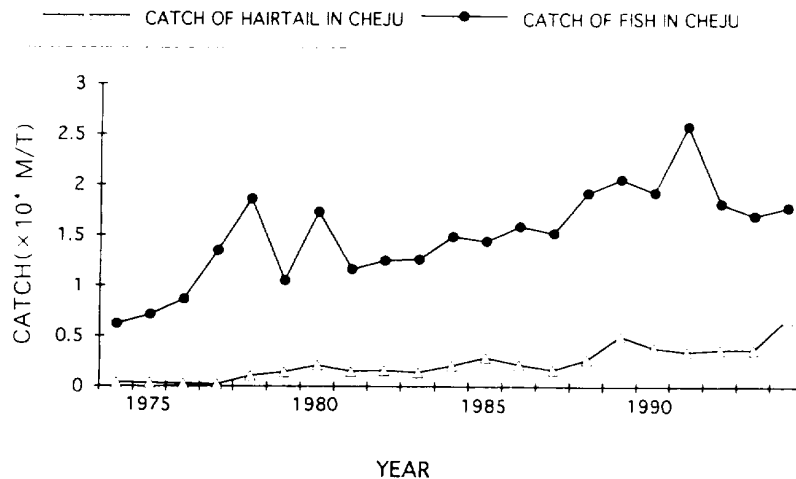


Fig. II-7. Fluctuation of annual catch of Hairtail compared with annual catch of fish in Cheju Island during 1974~1994.

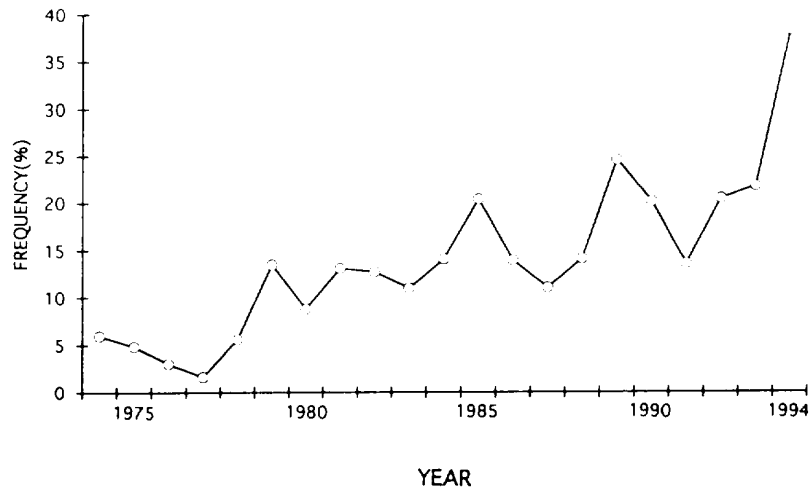


Fig. II-8. Frequency of annual catch of Hairtail compared with annual catch of fish in Cheju Island during 1974~1994.

6) 월별 어획량 변동 특성

월별로 갈치가 어획되는 상황을 파악하기 위하여 1974년부터 1994년까지 21년간의 전국의 월별 갈치 어획량에 대한 비를 Fig. II-9에 나타냈고, 제주도의 월별 갈치 어획량의 비를 Fig. II-10에 나타냈다.

전국의 월별 갈치 어획량의 비는 1월부터 5월까지의 전국 어획량의 2% 이내의 수준을 유지하다가 주로 6월부터 어기가 시작되어 약 6% 정도가 된 후 계속 증가하여 10월 Peak(19.4%)를 보인 다음 어획이 감소하기 시작하여 12월까지 7% 수준으로 격감된다.

제주도에서도 월별 갈치 어획량비(Fig. II-10) 특성이 아주 뚜렷하게 나타나는데 그 특징은 5월이 되면서 어획량비가 증가하여 갈치 어기가 시작되는 징후를 보인 후 6월(6.8%)이 되면서 본격적인 갈치 어기가 시작되고 그후 계속 증가하여 전국 갈치 어획량비보다 1개월 앞선 9월(20.4%)에 최성기를 이룬 다음 11월 이후에는 급격히 어획량이 감소되고, 익년 1월 이후 제주도 주변에서는 거의 어획되지 않는다.

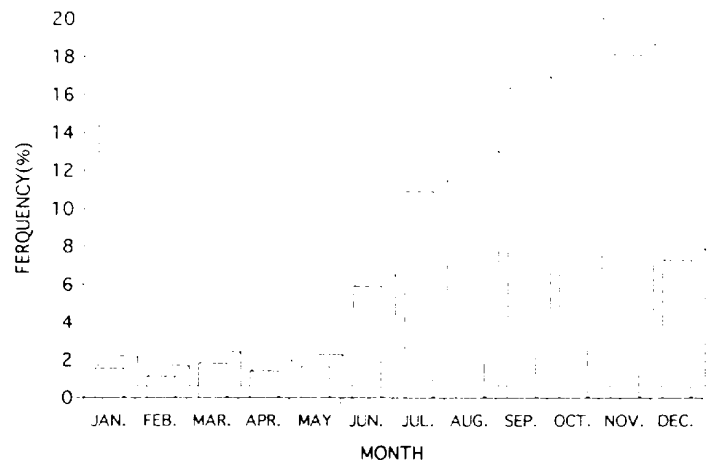


Fig. II-9. Frequency of monthly catch of Hairtail in Korea during 1974~1994.

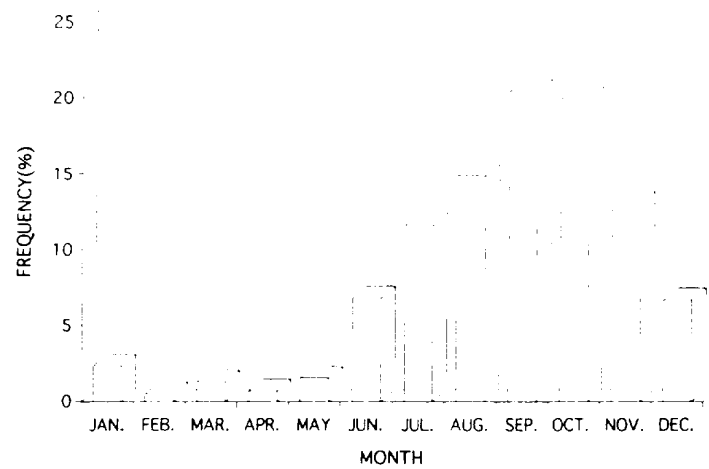


Fig. II-10. Frequency of monthly catch of Hairtail in Cheju Island during 1974~1994.

4. 요약

1) 연도별, 어업별 갈치 어획량은 안강당에 의해 가장 많이 어획되고 있고, 다음으로 저인당, 선당, 정치당, 채낚이, 유자당 및 연승의 순으로 어획되고 있으며 채낚이, 선당, 연승에 의한 어획량은 계속 증가경향을 나타내나, 안강당, 유자당, 정치당에 의한 어획량은 계속 감소경향을 보였다.

2) 우리나라 전체 어류 어획량은 거의 비슷한 수준을 유지하나 갈치의 어획량은 계속 감소추세를 나타내어 총어획량의 증감 경향과 갈치 어획량의 증감 경향은 반드시 일치하지 않았다.

3) 전국 갈치 어획량에 대한 제주도의 갈치 어획량비는 1974~1987년까지는 2%미만의 낮은 수준을 유지하다가 1988년부터 크게 신장하여 3~6%의 수준을 유지하고 있다.

제주도의 어류 어획량에 대한 갈치 어획량비는 1977년 2% 이내로 가장 낮은 비율을 보였고, 1994년에 38.2%로 최고치를 나타냈다. 대체로 10~25% 수준이며 평균 비율은 14%로 전국의 갈치 어획량에 대한 제주도 갈치 어획량 비율의 평균치인 2.3% 보다는 약 7배나 높아 제주도에서의 갈치 어획의 중요성을 나타냈다.

4) 전국의 월별 갈치 어획량의 비는 1월부터 5월까지의 전국어획량의 2% 이내의 수준을 유지하다가 주로 6월부터 어기가 시작되 약 6% 정도가 된 후 계속 증가하여 10월 최고치를 보인 다음 어획이 감소하기 시작하여 12월까지 7% 수준으로 격감된다. 제주도에서도 5월이 되면서 어획량비가 증가하여 갈치 어기가 시작되 6월이 되면서 본격적인 갈치 어기가 시작되고 그 후 계속 증가하여 전국 갈치 어획량비보다 1개월 앞선 9월에 최성기를 이룬 다음 11월 이후 감소하기 시작하여 익년 1월 이후 제주도 주변에서는 거의 어획되지 않았다.

Ⅲ. 제주해협 및 한국남해의 해양환경 특성

1. 서 언

제주해협에는 대마난류수, 중국대륙연안수, 한국남해연안수, 혼합수 등(노와 平野, 1983. 노와 김, 1983. 노, 1985. 김, 1986. Lie, 1986. 조, 1988. 노와 김, 1989. 최, 1989. 한, 1989. 김과 노, 1994)의 여러 수괴가 좁은 해역에 출현하고 있다.

이처럼 제주해협은 계절에 따라 여러 이질수괴가 복잡하게 출현함으로써 이들 각종 수괴에 서식하는 여러 유용어류(방어, 삼치, 멸치, 갈치, 고등어, 옥돔, 참조기 등)가 계절에 따라 해양환경이 변하는 제주도 주변해역으로 내유하여 좋은 어장이 형성되고 있다.

따라서 제주해협의 호어장 형성 기구를 물리·생물학적 환경 특성 및 어류의 생태적 특성 등과 대응시켜 명확히 규명하는 것은 어·해황예보의 정도를 향상시키는 데 가장 기초가 되는 선행 연구가 된다. 따라서 이 단원에서는 제주해협의 해양환경 특성을 규명하는 데 주안점을 두었다.

2. 자료 및 방법

1) 제주해협내의 해양환경 조사

Fig. Ⅲ-1에 표시된 바와 같이 제주해협 내에 남북 방향으로 횡단하는 4개의 해양관측 정선을 설정하여 정선상의 23개 정점에서 1992년 4월부터 1993년 9월까지 Table Ⅲ-1과 같은 시기에 제주대학교 해양연구소 연구조사선 아라 2호(15 G/T)와 제주대학교 실습선인 백경호(389.27 G/T), 한라호(159.71 G/T)를 이용하여 CTD(SBE 19)에 의한 해황조사를 실시해 시계열 해석이 가능하도록 했다. 또한 1992년 12월의 동계 조사는 제주 해양경찰서 소속 제주 303호(300G/T급)와 제주 507호(500G/T급)를 이용하여 해협내의 해황을 관측하였다.

제주해협내의 해양환경을 바르게 이해하기 위해서는 동시관측에 가깝도록 조사하여야 하므로 최소 1일에서 최대 3일 사이에 모든 조사를 완료하였다.

2) 광역 해양조사

제주해협내의 해황조사는 해협내의 월별 상황은 상세히 파악되지만 해협의 해황에 영향을 미치는 주변해역의 해황을 파악하기 어려운 제한성이 있다. 이러한 문제점을 해결할 목적에서

한국남해연안역을 포함한 주변의 광범위한 해양환경을 조사하기 위하여 갈치가 주로 어획되는 8, 9, 10월에 Fig. III-2, III-3, III-4와 같은 정선과 정점을 각각 설정하여 광역에 대한 해양환경 조사를 실시하였다. 이때 조사의 연속성을 유지하기 위하여 제주해협내의 월별 해양관측 정점(Fig. III-1)을 포함시켰다.

Table III-1. The date and atmospheric conditions observed in the Cheju Strait

Date	Moon's Age(Day)	M.A.T	M.S.L.P	M.W.S
Oct . 11~18, 1991	4.0~11.0	16.6~19.1	1009.7~1018.8	3.8~11.0
Apr . 16~19, 1992	12.9~15.9	11.1~17.7	1008.5~1018.2	4.7~16.7
May . 18~20, 1992	15.4~17.4	16.2~19.8	1009.6~1011.2	3.5~ 7.7
Jun . 16~18, 1992	15.0~17.0	20.1~20.5	1008.7~1011.8	5.7~ 9.3
Jul . 27~28, 1992	26.6~27.6	27.3~28.3	1010.5~1011.1	4.3~ 9.7
Aug . 14~20, 1992	15.3~21.3	25.4~27.6	1000.6~1008.7	4.7~10.3
Sep . 18~19, 1992	21.0~22.0	21.9~22.5	1015.7~1019.2	4.2~ 4.3
Oct . 28~29, 1992	2.3~ 3.3	14.1~16.3	1018.0~1024.8	3.7~10.7
Nov . 23~24, 1992	28.3~29.3	12.2~12.3	1023.9~1024.5	6.3~ 6.7
Dec . 27~29, 1992	2.1~ 5.1	8.2~13.3	1016.5~1025.5	7.7~13.7
Feb . 4~ 5, 1993	12.4~13.4	8.6~11.7	1018.3~1024.9	4.2~10.7
Mar . 9~10, 1993	15.6~16.6	6.8~ 7.6	1024.5~1026.0	4.7~ 4.8
Apr . 16~17, 1993	23.8~24.8	14.1~14.3	1014.4~1014.8	4.0~ 6.0
May . 25~26, 1993	3.1~ 4.1	17.0~17.2	1012.8~1014.6	3.0~ 5.7
Jun . 18, 1993	27.6	21.9	1006.6	5.0
Jul . 1~ 2, 1993	11.0~12.0	20.6~21.5	1009.1~1010.0	7.7
Aug . 23~24, 1993	5.3~ 6.3	22.9~25.4	1009.0~1012.9	4.7~ 5.5
Sep . 13~16, 1993	26.3~29.3	22.6~24.2	1013.5~1015.7	3.3~ 5.0

* M.A.T : Range of Mean Air Temperature(℃) during observation period.

M.S.L.P : Range of Mean Sea Level Pressure(hPa) during observation period.

M.W.S : Range of Maximum Wind Speed(m/s) during observation period.

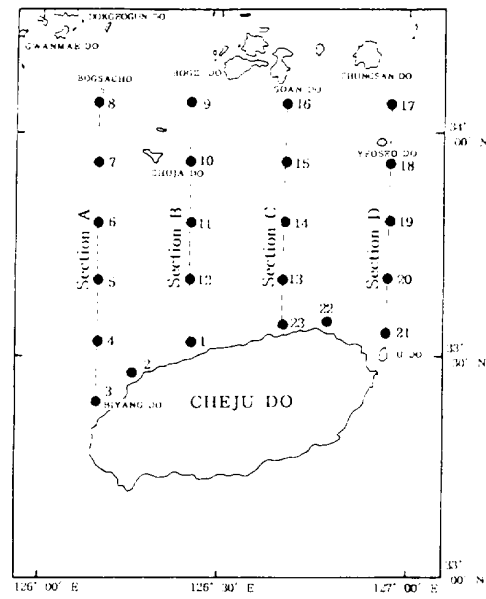


Fig. III-1. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University during Apr. 1992~Sep. 1993.

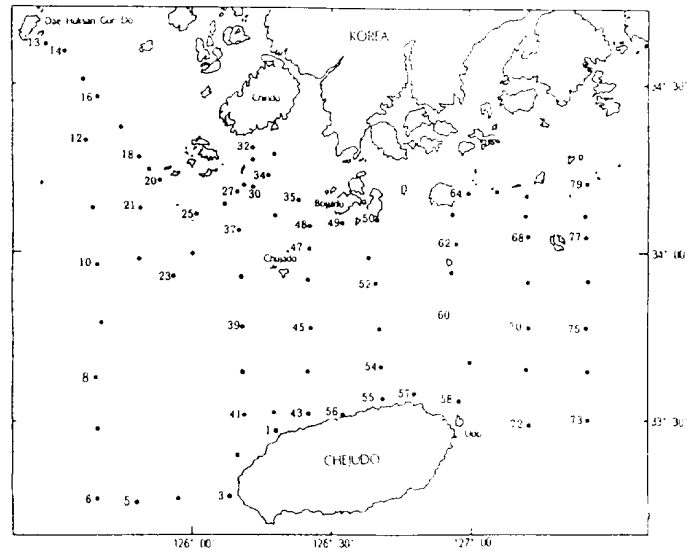


Fig. III-2. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Aug. 1992.

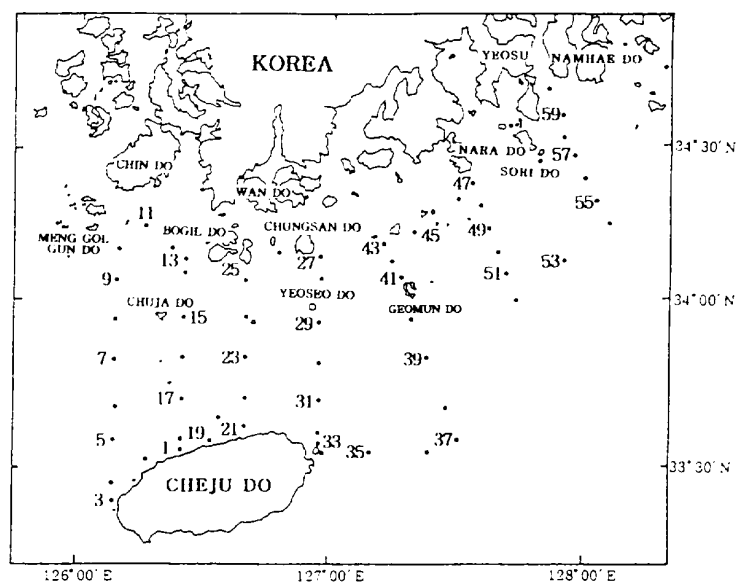


Fig. III-3. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Sep. 13~16, 1993.

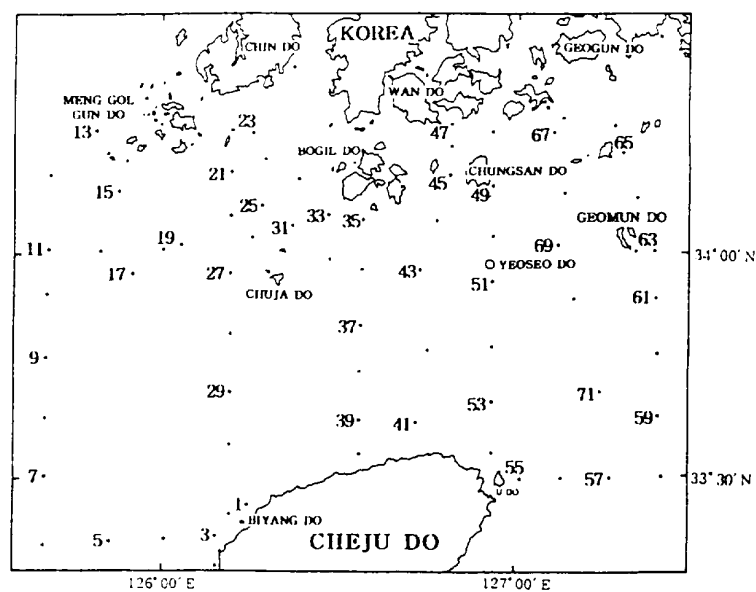


Fig. III-4. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Oct. 11~18, 1991.

3) 제주도 북부연안역의 조석전선 및 국지적 용승역 조사

제주도 북부연안역의 해황을 보다 상세히 조사하기 위하여 갈치 채낚이 어기가 시작되는 6월(1993년 6월 18일, Fig. III-5)과 8월(1992년 8월 13일, Fig. III-6), 9월(1993년 9월 13~16일, Fig. III-7), 10월(1991년 10월 11일, Fig. III-8)에 제주대학교 해양연구소 연구조사선 아라 2호와 제주대학교 실습선 한라호를 이용하여 CTD에 의한 해황조사를 실시하였다.

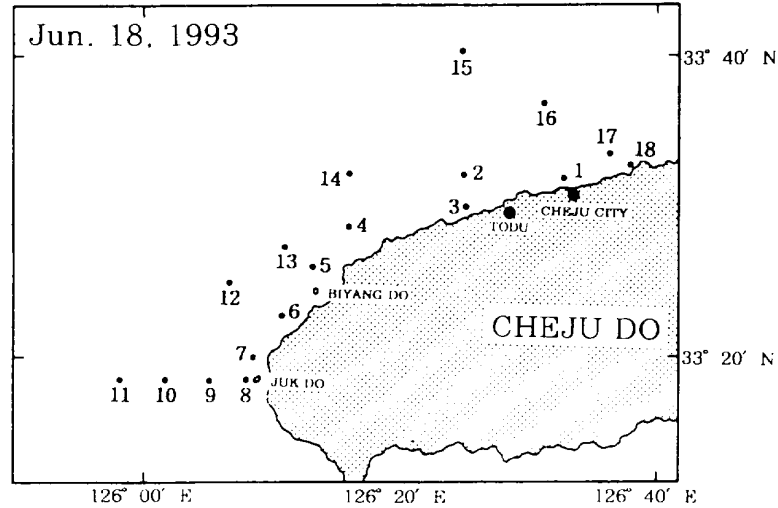


Fig. III-5. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Jun. 18, 1993.

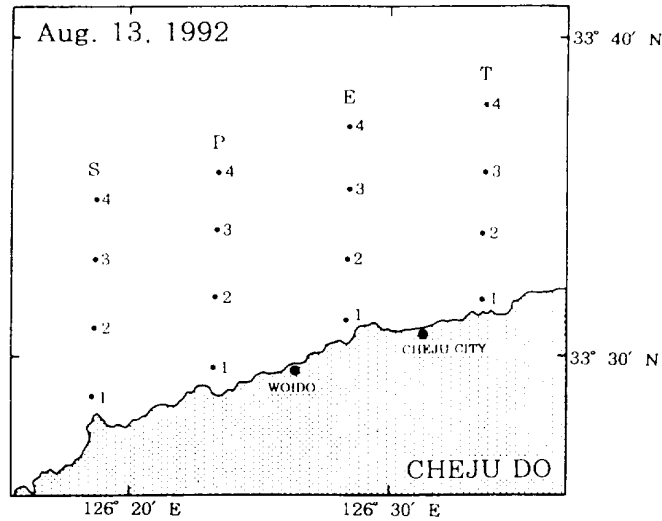


Fig. III-6. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Aug. 13, 1992.

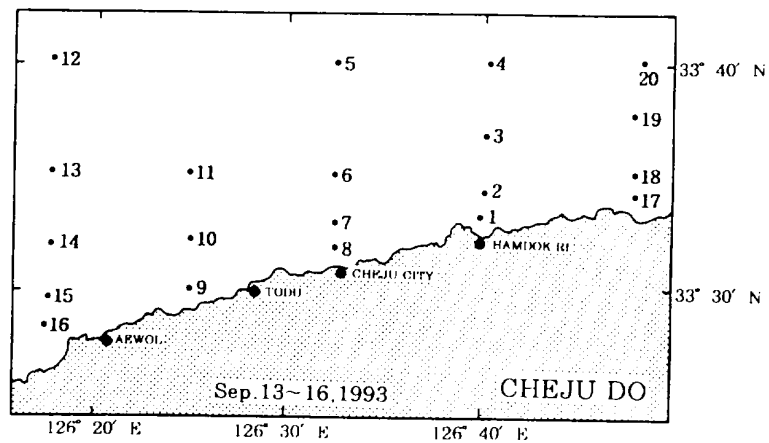


Fig. III-7. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Sep. 13~16, 1993.

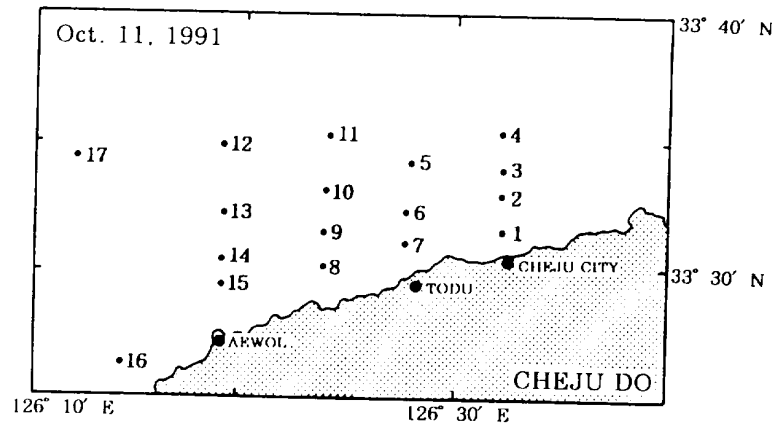


Fig. III-8. Location of oceanographic stations observed by the training ship of Cheju National University in Oct. 11, 1991.

4) 해황의 연직구조 분석

Fig. III-1에 나타난 해양관측정선 중 1992년 4월부터 1993년 9월까지 매월 관측된 제주해협 서쪽 입구 단면 A와 동쪽 입구단면 D의 월별 수온·염분의 연직구조를 분석하고, 이들 자료 중 1992년 및 1993년과의 관계도 비교하여 해(年)에 따른 변화 특성을 파악하려고 했다.

또한 관측 기간 동안의 제주해협의 해황을 대표할 수 있는 일정점(Fig. III-1, Sta. B2)을 선정하여 시계열 분석을 통한 연직적인 수괴구조의 변화 특성 및 수온·염분·밀도 약층의 변동 상태를 규명하려고 했다.

3. 결과 및 고찰

1) 제주해협내의 동계해황

지금까지 제주해협에 관한 연구는 주로 국립수산물진흥원의 직원 해양관측자료를 분석한 것들로서 아직까지 우리나라 주변해역의 동계 상황에 대한 월별 조사가 거의 이루어지지 않은 상태이다. 또한 어획 통계자료에서 살펴본 바와 같이 12월부터 익년 4월까지의 제주해협내에서는 갈치가 거의 어획이 되지 않는 계절이다.

이와 같이 제주해협내에서는 갈치어획의 종어기 내지는 거의 어획이 되지 않는 12월부터 익년 4월까지의 동계해황을 Fig. III-9~III-13에 나타냈다.

1992년 12월(Fig. III-9)은 T-S diagram에서 수온 15.2~17.9℃, 염분 34.19~34.58‰의 범위이고 표·저층간의 수온·염분의 차가 거의 없으며, 제주해협의 전해역이 대마난류수의 염분범위에 속하는 34.20‰이상의 고염분수가 나타나, 제주해협은 12월부터 전해역이 대마난류세력에 의해 지배되고 있다고 해석된다.

1993년 1월은 기상 악화로 해황조사가 이루어지지 않았지만 1993년 2월 4일(Fig. III-10)의 T-S diagram은 수온 8.8~14.0℃, 염분 33.60~34.65‰의 분포로 동계 북서계절풍의 영향으로 12월 최저 수온보다 6.4℃, 최고 수온보다 3.3℃ 하강하였고, 염분도 34.00‰미만의 연안성 저염분수가 출현하는 반면 최고 염분 농도는 12월보다 0.07‰ 상승하였다. 12월의 최고염분보다 높은 34.65‰의 고염분수가 출현한 것은 쿠로시오로부터 분리된 대마난류수가 거의 변질되지 않고 해협내에 출현함을 뜻하고 34.00‰미만의 저염분수가 나타난 것은 한국남해연안역인 보길도와 청산도 사이(Sta. 14)에서 저온·저염(10.0℃, 34.00‰미만)의 한국남해안연안수가 제주해협내로 남하하고 있음을 뜻한다.

이 남해안 연안수는 해협내의 대마난류수와 마주쳐 동~서 방향으로 심한 수온·염분 전선을 형성하고 있다. 그러나 이 저염분수는 보길주변에서 추자도를 향해 설상으로 확장하고 있어

한정된 범위에 국한되고 추자도와 진도 사이 연안에는 저층의 경우 이 남해안 연안수보다 수온·염분이 높은(10.0°C 이상, 33.80% 이상) 대마난류계수에 속하는 해수가 출현하고 있다. 그러므로 동계 이들 연안역에는 서해의 차고 저염(10.0°C 미만, 33.00% 미만)한 황해냉수계수보다는 대마난류계수의 영향을 받고 있다고 해석된다.

3월(Fig. III-11)은 T-S diagram의 수온 범위가 $8.4\sim 14.2^{\circ}\text{C}$, 염분이 33.71~34.65%로 2월 최저 수온보다 0.4°C 하강하고, 최고 수온보다 0.3°C 상승했다. 염분 분포는 2월의 최저 염분보다 0.11% 상승했고, 2월과 같이 북서계절풍에 의해 냉각된 한국남해연안수(9.0°C , 33.80%)가 보길도와 추자도 사이의 Sta. 9에서 남쪽으로 확장하여 추자도 주변해역까지 영향을 미치고 있다.

4월 제주해협내의 해양조사는 1992년(Fig. III-12)과 1993년(Fig. III-13)에 각각 조사된 결과로 한국남해연안수가 거의 소멸되고 1992년, 1993년 모두 13.0°C , 34.20~34.50%의 대마난류수가 남해안 연안역까지 출현해 전해협이 대마난류수 영역이 된다. 또 1992년의 경우는 제주해협 서쪽 입구의 중앙부(Sta. 6)의 저층에 12.0°C , 34.10%의 주위수보다 저온·저염한 설상의 저층수가 해협내로 유입되어 추자도를 향해 북동쪽으로 확장되었다.

따라서 제주해협내에서 동계 해황이 지속되는 시기는 12월부터 익년 4월까지이며, 이 때는 제주해협 전역에 대마난류수가 출현하고, 특히 4월에 그 분포 범위가 가장 넓어지며 표·저층간에 연직 혼합이 잘 이루어져 균질상태가 된다. 또한 동계의 대류냉각작용에 의해 한국남해연안수가 냉각되어 제주해협내로 확장하는 시기는 2월부터 3월까지이며 그 위치는 주로 보길도 주변의 한정된 해역에서 추자도 주변해역까지 확장하여 대마난류수와 혼합되므로 추자도와 청산도를 잇는 해역에 심한 수온, 염분전선이 형성된다. 이러한 동계의 한국남해연안수에 대한 연구는 Gong(1971), Kang(1974), Cho(1988), Lim(1976) 등에 의해 연구된 바 있으며 동계 한국남해연안수의 확장 범위는 Han(1989)의 결과와도 잘 일치하고 있다.

그리고 4월부터는 제주해협 서쪽 입구의 중앙저층부에 주위보다 저온·저염한 해수가 해협내로 유입되어 제주해협의 저층수에 영향을 미치기 시작하는데 이것이 좀더 발달하여 5월 이후 하계에 걸쳐 제주해협 서쪽 입구에 출현하는 저온수의 근원이 되는 것으로 보인다.

2) 한국남해안 연안수

제주해협과 접하고 있는 한국남해연안역은 대체로 50m미만의 천해로서 제주해협에 비해 표층은 동계에 저온·저염수가, 하계에 저온·고염수가 출현해 해협내에 현저한 수온, 염분전선이 형성된다.

1992년 12월의 경우(Fig. III-9) 추자도에서 여서도를 잇는 선의 이북 연안쪽에는 16.0°C , 34.30% 이하의 제주해협 중에서 가장 낮은 수온, 염분이 나타나지만 이들 수온, 염분 범위는 모두 대마난류수에 속하는 범위로 이 연안역까지 대마난류 세력이 영향을 미치고 있으나, 2, 3

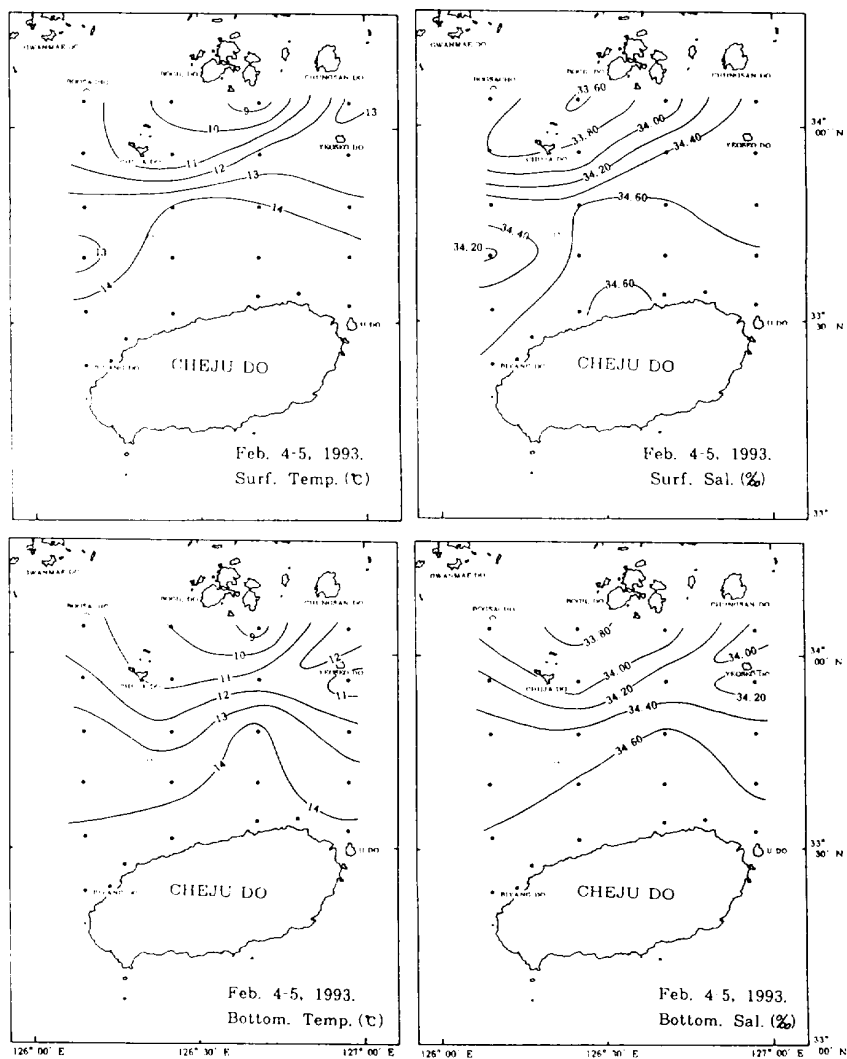
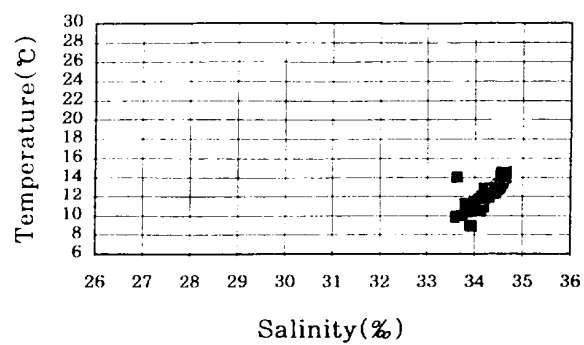


Fig. III-10. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Feb. 4~5, 1993.

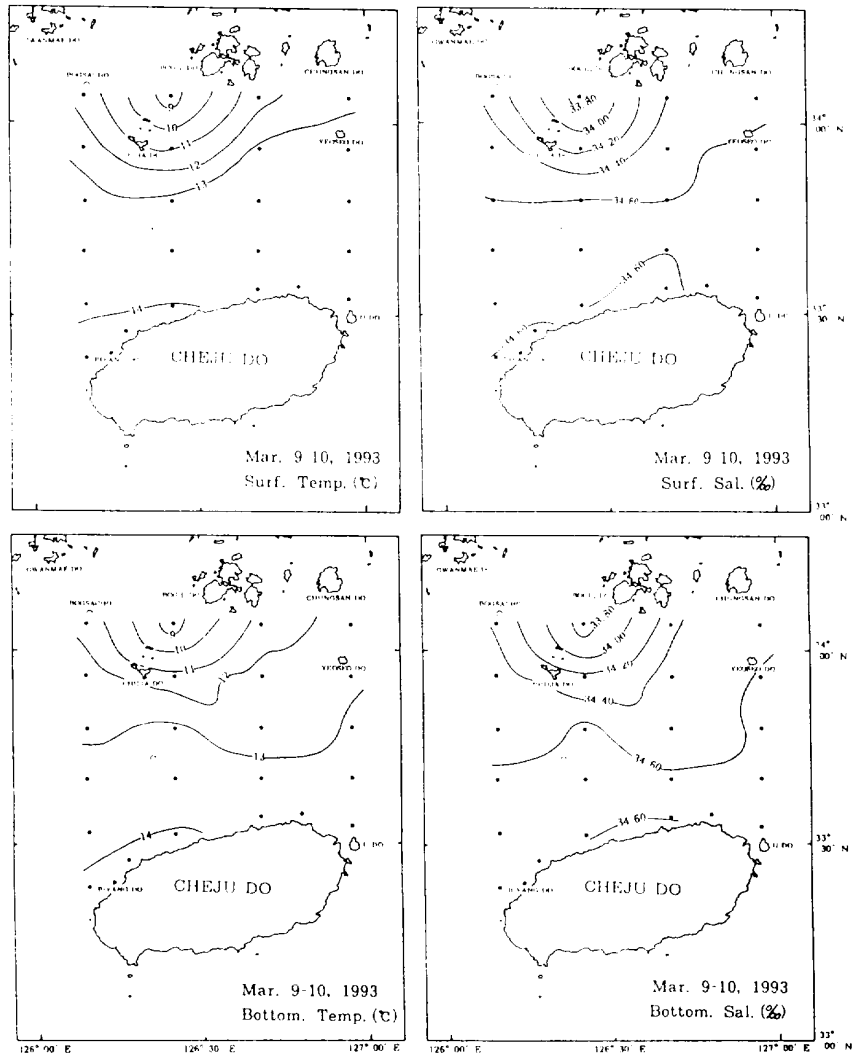
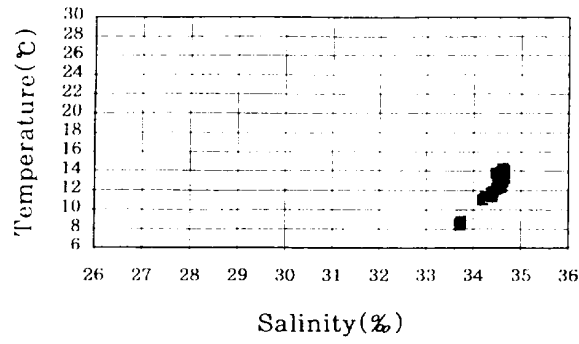


Fig. III-11. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Mar. 9~10, 1993.

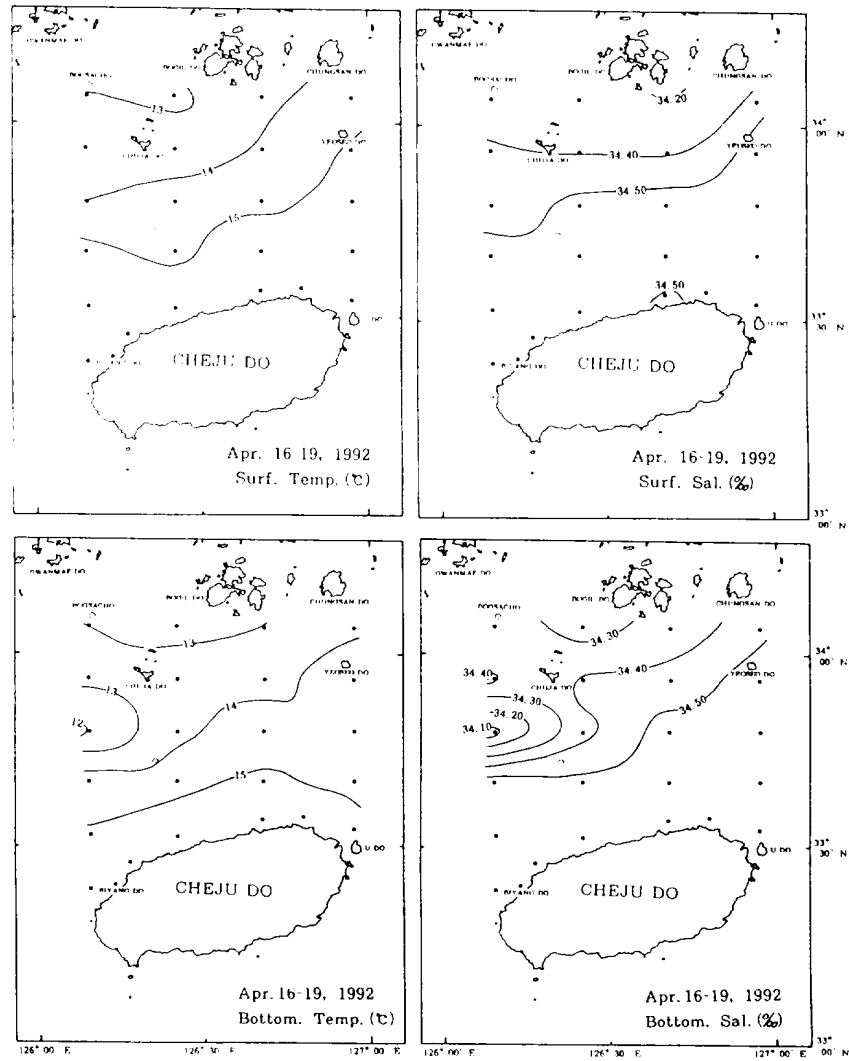
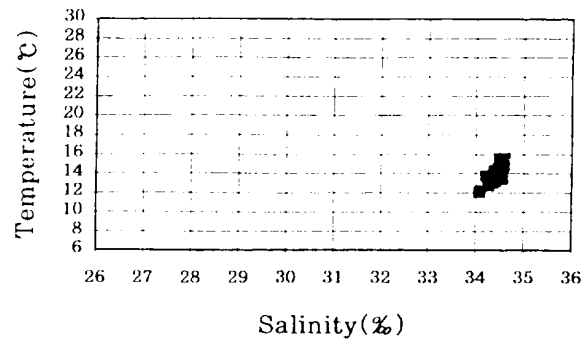


Fig. III-12. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Apr. 16~19, 1992.

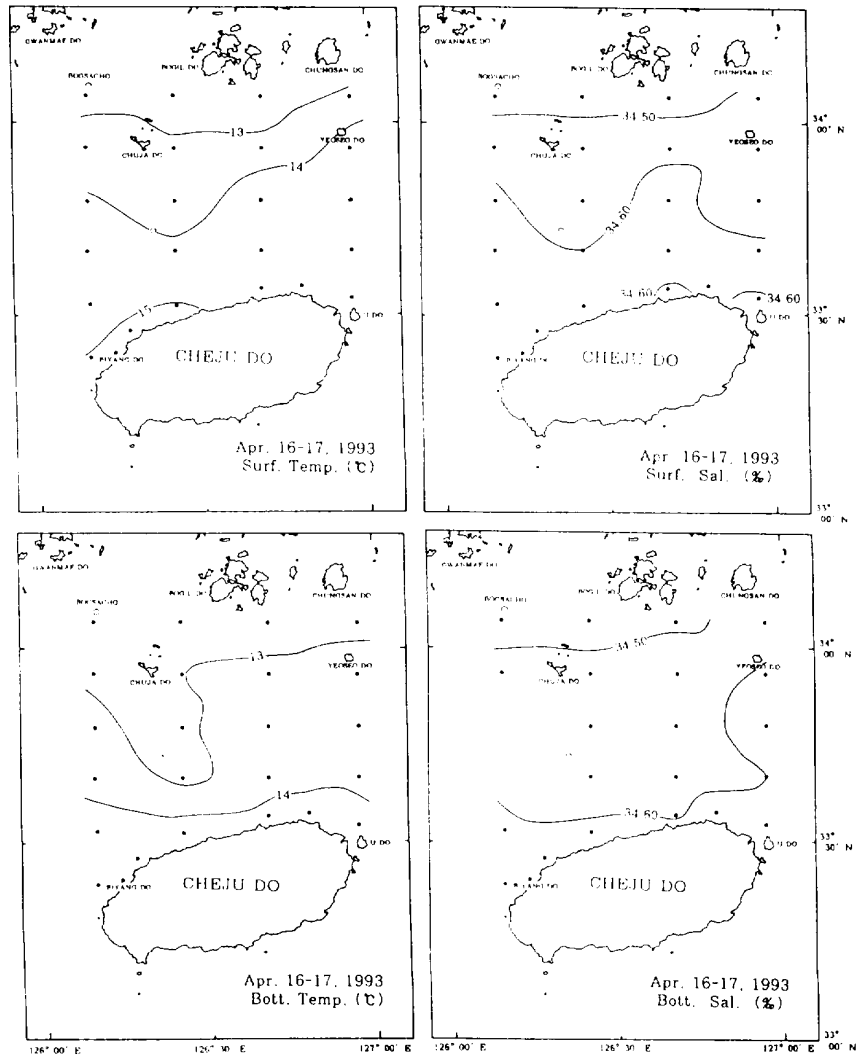
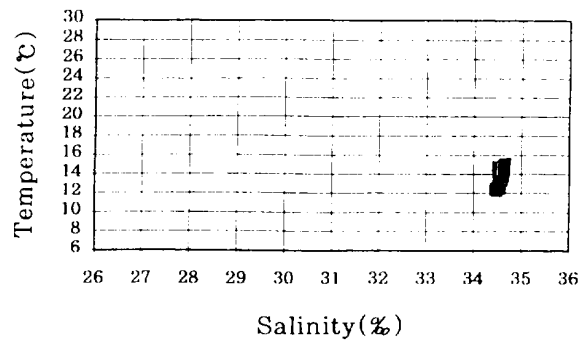


Fig. III-13. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Apr. 16~17, 1993.

월(Fig. Ⅲ-10, 11)에는 동계 표층으로부터의 심한 대류냉각작용에 의해 보길도 주변해역에서 만들어진 9.0℃, 33.80‰의 저온·저염한 한국남해안 연안수가 남쪽으로 확장하여 추자도 주변해역까지 영향을 미치고 있다.

이와 같은 한국남해안 연안수의 동계 남하 확장 상태를 살펴 보기 위하여 1992년 2월의 보길도 남동쪽에서 시작한 남북단면(Section C)의 수온·염분·밀도 연직단면도를 Fig. Ⅲ-14에 나타냈다. 정점 C14~C16사이에서 조밀한 전선대를 형성하고 있고 0.3℃, 0.04‰, σ_t 0.025/mile의 평균변화율을 나타내며, 정점 C15 이북의 연안저층에 σ_t 26.00 이상의 고밀도수가 제주해협내의 저층으로 침강 확장할 가능성이 있다. 1993년 3월에는 2월 상황과는 달리 추자도와 보길도 사이 해역에서 남해안 연안수가 확장하고 있으므로 보길도 남서쪽 단면(Section B)의 수온·염분·밀도 연직단면도를 Fig. Ⅲ-15에 나타냈다. 정점 B9~B11사이에서 조밀한 수온·염분전선대를 형성하고 있으며 0.3℃, 0.05‰, σ_t 0.01/mile의 평균변화율을 나타내어 2월보다는 변화율이 다소 낮아졌다. 3월 역시 연직적으로 균질한 수온·염분 상태이고 전해협이 거의 같은 밀도수(σ_t 26.00~26.20)가 된다. 그러나 4월과 5월에는 각각 13.0℃, 34.20‰, 15.0℃, 34.20‰로 고염분의 대마난류수가 다시 나타나 5월까지 유지되고 있으며, 특히 5월(Fig. Ⅲ-16, 17)의 경우는 해협의 중앙부에 중국대륙연안수의 영향으로 표층염분이 저하되기 시작하지만 연안역은 중국대륙연안수의 영향을 받지 않아 4월에 나타난 대마난류수가 그대로 유지되면서 이 고염분수가 추자도와 여서도를 잇는 해역까지 확장하고 있다.

6월(Fig. Ⅲ-18)에도 제주해협내의 표층수가 중국대륙연안수의 영향으로 고온·저염화 현상이 점차 뚜렷해짐과 더불어 보길도와 청산도 사이 해역의 표층에도 저염화 현상이 나타나기는 하지만 17.0℃, 33.80‰의 저온·고염분수인 연안수가 남서쪽으로 확장하여 추자도까지 영향을 미친다.

7월에도 남해안 연안역에 저온·고염분수, 해협내에는 고온·저염분수가 나타나며 이러한 현상은 10월까지 유지된다. 그러므로 제주해협내에서는 추자도와 여서도를 잇는 선을 중심으로 남해안 연안수와 제주해협에 출현하는 수괴 사이에 현저한 수온, 염분전선이 흔히 나타나고 있다. 그러나 저층은 동계는 한국남해안연안수가 제주해협에 출현하는 수괴들보다 저온·저염이고 하계는 고온·저염이다. 이와 같은 연안수는 제주해협에서 연안역에 공급된 해수가 얇은 해역에서 강한 조류에 의해 강제 혼합되어 만들어진 수괴라 해석되며 육지로부터 유입되는 육수의 영향은 크지 않은 것 같다. 또 동계 및 춘계에 남해안 연안역에 34.00‰이상의 고염분수가 나타나는 것은 이 해역이 서해냉수의 영향보다 제주해협에 나타나는 대마난류계수의 영향을 받고 있음을 시사하고 있다.

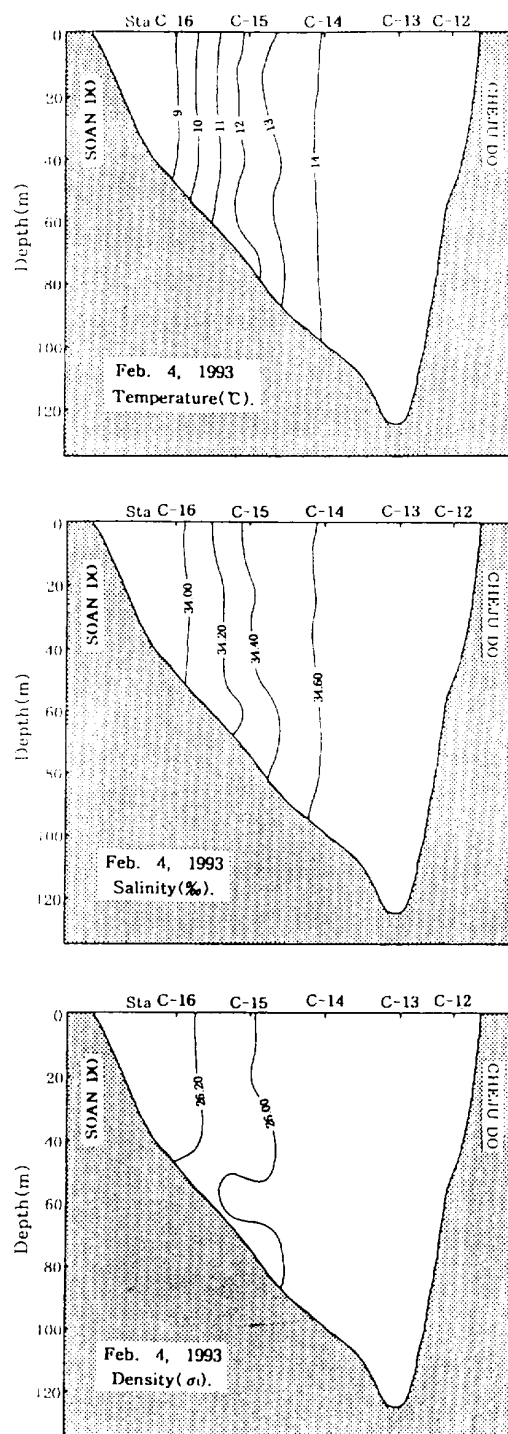


Fig. III-14. Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$), salinity(‰) and density(σ_t) in the section C.

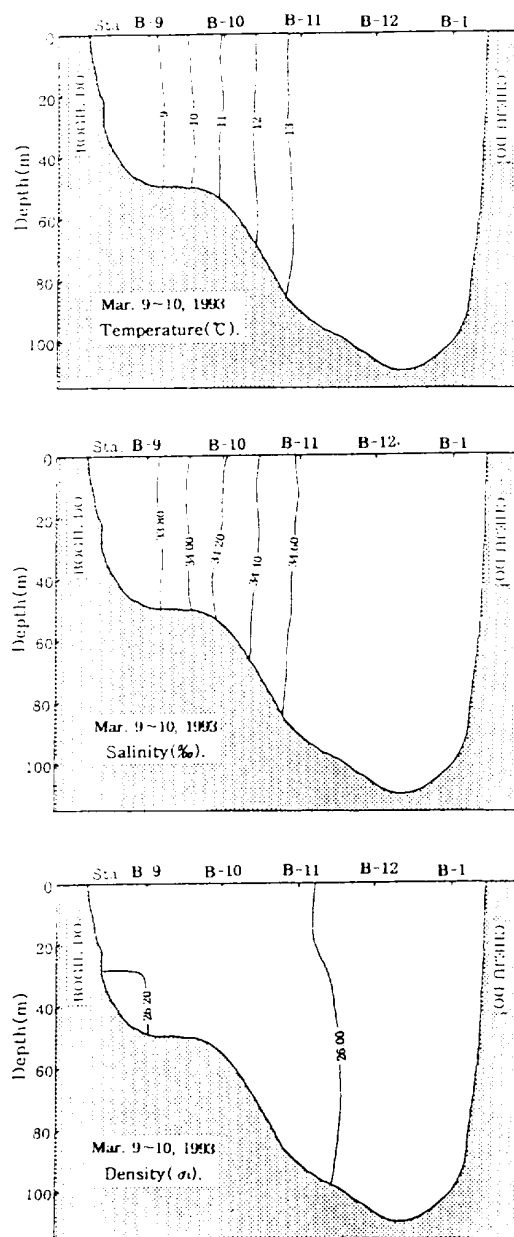


Fig. III-15. Vertical distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$), salinity(‰) and density(σ_t) in the section B.

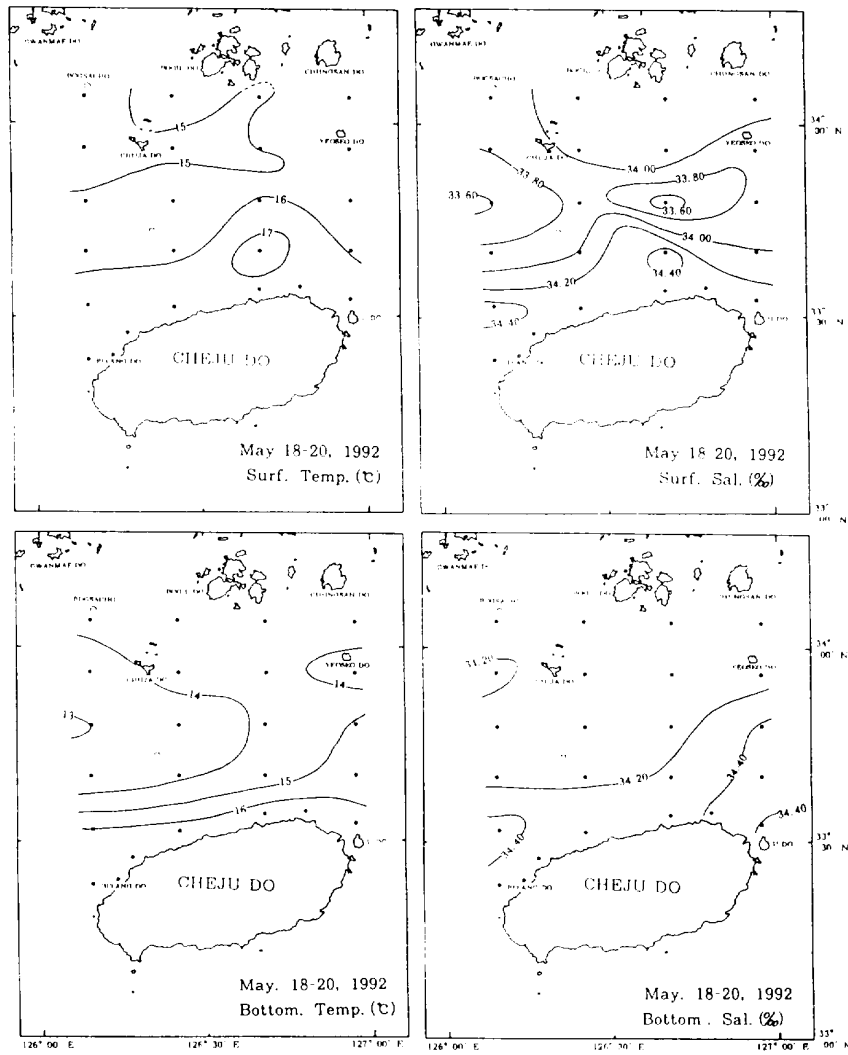
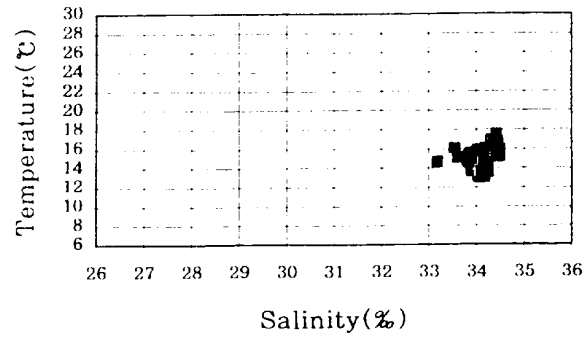


Fig. III-16. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in May 18~20, 1992.

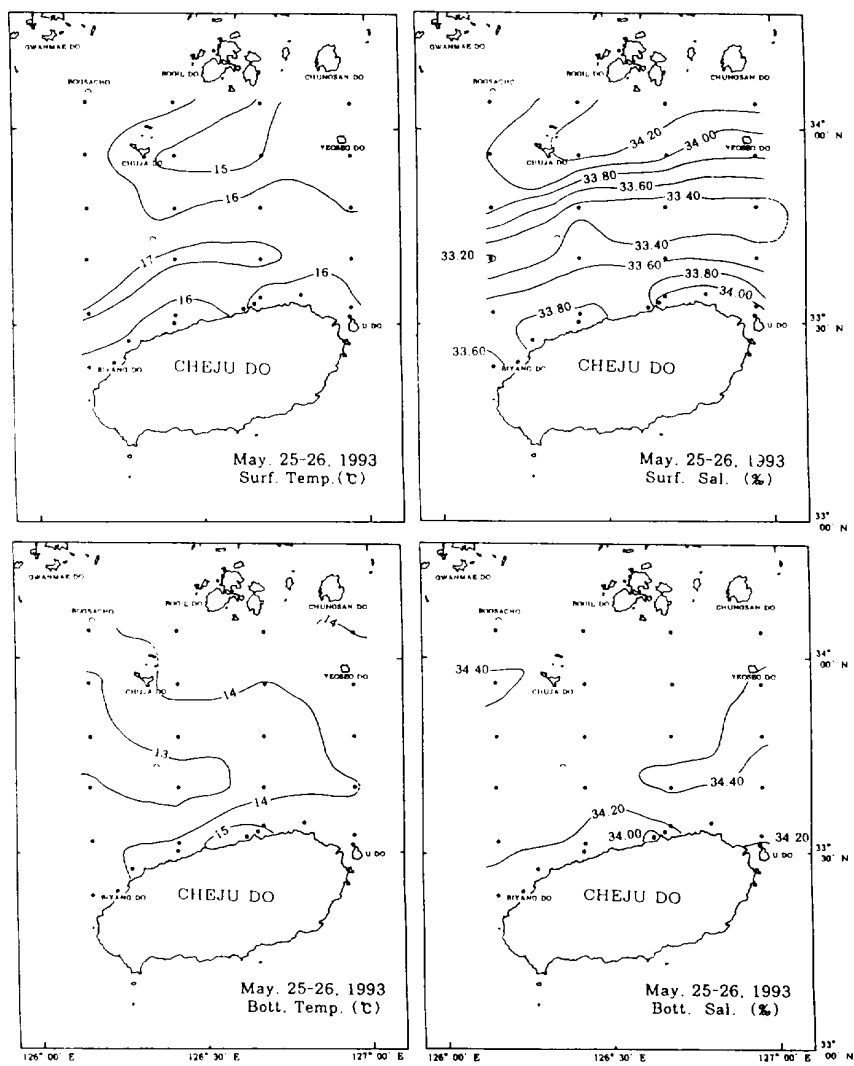
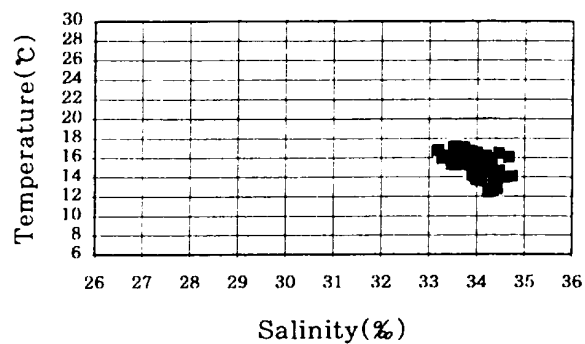


Fig. III-17. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in May 25~26, 1993.

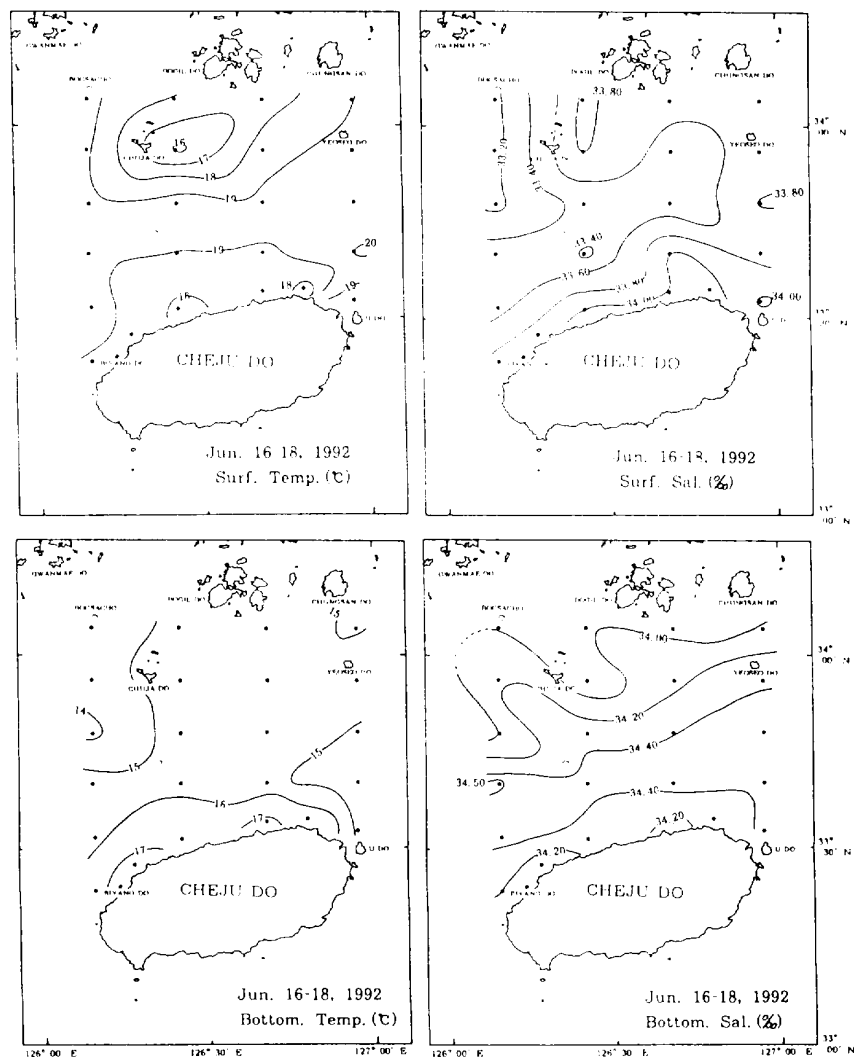
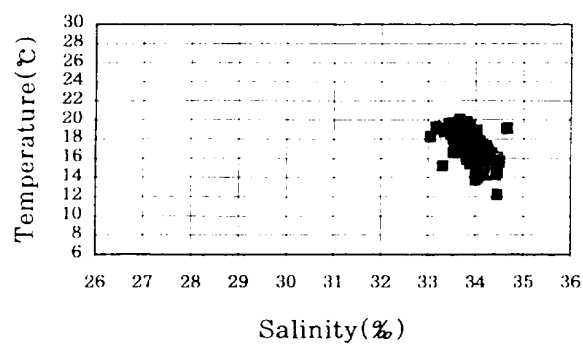


Fig. III-18. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jun. 16~18, 1992.

3) 제주해협을 중앙부에 출현하는 저층저온수

동계해황에서 언급한 바와 같이 제주해협에는 4월부터 남북 방향의 중앙부 저층에 저온수가 출현하는 경향이 나타났다. 즉 1992년 4월(Fig. III-12) 제주해협 서쪽 입구 중앙부인 Sta. 6부근에 12.0~13.0℃, 34.10~34.30%의 저온수가 설상으로 삽입되어 해협의 동쪽을 향하여 확장하기 시작했다.

그후 5월(Fig. III-16, Fig. III-17)에도 제주해협 서쪽 입구의 중앙부 저층에 14.0℃이하의 냉수가 설상으로 해협의 동쪽으로 확장하나 1993년(Fig. III-17)의 경우는 세력이 더욱 커져 그 끝이 제주해협 동쪽 입구까지 걸쳐있다.

6월(Fig. III-18)에도 Sta. 6에 14.0℃, 34.00%의 저온수가 설상으로 분포해 있으며, 7월(Fig. III-19, Fig. III-20)에는 1992년의 경우 해협의 중앙부에 14.0℃이하의 저온수가 나타나지 않지만, 1993년의 광역조사 자료에서는 제주해협의 저층에 나타나는 14.0℃이하의 저온수가 제주해협 서쪽에 분포하고 있는 12.0~14.0℃, 34.00~34.20%의 해수가 제주해협 서쪽 입구를 통하여 해협내로 유입하는 과정이 잘 나타나 있다.

8월(Fig. III-21, Fig. III-22)에는 1992년의 경우 제주도 북서쪽 해역에 14.0℃, 33.88%의 저온·저염분수가 설상으로 그 흔적이 나타났을 뿐이고, 중앙부는 14.0~15.0℃사이의 비교적 고온수가 자리잡고 있다. 그러나 1993년에는 전년보다 제주해협 서쪽 입구의 중앙부에 약 1.0℃ 낮은 13.0℃의 저온수가 제주해협 동쪽 입구를 향하여 유입되고 있다.

9월(Fig. III-23, Fig. III-24)의 경우도 Sta. 6에 1992년의 경우 14.0℃, 1993년의 경우는 12.0℃의 설상의 저온수가 제주해협 서쪽 입구를 통하여 제주해협내로 유입되고 있으며, 특히 1993년에 나타난 12.0℃의 설상의 저층저온수는 제주해협 서쪽 입구에 출현한 저층수 중 동계보다 더 차가운 냉수였고, 또 분포 범위도 보통의 경우와 같이 제주해협내에 국한되지 않고 거문도 남쪽을 거쳐 소리도 남쪽 외해역까지 확장되고 있는 특수한 양상이 나타나고 있다.

10월에도 1991년(Fig. III-25)의 경우 12.0℃, 33.20%의 저온·저염한 해수가 해협의 중앙부를 향하여 설상으로 유입되고 있고, 1992년에는 추자도 북서쪽에 15.0℃의 주변해수보다 다소 낮은 저온수가 해협내로 유입되고 있을 뿐 14.0℃이하의 저온수는 나타나지 않는다.

따라서 제주해협내에 출현하는 저층 저온수의 출현시기는 4월부터 10월까지이고, 이 저온수는 제주해협 서쪽 입구의 중앙부 저층을 통하여 해협내로 유입되고 있으며, 그 유입되는 양상의 대부분이 설상이고, 이 저온수에 의해 제주해협내 저층의 수온 수평분포가 한국남해 연안역과 제주도 북부해역으로 나누어진다. 이러한 저층저온수의 수괴 성질을 파악하기 위하여 제주해협내에 출현한 저층저온수 Core의 수온·염분 분포를 Table III-2에 나타냈다.

지금까지 Nakao(1977), Lie(1984), Park(1985, 1986), 양 등(1984)에 의해 밝혀진 황해 저층냉수는 수온 10.0℃이하, 염분 32.00~33.50%정도의 수괴라고 정의되어 있으므로 Table III-2와 같이 제주해협 내로 유입되는 저층저온수의 수온과 염분이 황해 저층냉수보다는 상당히 높은

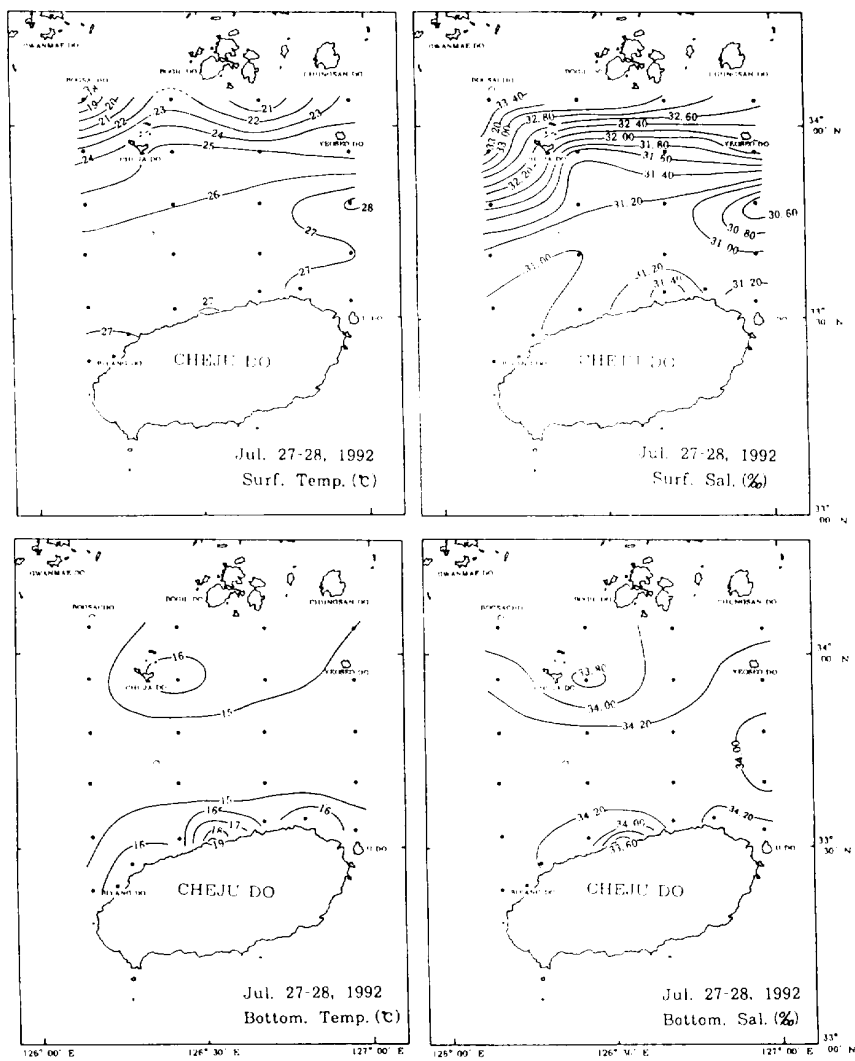
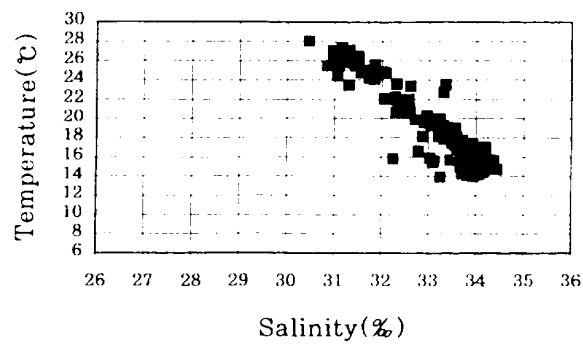


Fig. III-19. T-S diagram and horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jul. 27~28, 1992.

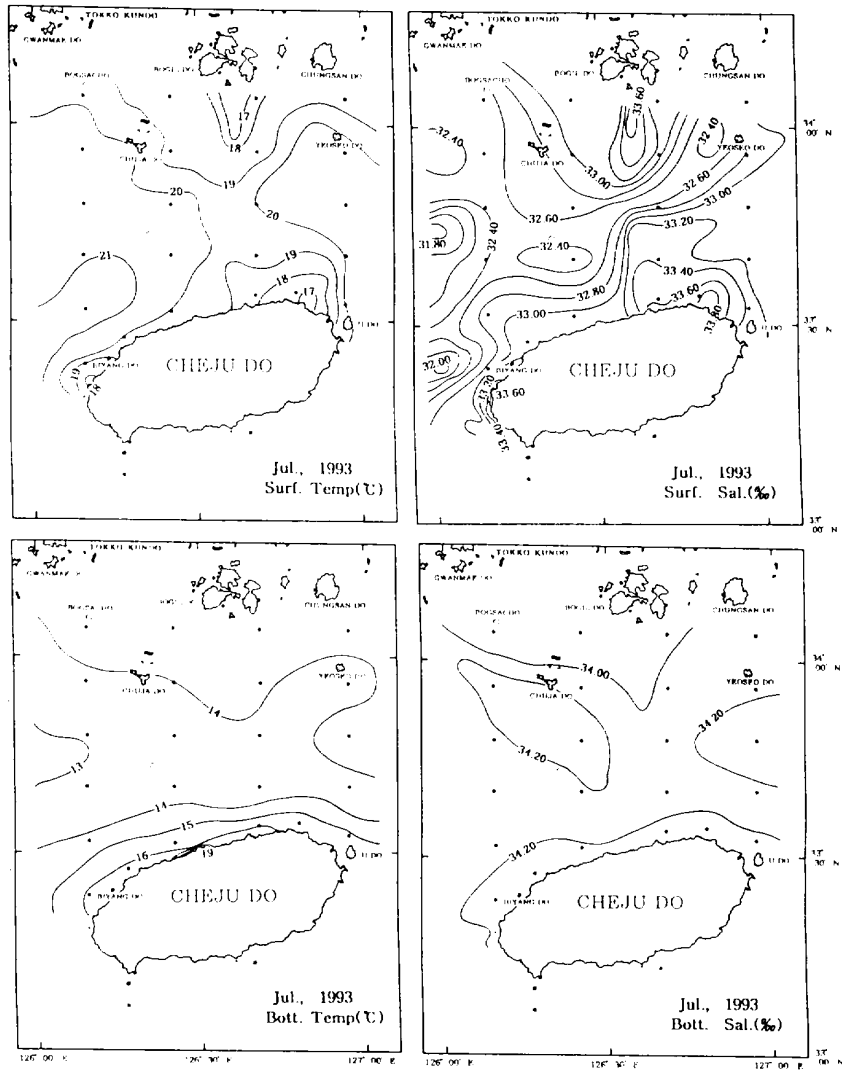
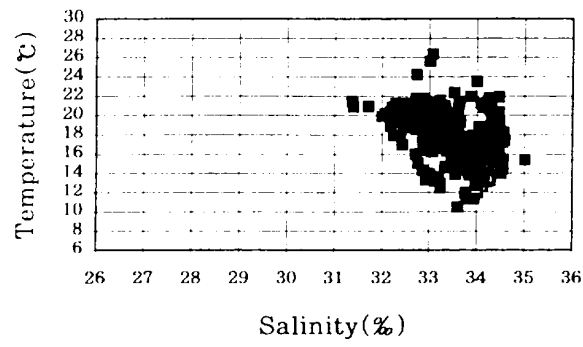


Fig. III-20. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jul. 1~2, 1993.

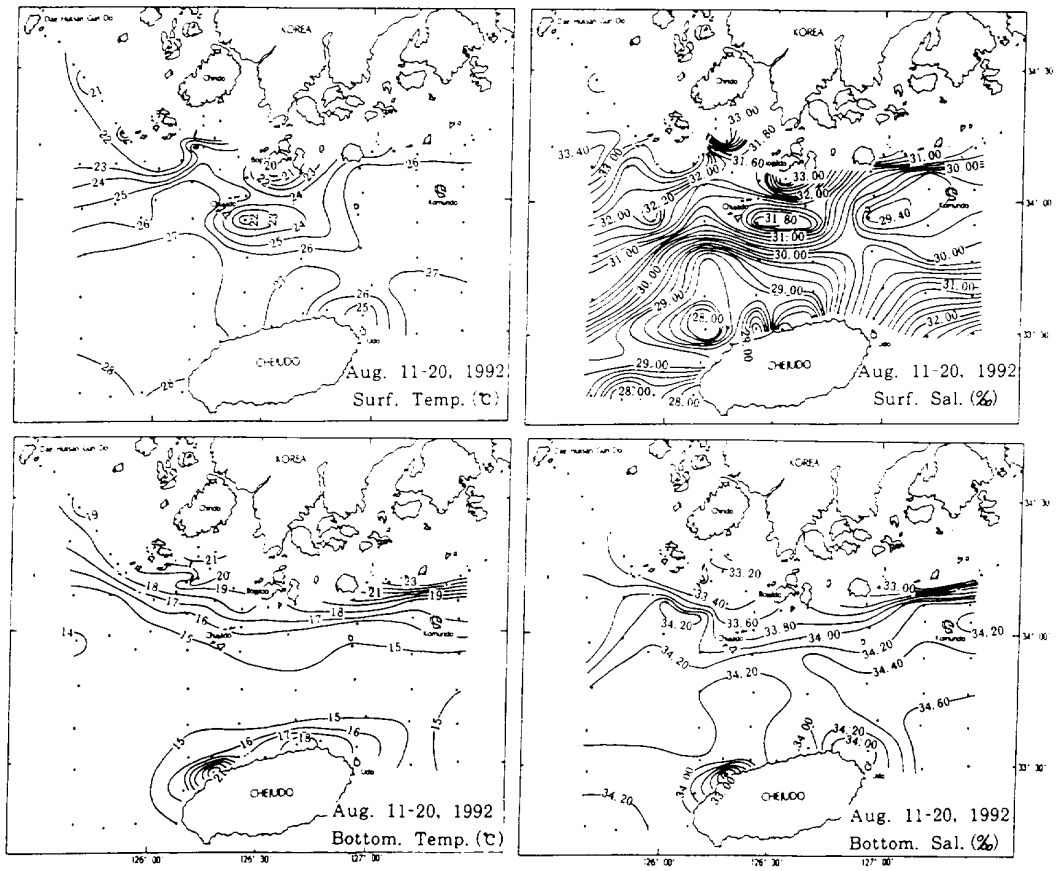
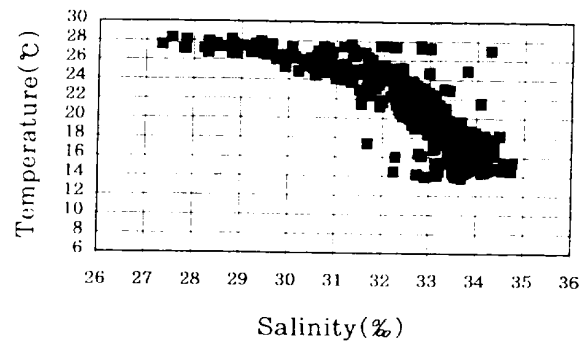


Fig. III-21. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 11~20, 1992.

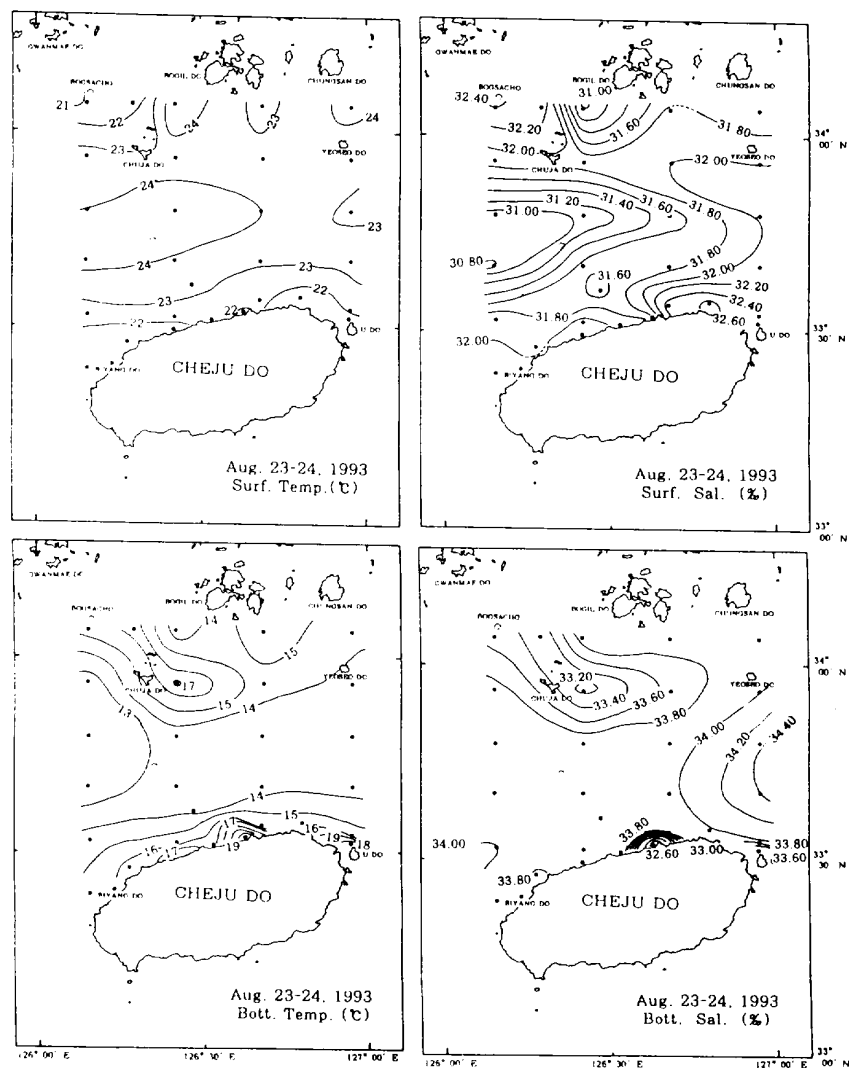
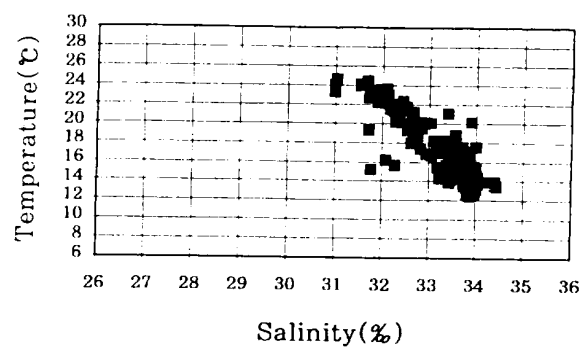


Fig. III-22. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 23~24, 1993.

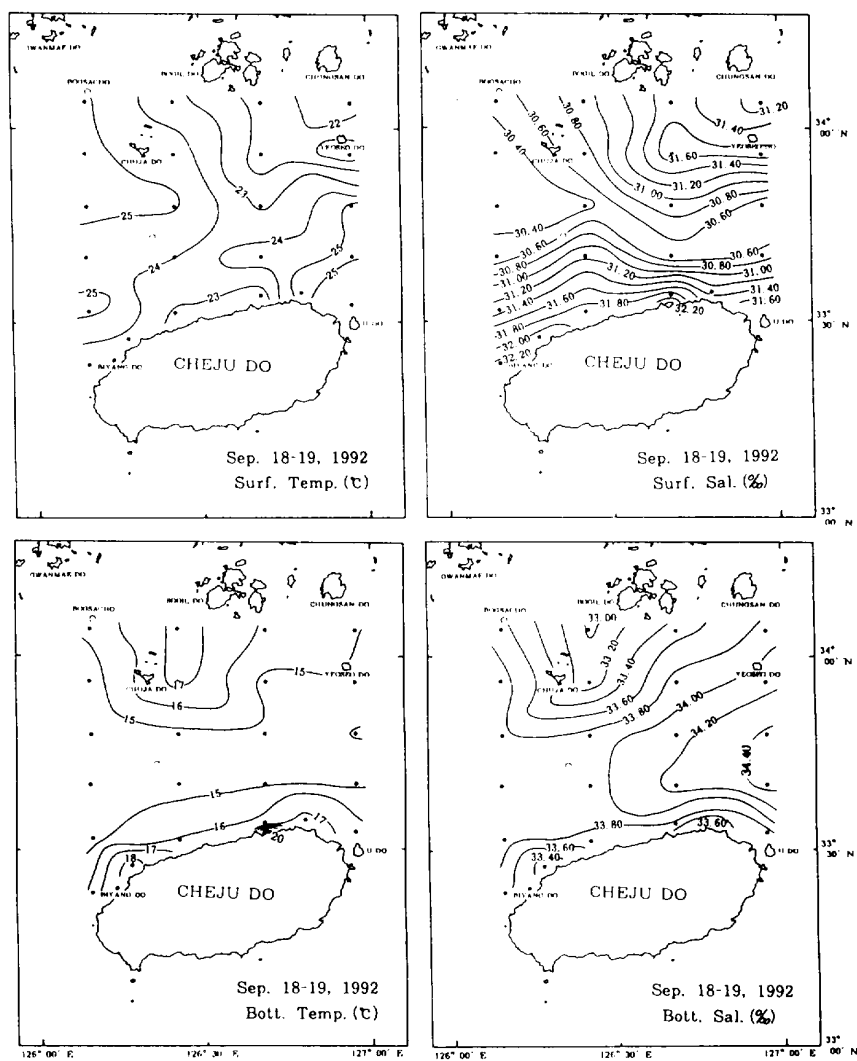
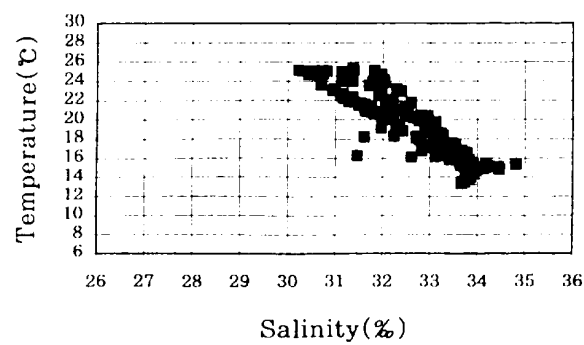


Fig. III-23. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Sep. 18~19, 1992.

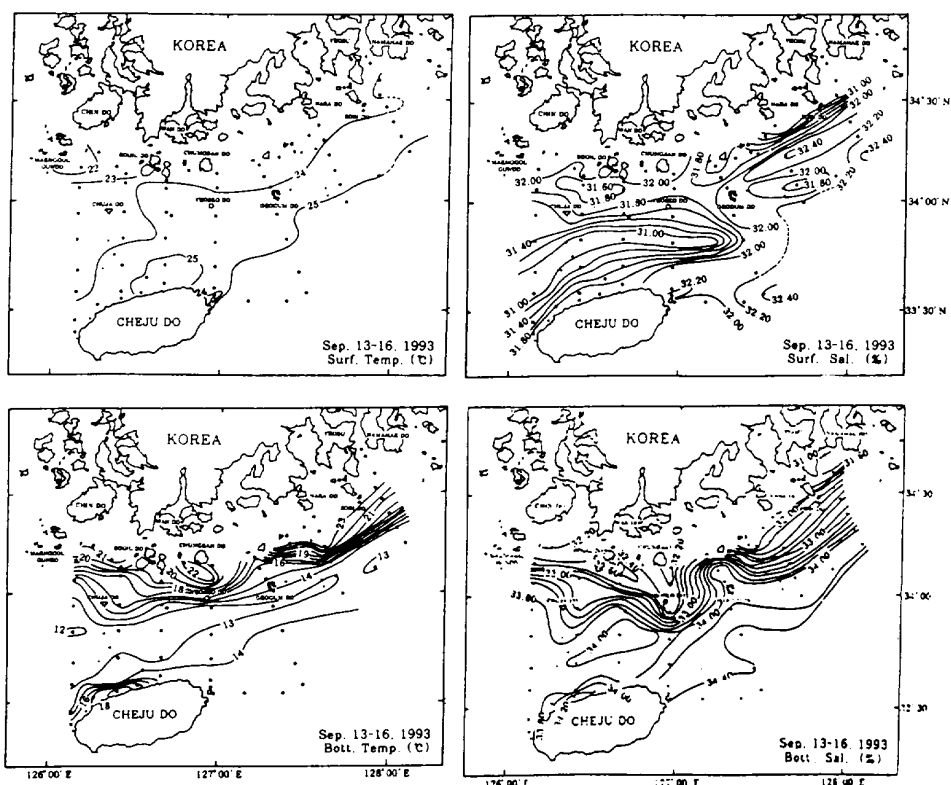
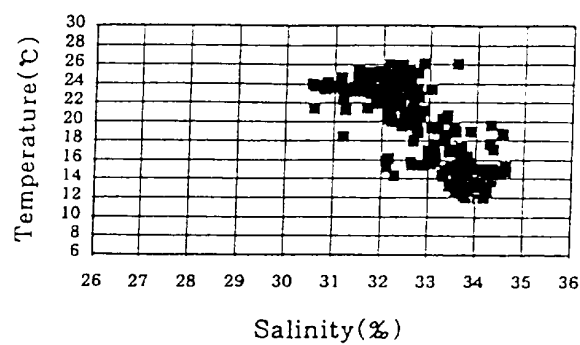


Fig. III-24. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Sep. 13~16, 1993.

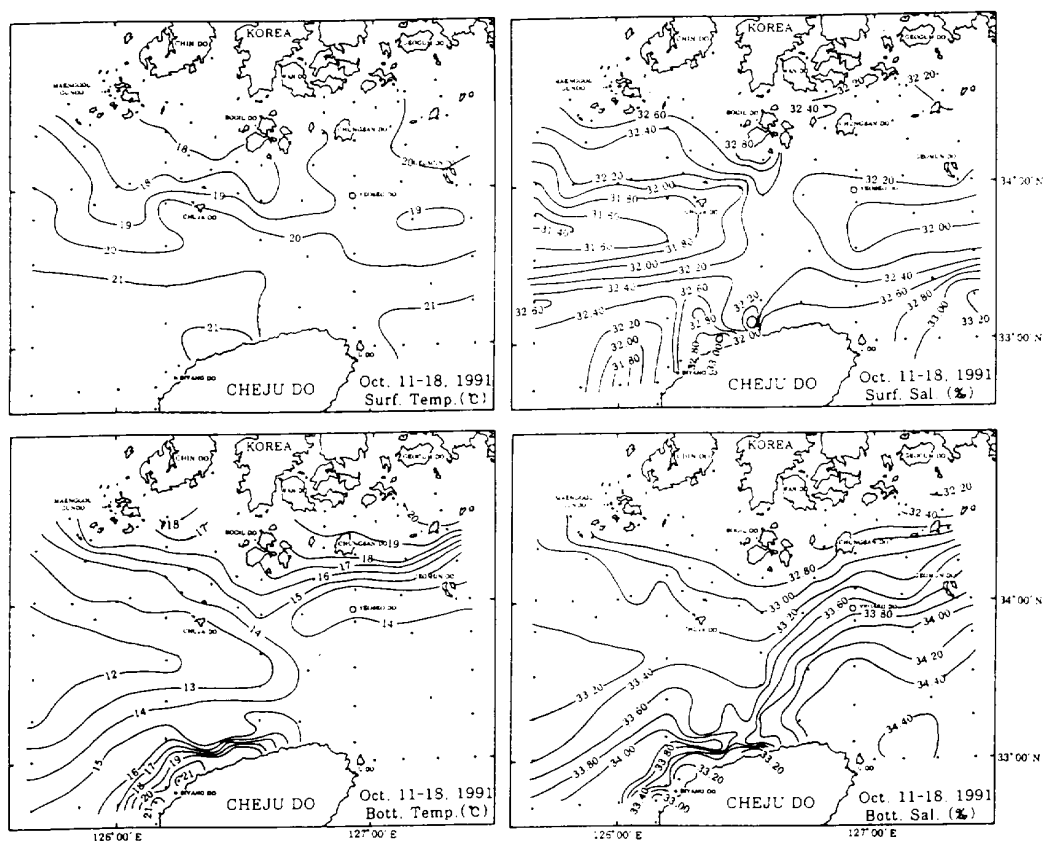
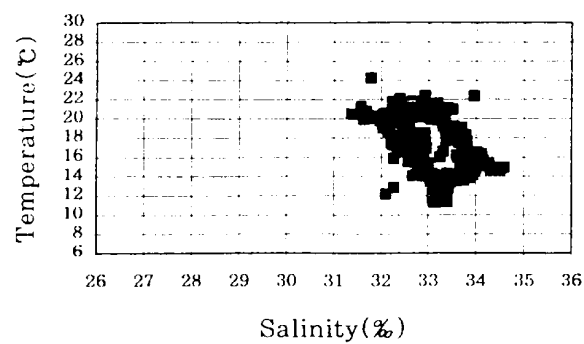


Fig. III-25. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Oct. 11~18, 1991.

Table III-2. The low temperature distributions of the bottom layer appeared in the Cheju Strait

Year	Month	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct. (1991)
	Item.							
1992	Temp.(°C)	12.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	12.0
	Sal.(‰)	34.10	34.20	34.00	34.20	34.20	33.80	33.20
1993	Temp.(°C)	·	13.0	·	13.0	13.0	12.0	·
	Sal.(‰)	·	34.30	·	34.10	33.90	33.80	·

점으로 보아 황해저층냉수가 직접 해협내로 유입한다고 해석하기는 어렵고 제주도 서쪽 해역에 나타나는 대마난류계수와 황해저층냉수의 혼합에 의해 형성되는 혼합수 또는 황해난류수가 해협내로 유입할 때 나타나는 현상이라고 해석된다.

또 1993년 9월의 저층수온 분포에서 제주해협을 통과한 13.0°C의 저온수가 소리도 남쪽외해역까지 출현하고 있는 점으로 보아 제주해협의 저층저온수가 경우에 따라서는 한국남해 동부해역까지 영향을 미칠가능성을 시사하고 있다. 이러한 예는 1989년 5월(Fig. III-26) 조사 결과에서도 나타나 이때에도 제주해협 서쪽 입구에서 11.0°C, 33.90‰의 저온·저염수 Core가 유입되어 제주해협을 통과한 후 청산도 및 거문도 부근 해역쪽으로 이동한 후 한국남해안 동부해역(소리도)까지 영향을 미치고 있다.

4) 제주해협내의 표층에 출현하는 저염분수

Fig. III-16과 Fig. III-17은 1992년 및 1993년 5월의 T-S diagram 및 수온·염분의 수평분포를 나타낸 것이다. 5월까지도 해협의 저층에는 34.20~34.40‰의 고염분수가 분포하고 있어 전해역이 동계와 같이 대마난류수로 채워져 있지만 표층에는 Fig. III-16(1992년)의 경우와 같이 제주해협 서쪽 입구의 중앙부인 Sta. 6의 표층에 33.60~33.80‰의 저염분수가 실상으로 제주해협내로 유입되어 해협의 중앙 단면을 통과한 후 33.60‰의 저염 Core가 Eddy의 형태로 동쪽으로 이동되고 있다. 해협의 중앙부가 이처럼 저염분수로 덮히기 시작할 때 제주도 북부연안역과 추자도, 여서도, 보길도 부근의 해협 북부연안역에는 동계에 나타났던 34.20‰이상의 대마난류수가 여전히 잔존해 있다. 1993년 5월(Fig. III-17)의 경우도 표층에서 해협의 중앙부에 33.20~33.40‰의 최저 염분수가 출현하며 그 양상은 제주해협의 서쪽 입구인 Sta. 5에 17.1°C, 33.20‰의 고온·저염분수 Core가 실상으로 해협내로 유입되어 동쪽으로 확장되면서 주위수와 혼합되고 있어 해협의 염분이 34.00‰이하로 저하하지만 추자도와 여서도를 잇는 선의 북쪽 연안역에는 겨울철에 나타난 대마난류수가 변질되지 않고 여전히 잔존하여 34.00‰이상의 고염분이 유지되고 있다.

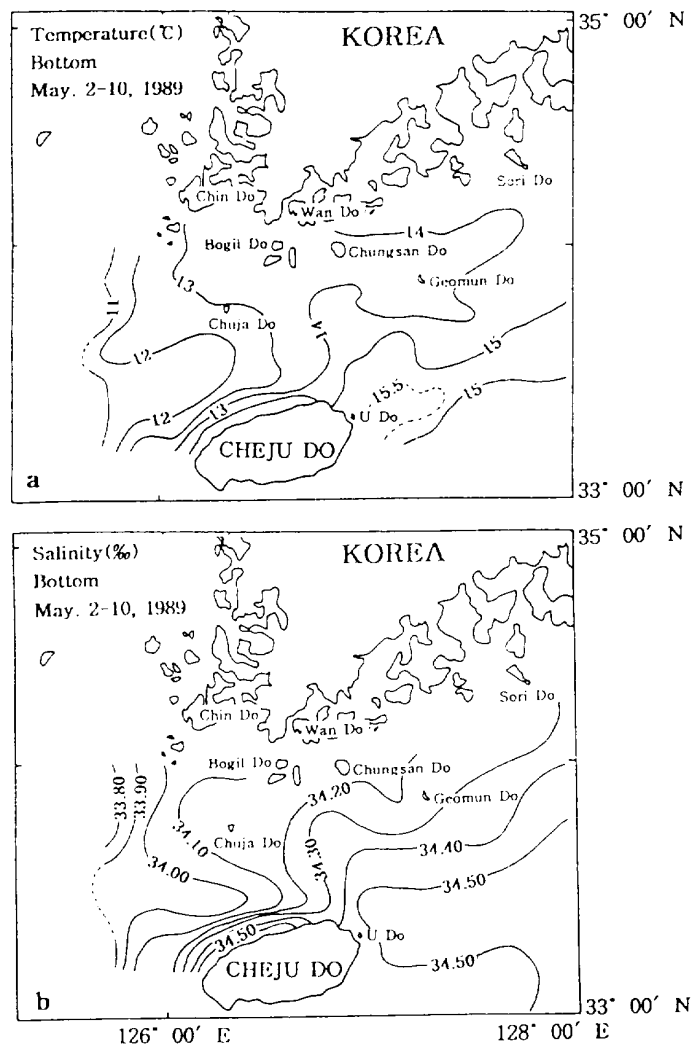


Fig. III-26. Horizontal distributions of bottom water temperature(°C, a) and salinity(‰, b) in the Cheju Strait and the Southern Sea of Korea in May, 1989.

6월(1992년, Fig. III-18)에는 저염분수 출현 양상이 다소 변경되어 저염분수의 축이 추자도 서쪽에서 19.0℃, 33.20%의 고온·저염수가 남동쪽으로 남하한 후 여서도쪽을 향하여 실상으로 확장되고 있다.

Fig. III-19, Fig. III-20은 1992년과 1993년 7월의 T-S diagram 및 수온·염분의 수평분포이다. 저층에는 여전히 34.00%이상의 고염분수가 해협내 대부분해역에 출현하지만 표층에는 1992년 7월(Fig. III-19)의 경우는 전해역이 33.40% 이하의 저염분수로 덮여있고, 저염분수의 제 1 Core는 제주해협 서쪽 입구에서 동쪽으로 확장하는 27.0℃, 31.00%의 고온·저염분수이고, 제 2 Core는 제주해협 동쪽 입구에 있는 28.0℃, 30.60%의 고온·저염분수이다. 이처럼 제주해협의 서쪽보다 동쪽에 좀더 저염한 제 2 Core가 나타나는 것은 제주해협 서쪽에서 이처럼 저염한 Eddy를 공급한 후 서쪽 표층은 바람이나 조석 등의 역학적 기구에 의해 표층수와 차층수 사이에 연직 혼합이 일어나 다소 높은 염분이 나타나기 때문인 것으로 해석된다. 1993년(Fig. III-20)에도 제주해협 서쪽 입구를 통하여 저염분수가 유입되는데, 그 유형은 곳곳에 Eddy의 형태를 이루고 있다. 제주해협의 서쪽 입구 중앙부쪽에서 유입되는 저염분수의 최저치는 31.80‰로 Eddy를 형성하고 있고, 이 저염분수는 추자도 서쪽을 통하여 서해쪽으로 북상하는 저염분수의 Eddy(32.40‰)와 해협의 중앙부를 빠져나와 여서도를 거쳐 청산도쪽으로 확장하는 Eddy(32.40‰)로 나뉘어지고 있다.

이처럼 하계가 되면서 표층에 저염분수가 출현하는 것은 김과 노(1994)가 지적한 바와 같이 중국대륙 연안수의 주축이 제주해협내로 유입되고 있기 때문이다. 그러므로 동계에는 해협의 대부분을 대마난류수가 출현해 T-S diagram에 Plot된 점의 분산이 적지만 하계가 되면 중국대륙연안수의 영향을 받아 표층의 저염화현상이 현저해지므로 T-S diagram에 나타나는 점의 분산이 커 해협내에 성질이 다른 수괴들이 분포하고 있음을 잘 나타내고 있다.

Fig. III-21과 Fig. III-22는 1992년과 1993년 8월의 수온·염분 분포로서 중국대륙연안수의 영향을 가장 강하게 받는 시기이다. 1992년에는 중국대륙연안수의 주축(28.0℃, 28.00‰)이 제주도 서방해역에 위치하여 제주도에 거의 접안하여 제주해협내로 유입되고 있고, 최저 염분수인 28.0℃, 28.00‰의 고온·저염 Core는 Eddy를 형성하여 이동되고 있다. 또한 여서도 및 거문도 사이 해역에도 저염 Core가 Eddy를 이루고 있는데 이 저염 Core는 제주해협 서쪽 입구에서 해협을 빠져나와 이동된 것으로 판단된다. 1993년의 경우도 제주해협 서쪽 입구 중앙부에서 유입되는 24.0℃, 30.80‰의 중국대륙연안수가 동쪽으로 확장하고 있으나, 1993년의 경우가 1992년의 경우보다 수온이 4.0℃ 낮고, 염분도 2.80‰ 높은 것이 특징이다.

9월(Fig. III-23, Fig. III-24)에는 중국대륙연안수 세력이 약화되어 나타난 시기로 1992년(Fig. III-23)의 경우 제주해협 서쪽 입구에서 25.0℃, 30.40‰의 저염분수가 한국남해연안역인 추자도쪽에 치우쳐 해협내로 유입되고 있고, 1993년(Fig. III-24)의 경우도 전년도보다 0.60‰ 높은 31.00‰의 저염분수가 제주해협을 빠져나가 거문도 동쪽에 저염한 Eddy를 형성하며 이동

되고 있다.

10월에는 9월까지 잔존해 있던 중국대륙연안수 세력이 더욱 약화되어 나타난 시기로 1991년 (Fig. III-25)에는 제주도 북서쪽에 20.0℃, 31.40%의 저염분수가 추자도쪽으로 확장하고 있고, 제주도 서쪽에도 21.0℃, 31.80%의 고온·저염한 중국대륙연안수가 연안역에 근접하여 해협내로 유입되고 있다. 1992년 (Fig. III-27)에는 19.0℃, 32.00%의 다소 높은 저염분수가 해협내로 유입되고 있다.

이처럼 제주해협내로 유입되는 저염분수는 5월부터 시작하여 10월까지 지속되나, 5월부터 6월까지는 저염분수가 33.00%이상의 고염한 상태로 유지되다가 7월부터 32.00%이하의 저염분수로 변하며 가장 최저 염분을 보인 시기는 8월로 최저 염분이 28.00%까지 내려가는 경향을 보였다. 그리고 제주해협내로 유입되는 저염분수는 Eddy의 형태를 이루면서 해협의 서쪽에서 동쪽으로 이동하고 있고, 그 최저 염분축은 시기에 따라 약간 다르기는 하지만 대부분 해협의 중앙부를 통하고 있다. 이러한 표층 저염화 현상은 하계가 되면 중국대륙연안수가 동쪽으로 이동해와 그 주축이 제주해협을 통과하여 한국남해로 이동하기 때문이다(김, 1986. 김과 노, 1994).

5) 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 설상의 고염분수

제주해협의 동서 길이가 40해리 정도로 좁은 수역인데도 불구하고 이 해협내에는 여러 이질 수괴가 나타나고 있는데, 그 중 제주해협 동쪽 입구의 저층에는 해협내에서 가장 높은 염분수가 설상으로 제주해협의 서쪽을 향하여 확장하는 경우가 자주 있다. 그 구체적인 예를들면 1992년 7월 (Fig. III-19)의 경우 제주해협의 동쪽 입구의 저층에는 해협의 서쪽 입구에는 출현하지 않는 34.40%의 고염분수가 설상으로 해협의 중앙부로 향하고 있고, 1993년 7월 (Fig. III-20)의 경우도 34.20%의 설상의 고염분수가 제주도 동쪽에 나타나는 34.40%의 대마난류수로부터 유래되어 해협내로 유입하고 있다. 이러한 현상은 관측기간중 1992년, 1993년의 8월 (Fig. III-21, 22)과 9월 (Fig. III-23, 24), 10월 (Fig. III-25), 11월 (Fig. III-28)에 모두 나타나고 있다. 또 설상은 아니라도 3월 (Fig. III-11)과 4월 (Fig. III-12), 12월 (Fig. III-9)에도 동쪽 입구에는 해협내에서 가장 높은 염분수가 우도에서 여서도까지 넓게 분포하고 5월 (Fig. III-16, 17)과 6월 (Fig. III-18)에도 설상의 고염분수가 출현했다. 또 이 설상의 고염분수는 동쪽 입구에서부터 서쪽 입구부근까지 영향을 미칠 경우도 있다.

이러한 제주해협 동쪽 입구 저층에서의 설상의 난수는 노와 平野(1983), 김(1987), 노와 김(1989)에 의해 지적된바 있으나, 본 연구와 같이 매월 관측한 자료에 의한 분석이 이루어지지 않아 년중 출현 여부에 대한 확신이 없었으나, 본 연구 결과 거의 주년 출현하고 있음이 명확해졌다. 또 이 고염분수는 제주도 동쪽을 통하여 북상하는 대마난류수에 근원이 있으나 유입되는 기구에 대해서는 앞으로 깊은 연구가 필요하다.

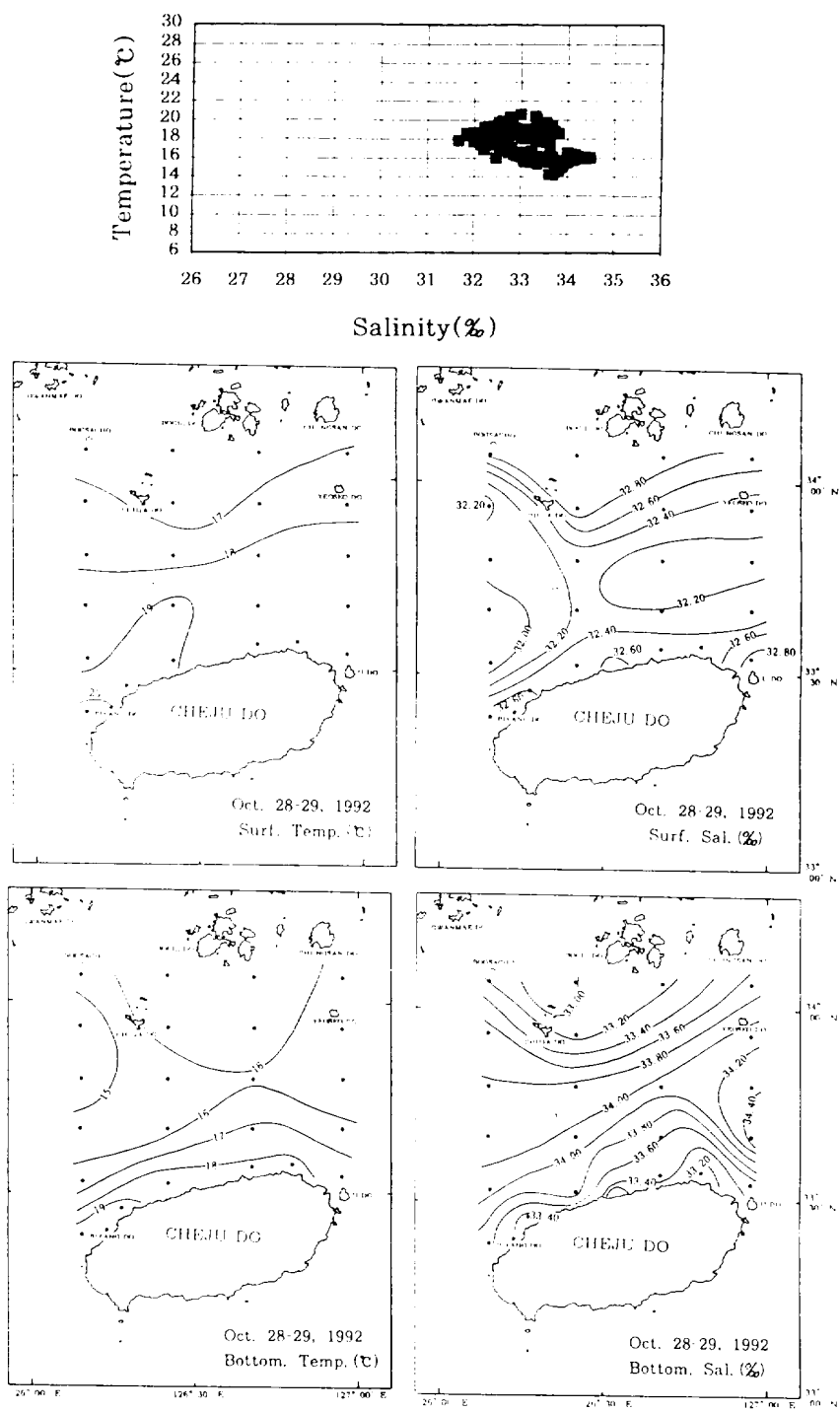


Fig. III-27. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Oct. 28~29, 1992.

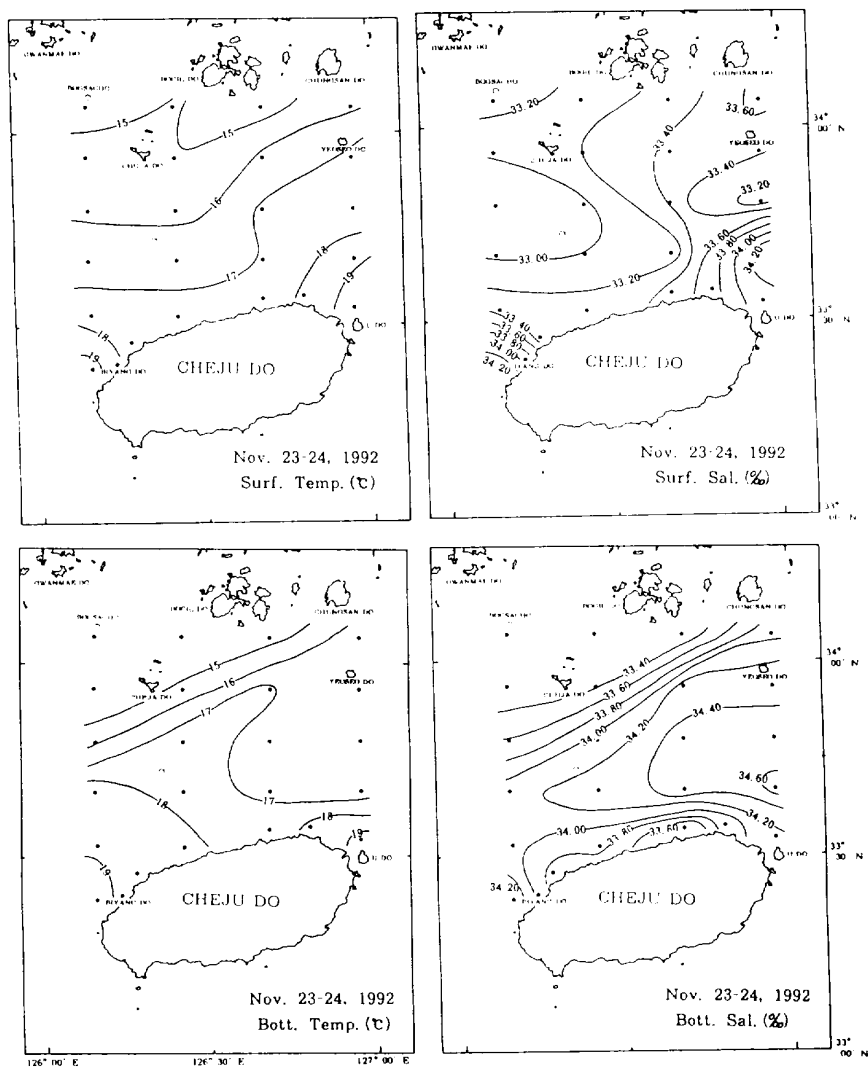
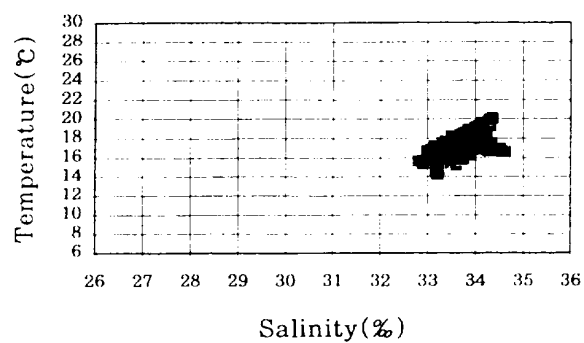


Fig. III-28. T-S diagram and horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Nov. 23~24, 1992.

6) 제주도 북부연안역 및 추자도 주변해역에 출현하는 저온·고염분수

제주도 북부연안역에는 주위보다는 저온·고염분수가 표층에 출현하는 국지적 현상이 자주 나타나고 있다. 1993년 5월(Fig. III-17)의 경우 제주도 북부연안역의 표층에는 해협 중상부와는 다른 성질의 해수가 출현하는데 서쪽의 애월과 하귀리 북쪽해역에 16.0℃, 33.80%의 해수와 동쪽의 김녕과 월정리 북쪽해역에 16.0℃, 34.00%의 저온·고염분수가 출현하고 있다.

1992년 6월(Fig. III-18)의 경우도 제주도 북부연안역인 Sta. 1(애월 앞)과 Sta. 22(행원 앞)에 18.0℃, 34.00%의 저온·고염한 해수가, 1992년 7월(Fig. III-19)은 31.40%의 주변보다 상대적으로 고염한 해수가 Sta. 23의 함덕북부 연안역에 출현하고 있다. 1993년 7월(Fig. III-20)의 경우는 제주도 서쪽의 차귀도, 비양도 부근에서 18.0℃, 33.60%의 저온·고염분수와, 제주도 동쪽의 행원부근 연안에서 서쪽보다 차고 고염한 17.0℃, 33.60%의 저온·고염분수가 출현하고 있다.

1992년 8월(Fig. III-21)에는 제주도 우도부근해역에서 25.0℃의 저온수, 1993년 8월(Fig. III-22)에도 제주도 동쪽의 행원북부 연안역에 22.0℃, 32.60%의 저온·고염분수가 출현했으며, 1992년 9월(Fig. III-23)의 제주시 북쪽연안역에도 23.0℃, 32.00%의 저온·고염분수가 나타났고, 1993년 9월(Fig. III-24)에도 우도북쪽에서 24.0℃, 32.20%의 저온·고염분수가 표층에 출현하였다.

10월의 경우는 1991년(Fig. III-25)에 제주도 북서쪽에 위치한 애월리 북쪽연안역의 표층에 21.0℃, 33.00%의 저온·고염분수가 나타났다.

이처럼 제주도 북부연안역의 국소지역 표층에는 해협의 중상부 및 주변해역보다 상대적으로 저온·고염한 해수가 자주 출현하며, 이 저온·고염분수와 주변 외해수 사이에는 국지적 수온·염분전선을 형성하는 경우가 많다. 이와 같은 현상은 제주도 북부해역에서의 지형성 용승 혹은 조석전선에 의해 발생하는 것으로 판단된다. 또 이 저온·고염한 해수가 주로 출현하는 시기는 제주해협의 표층에 저염분수가 출현하기 시작하는 5월부터 10월까지이며, 위치는 조사 시기마다 다르나 다소 돌출된 지역과 수심이나 해저지형이 해·조류(海·潮流)의 흐름에 영향을 줄 수 있는 곳으로 제주도 서쪽의 차귀도와 비양도 연안, 애월북부해역과 제주시 부근 및 함덕북부해역, 제주도 동쪽의 우도 북부와 행원부근해역에서 자주 출현하고 있다.

상기와 같은 현상은 추자도 부근에서도 발견되는데 그 양상은 1992년 6월(Fig. III-18)에 16.0℃, 33.80%의 저온수가 추자도 동쪽에 Eddy의 형태로 출현하였고, 동년 8월(Fig. III-21)에도 6월과 같은 위치에서 22.0℃, 31.80%의 고온·고염한 상태로 출현하여 Eddy를 형성하였다. 이처럼 추자도 주변해역의 표층에 출현한 저온·고염한 해수는 조류가 강한 해역에 위치하는 섬(추자도)때문에 상하층수간의 혼합 때문에 생기는 현상으로 파악되며 그 혼합된 해수는 섬 주위에서 Eddy의 형태로 존재하고 있다.

7) 제주해협내에 출현하는 안장형의 수괴분포

앞에서 살펴본 바와 같이 제주해협은 시기에 따라 제주도 주변해역에 나타나는 여러 이질수괴가 해협내로 영향을 미쳐 복잡한 해황을 나타낸다. 동계에는 표·저층간에 혼합이 잘 이루어져 연직적으로 균질한 상태가 되고 또 2, 3월에 보길도 부근으로부터 추라도 부근으로 확장하는 10.0℃ 이하의 한국남해연안수를 제외하면 거의 전해역이 대마난류수에 의해 영향을 받고 있으므로 해협내의 해황이 매우 단조로워 안장형 수괴분포가 나타나지 않는다.

그러나 5월부터 중국대륙연안수에 의한 표층의 저염화현상을 계기로 제주해협 서쪽 입구에 출현하는 저층저온수, 한국남해안 연안수, 제주해협 동쪽 입구로부터 해협내로 확장되는 설상의 고염분수 제주도 북부연안역에 나타나는 국지적 용승이나 조석전선에 의해 형성되는 주변보다 저온·고염분수 등이 제주해협내에서 서로 마주치고 있어 5월부터 10월까지의 안장형과 같은 수괴(水塊) 배치가 자주 나타나고 있다.

그 대표적인 예로서는 1992년 5월(Fig. III-16)의 표층염분 분포의 경우도 한국남해연안역(34.00‰)과 제주도 북부외해역(34.00~34.40‰)에 고염분수가 출현하고 제주해협의 중앙부에 33.60~33.80‰의 저염분수가 출현하여 형성되는 안장형의 해황을 들 수 있다. 또 1993년 7월(Fig. III-19)의 경우도 표층의 수온·염분 분포가 안장형을 나타내는 좋은 예가 된다. 즉 보길도 남쪽해역에서 남하하는 17.0℃, 33.60‰의 한국남해안 연안수와 제주해협 서쪽 입구쪽에서 해협내로 유입되는 20.0℃, 32.40‰의 중국대륙연안수, 그리고 제주도 북부연안역의 용승역 내지는 조석전선에 형성되는 20.0℃, 33.00‰의 고온·고염수, 또 제주해협 동쪽 입구에 나타나는 20.0℃, 32.20‰의 고온·저염한 중국대륙연안수들이 제주해협의 중앙부에서 서로 만나 안장형을 이루고 있다.

이외에도 1992년 8월(Fig. III-21)의 저층염분 분포, 1993년 8월(Fig. III-22)의 표층염분 분포, 1992년 9월(Fig. III-23), 1992년 10월(Fig. III-27), 1991년 10월(Fig. III-25)의 수온, 염분 분포에도 이와 같은 안장형 구조가 나타난다. 그러므로 제주해협내에는 5월부터 10월까지 거의 매월 안장형상(Saddle)의 수온, 염분 분포가 출현해 성질이 서로 다른 이질 수괴가 마주치고 있으므로 안장형의 중앙역이나 이질수괴간의 경계역에서 수온, 염분전선이 형성되 좋은 어장이 형성될 가능성이 있다.

8) 제주도 북부연안역의 조석전선 및 국지적 용승

(1) 1991년 10월의 해황

1991년 10월의 표층, 50m층 및 저층의 수온, 염분 수평분포도를 Fig. III-29에 나타냈다. 수온·염분의 표층분포는 애월리와 도두동 사이의 연안역에 20.8℃, 32.80~33.00‰의 저온·고염분수가 출현하고 주변에 21.2~21.4℃, 32.00~32.80‰의 고온·저염분수가 분포하고 있다. 따라서 표층수의 경우는 애월~도두간의 연안역에 주위보다는 저온·고염분수가 출현하고 있다. 또 표층 염분 분포는 동쪽 및 서쪽으로부터 확장된 32.00~32.60‰, 32.40~32.60‰의 저염분수와

제주북부외해역 및 제주도 연안역에서 남북으로 마주치는 32.80‰의 고염분수가 서로 마주쳐 안장형의 해황을 이루고 있다.

50m층에서는 제주도 북서쪽에서 18.0~19.0℃의 저온수가 동쪽으로 확장하여 연안역의 고온수와 마주치고, 또 도두동 지선에서는 용승성 저온수 Core가 나타나므로 조사 해역 전체가 조밀한 수온전선대를 형성하고 있으며 특히 용승성 저온수의 Core염분은 33.60‰로 50m층에서는 가장 높은 염분치이다. 이와 같은 결과는 Fig III-30과 같이 제주도 북부연안역의 에일리 북쪽의 50m 등심선 구배가 제주도 서쪽 해역보다 완만하여 외해쪽으로 돌출하여 있기 때문에 제주해협 서쪽 입구에서 동쪽으로 확장하는 저온·고염한 해수가 이와 같은 해저지형에 의해 용기되어 50m 수층에서 Eddy의 형태로 용승하는 현상으로 판단된다.

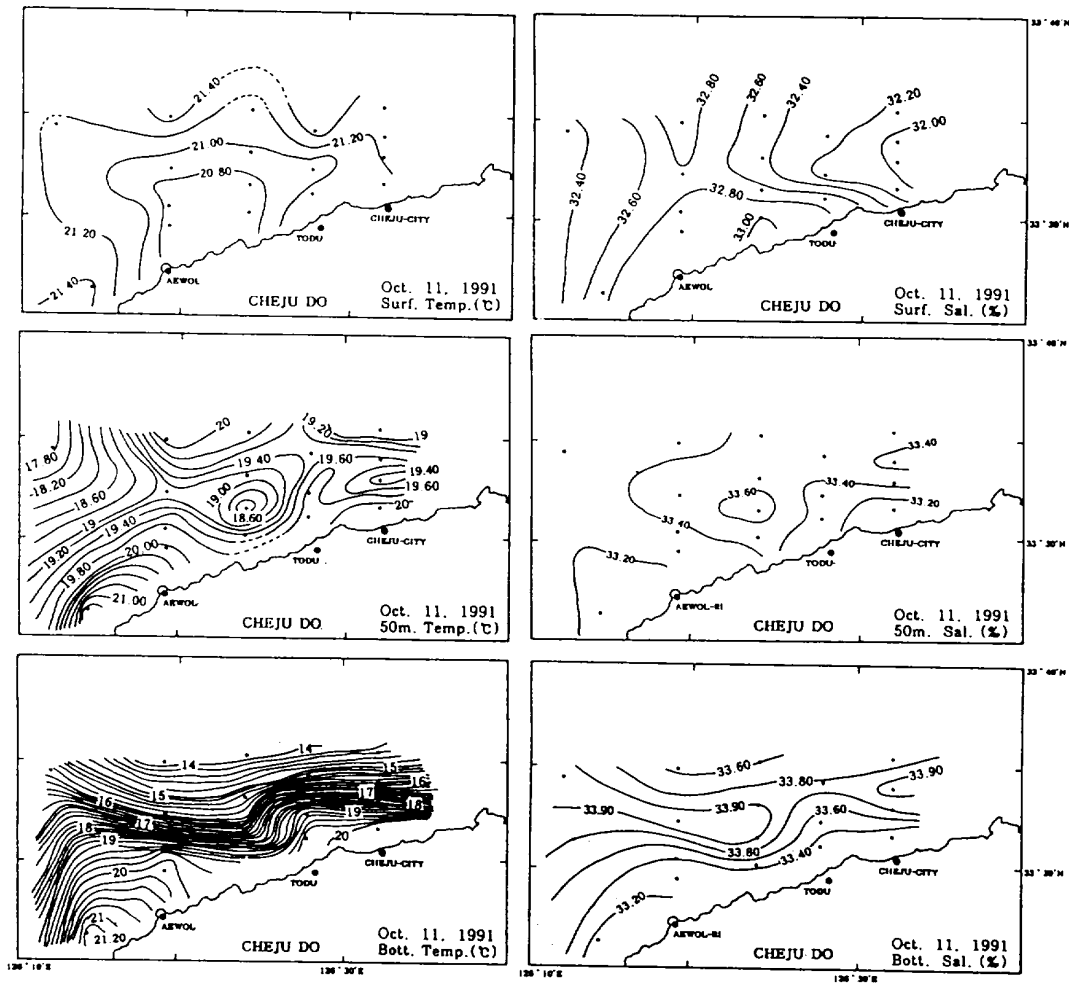


Fig. III-29. Horizontal distributions of temperature(℃) and salinity(‰) at the depth of surface, 50m and bottom in Oct. 11, 1991.

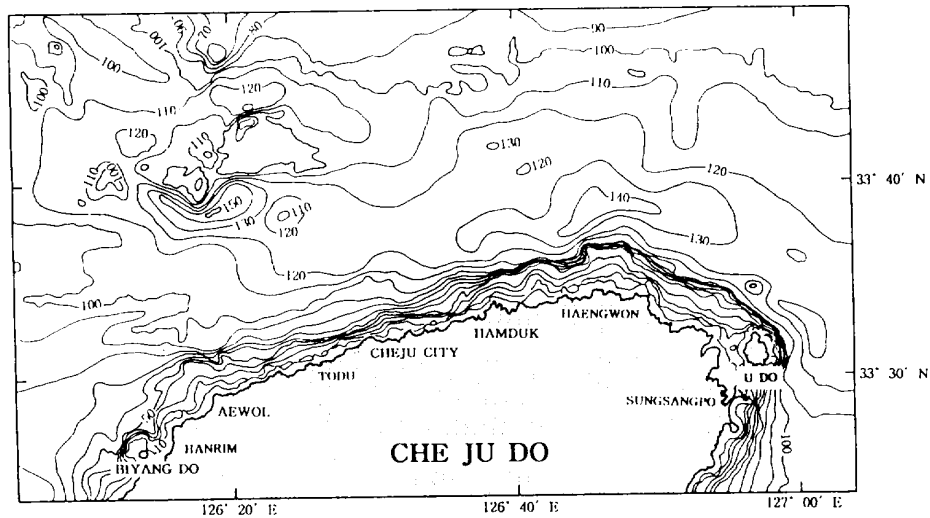


Fig. III-30. Isobath in the northern coast of Cheju Island.

저층의 경우 북부연안역에 나타나는 20.0°C 이상의 고온수와 외해쪽의 14.0°C 이하의 저온수 사이에 조밀한 수온전선이 형성되었고, 염분은 연안역이 낮고 외해쪽이 약간 높은 경향은 있으나 염분차가 심하지 않아 염분전선은 형성되지 않았다.

따라서 10월의 제주도 북부연안역에는 첫째, 조석전선의 일반적인 형태인 표층의 연안쪽에 저온, 외해쪽에 고온, 저층의 연안쪽에 고온, 외해쪽에 저온이 나타남으로써 중·저층에는 조밀한 조석전선이 형성되고 있으며 둘째, 안장형이나 Eddy형의 수온, 염분 분포를 하고 있어 매우 복잡한 해황을 나타내고 있고 셋째, 연안역의 해저지형 등에 의해 지형성 용승이 나타나고 있다. 그러므로 이러한 조석전선, Eddy, 안상부, 지형성 용승 등의 국지적 특수해황이 이 해역에 좋은 갈치어장을 형성하는 근원이 되는 것 같다.

(2) 1992년 8월의 해황

Fig. III-31은 1992년 8월의 제주해협 및 주변 광역 해황조사와 같은 때에 제주도 북부연안역에 조밀한 관측정점을 설정하여 조사한 수온·염분의 수평분포도이다.

표층의 수온·염분 분포 범위는 $27.60\sim 28.2^{\circ}\text{C}$, $28.20\sim 28.70\%$ 로 수온은 높고 염분은 매우 낮지만 제주시 주변연안역이 주변해역보다 저온·고염인 27.6°C , 28.70% 의 해수가 위치해 있고 애월 외해역에 중심이 있는 28.2°C , 28.20% 의 고온·저염분수가 동쪽으로 확장하고 있다.

저층의 수온·염분 분포 범위는 $14.6\sim 17.8^{\circ}\text{C}$, $33.80\sim 34.10\%$ 로 표층수온에 비해 저층수온은

매우 낮고 특히 염분의 경우는 중국대륙연안수의 영향을 받는 표층 저염분수보다 현저히 높아 (5.10~5.90‰) 33.80~34.10‰의 대마난류수가 연안역까지 직접 영향을 미치고 있다. 또 연안역의 17.8℃, 33.80‰의 고온·저염분수와 외해역의 14.6℃, 34.10‰의 저온·고염수 사이에는 조밀한 수온전선대가 형성되고 저층의 외해역에는 15.0℃이하의 저온수가 출현함으로써, 이러한 저온수가 갈치의 분포 범위 결정에 영향을 주고 있는 것 같다. 8월에도 제주도 북부연안 저층에는 조석전선이 형성되어 있었다.

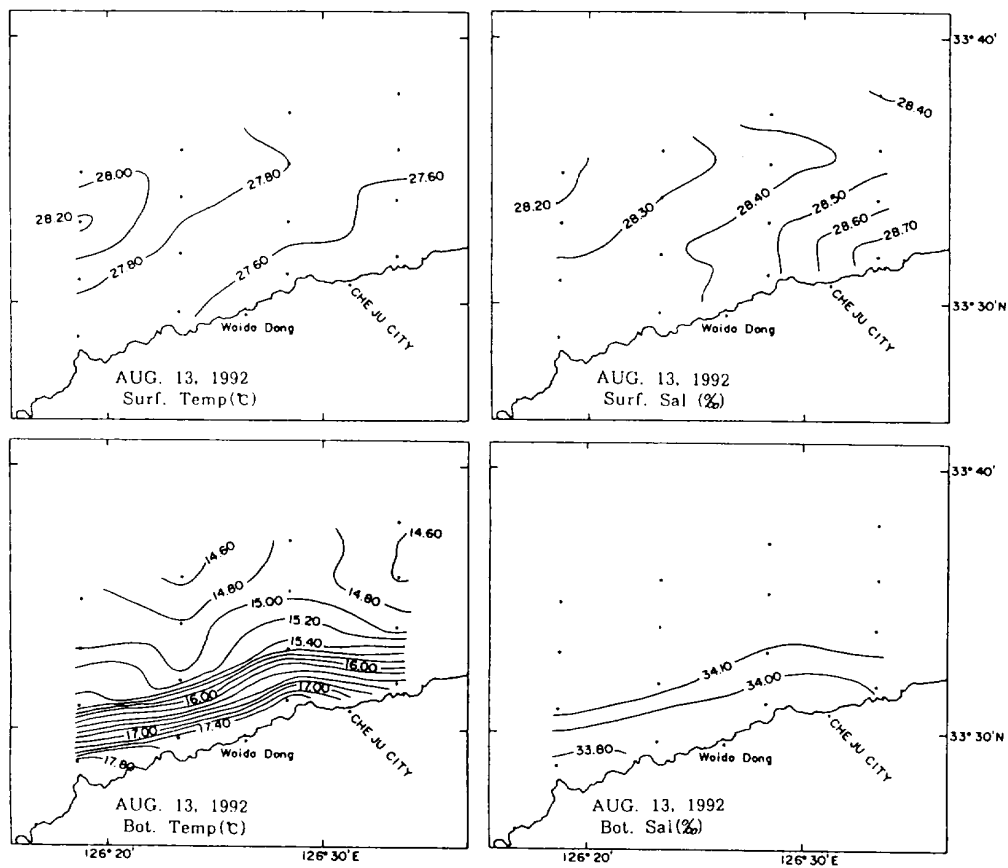


Fig. III-31. Horizontal distributions of temperature(℃) and salinity(‰) at the surface and bottom in Aug. 13, 1992.

(3) 1993년 6월의 해황

Fig. III-32에 나타난 바와 같이 제주도 주변해역에서의 갈치어장은 5월부터 제주도 동·서양 쪽에서 처음으로 어획이 되기 시작하고 12월부터 제주해협내에서는 어기가 끝나는 현상을 보

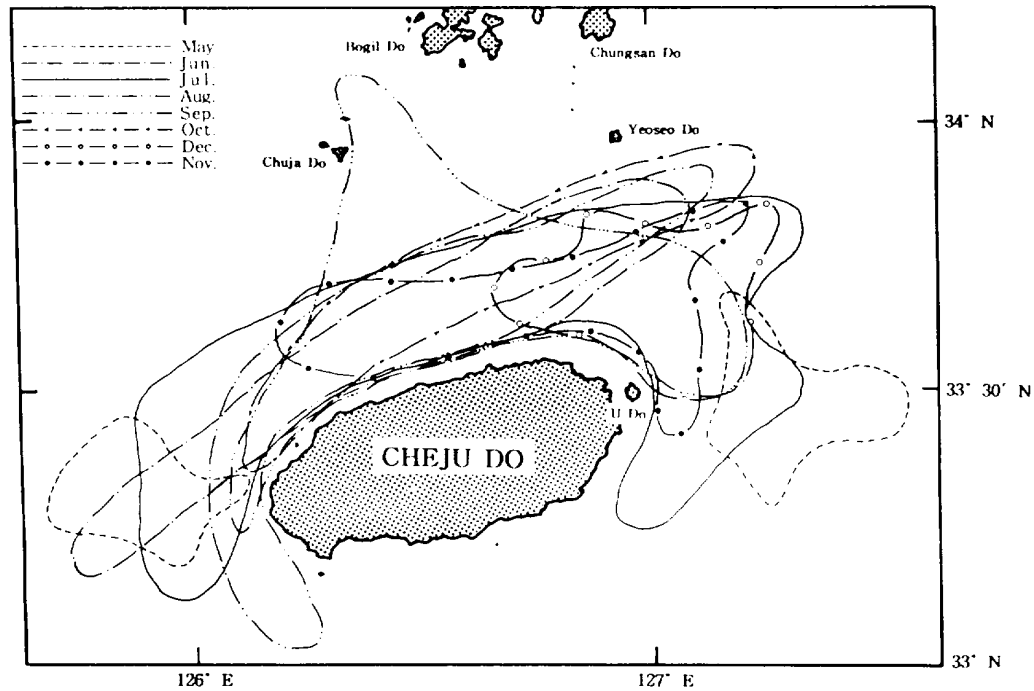


Fig. III-32. Monthly fishing grounds by the Hairtail Hand Line fishing vessel in 1992.

였다. 따라서 제주도 동·서쪽(5월) 및 제주해협(6월)에 갈치가 어획되기 시작하는 초기어장의 환경 특성을 파악하기 위하여 1993년 6월에 조사한 수온·염분 수평분포를 III-33에 나타냈다. 표층은 제주도 서쪽 차귀도 해역을 중심으로 17.0~19.0℃의 저온과 33.00‰ 이상의 최고염분이 나타나 국지적인 용승현상이 출현하여 외해측의 20.0℃ 이상, 32.80‰ 이하의 고온·저염분수와 대조를 이루고 있다. 이해역의 하계 저온·고염수 출현 기구에 대해 김과 이(1982), 방 등(1992)이 지적한 바 있다.

저층 수온·염분 분포는 연안역이 16.0℃, 33.80~34.00‰의 고온·저염이고 외해역은 14.0℃, 34.20‰로 저온·고염을 나타낸다. 이처럼 1993년 6월에도 바로 연안역(약 6~7해리)에만 15.0℃ 이상의 고온수가 나타나고 있을 뿐이며 대부분의 외해역에는 14.0℃ 정도의 저온수가 출현하고 있다. 특히 차귀도와 비양도를 중심으로 한 제주도 서쪽 연안역의 표층에 용승성 저온, 고염

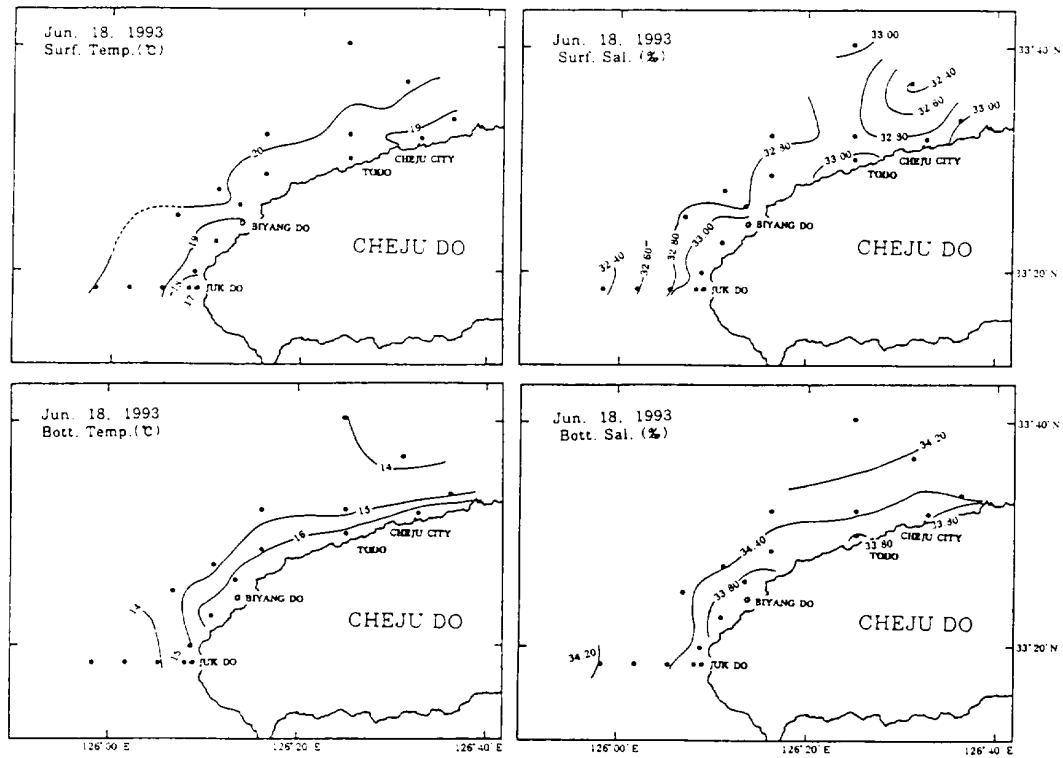


Fig. III-33. Horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the surface and bottom in Jun. 18, 1993.

분수가 가장 잘 발달하고 있으며 이러한 현상은 제주항과 애월 앞에서도 미약하기는 하지만 나타나고 있다.

(4) 1993년 9월의 해황

1993년 9월의 제주도 북부연안역의 어장환경 특성을 Fig. III-34에 나타냈다. 표층은 애월연안역과 함덕 부근 해역에 25.0°C, 32.40‰의 저온·고염분수가 국지적으로 출현하고 그 외의 연안역과 외해에는 25.4~25.8°C, 31.40~32.40‰의 수온·염분 분포가 나타나 국지적인 저온역 사이에는 수온전선이 형성되고 있다. 또 외해쪽에 25.8°C, 32.40‰의 고온, 고염분수가 넓게 자리 잡고 있고 이 고온·고염분수는 제주시와 애월 사이 연안역까지 접근하고 있으며, 이 고온·고염분수와 제주도 북서쪽 외해에 출현하는 31.40‰의 저염분수 사이에는 국지적인 염분전선이 형성되고 있다.

50m층은 연안역에 조밀한 수온·염분전선대를 이루면서 해안선 부근에 13.0°C, 33.60‰의 최

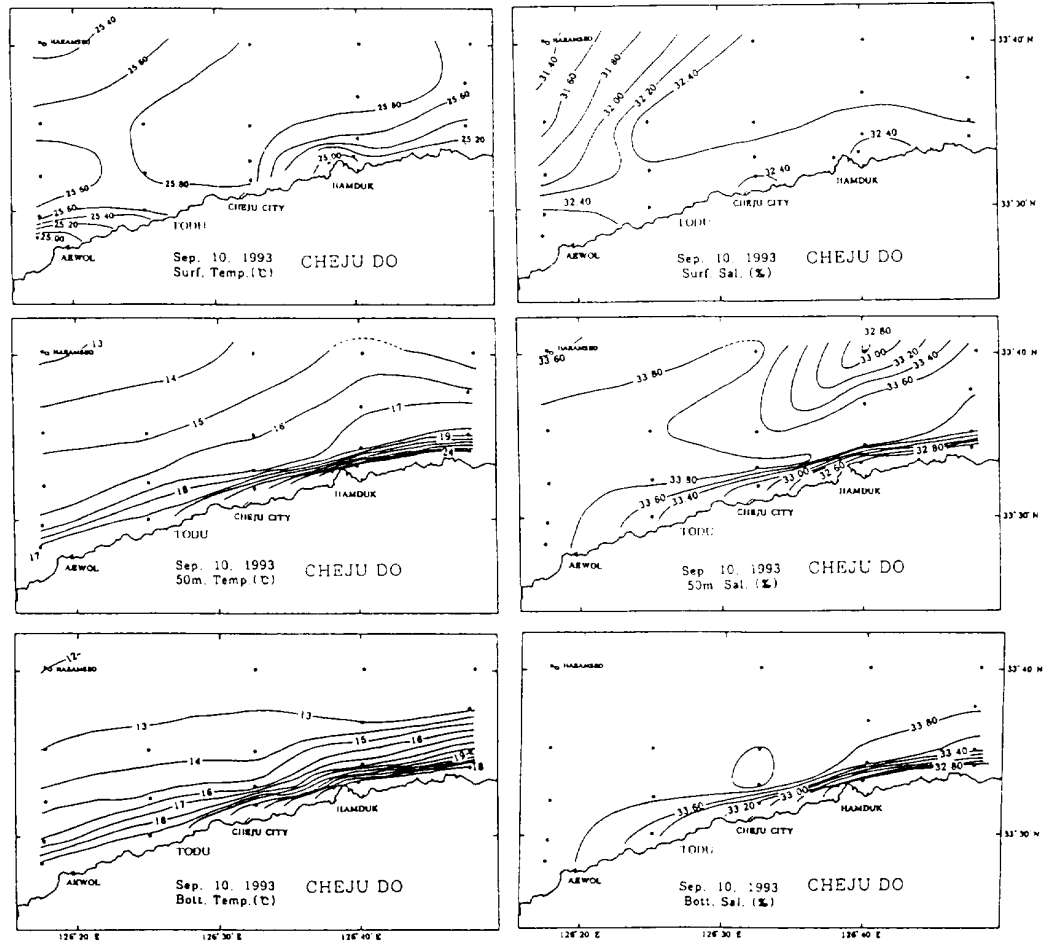


Fig. III-34. Horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the depth of surface, 50m and bottom in Sep. 10, 1993.

저층은 연안역에 조밀한 수온·염분전선대를 이루면서 해암서 부근에 12.0°C, 33.80‰의 최저 수온이 출현하였고 합덕 연안에 저층 최고 수온이 나타나 연안역의 고온수와 외해역의 냉수 사이에 수온전선을 형성한다. 1993년의 경우는 13.0°C 이하의 저온수가 외해쪽에 광범위하게 분포하고 있는 것이 특징이다. 염분 역시 연안쪽에 32.80~33.20‰의 저염분수와 외해쪽의 33.80~34.00‰의 고염분수 사이에 현저한 염분전선이 형성되고 있다.

이처럼 제주도 북부해역의 해황은 조석류에 의해 표층에서 연안역이 저온·고염이고 외해역이 고온·저염화하며 저층에서는 연안역이 고온·저염이고 외해역이 저온·고염화 경향을 보이는 조석전선이 나타나고 있다.

또한 해·조류와 지형적인 영향에 의해 국지적으로는 지형성 용승현상이 나타나고 연안역과 외해역의 복잡한 수온, 염분 분포는 자주 안상부를 형성하고 있어 이러한 조석전선, 국지적 용승, 안상부등의 해황 특성이 제주도 북부연안역에 좋은 어장이 형성되는 주원인이 되는 것 같다.

또 외해역의 14.0℃이하의 저온수는 Fig. III-28과 같이 갈치 채낚이 어선이 제주도 북부해역의 10해리 범위내에서만 집중적으로 조업이 이루어지게 하는 제한 요인이 되고 있는 것 같다.

(5) 제주도 주변해역의 조석전선 특성

Fig. III-5, 6, 7, 8의 각 정점에서 (1) 식과 같이 Simpson *et al*(1977)에 의한 성층계수(Stratification Parameter) V (J/m')를 계산하여 Fig. III-35, 36, 37, 38에 나타냈다.

$$V = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 (\rho - \bar{\rho})gzdz ; \quad \bar{\rho} = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 \rho dz \quad \dots\dots\dots(1)$$

위 (1)식에서 h 는 수심(m), ρ 는 밀도(kg/m³), $\bar{\rho}$ 는 연직 평균밀도, g 는 중력가속도(m/sec²), z 는 연직자료로서 양(+)의 방향을 연직상방으로 잡았다(추와 조, 1984. 이, 1989. 김과 강, 1993).

조석전선의 위치 판단은 지역적인 특성에 따라 그 값을 달리하는데, Simpson *et al*(1977)은 하계 영국 주변해역에서 연직 혼합이 일어나는 지점의 위치에너지는 약 10 J/m'이며, 이 값보다 큰 해역은 성층이 이루어져 이 값을 기준으로 조석전선의 위치를 파악하였고(추와 조, 1984), 이 등(1986)은 서해남부해역에서 8월(하계)의 위치에너지(PE: Potential energy)와 수온전선 위치와의 관계에서 1983년은 PE 180등치선이, 1984년은 PE 100등치선이 거의 조석전선의 위치와 일치한다고 보고하였으며, 김과 강(1993)은 1990년 서해남부 전선역에서는 PE 200~300인 50m층의 수온전선과 거의 일치한다고 보고하였다.

본 결과에서는 6월이 8.4~209.8 J/m'의 범위이며, 8월이 201.9~634.9 J/m', 9월 0.18~680 J/m', 10월 2.7~462 J/m'의 분포 범위를 나타냈다. 이러한 경향은 성층이 가장 강하게 형성되는 8월에 관측한 자료가 다소 외해역(가장 연안쪽 관측 수심이 32m)에 치우친 관계로 성층계수가 크게 나타나지만 그외 경우는 영국 주변해역에서 연직혼합이 일어나는 지점의 위치에너지인 10 J/m'의 등치선 범위를 포함하고 있다. 그러므로 제주도 북부연안 해역에서의 조석전선은 제주도 북부 연안역 약 1~2해리 범위내의 수심 변화가 심한 해역(Fig. III-30)에서 조석전선이 형성되고 있으며 이는 대략 50m 등심선과 일치했다. 이러한 조석전선은 제주도 북부연안역의

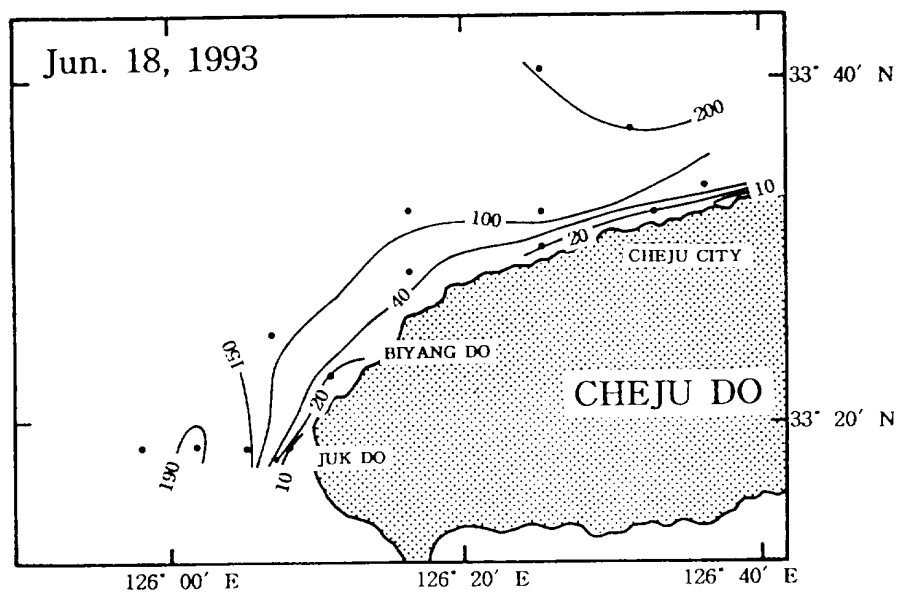


Fig. III-35. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m³) in June, 1993.

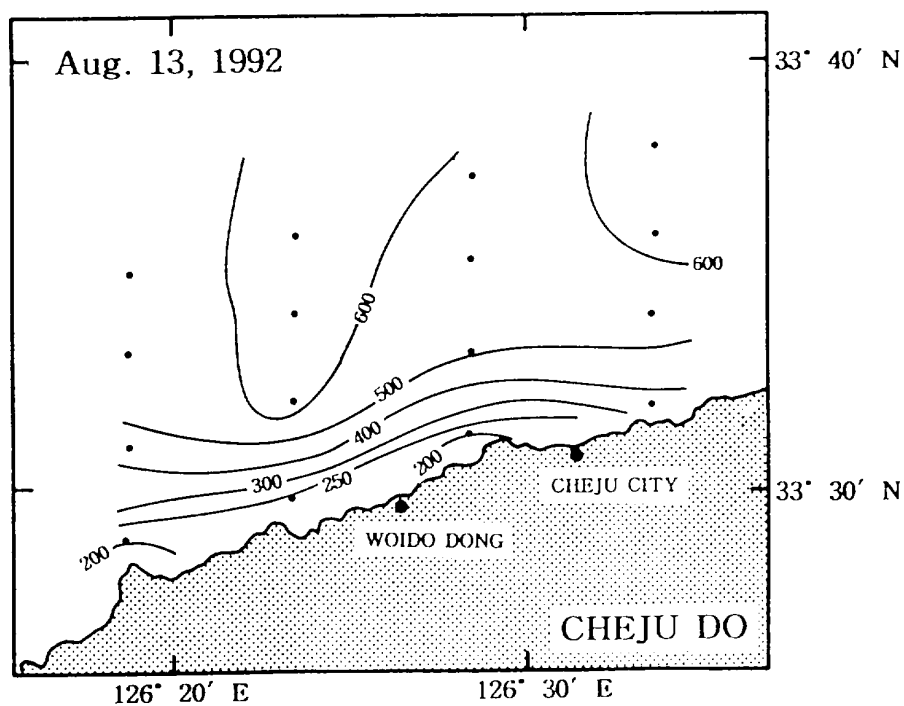


Fig. III-36. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m³) in August, 1992.

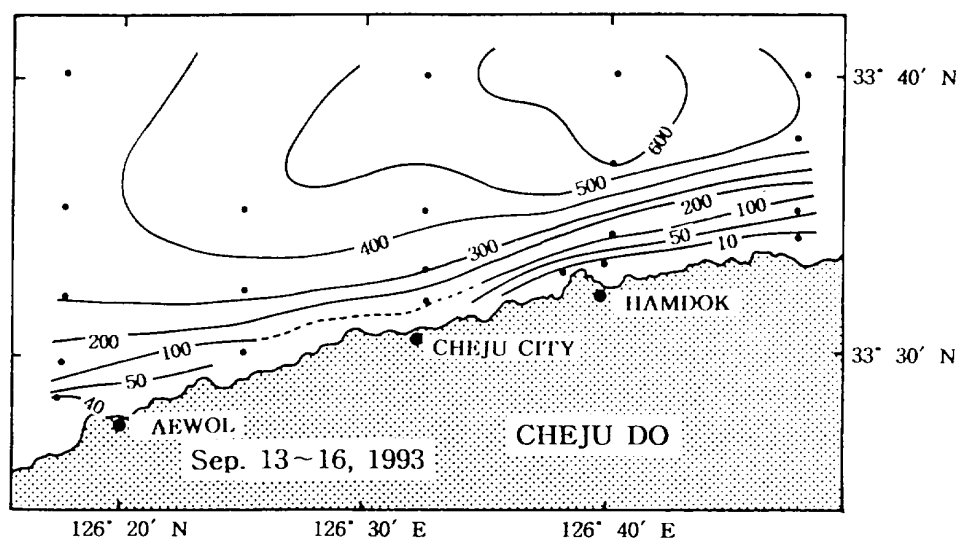


Fig. III-37. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m^3) in September, 1993.

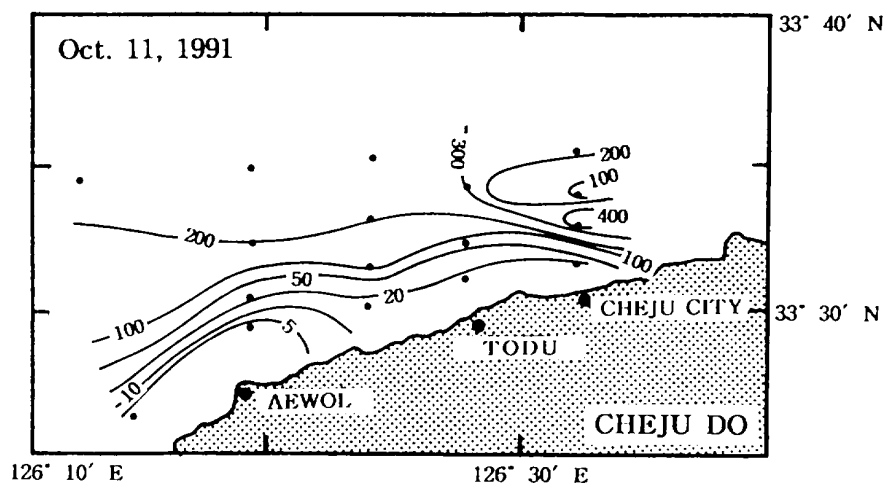


Fig. III-38. Horizontal distributions of the potential energy anomaly(J/m^3) in October, 1991.

해저지형과 최대 1~1.5Knot 범위인 연안 해·조류(김, 1979. 김, 1987. 노와 김, 1989)에 의해 형성되지만 월령에 따라 조류의 세기가 변화하므로 조석전선의 위치도 변해 이와 관련되는 어장 위치도 조석전선의 위치 변화와 더불어 변화할 것으로 예상된다.

9) 해황의 연직성

(1) 표층 저염분수의 연직구조

Fig. III-39, Fig. III-40과 같이 4월까지 거의 전 수층이 균질한 상태로 되어 있던 제주해협 내의 염분은 5월부터 낮아지기 시작하여 11월까지 표층에 저염분수가 지속적으로 출현한다. 그러나 5, 6월까지의 33.00%이상의 다소 높은 염분이 유지되지만 7월부터 32.00%이하의 저염분수로 변한다. 따라서 제주해협내의 표층 저염분수가 연직적으로 어떠한 분포를 하고 있는지를 파악하는 것은 하계 제주해협의 해황구조를 이해하는 데 매우 중요하다.

1992년 5, 6월의 경우 표층에서부터 각각 30, 40m층까지 34.00% 이하의 저염분수가 출현하나 단면 A(Fig. III-39, 제주해협 서쪽 입구 단면)보다 단면 D(Fig. III-40, 우도에서 청산도를 향한 제주해협 동쪽 입구 단면)쪽이 고염한 상태이고, 1993년 5월(Fig. III-39(m))은 해협의 중앙부에서는 25m층, 제주도 북부연안 해역에서는 평균 40m층까지 34.00% 이하의 저염분수가 덮고 있다. 이러한 저염분수는 5월에는 단면의 중앙부 또는 단면의 일부분에만 출현하지만 6월이 되면 전단면의 표층수가 34.00% 이하가 되며 5월보다 더욱 낮아진다. 또 이 저염분수의 최저 염분은 대체로 이 단면의 중앙부에 나타나고 있다. 이처럼 제주해협 서쪽 입구의 중앙부를 따라 유입된 저염분수는 제주해협의 동쪽 입구인 단면 D(Fig. III-35)에서도 나타나지만 그 성격이 상당히 변질되어 단면 A의 염분보다 약간 높다(1992년의 경우 0.60%).

1992년 7월의 경우 표층염분은 더욱 낮아서 31.00% 이하의 최저 염분이 제주도 북부연안에 근접되어 해협내로 유입되고 이러한 표층 저염분수는 50m층까지 영향을 미치고 있으며, 34.00% 이상의 고염분수는 50m이심에서만 나타나고 있다. 그러나 1993년의 경우는 최저 염분이 1992년 보다 1.6%나 높고 저염분의 중심축도 해협의 중앙부에서 북쪽에 치우쳐 있다. 그러므로 표층에서 수심 50m 사이에는 심한 염분약층이 형성되며 이와 같은 염분연직분포상태는 단면 D에서도 거의 같다.

1992년 8월에는 제주도 북부연안쪽에 27.20%의 최저 염분이 출현하지만, 이 저염분수는 단면 D에서는 29.40%의 최저 염분으로 변질되며 출현 위치도 단면의 북쪽(청산도 부근해역)에 치우쳐 있다. 그러나 1993년에는 최저 염분의 중심축이 해협의 중앙부에 있고, 최저 염분이 30.80%로 1992년보다 3.60% 높다. 8월에도 저염분수는 50m층까지 영향을 미치며 50m이심의 저층에는 34.00% 이상의 고염분수가 출현하고 있다. 9월부터는 1992년, 1993년 모두 염분이 높아지기 시작하고 표층 저염분수의 분포 범위가 축소되기 시작하며 제주해협의 동·서 양 입구에는 40m층까지 염분약층이 형성되었고 저염 Core의 축도 1992년은 제주도 북부연안쪽, 1993년

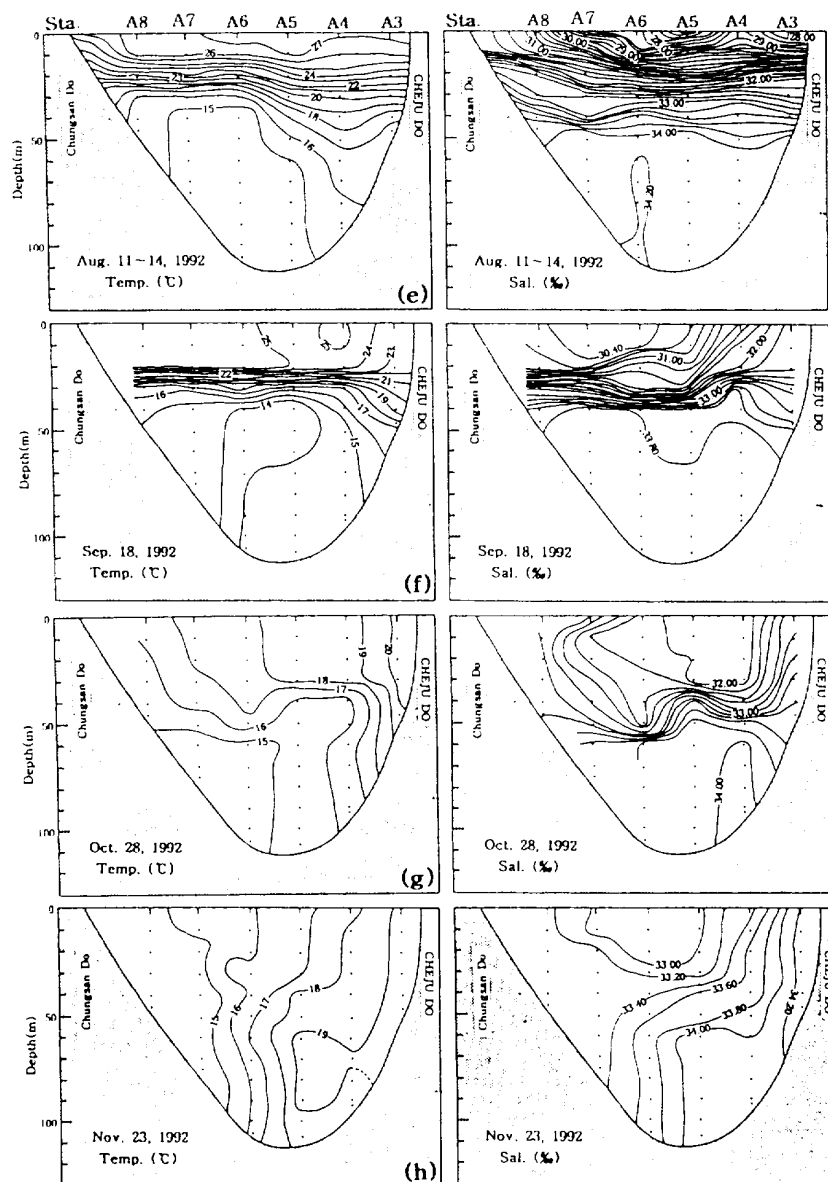


Fig. III-39. Continued

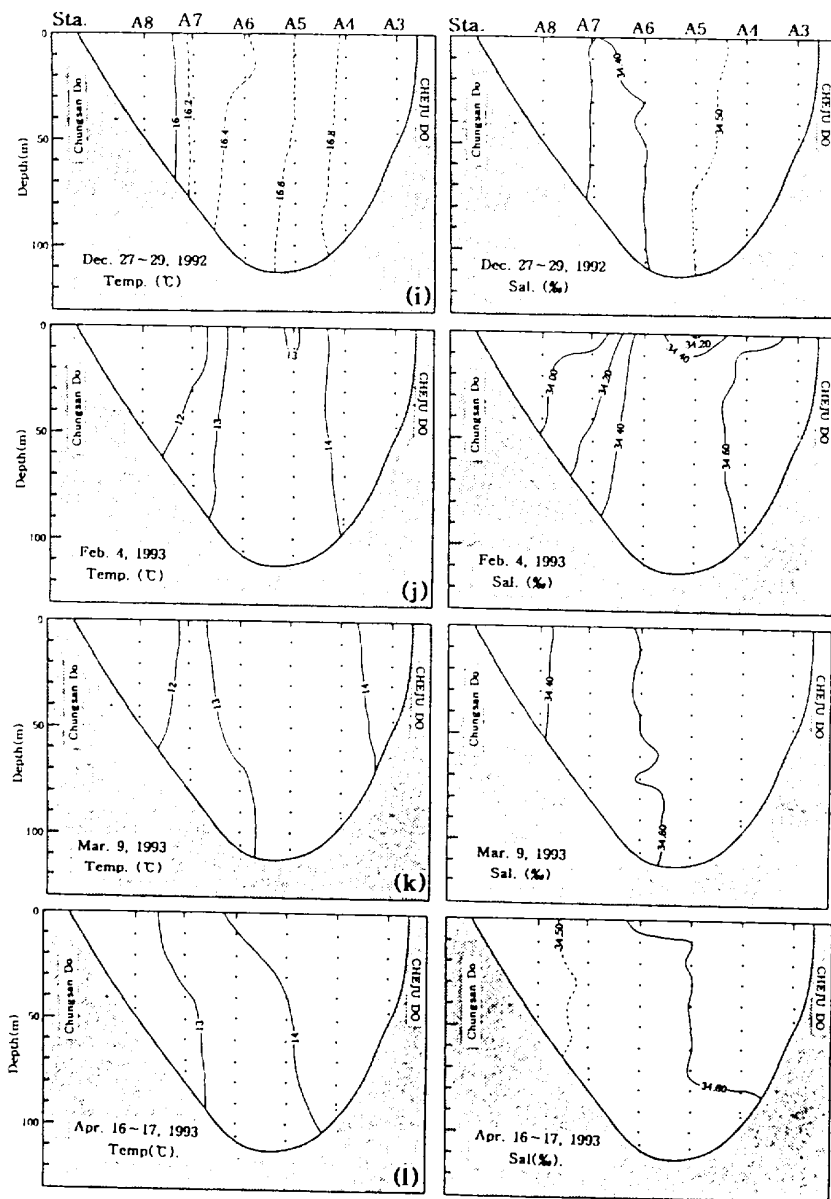


Fig. III-39. Continued

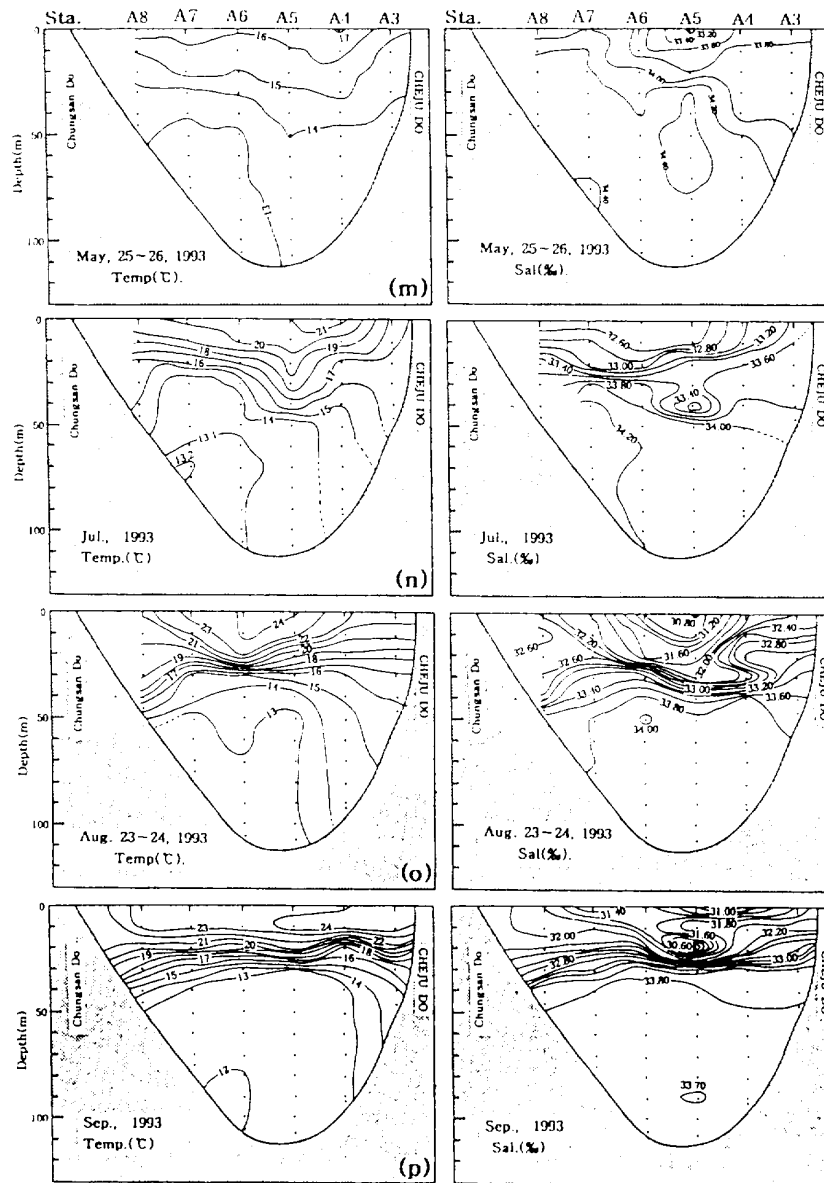


Fig. III-39. Continued

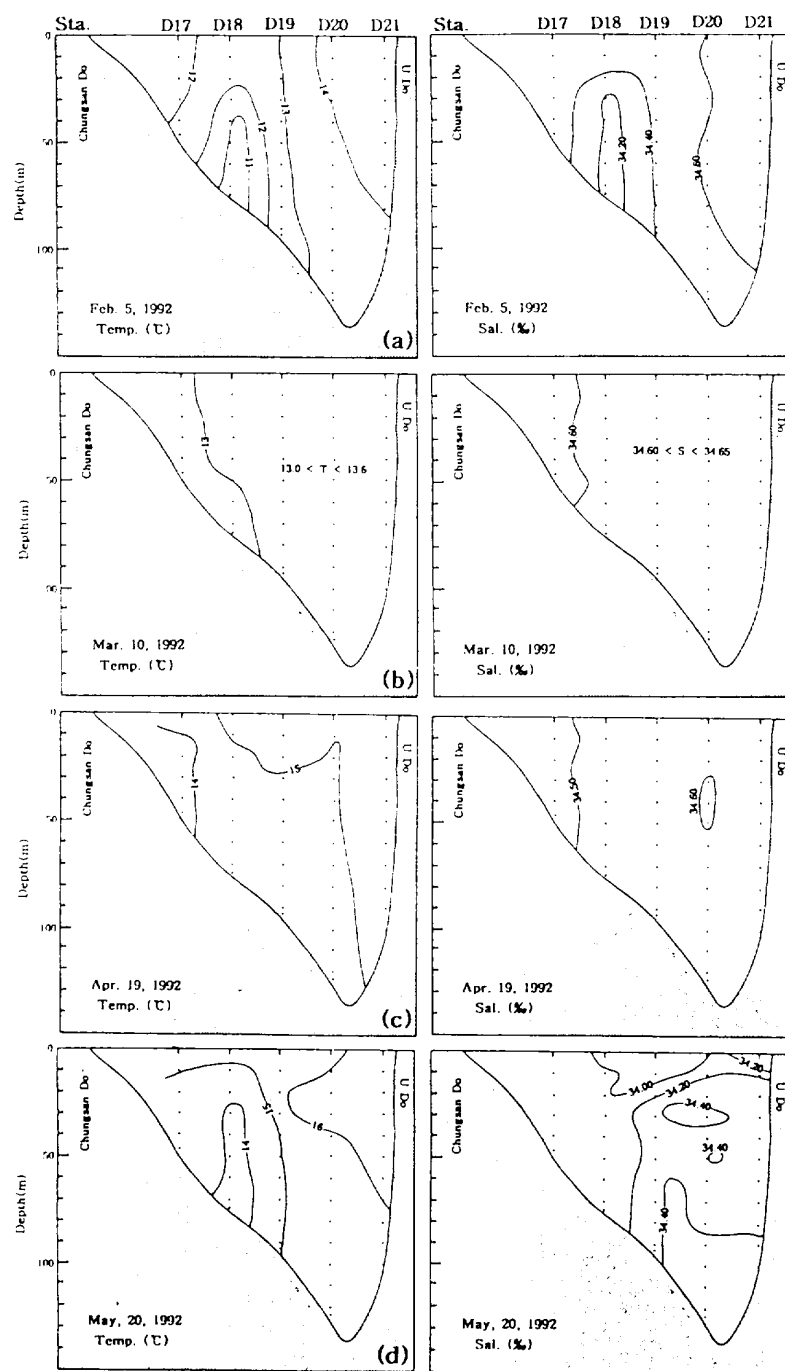


Fig. III-40. Vertical distributions of temperature(°C) and salinity(‰) of section D in the east entrance of the Cheju Strait.

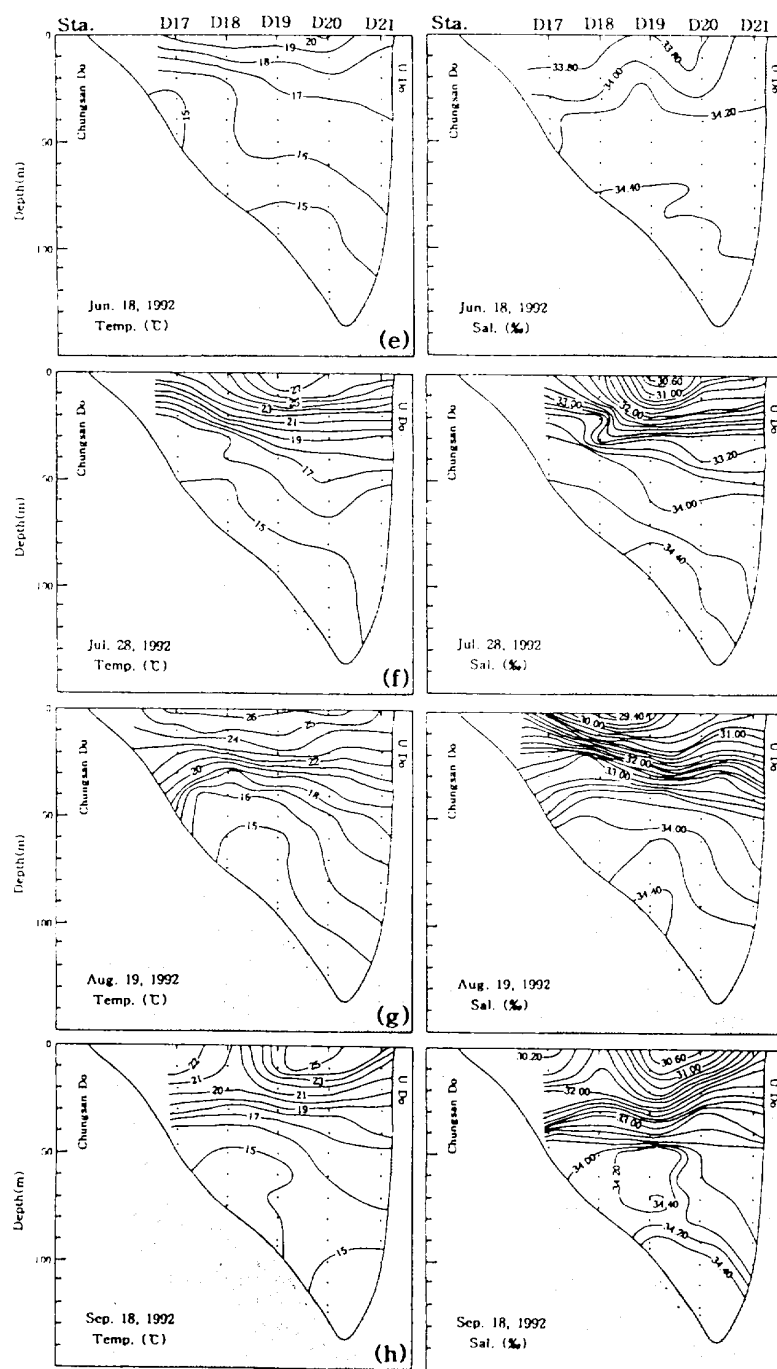


Fig. III-40. Continued

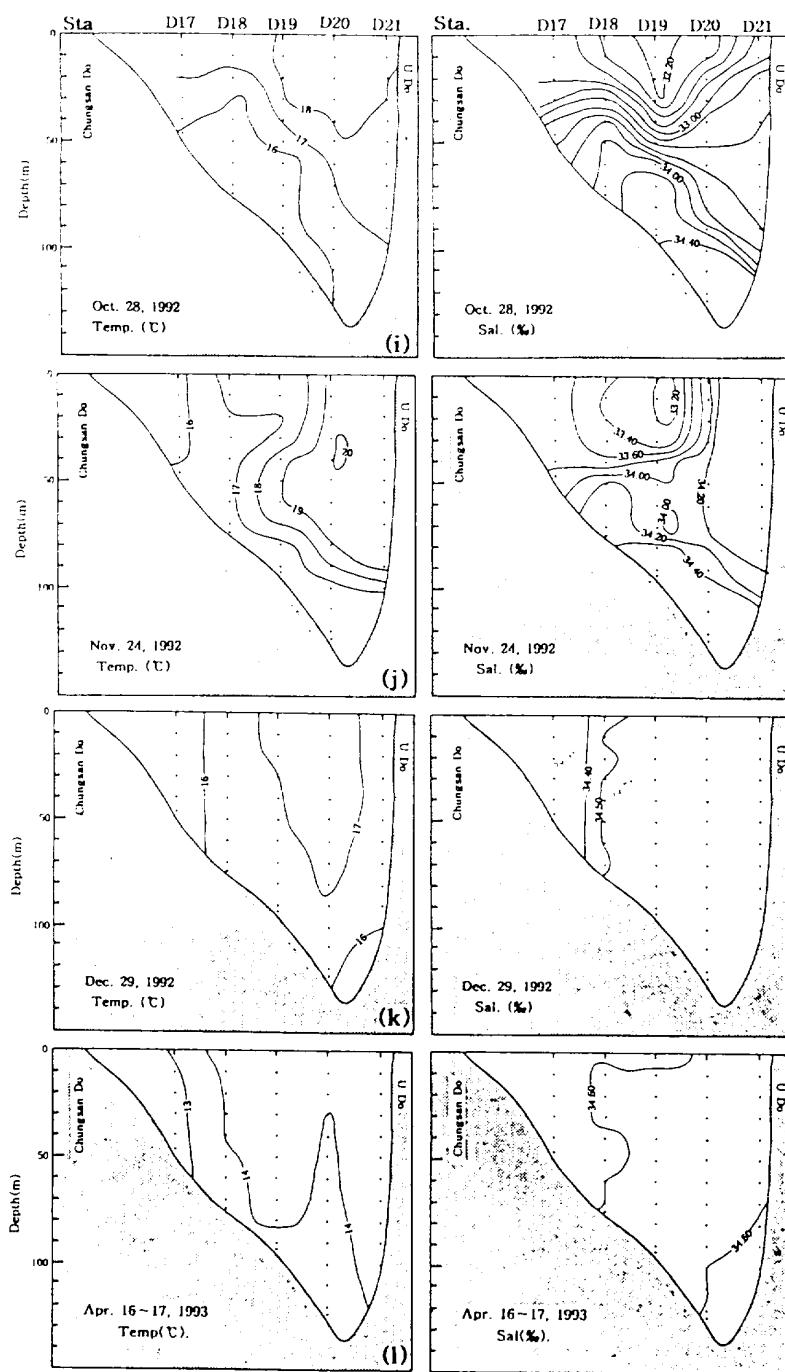


Fig. III-40. Continued

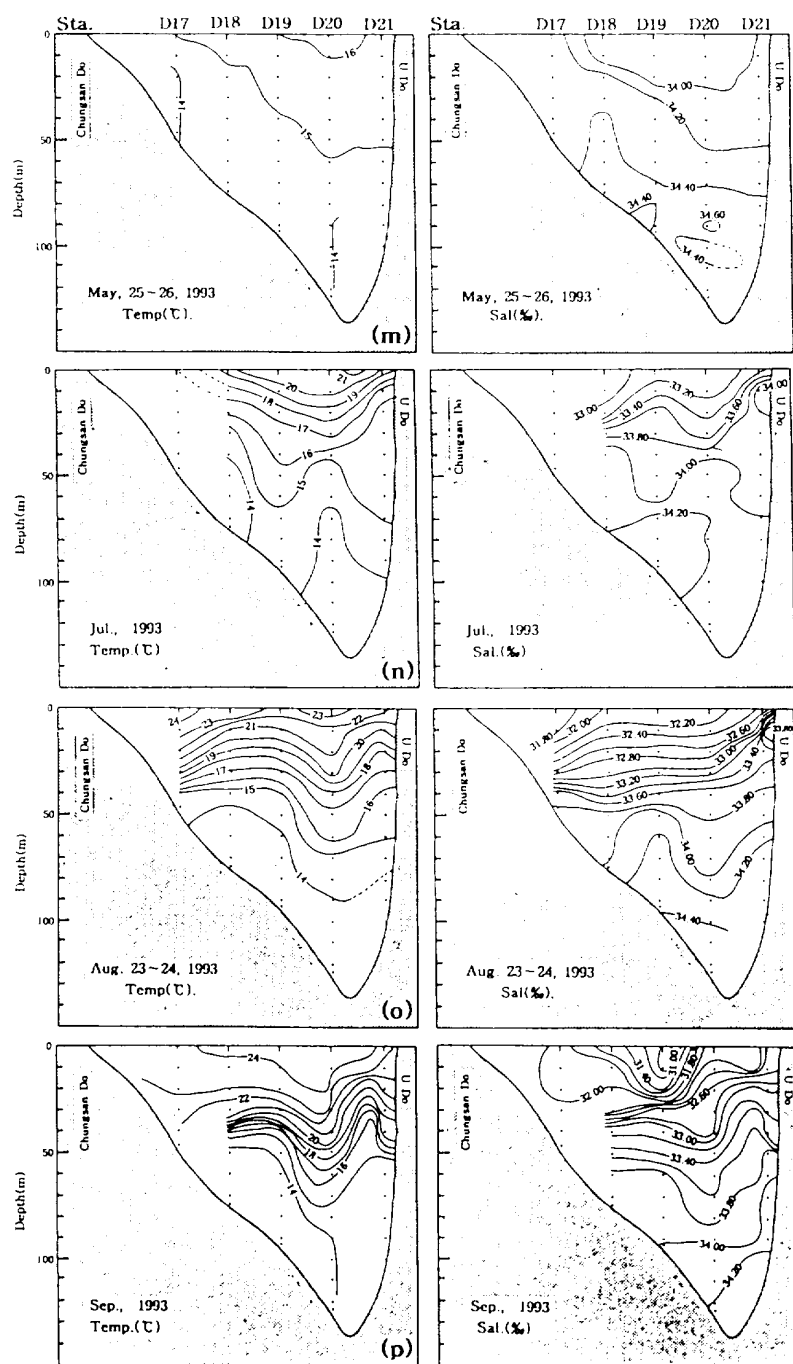


Fig. III-40. Continued

은 단면의 중앙부에 위치하고 있다.

10월에도 염분 약층이 50m층까지 형성되었으며 11월의 경우 제주도 북부연안을 따라 고온·고염한 대마난류수가 유입됨에 따라 33.00% 정도의 최저 염분수는 단면 중앙부의 표층으로부터 30m층까지만 존재해 표층 저염분수가 거의 소멸되는 시기로 판단된다.

따라서 제주해협에 출현하는 표층저염분수는 표층으로부터 30~50m층까지 영향을 미쳐 표·중층에는 심한 염분약층이 형성되므로 표·저층간에 연직혼합이 이루어지기 어려운 성층 상태를 만든다. 또 이 표층 저염분수는 해(年)에 따른 염분 변화가 크며, 저염분수의 축은 초기에 해협의 북측에 위치하지만 그 세력이 강해지면 제주도 북부연안역 및 해협의 중앙부를 통하여 해협내로 유입되고 이러한 표층 저염분수는 5월부터 11월까지 제주해협의 표층을 덮고 있다.

(2) 제주해협 중앙부에 출현하는 저층저온수의 연직구조

앞 절에서 기술한 바와 같이 제주해협 중앙부의 저층에 제주도 서쪽 해역에서 유입되는 저층저온수가 4월부터 10월까지 제주해협내에 출현하는데 그 연직구조의 특징을 본항에서 좀 더 세부적으로 살펴 보고자 했다.

4월에는 제주해협 서쪽 입구 Fig. III-39(A단면)의 중앙부에 13.0℃의 최저 수온이 해저에서부터 표층 15m까지 기둥모양으로 분포하고 이 저온수의 염분도 34.20% 정도로 이 단면에서는 최저 염분치가 된다. 1992년 5월에는 14.0℃ 이하의 저온수가 서쪽 입구 정점의 중앙부 저층에 폭넓게 자리잡고 있으면서 저층에서부터 표층 20m 부근까지 영향을 미치며, 단면 A4의 중층에는 4월에 출현했던 13.0℃의 저온수가 혼적만 남아 있다. 1993년의 경우는 13.0℃ 이하의 저온수가 전년보다 폭넓게 분포하고 있고, 최저 수온층의 염분은 34.00~34.30%의 범위이다. 그러나 동쪽 입구 단면(Fig. III-40 (b))에서는 이 14.0℃ 이하의 저온수 분포 범위가 매우 축소되어 있다. 5월은 4월에 나타났던 14.0℃ 이하의 저온수 범위가 매우 축소되어 단면 중앙부 저층에서 수심 30m층까지 죽순모양으로 솟아 있는 양상이다.

1992년 7월에는 14.0℃ 이하의 저온수가 거의 소멸되어 혼적만 남아 있다. 그러나 1993년에는 해협의 북측 저층에 13.1℃의 저온수가 출현하며 이 저온수 분포 범위가 축소되기는 하지만 D단면까지 나타나고 최저 수온역의 염분은 34.00~34.20% 범위였다.

1992년 8월은 14.0℃ 이하의 저온수는 A단면에 전혀 출현하지 않지만 1993년은 13.0~14.0℃의 저온수가 전단면의 저층에 출현하며 이때의 염분은 33.80~34.00% 범위였다. 1992년의 9월에는 7, 8월에 소멸되었던 14.0℃ 이하의 저온수가 A단면에 다시 출현하나 이때의 염분은 33.80% 정도로 4월~7월까지 나타난 34.00%이상의 염분보다 다소 낮아진 것이 특징이다. 1993년의 경우는 2년에 걸쳐 조사된 수온 중 가장 낮은 12.0℃의 저온수가 출현하는 것을 비롯하여 해협저층의 전해역에는 13.0℃ 이하의 저온수로 채워져 있다. 그러나 이 저온수는 해협의 동쪽 입구인 D단면에는 출현하지 않았다.

10월에는 다시 9월에 출현한 14.0℃ 이하의 저온수는 사라지고 15.0℃의 최저 수온이 해협의 북쪽 저층역에 출현했으며 이 수온범위내의 염분범위는 9월과 같이 33.80‰내외이며 분포 범위는 해저로부터 수심 60m층까지의 저층에 국한되는 등 춘·하계와 같은 양상의 성층상태가 유지되고 있다.

11월이 되면서부터는 기온 저하에 의한 대류냉각작용으로 성층이 소멸되어 표층부터 저층까지 수온이 거의 같아지므로 4월부터 10월까지 저층에 출현하던 최저 수온층은 없어지고 제주도 북부연안부터 북쪽으로 갈수록 순차적으로 수온이 낮아지는 수온 분포가 나타난다. 이러한 수온 분포양상은 11월부터 3월까지 지속된다.

그러므로 제주해협의 서쪽 입구로부터 유입되어 제주해협내의 중·저층을 점유하고 있는 14.0℃ 이하의 저층저온수는 조사기간 중에는 4월부터 9월까지 출현했으며 수온·염분범위는 12.0~14.0℃, 33.80~34.20‰로 대마난류수 내지는 황해난류수에 속하는 수괴라 해석된다. 그러나 노(1985)에 의하면 이 저층저온수는 11.0~14.0℃의 수온범위로 거의 매년 출현하며 10월까지 지속되는 현상이고, 이 저온역의 염분범위도 33.40~34.30‰(노, 1985) 까지 넓어 이해수의 수괴성질이 시기에 따라 상당히 달라진다고 보고 한바 있다. 그러므로 이 저층저온수는 수온·염분범위로 보아 황해저층냉수가 아닌 것은 확실하다. 즉 이 저층저온수는 제주도 서방해역에 출현하는 대마난류수, 황해난류수, 혼합수(대마난류계수와 황해저층냉수 또는 중국대륙연안수와 혼합되어 만들어진 중간적 성질을 갖는 수괴(노, 1985))에 의해 공급되고 있는 수괴라 해석된다. 또 이 저층 저온수는 제주해협 서쪽 입구(A단면)의 중앙부에 주로 중심이 있고 분포 범위도 해협내에서는 가장 넓으며, 서쪽 입구에는 출현하는데 동쪽 입구(D단면)에는 출현하지 않는 경우가 자주 있다.

(3) 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 고염분수의 연직구조

본 연구에서 실시한 제주해협의 해황조사는 최대한 시간을 단축하여 관측한 결과인데도 불구하고 해협의 동·서양쪽 입구에는 서로 다른 해황구조가 나타나는데 그 중 해협의 동쪽 입구가 서쪽 입구보다 고온·고염한 해수가 중·저층에서 자주 출현하여 해협내 해황에 영향을 미치고 있다.

이 제주해협 동쪽 입구(D단면)의 중·저층에 출현하는 최고염분수가 해협의 서쪽 입구(A단면)에 출현하는 최고염분보다 높은 경우는 4월을 제외하면 7월부터 11월까지의 하·추계로 제주해협서쪽 입구 저층에 출현한 최고염분치보다 0.20~0.60‰ 높은 염분을 나타냈다. 그중 7, 8월이 가장 낮은 0.20‰의 차가 있었고 9월이 0.60‰로 가장 높은 차를 보였으며 10, 11월이 0.40‰ 높았다. 제주해협 동쪽 입구의 고염분수는 단면의 저층 해저골 부분에 주로 위치해 있다. 또 수온 역시, 앞절의 저층 저온수 출현 양상에서 지적인 바와 같이 제주해협의 서쪽 입구에 출현하는 저층 최저 수온이 동쪽 입구의 최저 수온보다 낮다. 그러므로 제주해협 동쪽

입구에는 서쪽 입구에 출현하는 수괴와는 다른 고온, 고염분수 즉 제주도 서방해역에 출현하는 난류계수보다 비교적 적게 변질된 대마난류수의 일부가 출현하는 것으로 해석되며, 이수괴는 제주도 동쪽 해역에 출현하는 대마난류수에 의해 영향을 받는 난류수괴라고 판단된다.

(4) 제주해협내의 연직적으로 균질한 해수

한국연근해 및 동중국해에서의 동계해황은 표층에서부터 저층까지 거의 균질한 수온·염분 분포를 보이므로써 표층 수온·염분자료만으로도 저층까지의 해황을 예측할 수 있다. 따라서 이러한 시기에는 NOAA 위성에 의한 표면수온 영상자료나 항해 중에 얻어진 표면 수온자료만으로도 해황해석에 유익하게 사용할 수 있는 편리한 점이 있다. 그러므로 이러한 균질해수가 제주해협내에서는 언제부터 시작하여 언제까지 유지되는지를 파악하기 위하여 제주해협 서쪽 입구 단면 A자료를 바탕으로 살펴 보았다.

1992년 10월까지 연직적으로 수온·염분 약층이 발달한 성층이 유지되지만 11월부터 표층냉각이 시작되어 수온 역전현상이 나타나며 12월에는 수온 16.0℃ 이상, 염분 34.40~34.50‰의 고온·고염한 균질수가 표·저층간에 형성됐다. 이후 익년 4월까지의 수온하강, 34.40‰ 이상의 고염분수가 남해연안역까지 확장하는 등 수온·염분 변화는 있지만 연직적인 균질상태는 계속된다. 그러나 2월초에는 대류냉각 작용이 심화되어 최저 수온에 있어서는 12월보다 약 4.0℃ 이상 낮고 염분도 한국남해역에서 34.00‰로 낮아졌다. 3월까지도 이와 같은 상황이 지속되었으나 한국남해역에 저염분수는 출현하지 않고 34.40‰의 고염분수가 남해연안역까지 확장되어 있었다. 1992년, 1993년 2회 관측된 4월의 경우도 수직적으로 거의 균질한 상태를 나타냈으며, 대부분 34.50‰ 이상의 고염분수가 전해역을 차지하고 있다.

그러나 5월부터는 표층으로부터의 가열 및 중국대륙연안수의 해협내 유입으로 약한 수온·염분 성층이 형성되기 시작된다. 따라서 제주해협내에서는 11월부터 표층으로부터의 수온 하강에 의해 6월부터 지속되던 심한 성층상태가 소멸되기 시작하여 12월부터 연직적으로 완전히 균질한 상태가 되고, 이러한 상황은 익년 4월까지 유지되다가 5월부터 다시 성층상태가 형성되기 시작한다. 그러므로 제주해협의 균질수는 12월부터 익년 4월까지 지속되는 현상이다.

(5) 제주해협내 일정점의 시계열분석 결과

Fig. III-1의 4개 관측정선 중 제주해협내의 해황 및 어장학적으로 중요한 위치를 차지하고 있는 B-2정점(제주시로부터 북서쪽으로 9마일 떨어진 정점)에서 1992년 4월부터 1993년 9월까지 조사된 수온·염분 및 밀도에 대한 시계열분석 결과를 Fig. III-41에 나타냈다.

분석 결과 제주해협내의 B2 정점에서는 1992년, 1993년 모두 5월 표층에서부터 성층형성이 시작되고 최고 수온은 1992년은 8월의 표층(26.6℃)에서, 1993년은 9월의 표층(25.0℃)에서 나타났으며 1993년은 1992년보다 약 1개월쯤 최고 수온이 늦게 나타나면서 수온도 약 2.0℃ 낮다.

또한 최저 염분도 1992년은 8월 표층(29.00‰)에서 1993년은 9월 표층(31.20‰)에서 나타났으며 염분 역시 1992년의 경우가 1993년보다 1개월 빠르고 염분도 약 2.20‰ 낮으며 최저 염분 출현 시기와 최고 수온 출현 시기가 잘 일치하고 있다.

1992년의 8월 표층 밀도는 σ_t 18.5, 1993년 9월은 σ_t 20.5로 최저 밀도가 된다. 그리고 표층 수온·염분의 경우 1992년은 14.0~26.0℃, 29.00~34.40‰ 사이로 광범위하게 변하지만 저층의 수온·염분은 14.0~17.0℃, 34.00~34.40‰로 년중 변화폭이 매우 좁다. 이와 같은 현상은 1993년도 거의 같다. 또 성층이 가장 발달한 8월을 기준으로 한 수온·염분 및 밀도의 평균 연직 변화율을 보면 1992년의 경우는 각각 0.25℃/m, 0.10‰/m, σ_t 0.12/m이고 1993년의 경우는 각각 0.16℃/m, 0.03‰/m, σ_t 0.06/m로 1992년이 1993년보다 약 2배 정도 성층상태가 현저했고 해황도 복잡했다.

이와 같은 성층 상태는 5월부터 그 두께가 점점 깊어져 10월에 최대로되, 수심 80m까지 심한 수온·염분약층이 나타나지만 11월경부터 표층에서 수온 역전이 일어나기 시작하면서 성층이 갑자기 소멸되어 12월에는 표층에서부터 저층까지 전층이 균질한 상태로 되고 이와 같은 해황은 4월까지 이어진다. 한편 저층에 최저 수온이 출현하는 시기는 4월, 5월이다.

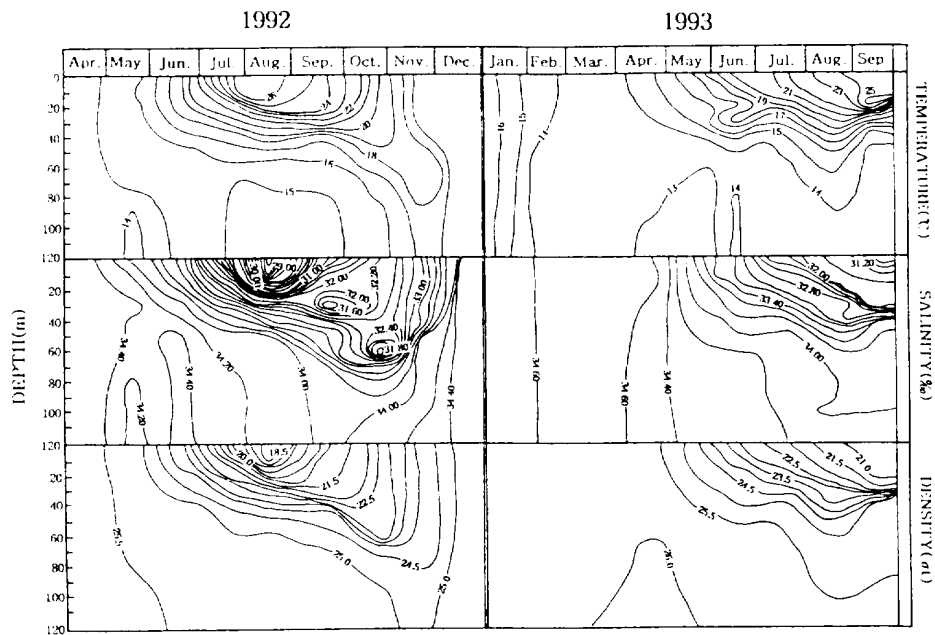


Fig. III-41 The result of time series analysis in the B2 oceanographic station from April 1992 to September 1993.

4. 요약

1) 제주해협내에서 동계 해황이 지속되는 시기는 12월부터 익년 4월까지이며, 이 때는 제주해협 전역에 대마난류수가 출현하고, 특히 4월에 그 분포 범위가 가장 넓어지며 표·저층간에 연직 혼합이 잘 이루어져 균질상태가 된다. 또한 동계의 대류냉각작용에 의해 한국남해연안수가 냉각되어 제주해협내로 확장하는 시기는 2월부터 3월까지이며 그 위치는 주로 보길도 주변 해역에서 추자도 주변해역까지 확장하여 대마난류수와 혼합되므로 추자도와 청산도를 잇는 해역에 심한 수온, 염분전선이 형성된다.

그리고 4월부터는 제주해협 서쪽 입구의 중앙저층부에 주위보다 저온·저염한 해수가 해협내로 유입되어 제주해협의 저층수에 영향을 미치기 시작하는데 이것이 좀더 발달하여 5월 이후 하계에 걸쳐 제주해협 서쪽 입구에 출현하는 저온수의 근원이 되는 것 같다.

2) 제주해협과 접하고 있는 한국남해안은 50m미만의 천해역으로서 제주해협에 비해 표층은 동계에 저온·저염, 하계에 저온·고염의 한국남해 연안수가 형성된다. 따라서 제주해협내에서는 추자도와 여서도를 잇는 선을 중심으로 남해안 연안수와 제주해협에 출현하는 수괴사이에 현저한 수온, 염분전선이 흔히 나타나고 있다. 그러나 동계의 저층은 한국남해연안수가 제주해협에 출현하는 수괴들보다 저온·저염이고 하계는 고온·저염이다. 또 동계 및 춘계에 남해안 연안역에 34.00%이상의 고염분수가 나타나는 것은 이 해역은 서해냉수의 영향보다 제주해협에 나타나는 대마난류계수의 영향을 받고 있음을 시사하고 있다.

3) 제주해협내의 저층에는 4월부터 10월까지 저온수가 출현하며, 이 저온수는 제주해협 서쪽 입구의 중앙부를 통하여 저층으로 유입되고 있으며, 그 유입되는 양상의 대부분이 설상이고, 이 저온수에 의해 제주해협내 저층의 수온 수평분포를 한국남해 연안역과 제주도 북부연안역으로 나누어 놓는다. 제주해협내로 유입되는 이 저층저온수는 수온과 염분이 황해 저층냉수보다는 상당히 높아 황해 저층냉수가 아닌 제주도 서쪽 해역에 나타나는 대마난류계수, 황해황해난류수 내지는 혼합수에 해당하는 수괴라 판단된다.

또한 제주해협의 저층저온수가 경우에 따라서는 한국남해 동부해역까지 영향을 미칠 가능성을 시사하고 있다.

4) 제주해협 표층의 저염분수는 5월부터 10월까지 지속되며, 5월부터 6월까지의 저염분수가 33.00%이상의 고염한 상태이지만 7월부터 32.00%이하의 저염분수가 되며 최저 염분은 8, 9월에 나타나고 최저 28.00%까지 저하하는 경향도 있다. 또 저염분수는 Eddy의 형태로 해협의 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 경우가 많고 중심축은 초기에는 해협의 북측에 위치하지만 그 세력이 강해지면 제주도 북부연안역 및 해협의 중앙부를 통하여, 연직으로는 수심 30~50m까지 영향을 미쳐 표·중층 사이에는 심한 수온, 염분약층이 형성된다. 이러한 표층 저염화현상은 중국

대륙연안수가 하계가 되면 동쪽으로 이동해와 그 주축이 제주해협을 통과하여 한국남해로 이동하기 때문이다.

5) 제주해협 동쪽 입구의 저층에는 해협내에서 가장 고염분수가 설상으로 제주해협의 중앙부를 향하여 확장하는 경우가 자주 있다. 고염분수는 거의 주년 출현하며 이 현상은 제주도 동쪽 해역을 북상하는 대마난류수가 제주해협내의 해황에 영향을 주기 때문이다.

6) 제주도 북부연안역의 국소지역에는 해협의 중앙부 및 주변해역보다 상대적으로 저온·고염한 해수가 자주 출현하여 주변수 사이에는 국지적 수온·염분전선을 형성하는 경우가 많다. 이와 같은 현상은 제주도 북부연안역에서의 용승 혹은 조석전선에 의해 발생하는 것으로 출현시기는 5월부터 10월까지이며, 위치는 지형이 다소 돌출된 곳과 수심이나 해저지형이 해·조류(海·潮流)의 흐름에 영향을 줄 수 있는 곳으로 제주도 서쪽의 자귀도와 비양도 연안, 애월북부연안역과 제주시 부근 및 함덕 북부해역, 제주도 동쪽의 우도 북부와 행원 부근해역에서 자주 출현하고 있다.

7) 제주해협내에는 성질이 서로 다른 이질수괴가 마주치고 있으므로 안장형상(Saddle)의 수온, 염분 분포가 5월부터 10월까지 거의 매월 출현하여 안장상부의 중앙역이나 이질수괴간의 경계역에서 수온·염분전선이 형성된다.

8) 제주도 연안역을 대상으로 계산된 조석전선의 성층계수(Stratification Parameter- $V(J/m^2)$)는 6월이 $8.4 \sim 209.8 J/m^2$ 의 범위이며, 8월이 $201.9 \sim 634.9 J/m^2$, 9월 $0.18 \sim 680 J/m^2$, 10월 $2.7 \sim 462 J/m^2$ 의 분포 범위로 제주도 북부 연안역 약 1~2해리 범위내의 수심 변화가 심한 해역에서 위치에너지 $10 J/m^2$ 정도의 등치선이 출현해 조석전선이 형성되고 있으며 이는 대략 50m 등심선과 일치했다.

9) 제주해협내에서는 11월부터 표층으로부터의 수온하강에 의해 6월부터 지속되던 심한 성층 상태가 소멸되기 시작하여 12월부터 연직적으로 완전히 균질한 상태가 되고, 이러한 상황은 익년 4월까지 유지되다가 5월부터 다시 성층상태가 형성되기 시작한다. 그러므로 제주해협의 균질수는 12월부터 4월까지 지속되는 현상이다.

10) 제주해협내에서의 수온·염분 및 밀도의 성층상태는 5월부터 그 두께가 점점 깊어져 10월에 최대로 되, 수심 80m까지 심한 수온·염분약층이 나타나지만 11월경부터 표층에서 수온 역전이 일어나기 시작하면서 성층이 갑자기 소멸되어 12월에는 표층에서부터 저층까지 전층이 균질한 상태로 되고 이와 같은 해황은 4월까지 이어진다. 한편 저층에 최저 수온이 출현하는 시기는 4월, 5월이다.

IV. 어획수층의 수온·염분 특성

1. 서 언

어류가 많이 분포·서식하는 환경을 파악하여 어업에 응용하는 것은 효과적인 어장 탐색이나 어획증대를 위해 매우 중요하다.

이러한 관점에서 어류가 좋아하는 환경조건을 파악하기 위해 현장에서 조업하는 어선에 승선하여 어획량 및 어획수층과 해황구조와의 관계를 대응시켜 분석하는 방법은 매우 효과적일 수 있다.

그러나 현재까지 우리나라에서는 갈치를 대상으로 한 조업어선에 승선하여 이러한 연구를 수행한 것은 거의 없는 실정이고, 宗清와 桑原(1983, 1984 a, b, 1988, 1990)이 일본지역(Western Wakasa Bay)의 갈치어장에 대한 연구에서 이러한 연구를 시도한 바 있다.

본장에서는 갈치 채낚이, 연승, 안강망어선에 직접 승선하여 갈치가 어획되는 수층의 수온·염분 분포특성과 어획량과의 관계 등을 분석할 수 있는 현장자료를 수집하여 갈치가 좋아하는 환경특성을 파악함과 더불어 갈치어장 형성기후 해명에 필요한 조업현장으로부터의 정보수집에 주력했다. 이러한 정보는 갈치가 좋아하는 어장환경을 규명하는 데 유익할 뿐만 아니라 어민들의 어장 탐색시 중요한 기초자료가 될 수 있으므로 앞으로 이러한 형태의 정보가 많이 축적되어야 할 것으로 판단된다.

2. 자료 및 방법

제주해협으로 회유해 오는 갈치의 어획수층, 어획수온, 어획염분 및 어획시의 해수 밀도 등을 파악하여 어업에 응용할 목적으로 갈치 채낚이, 연승, 안강망어선에 직접 승선하여 CTD로 어획시의 수온·염분의 연직구조를 직접 조사함과 더불어 그때의 어획 특성 및 어획량 등을 조사했다.

1) 갈치 채낚이 어선 승선조사

1992년 1월부터 1995년 9월까지 갈치 채낚이 어선에 승선하여 Fig. IV-1에 표시한 조업위치

에서 수온·염분의 연직구조를 CTD에 의해 파악하였고, 갈치의 어획수심은 어획될 때의 낚시의 숫자를 위에서부터 계수하여 낚시사이의 길이를 계산하여 구하였다. 또한 이때 갈치어획량도 파악하여 해황구조와 어획량과의 관계도 분석하였다.

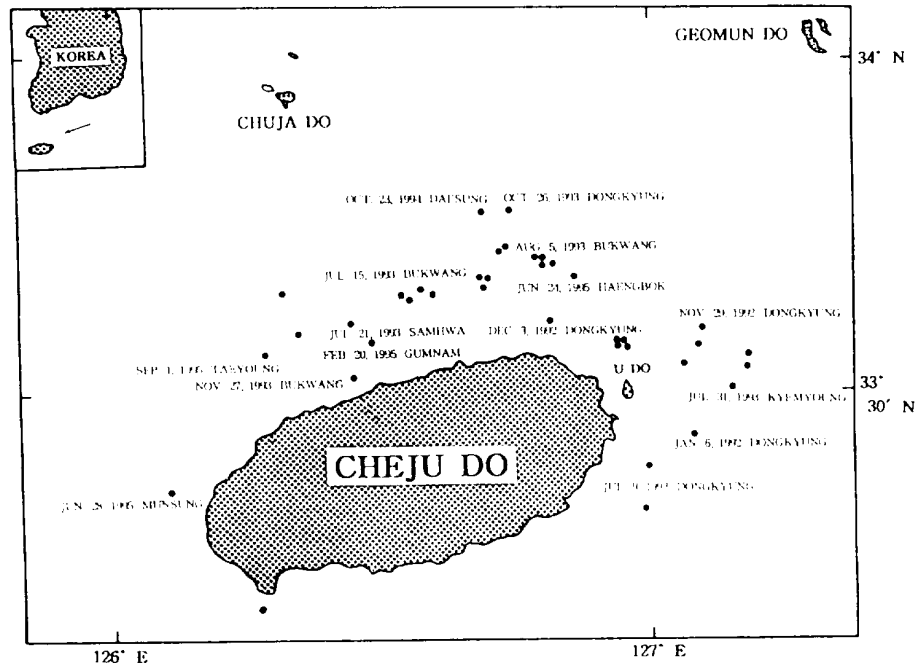


Fig. IV-1. Location of fishing grounds by the Hand Line fishing vessels.

2) 연승어선 승선조사

제주도 주변해역에서는 연승어법에 의해서만 어획되는 시기인 1993년 1월 13일부터 16일까지 갈치 연승어선(BOGHO HO)에 직접 승선하여 Fig. IV-2에 나타난 위치에서 CTD 조사와 갈치 어획수심 및 어획량 특성 등을 조사하였다.

3) 안강망 어선 승선조사

한국남해 및 제주해협에서는 갈치가 거의 남하하여 월동장으로 이동한 시기인 1992년 3월 2일부터 3월 8일까지 안강망어선(22nd SHINSAENG HO)에 직접 승선하여 Fig. IV-3에 나타난 위치에서 CTD를 이용해 조업장의 수온·염분 연직구조를 파악함과 동시에 갈치 어획량 등을 조사하였다.

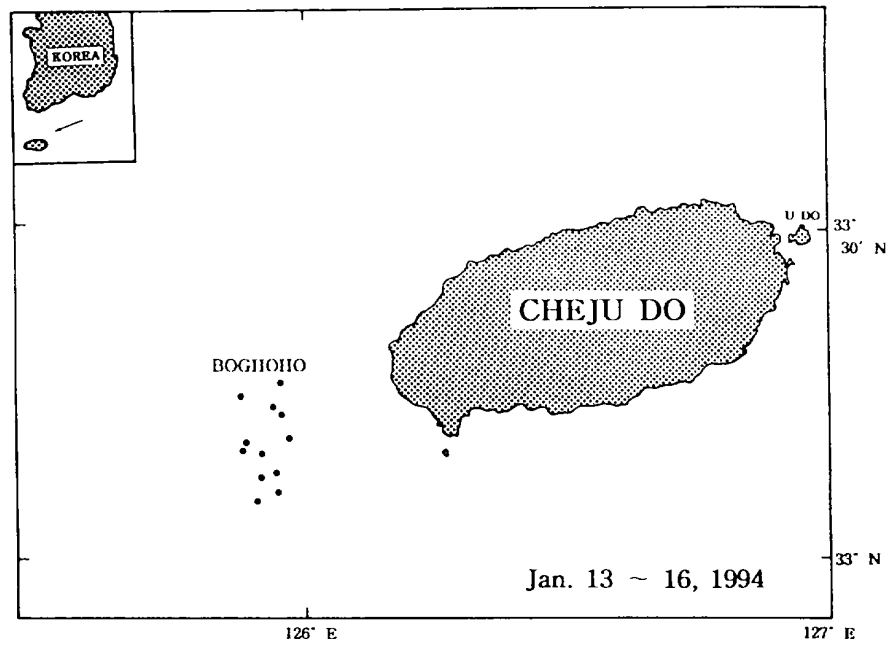


Fig. IV-2. Location of fishing ground by the Long Line fishing vessels.

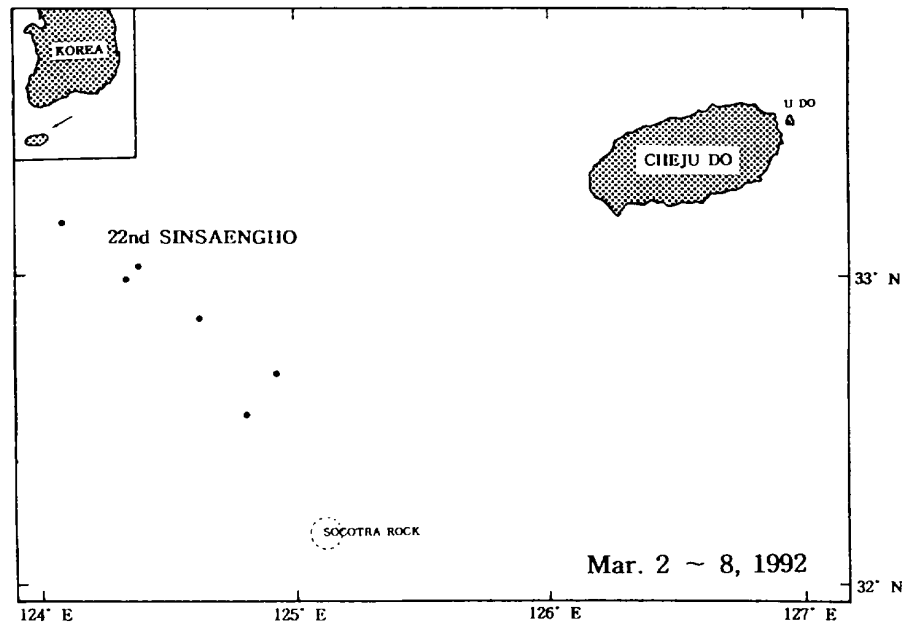


Fig. IV-3. Location of fishing grounds by the Stow Net fishing vessels.

4) 표본어선에 의한 어획수층 및 어획량 조사

제주해협에서 조업하는 갈치채낚이 어선중 표본선을 선정하여 일별 조업위치 및 어획량, 어획수심 등을 기록하게 하여 일별·월별 어획 수층 변동 특성을 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 갈치 채낚이 조업어장의 해황

채낚이 어선에 승선하여 CTD에 의한 해황의 연직구조와 어획량 등을 조사한 결과를 Fig. IV-4에 나타냈다. 월별 조업 실태를 나타낸 것으로 승선조사 기간 동안에 모두 약층이 형성되어 있어 약층과 어획수층과의 관계가 잘 나타나 있다. 그림에서 점들로 검게 표시한 부분(■)은 조사당일 어획된 수층을 나타낸 것으로 수온·염분·밀도 약층과 어획 수층과는 밀접한 관계가 있음을 시사하고 있다.

Fig. IV-4의 (a), (b), (c)는 제주해협에서 어기 조에 해당하는 1995년 6월의 수온·염분·밀도의 연직구조와 어획수심 및 어획량과의 관계를 나타낸 것이다. (a)의 경우는 어획이 가장 낮은 예로 총어획량은 24kg에 불과하였다. 이때의 수온 및 염분의 연직구조 특징은 아직 중국대륙 연안수가 제주해협의 표층수에 직접 영향을 주지 않아 표층염분이 33.0%이상(33.44%)이고 수온·염분 약층이 표층에서부터 약하게 형성되고 있는 시기이며, 저층수온도 다소 낮은 14.7℃를 나타낸다. (b), (c)는 6월 중순 이후의 경우로 표층에 중국대륙연안수가 직접 출현하기 시작하고, 수심 14m 이심층에 현저한 수온·염분 약층이 형성되어 있고 수온·염분 약층 직하의 중·저층수는 대체로 균질한 상태를 유지하고 있다. 그러나 (b)의 경우는 중·저층에 12.3℃ 이하의 냉수가 출현하고 있으며, 20m층에는 표층보다 고온·고염분수가 침입하여 수온역전 현상과 밀도 불안정층이 나타나는 등 연직적인 수온·염분 분포가 매우 복잡하다. 이때 어획수심은 수온·염분 약층 하부 및 그 직하의 균질층에 있고 어획량은 다소 낮은 40kg이었다. 또한 6월 자료 중 최고어획을 보인 (c)의 경우 저층수온이 14.5℃ 이상이고 염분도 34.23‰로 대마난류수에 속하는 수괴이며 표층수온은 21.3℃로 비교적 높고 표층염분은 32.92‰로 춘계말 저염분수가 영향을 미치는 초기 표층염분으로는 비교적 높은 편으로 87kg이 어획됐다. (a), (b)의 경우는 어획량이 많지 않은 경우로 표층 수온 및 염분이 높아 표층냉수 출현 현상이 뚜렷하지 않고 특히 (b)의 경우는 저층 수온이 13.0℃ 이하(12.2℃)로 비교적 저온수가 출현한 경우이며, (a)의 경우는 수온·염분약층이 완전하게 형성되지 않았으나, (c)의 경우는 수온·염분 약층도 발달해 있고 저층수온도 높았으며 어획도 다소 좋았다.

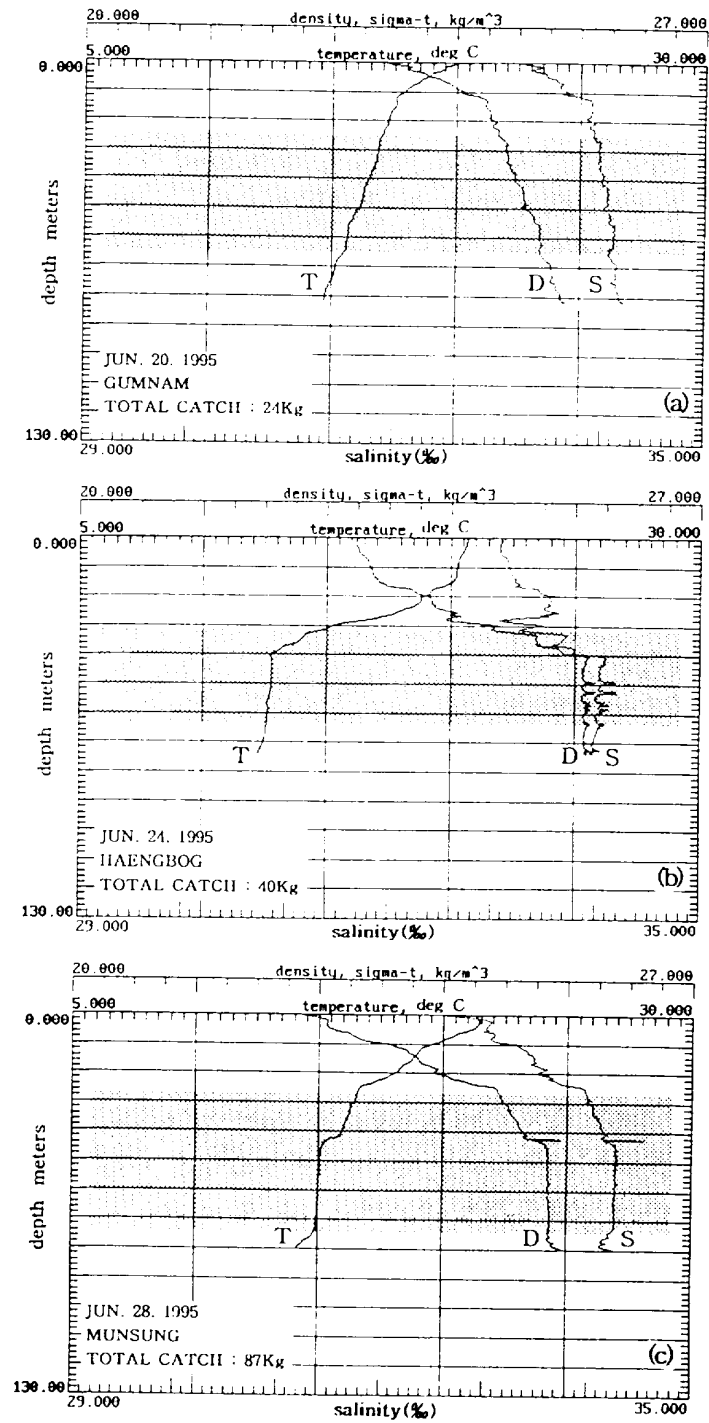


Fig. IV-4. Vertical profiles of temperature(°C, T), salinity(‰, S) and density(σ_t , D) by the Hand Line Fishing vessels.

Fig. IV-4의 (d), (e), (f), (g)는 1992년 및 1993년 7월에 조사된 수온·염분·밀도의 연직구조와 어획수심 및 어획량과의 관계를 나타낸 것이다. (e)의 경우는 어획이 좋지 않아 조업 위치를 이동한 것으로 총어획량은 15kg에 불과하였다. 이때의 수온 및 염분의 연직구조 특징은 7월 초로써 아직 중국대륙연안수가 제주해협의 표층수에 직접 영향을 주지 않아 표층염분이 33.0‰ 이상 유지되고, 수온·염분 약층이 확실하게 이루어지지 않는 약층 형성 시기이며, 저층수온도 14.0℃ 이하(13.9℃)를 나타냈다. (d), (f), (g)의 경우는 7월 중순 이후의 경우로 표층에 중국대륙연안수가 확장되어 수심 10m 이심부터 중층에 현저한 수온·염분 약층이 형성되어 있고 수온·염분 약층 직하의 중·저층수는 대체로 균질한 상태가 유지되고 있다. 또한 최고 어획을 보인 (f)의 경우 저층수온이 14.5℃ 이상이고, 염분도 33.99‰로 대마난류수의 연변부에 속하는 수괴이며 표층수온은 22.5℃로 비교적 낮고 표층염분은 32.40‰로 하계 저염분기의 표층염분으로는 비교적 높은 편으로 표층 냉수출현역의 어장으로 해석된다. (d), (e)의 경우는 어획량이 많지 않은 경우로 표층 수온은 높고, 염분은 낮아 표층냉수 출현현상이 뚜렷하지 않고 특히 (g)의 경우는 저층 수온이 14.0℃ 이하(13.0℃)로 비교적 저온수가 출현하고 있는 경우이다.

Fig. IV-4의 (h), (i)는 8월의 경우로 (h)는 1993년 자료로 어획수층은 약층과 거의 일치하며 7월의 (c)의 경우와 같이 표층냉수가 출현하는 수온·염분 분포를 하고 있으나 저층에 13.5℃의 저온수가 출현하고 있어 어획량은 10kg 정도로 어획이 부진했으며, 1995년 6월의 (b)와 같이 염분·밀도에 있어서 불안정한 성층을 형성하였다. 반면 (i)는 1995년의 경우로 수온·염분·밀도의 구배가 확실하여 약층이 활발하였으며 (h)보다 무려 13배 이상 어획량이 많은 136kg이고, 수온·염분약층 직하의 안정된 성층(50~70m층)에서 주로 어획되었다.

Fig. IV-4의 (j)는 1995년 9월의 경우로 수온·염분약층이 깊어져 가고 표층수온 26.6℃, 염분 29.3‰로 중국대륙연안수의 영향을 강하게 받고 있으며, 저층은 대마난류수의 영향을 받는 지역으로 저층수온은 13.8℃로 낮은 상태를 보였다. 이때의 어획량은 57kg으로 다소 낮았다.

Fig. IV-4의 (k) 및 (l)은 10월의 경우로 (k)의 어획량은 18kg으로 저조한 편이며 표층으로부터의 대류 냉각에 의해 수온 약층은 쇠퇴해 가지만 표층 염분은 32‰미만의 저염분수가 나타나고 있어 표층냉수 출현역이라 해석하기 어렵고, 또한 (b), (h)와 같이 염분·밀도에 있어서 불안정층을 형성하고 있었다. (l)은 (k)와는 달리 약 9배 정도 많은 어획량(160kg)을 보인 자료로 표층으로부터의 대류냉각 작용과 함께 40m층에서 수온 및 염분역전이 일어나 전형적인 추계 말의 해황을 나타내고 있다. 대체로 10월 이전에는 수온·염분의 약층 지역이나 약층 이하의 수층에서 어획이 주로 이루어 졌으나 본 자료는 약층의 상층부인 해황이 안정된 수층에서 어획이 이루어진 것이 가장 두드러진 현상으로 이 수층의 수온·염분은 각각 21.5℃, 33.43‰ 정도로 저층의 수온 15.9℃ 이상, 염분 34.00‰ 이상의 대마난류수층 위에 삽입된 황해난류수층에서 어획이 이루어졌다.

Fig. IV-4 (m), (n)은 11월 자료로서 (m)은 1992년의 경우로 수심이 다소 깊은 곳이고 추계

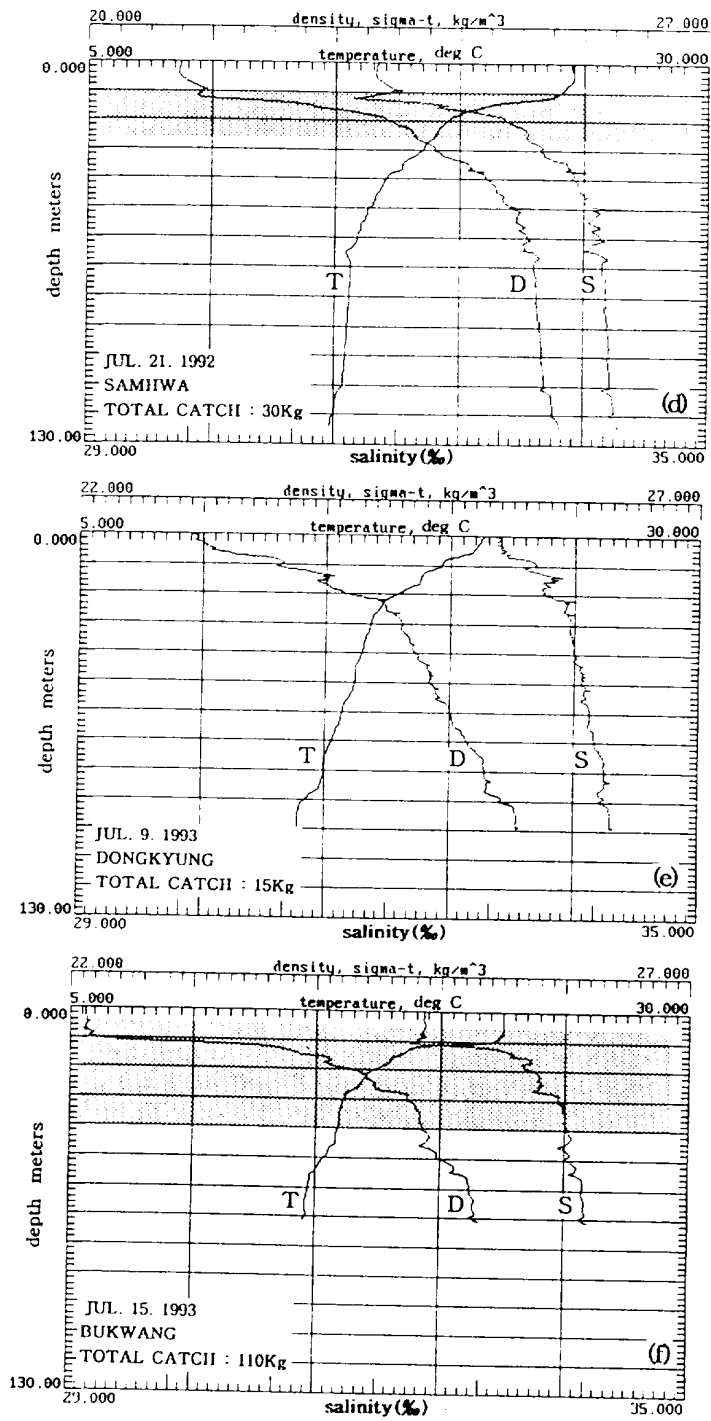


Fig. IV-4. Continued

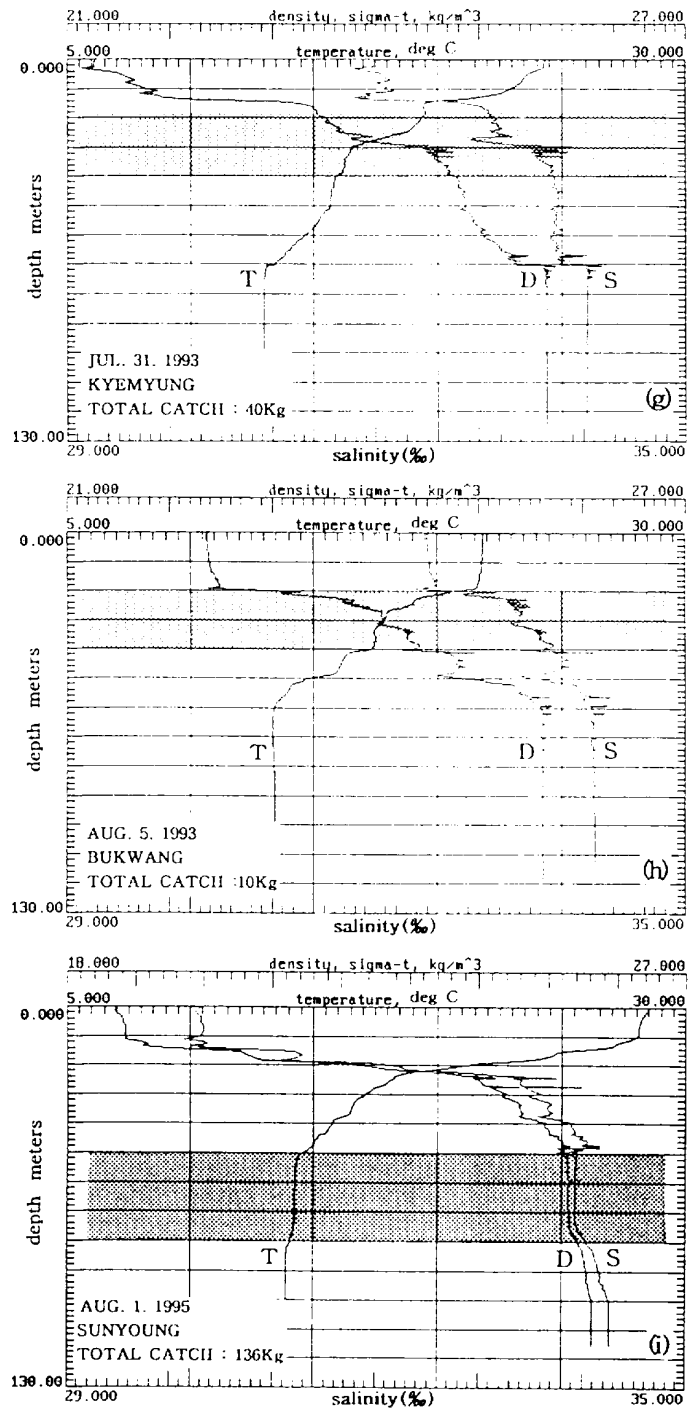


Fig. IV-4. Continued

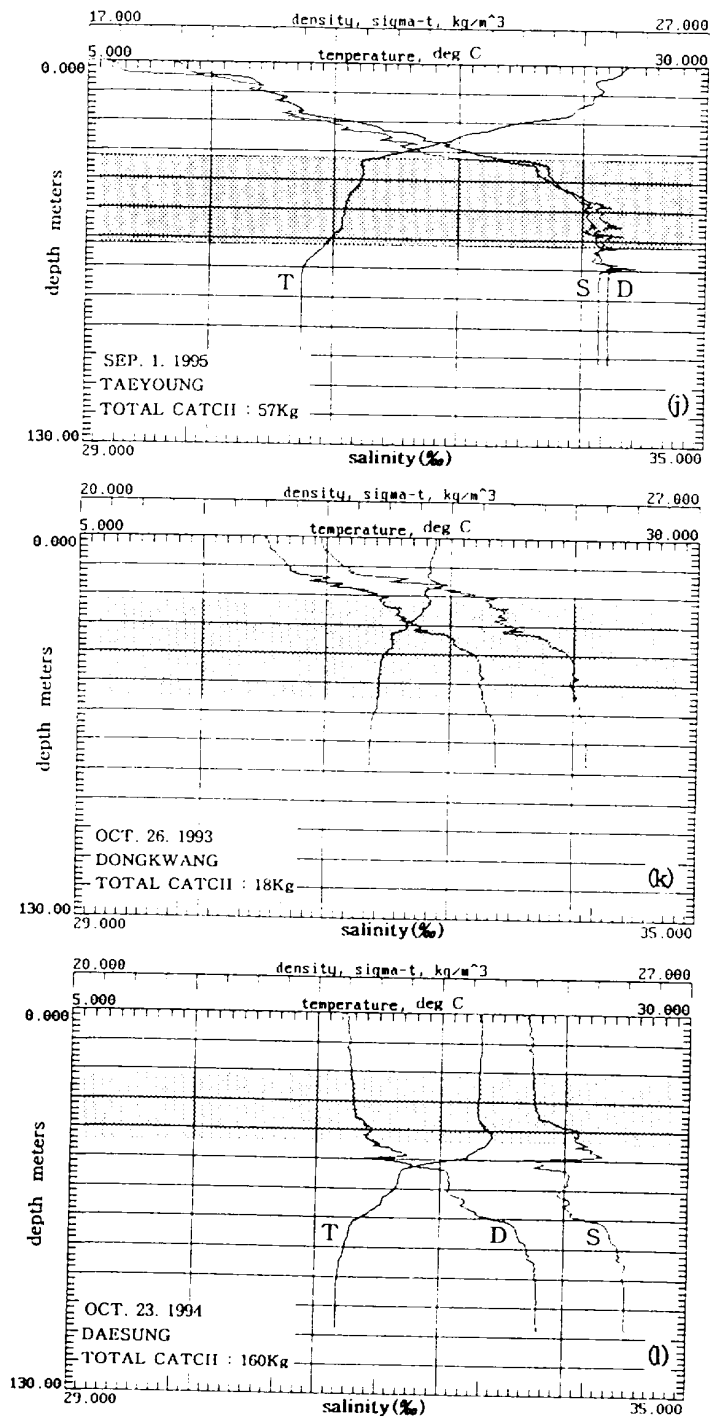


Fig. IV-4. Continued

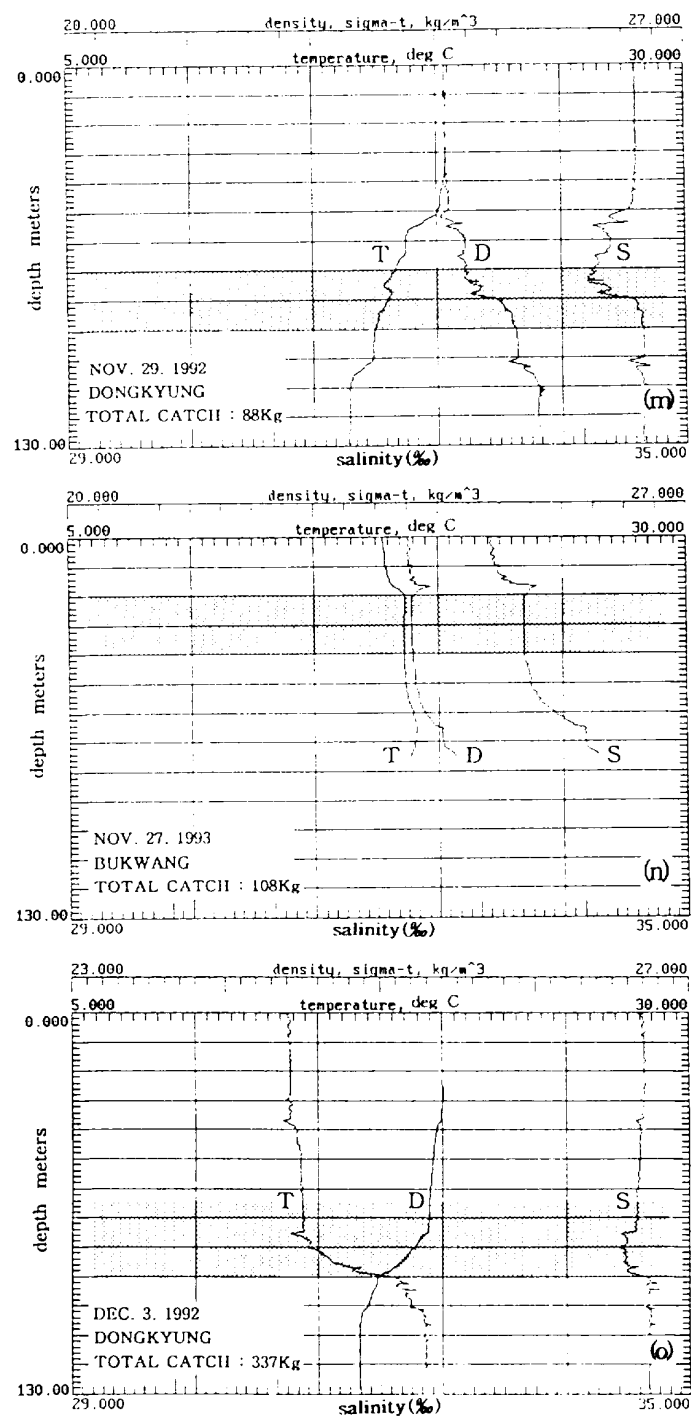


Fig. IV-4. Continued

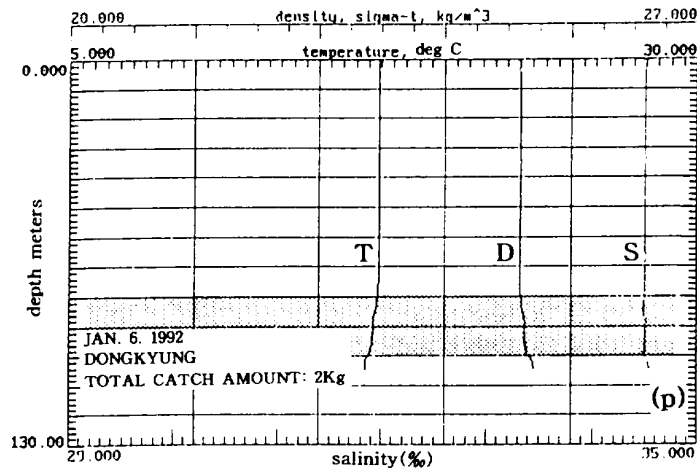


Fig. IV-4. Continued

의 대류냉각이 활발히 진전된 시기로 표층으로부터 40m층까지 거의 균질한 상태이며, 어획수심이 깊어지기 시작하는 시기이지만 이때도 수온 약층에서 어획되었고, 특히 34.50% 정도의 고염분수인 대마난류수에 34.00% 정도의 약간 변질된 저염분수가 삼입되고 있는 층에서 어군이 분포하고 있고 이때의 어획량도 88kg으로 비교적 좋은 어황을 보이고 있다. (n)은 표층으로부터의 대류냉각에 의해 수심 16m 지점에서 수온·염분·밀도 역전이 일어난 경우로 총어획량은 108kg으로써 높은 어획을 보인 예이다. 어획은 수온·염분·밀도 역전이 일어난 직후 수심인 20~40m 수층에서 주로 어획되었고 이 수층의 수온·염분은 각각 18.5℃, 33.5% 정도로 저층의 수온 19.0℃ 이상, 염분 34.0% 이상의 고온, 고염분의 대마난류층위에 삼입된 황해 난류층에서 좋은 어획이 이루어지고 있다.

Fig. IV-4 (o)는 12월 자료로서 어획량은 337kg인 가장 높은 어획량을 나타낸 예이다. 12월의 경우도 어획은 표층 균질층 직하에 형성되는 중층의 수온 약층에서 이루어졌으며 이때 표층 및 저층의 34.50% 이상 고염분 균질층에 34.3% 정도의 저염분층이 삼입되는 염분역전이 일어나는 층과 어획수층이 일치하고 있고 저층수온은 16.6℃였다.

Fig. IV-4 (p)는 1992년 1월 자료인데 제주해협에서 어획이 거의 이루어 지지 않은 시기로 수온·염분·밀도 약층이 소멸되어 표층에서 저층까지 거의 균질한 대마난류수가 분포하고 있는 시기로 총어획은 4마리로 최저어획량을 나타냈다.

따라서 좋은 어획을 보인 (c)(6월, 87kg)와 (e)(7월, 110kg), (i)(8월, 136kg), (l)(10월, 160kg), (m)(11월, 88kg), (n)(11월, 108kg), (o)(12월, 337kg)와 같은 예들의 어장환경 특성은 표층냉수 출현역이면서 저층수온이 14.0℃ 이상(c, f의 경우)이거나 표층에 균질수가 조성되어 중층에 수

온 약층이 존재하면서 이 약층과 같은 수층에 황해난류수 내지는 대마난류 연변부 수괴 즉, 34.30%이상의 고염분수인 대마난류수 대신에 33.60~34.20%정도의 비교적 저염분수가 대마난류수대로 삽입되고 저층수가 14.0℃ 이상인 조건(m, n, o의 경우)을 갖추고 있다. 또한 중·저층에서 염분 및 밀도에 있어서 불안정층이 형성된 경우(b, d, e, g, h, k의 경우)는 어획량이 많지 않았다. 그러나 이러한 성층이 불안정한 해역에서도 어느 조건에 합당하면(상층부에 안정층이 존재하거나, 황해난류수가 삽입된 해역, (l), (o)의 경우) 어획량은 기대 이상으로 많았다.

그러므로 제주해협내의 갈치 채낚이 어장 환경 중 여름에는 표층냉수 출현과 저층수온이 14.0℃이상인 해역과 가을에는 중층에 황해난류수 내지 대마난류 연변부 수괴(혼합수)가 고염분인 대마난류수대로 삽입되며 저층수온이 14.0℃ 이상인 해역의 수온 약층에서 좋은 어장이 형성되고 있다.

이상의 결과를 요약하면 제주해협내의 갈치 채낚이 어장에서의 갈치어획 수심은 수온 약층의 깊이와 일치하므로 약층의 깊이가 얕은 하계는 어획수층이 얇고 약층의 깊이가 깊어가는 추계(11, 12월)는 어획수층이 깊어지며, 저층수온이 14.0℃ 이상이고 대마난류수에 황해난류수 내지는 혼합수가 삽입되는 약층구조에서 어획이 좋았다.

2) 갈치연승 조업어장의 해황

제주도 주변해역에서는 갈치채낚이 어기가 끝나고 주로 갈치 연승에 의해 어획이 이루어지는 시기인 1994년 1월의 제주도 서방해역에서 조업한 갈치연승어선 승선조사시의 CTD자료를 Fig. IV-5에 나타냈다. 이 시기는 제주해협의 해황이 거의 연직적으로 표·저층이 균질한 상태를 보이는 때로 갈치는 거의 저층에서 어획되었다.

전 조사 기간 동안에 해황은 거의 비슷하였고 수온은 저층에서 약 16.5℃ 이고 염분은 34.40%이상, 밀도는 σ_t 25.30인 대마난류역에서 36~220kg의 좋은 어획을 보였다. 그러므로 대류냉각기인 동계의 갈치어장은 하계 및 추계보다는 염분 농도가 높은 대마난류역의 저층에서 어획되는 것으로 해석된다. 즉 갈치는 계절에 따라 호어장 환경이 달라지는 것 같고 어획수층도 변하고 있다.

3) 안강망 조업어장의 해황

제주도 주변해역에서 채낚이 및 연승어기가 끝나는 1992년 3월에 안강망어선에 승선하여 조사한 CTD자료의 연직분포를 Fig. IV-6에 나타냈다. 거의 전층이 연직적으로 균질한 상태로 수온 10.0~11.3℃, 염분 33.35‰, 밀도 σ_t 25.58를 보였다. 이때 성어는 전혀 어획되지 않았고, 단지 두동장 4~11cm(전장 16~36cm)의 치어들만 그물에 걸려 올라왔다. 그러므로 이때 조사 지역에는 갈치 성어는 분포하지 않고 있음을 보여주는 좋은 예라 할 수 있다. 즉 수온 10.0~

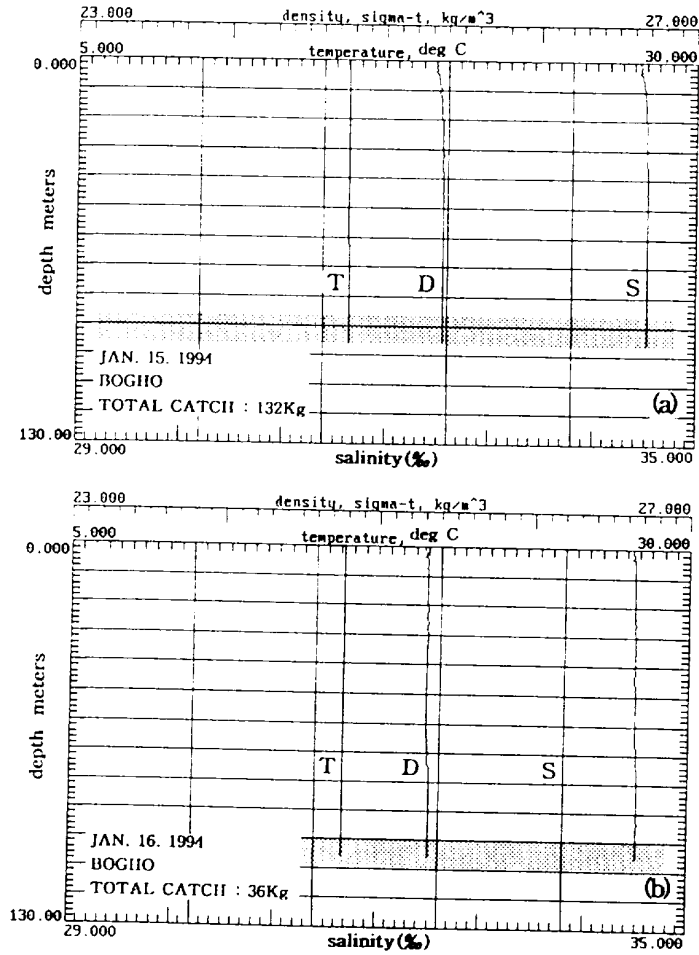


Fig. IV-5. Vertical profiles of temperature(°C, T), salinity(‰, S) and density(σ_t , D) by the Long Line Fishing vessels.

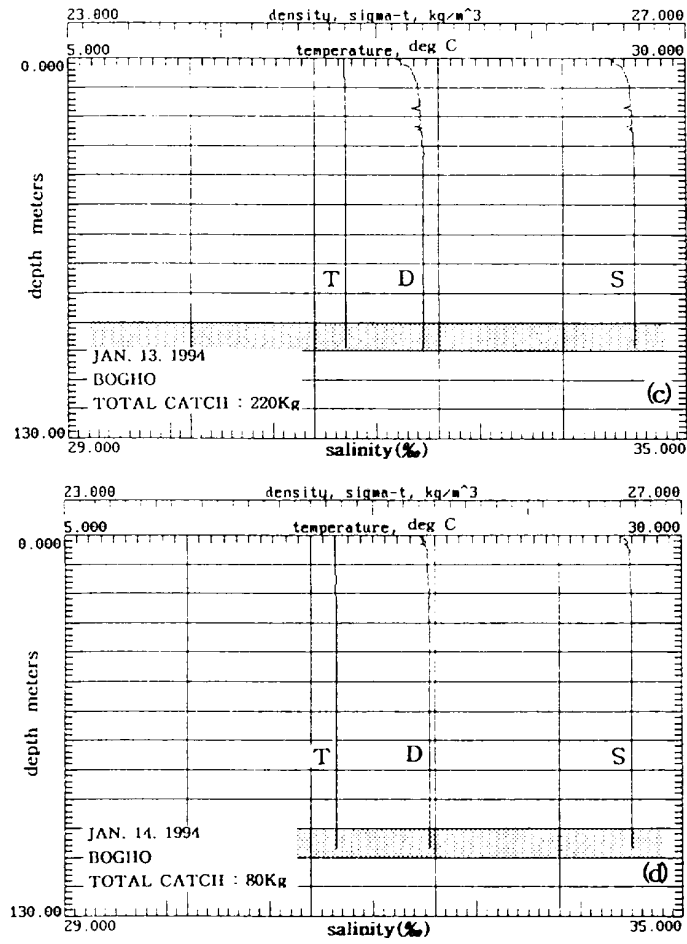


Fig. IV-5. Continued

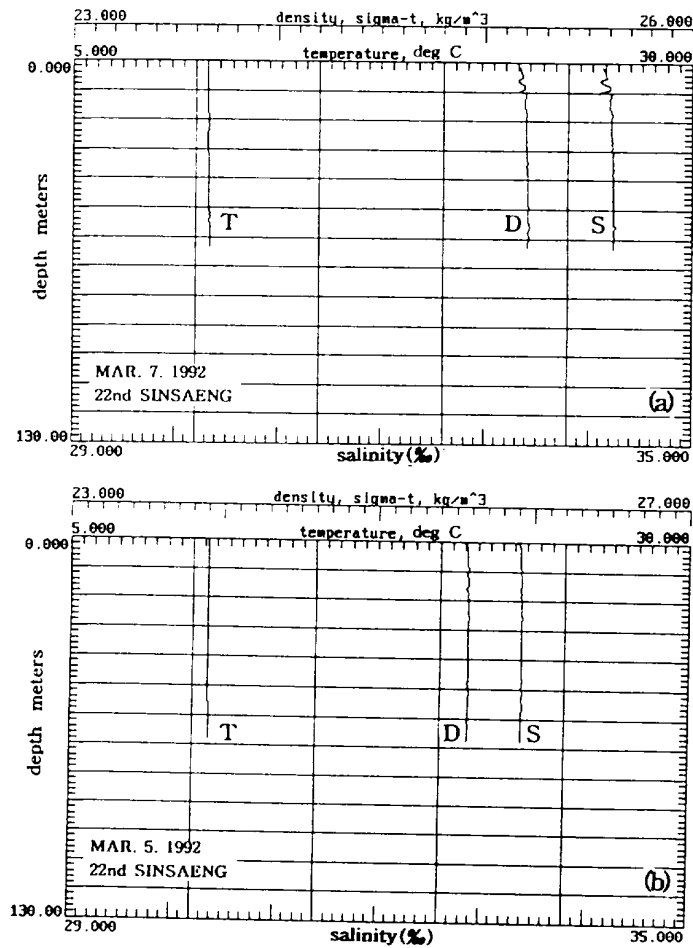


Fig. IV-6. Vertical profiles of temperature(°C, T), salinity(‰, S) and density(σ_t , D) by the Stow Net Fishing vessels.

11.3℃의 저온역에는 갈치 성어는 분포하고 있지 않음을 시사하는 자료가 된다. 이것과 관련하여 갈치의 어획적수온 13.0~17.0℃(백과 박, 1986)라고 보고된 바 있다.

이상의 갈치 채낚이 어선, 연승어선, 안상망어선 승선 조사 결과 제주도 주변해역에서 어획되는 갈치어장은 저층수온 14.0℃이상의 해역중 하계는 표층냉수가 출현하는 염분 32.0~34.0‰ 정도의 혼합수, 황해난류수, 대마난류수 연변부 등의 수괴성질을 갖는 수온·염분 약층(차층수 내지는 중층수)에서 주로 어획되고 추계에는 대마난류수 내로 33.60~34.20‰ 정도의 대마난류수보다는 상대적으로 낮은 저염분수가 삼입되는 수온약층(중층수 내지는 중하층수), 동계에는 34.30‰ 이상의 고염분의 대마난류수의 저층에서 어장이 형성되고 있으며 특히 하계부터 추·동계가 될수록 점차 저염분역에서 고염분역으로 이동하고 어획수심도 점차 깊어지는 경향이 있다.

이처럼 계절에 따른 어획수심의 변동은 松井와 高井(1952)의 동지나해역에서의 갈치 어획수심 변화에서 동계인 3월이 어획수심이 가장 깊고, 4, 5, 6월과 하계에 어획수심이 낮아지는 경향이 있다는 보고와도 잘 일치하였다.

4) 어획수층의 변동

어선승선조사에서 어획수층이 계절에 따라 변하고 있음을 지적한 바 있으나 그 변화 양상을 좀더 구체적으로 파악하기 위하여 갈치 채낚이 어선 중 표본어선을 선정하여 조업일별 갈치어획 수층(m)을 기록하도록 한 자료를 정리한 결과를 Fig. IV-7에 나타냈다.

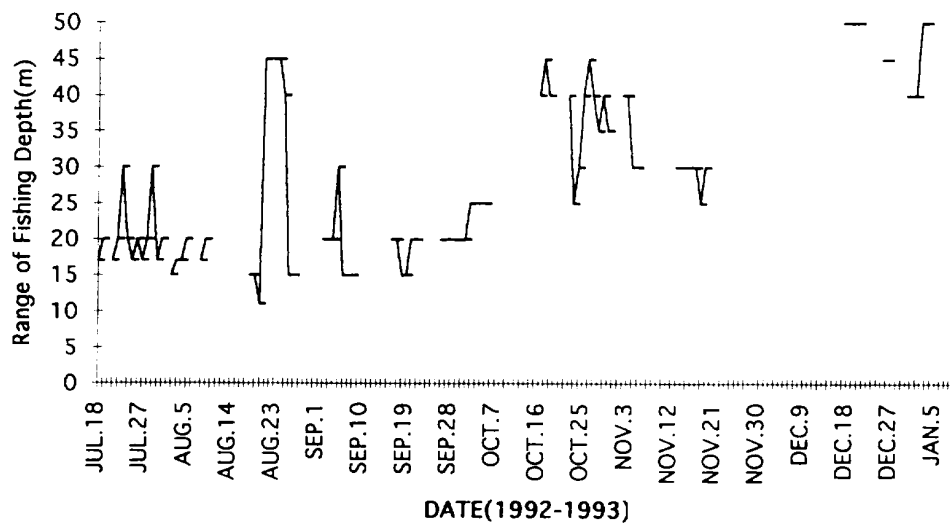


Fig. IV-7. Range of daily fishing depth by the Hand Line Fishing vessel, Youngkil.

월별 어획수층은 7월의 경우 17~30m 수층에서 어획되었고, 8월은 어획수층의 일별변화가 가장 큰 달로서 11~45m층에서 어획되었으며, 9월은 15~30m층으로 7월과 거의 같았다. 또한 10월의 경우는 20~45m층으로 8월 다음으로 어획수층의 일별변화가 컸으며, 11월은 25~40m층, 12월과 1월이 14~50m층으로 거의 같았다.

이상의 결과에서 제주해협에서 갈치채낚이 어선에 의해 갈치가 어획되는 수층은 11~50m층 범위에 있다.

그러나 월별로 평균한 어획수심을 나타낸 Fig. IV-8에 의하면 7, 8, 9월이 20~25m 정도로 가장 얇고 10, 11월이 35m 정도이고 12, 1월이 50m 정도로 하계에서 동계로 갈수록 어획평균수심은 깊어졌다.

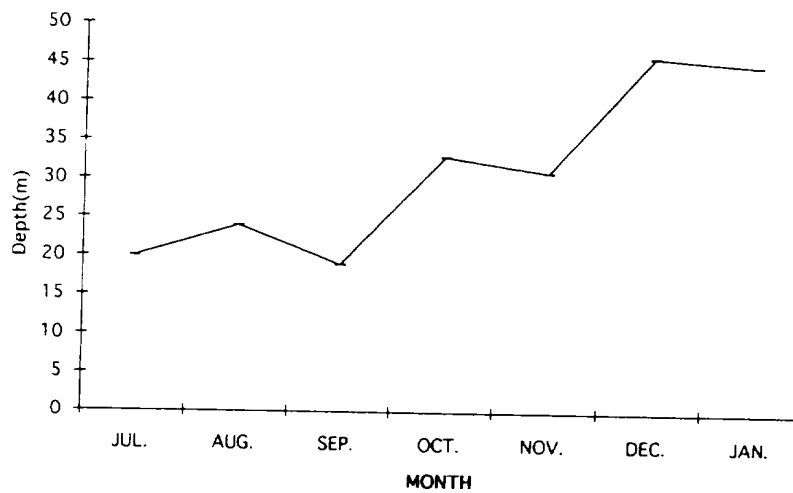


Fig. IV-8. Range of the monthly mean fishing depth caught by the Hand Line Fishing vessel, Youngkil.

4. 요약

갈치 채낚이, 연승, 안강망어선에 승선하여 수집한 갈치의 어획량, 어획수층 및 수온·염분·밀도의 연직분포상태 등을 분석한 제주도 주변해역의 갈치어장 특성을 요약하면 다음과 같다.

1) 갈치 어획이 좋은 어장의 환경 특성은 표층냉수 출현역이면서 저층수온이 14.0℃이상이거나 표층에 균질수가 조성되고 중층에 수온 약층이 존재하면서 이 약층 내로 황해난류수 내지는 대마난류 연변부 수괴가 대마난류수내로 삽입되는 경우이다. 갈치 어획수층은 수온 약층의 깊이와 일치하므로 약층의 깊이가 얕은 하계는 어획수층이 얕고 약층이 깊어지는 추계(11, 12월)는 어획수층이 깊어져 주로 중·저층에서 어획되고 있다.

2) 대류냉각기인 동계의 갈치어장은 하계 및 추계보다는 염분 농도가 높은 대마난류역의 저층에서 어획되는 경향이 있다. 그러므로 갈치어장은 하계부터 추·동계가 될수록 저염분역에서 고염분역으로 이동하고 어획수심도 점차 깊어지는 경향이 있다.

V. 제주해협에 출현하는 갈치의 번식생물학적 특성

1. 서 언

갈치의 생식, 산란 습성, 분포 양식에 관한 연구는 여러 연구자(三栖, 1959. 山田, 1971. 木村와 鈴木, 1980. 阪本, 1982. Sheridan et al, 1984. 宗濟와 桑原, 1984 a, b)에 의해 보고된 바 있으며 우리나라에서도 연근해역을 중심으로 갈치의 산란 시기에 관한 연구(정, 1991)가 행해진 바 있으나 갈치의 생식주기, 포란수, 산란회수 등에 관한 번식생태학적 연구가 아직 미흡한 실정이다. 특히 제주해협에 출현하는 갈치를 대상으로 한 번식생태에 관한 연구는 거의 이루어진 바 없다.

본 연구는 제주해협에서 갈치 어획이 시작되는 6월부터 12월에 걸쳐 이 시기의 생식소 발달과정, 생식주기, 포란수, 산란회수 그리고 출현 시기의 성비 등을 조사하여 이들의 번식생태를 밝히고자 하였다.

2. 재료 및 방법

갈치 채낚이 어선이 제주도 근해에서 조업하여 제주항, 한림항, 성산포항, 서귀포항에 위판한 갈치시료를 구입하여 갈치 생태분석에 사용하였으며, 이때 시료채집 선박의 조업위치를 Fig. V-1에, 채집된 일자 및 선박명, 경위도 그리고 채집된 Sample의 수를 Table V-1에 나타냈다.

갈치시료는 갈치채낚이 어선에 의해 제주해협에서 어획되기 시작하는 1992년 6월부터 종어기인 1992년 12월까지 채집한 670개체를 분석하였다.

채집한 시료는 실험실로 옮겨 전장과 두동장은 0.1cm, 체중은 0.1g까지 계측했고 어체로부터 떼어낸 생식소 중량은 0.01g까지 계측했다.

생식소 속도지수(Gonadosomatic index, GSI)는 다음의 식에 의하여 구하였고,

$$GSI = \frac{GW \times 10^8}{AL^3}$$

GW : Gonad weight, AL : Anal Length

Table V-1. Summary of the materials used in the study

Collection Port	Date	Ship's Name	Fishing Position (Latitude & Longitude)	Number of Samples
Hanrim	①Jun. 1, 1992	BOGHO	33° 22' 00" N, 125° 52' 00" E	19
	②Jun. 1, 1992	SUNDUK	33° 26' 04" N, 125° 56' 00" E	15
	③Jul. 7, 1992	YOUNGJIN	33° 22' 00" N, 126° 12' 40" E	22
	④Aug. 3, 1992	JEONGYANG	33° 33' 00" N, 126° 15' 00" E	26
	⑤Aug. 28, 1992	HAEL	33° 32' 50" N, 126° 13' 00" E	27
	⑥Sep. 28, 1992	YONGSEONG	33° 33' 00" N, 126° 12' 00" E	37
	⑦Oct. 18, 1992	JEONGYANG	33° 36' 00" N, 126° 12' 50" E	34
	⑧Nov. 22, 1992	DAEKIL	33° 30' 40" N, 126° 08' 20" E	32
Cheju City	⑨Jul. 6, 1992	SINMYUNG	33° 38' 20" N, 126° 42' 54" E	21
	⑩Aug. 3, 1992	UYOUNG	33° 31' 49" N, 126° 32' 55" E	26
	⑪Aug. 28, 1992	DUNGHAEE	33° 34' 50" N, 126° 27' 30" E	31
	⑫Sep. 28, 1992	KUMGANG	33° 34' 53" N, 126° 43' 49" E	40
	⑬Oct. 18, 1992	SAMHWA	33° 52' 00" N, 126° 21' 30" E	35
	⑭Nov. 22, 1992	HYUNHAE	33° 57' 42" N, 126° 31' 30" E	42
Sungsanpo	⑮Jun. 6, 1992	TAEIL	33° 42' 00" N, 127° 08' 02" E	24
	⑯Jul. 7, 1992	SEONGBOK	33° 34' 44" N, 126° 48' 42" E	22
	⑰Aug. 29, 1992	2nd DONGJIN	33° 55' 00" N, 126° 54' 00" E	24
	⑱Sep. 29, 1992	DAEYANG	33° 33' 47" N, 126° 44' 04" E	33
	⑲Oct. 18, 1992	707 DAEMYUNG	33° 40' 48" N, 126° 52' 32" E	34
	⑳Nov. 22, 1992	DONGYUNG	33° 34' 37" N, 127° 05' 38" E	28
	㉑Dec. 18, 1992	HANSIN	33° 31' 00" N, 127° 09' 17" E	75
Seogwipo	㉒Jun. 6, 1992	GUMJUNG	33° 08' 00" N, 126° 30' 00" E	23
Total				670

또한 간속도지수(Hepatosomatic index, HSI)는 다음 식에 의해 구하였다.

$$HSI = \frac{LW \times 10^8}{AL^3} \quad LW: \text{Liver weight (간중량)}.$$

생식소의 조직표본 제작은 Bouin's solution에 24시간 고정하여 상법(常法)인 Paraffin 절편법에 의해 5~6 μ m 두께로 절편을 만들었으며, Hansen's haematoxylin과 0.5% Eosin으로 비교 염색하였다.

난경변화 및 포란수(抱卵數)는 성숙 및 완숙기에 이르는 6~9월의 개체 중 성숙 상태가 육안적(현미경적)으로 식별되는 재료의 난소만을 이용하였으며, 조직 관찰에서 산란 경험이 있는 것으로 판단되는 개체는 제외시켰다.

이들 난소내 난의 분리를 촉진시키기 위해 개량 Gilson용액(Love and Westphal, 1981)에 넣

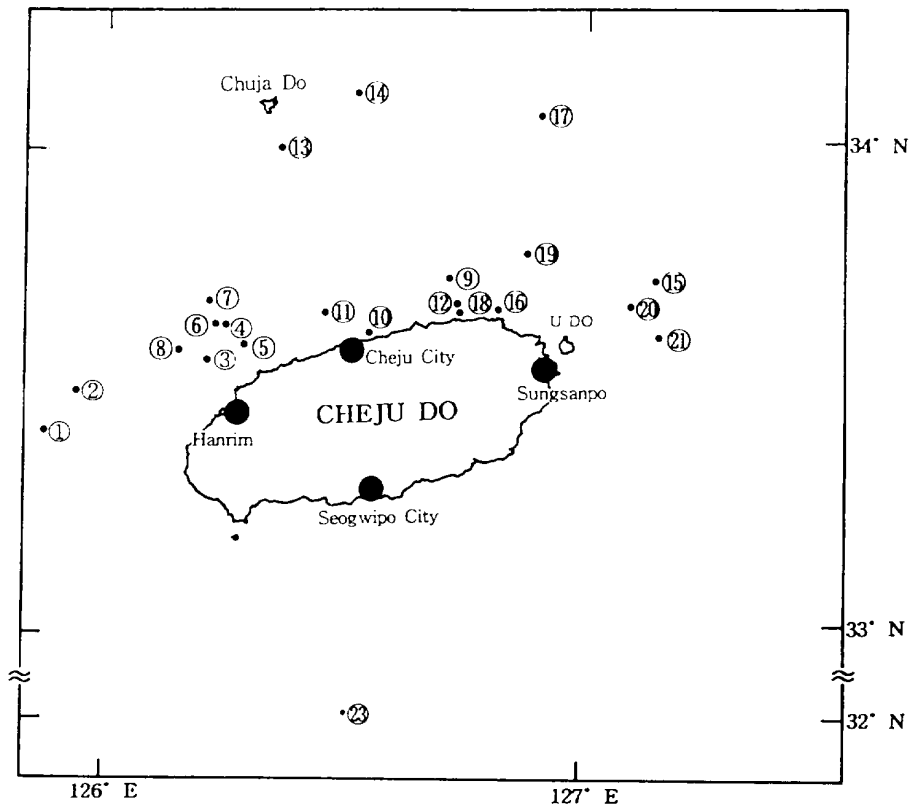


Fig. V-1. Location of the fishing grounds in the surrounding seas of Cheju Island.

어 60~70℃의 온도를 유지하면서 3~7일간 수회 흔들어 주면서 분리시켰고, 분리되지 않는 난들은 해부침으로 완전 분리시켰으며 이때 떨어져 나온 결체조직들은 증류수로 씻어 제거하였다. 그리고 난경 400μm 이상의 난들을 대상으로 계수하였다.

포란수의 계산은 아래와 같이 습중량법(Bagenal and Braum, 1978)을 사용하였다.

$$E = \frac{W - W'}{\omega} \times \epsilon$$

E : 포란수, W : 난소중량, W' : 난소막무게, ω : 난소의 일부중량, ε : 난소 일부의 난수.

그리고 갈치의 지역별 성비는 아래와 같은 성비관계식에 의해 구하였다.

$$\text{Sex Ratio} = \frac{\text{Female}}{\text{Female} + \text{Male}}$$

3. 결과 및 고찰

1) 생식소의 외부 형태 및 구조

갈치의 난소는 1쌍의 길다란 원통형으로 낭상구조를 가지며, 정소도 한쌍의 원통형 엽상구조로 腹腔의 후반부에 척추골을 따라 각각 위치하고, 암수 모두 생식소는 좌우 비상칭이다(Fig. V-2). 난소와 정소는 많은 난소소낭과 정소소엽으로 구분되어 있고, 난소는 유백색에서 성장함에 따라 옅은 홍색을 띄며, 정소는 미성숙기에는 옅은 황색을 나타내나 성장함에 따라 유백색으로 된다.

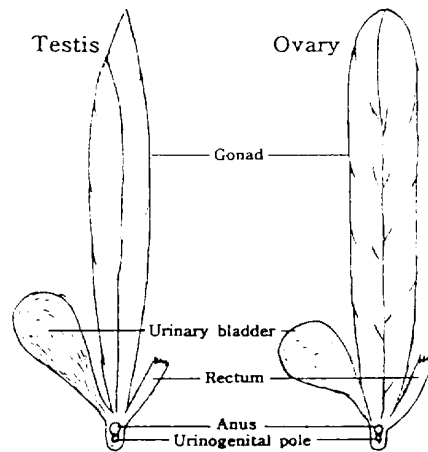


Fig. V-2. Reproductive organ of Hairtail.

2) 생식소 속도지수(Gonadosomatic index, GSI)의 변화

월별·지역별 생식소 속도지수의 변화를 Fig. V-3, 4에 나타냈다. 제주해협으로 내유하는 갈치의 암컷 GSI는 6월초에 한림이 높은 GSI(83.1)를 나타내고 다음이 성산포(52.4), 서귀포(33.0)의 순으로 지역적인 차가 있다. 7월에는 제주시쪽이 높은 GSI(87.0)를 나타내고 한림(66.7), 성산(31.9)의 순이었다. 8월에 한림은 GSI 63.0으로 7월과 거의 비슷한 수준을 유지했지만, 제주시는 GSI 37.0, 성산포는 GSI 43.0이었다. 9월이 되면서 한림이 GSI 48.0로 다소 높은 상태이나, 다른 지역의 GSI가 서서히 낮아지기 시작하여 10월에는 각 지역의 GSI가 10.0 전후이고, 11월에는 GSI 5.0 이하의 낮은 값을 가졌다.

수컷도 암컷과 같이 6월에 가장 높은 GSI(한림 53.2, 상산포 34.5, 서귀포 13.0)를 보이고 7, 8월에 18.0 이상의 높은 값을 유지하다가 9, 10월에 접어들면서 GSI가 낮아지기 시작하여 12월에 GSI 8.5였다.

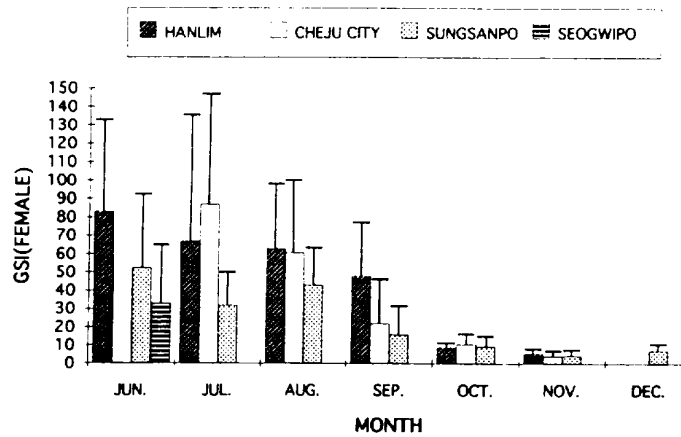


Fig. V-3. Monthly and regional variations of the female's gonadosomatic index. Bars indicate the standard errors.

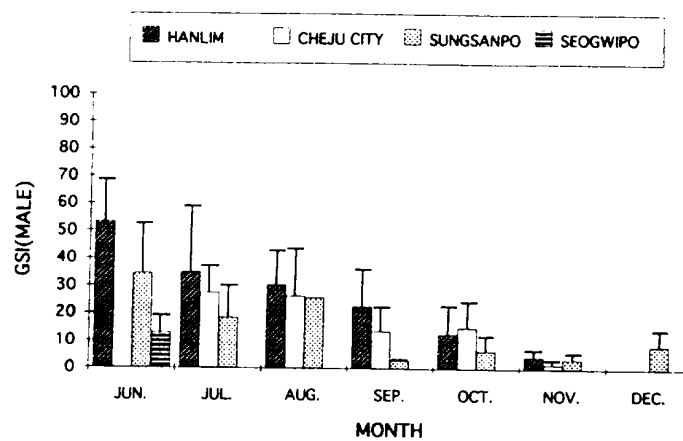


Fig. V-4. Monthly and regional variations of the male's gonadosomatic index. Bars indicate the standard errors.

3) 간속도지수(Hepatosomatic index, HSI)의 변화

간속도지수의 월별·지역별변화를 Fig. V-5, 6에 나타냈다.

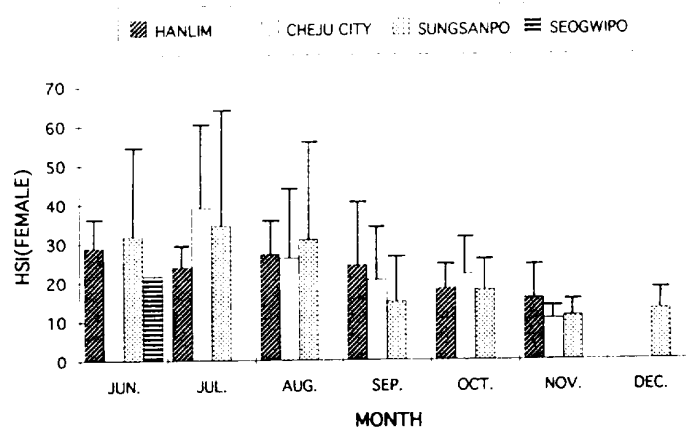


Fig. V-5. Monthly and regional variations of the female's hepatosomatic index. Bars indicate the standard errors.

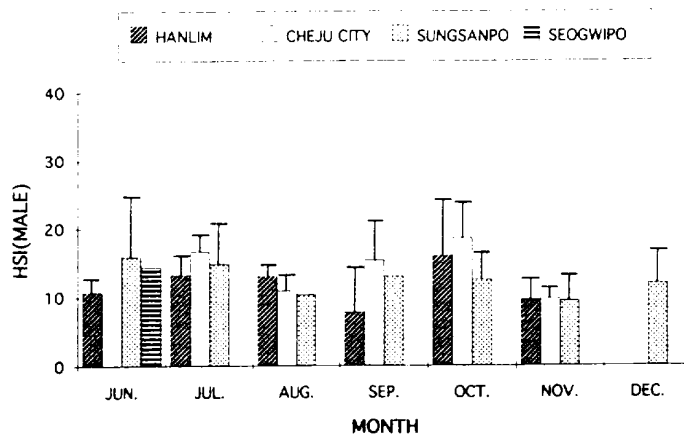


Fig. V-6. Monthly and regional variations of the male's hepatosomatic index. Bars indicate the standard errors.

암컷 HSI의 월별 변화는 GSI의 변화 양상과 유사한 변화로 GSI가 높은 6월부터 9월까지 HSI도 38.9~14.8의 범위로 6월부터 9월까지 높은 경향을 나타내고 있으나 10월부터 HSI 21.0 이하로 낮아지기 시작하여 12월에는 HSI 12.7이었다.

반면에 수컷(Fig. V-6)의 HSI의 변화는 조사 기간 중 HSI가 18.8~9.3으로 큰 변화가 없다.

4) 생식소 발달

(1) 난자 형성 과정

성장기 난소는 섬유성 결합 조직에 의해 구분된 많은 난소소낭으로 구성되어 있다. 이들 소낭내에 난경 6~8 μ m의 난원세포와 20 μ m 전후의 주변인기 난모세포, 그리고 세포질 가장자리에 난황포가 분포하고, eosin에 짙게 염색되는 방사선대와 여포세포층이 형성된 난경 300~400 μ m 전후의 초기 성숙난들이 존재하고 있다(Fig. V-7 (a)).

난경이 650~700 μ m에 달하면 핵막이 거치화되면서 배포가 동물극쪽으로 이동하고 난황구의 축적이 충실해지면서 이들 사이에 유구들이 나타나며 방사선대와 여포층의 세포가 잘 발달된다(Fig. V-7 (b)).

산란을 하게 되면 완숙난을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란 흔적을 남긴다(Fig. V-7 (c)).

산란 후 난소소낭내에 소수의 완숙난 및 성숙난모세포들이 잔존하나 이들 중 호염기성의 세포질을 갖는 어린 난모세포들을 제외하고는 대부분 세포질 붕괴를 일으키며 퇴화 흡수된다(Fig. V-7 (d)).

(2) 정자 형성 과정

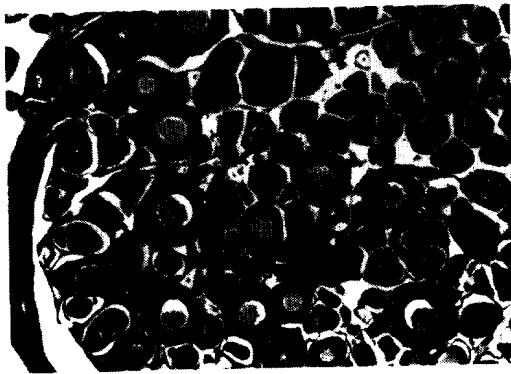
정소는 난소와 상동적 구조로서 많은 정소 소엽으로 구성되어 있다. 정소소엽 내에 6 μ m 전후의 정원세포 무리와 정모세포 무리 그리고 소엽내강에 정세포 무리들로서 발달 단계별로 구성되어 있다(Fig. V-8 (a)). 정소의 발달과 함께 각기 다른 발달 단계의 생식세포군 즉 정모세포, 정세포 정자 등을 내포한 정소소엽들이 피질층에서 수질층으로 배열되어 간다(Fig. V-8 (b)). 정소의 성숙과 함께 정세포가 정자로 변태되면서 소엽은 비후된다. 이들 정자는 소엽내강으로 이동되어 정자괴를 형성한다(Fig. V-8 (c)). 방정 후 소엽내강의 잔존 정자들은 퇴화 소실되어 가며, 정소 자체는 위축되어지나, 소엽상피층에는 수많은 정원세포들이 분열증식한다(Fig. V-8 (d)).

5) 생식주기

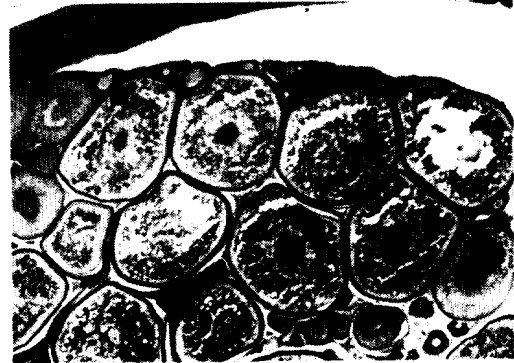
월별로 조사된 난소 내 난자 형성 과정과 정소 내 정자 형성 과정을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여 이들의 생식주기를 성장기, 성숙기, 완숙 및 산란기, 휴지기 등의 연속적인 주기로 나타낼 수 있었다(Table V-2, Fig. V-9).

(1) 성장기

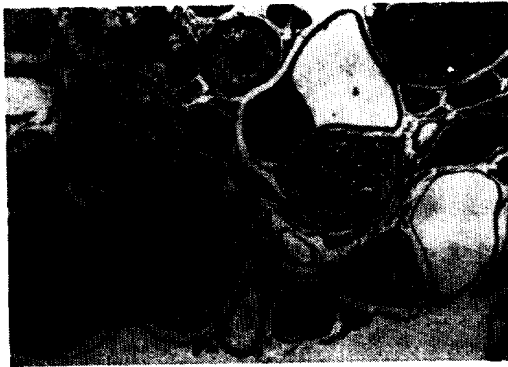
일부 개체의 암컷의 난소에서 주변인기 난모세포들이 성장하고, 수컷의 정소에서는 정원세포의 분열증식과 정모세포의 성숙분열이 활발해져 성숙기에 접어든다. 이들 성숙개체들은 6월의 소수개체에서 나타나고 있다.



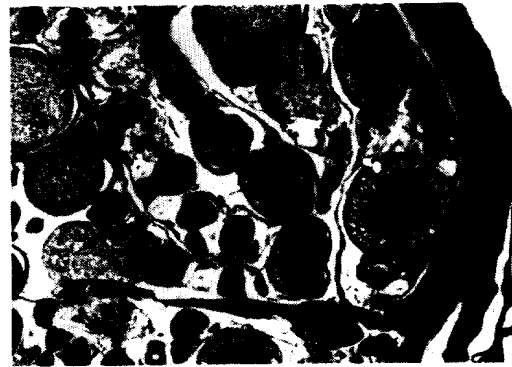
(1)



(2)



(3)



(4)

Fig. V-7. Gonadal phases of female Hairtail, *Trichiurus lepturus* in different phase of the reproductive cycle.

1. Ovary which is sampled in June. The ovary is mainly filled with oocytes in the perinucleolar stage and yolk vesicle stage; 2. Ovary which is sampled in July. The oocytes in the maturation stage are observed among the oocytes in the vitellogenic stage; 3. Ovary which is sampled in spawning period. Empty follicles are seen; 4. Ovary which is sampled in October. The ovary is composed of the degenerating oocytes and perinucleolar oocytes.

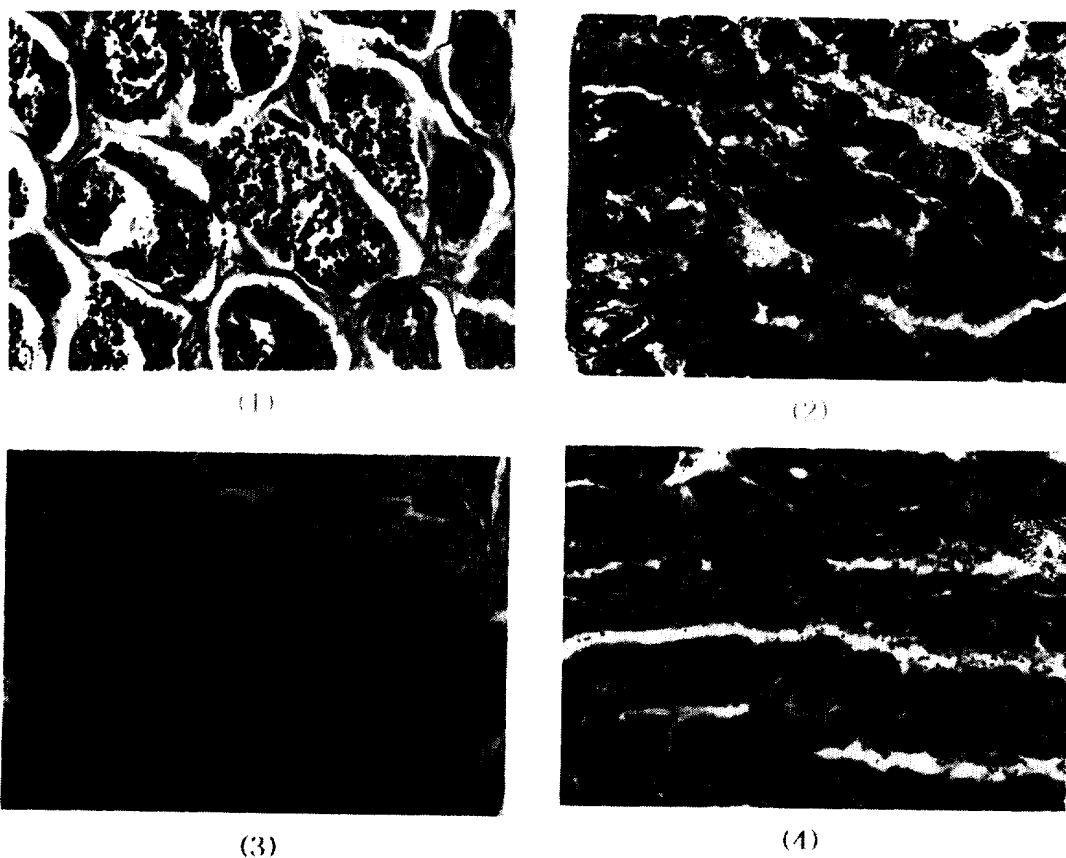


Fig. V-8. Gonadal phases of male Hairtail, *Trichiurus lepturus* in different phase of the reproductive cycle.

1. Testis which is sampled in June. The spermatogonia and some spermatocytes appear in the lobules; 2. Testis which is sampled in July. The testis is composed of the spermatocyte, spermatid and spermatozoa; 3. Testis which is sampled in spawning period. Many spermatozoa are filled in the lumen of the lobule; 4. Testis which is sampled in October. The spermatogonia appear in the lobulus and a few number of undischarged spermatozoa remain in the lumen of the lobule.

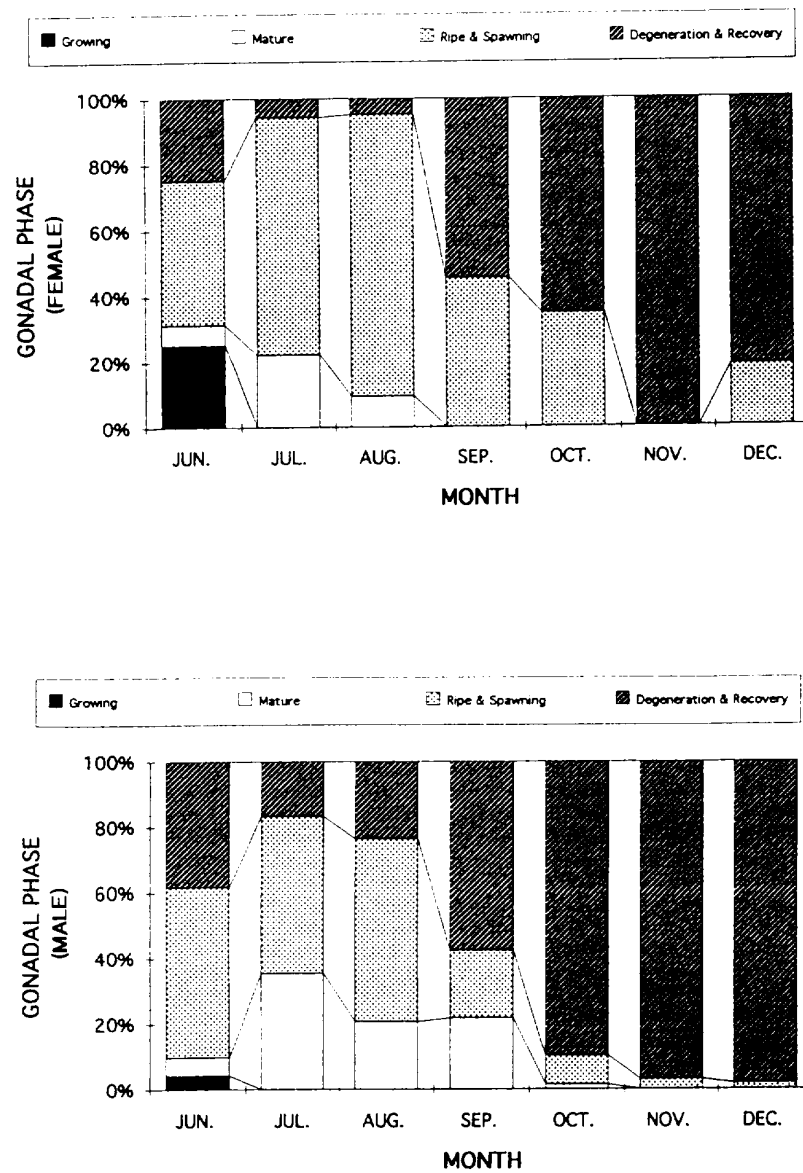


Fig. V-9. Gonadal phase of Hairtail.

Table V-2. Monthly and regional gonadal phase of Hairtail

		June				July			August			September			October			November			December		
		G	M	R	D	M	R	D	M	R	D	M	R	D	M	R	D	M	R	D	M	R	D
Hanrim	m	4	.	1	.	.	5	.	2	6	.	.	5	6	.	6	1	.	.	8	.	.	.
	f	3	1	13	.	4	11	2	13	20	12	.	6	12	.	.	22	.	.	23	.	.	.
Cheju City	m	.	.	4	.	.	6	.	.	11	1	.	5	5	.	.	9	.	.	14	.	.	.
	f	.	3	7	13	8	6	1	9	23	6	.	8	20	1	3	19	.	1	25	.	.	.
Sungsanpo	m	.	.	.	.	.	2	1	.	1	.	.	.	1	.	2	5	.	.	10	.	.	13
	f	.	.	.	.	6	6	7	.	16	7	17	2	13	.	3	21	.	1	15	.	.	52
Seogwipo	m	.	1	7	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	f	.	.	18	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

* G : Growing
M : Mature
R : Ripe & Spawning
D : Degeneration & Recovery
m : male
f : female

(2) 성숙기

암컷의 난소에는 세포질에 다량의 난황을 축적하고 배포가 동물극쪽으로 이동하는 성숙 난모세포들로 대부분 채워져 있고, 수컷의 정소에는 발달 단계가 다른 정모세포군, 정세포군, 변태된 정자들로 구성된다. 6월~8월에 걸쳐 성숙기의 개체들이 출현하고 있다.

(3) 완숙 및 산란기

암컷의 난소에는 700 μ m전후의 완숙난으로 가득 차고, 이들 사이에 완숙난을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란 흔적을 가지고 있다. 수컷의 정소에는 정자들이 무리를 지어 소엽내강에 정자괴를 형성하여 있다. 이러한 산란개체는 6월부터 10월까지 나타나고 있으나 성기는 7~8월에 걸쳐 일어나고 있다.

(4) 회복 및 휴지기

정소와 난소는 미방정된 정자와 미배란된 난들이 퇴화 흡수가 일어나면서 생식소는 급격히 위축된다. 난소에서는 여포세포층이 형성된 난모세포 이상의 성숙 난모세포들은 퇴화 흡수되고 주변인기의 어린 난모세포들만이 난소 소생상피위에 잔존하고 있다. 정소 역시 미방정된 정자들이 퇴화 흡수되어 위축되는데 이때 피질층의 정소소엽에 정원세포들이 분열 증식하고 있다. 이러한 휴지기에 접어드는 개체는 7월부터 소수 출현하기 시작하여 10월 이후에 조사된 대부분의 개체가 휴지기에 접어들고 있다.

6) 지역별 갈치 성비 관계

Fig. V-10은 월별·지역별 갈치시료에 대한 성비를 나타낸 것으로 0.5 이상은 암컷의 비율이 높은 것이고, 0.5 이하는 수컷의 비율이 높은 것을 나타낸다.

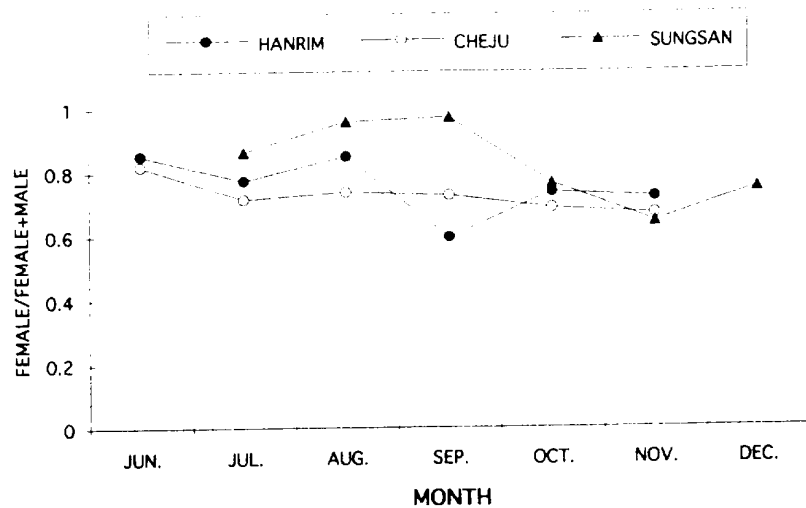


Fig. V-10. Monthly regional variations of the sex ratio(♀/(♀+♂)).

성비는 지역별(한림, 제주시, 성산포)로 차이는 나지만 조사기간 동안 전지역에서 0.5 이상의 수치를 나타내 암컷이 수컷보다 높은 비율을 보였다.

6월에 한림이 0.8 이상으로 암컷이 높은 비율을 가지고 있으나, 7월부터 9월에는 성산포쪽이 0.85 이상으로 한림과 제주시보다 높은 비율을 나타냈으며, 10월부터는 세 지역이 거의 비슷한 비율을 보였다. 9월 산란 말기에 한림의 경우는 0.6으로 암수의 비율이 거의 비슷한 수준까지 도달하였다.

성비의 변화양상과 GSI의 변화는 GSI 값이 높을 때 암컷의 성비가 높게 나타나고 있다. 즉 6월에 한림이 성산포보다 GSI가 높았으며 성비에 있어서도 암컷의 비율이 높고, 9월에는 성산포쪽이 한림, 제주시에 비해 GSI가 높으면서 성비에 있어서도 암컷의 비율이 높게 나타나고 있다. 이후 산란기가 거의 종료되는 10월부터는 세지역이 거의 비슷한 암수비율을 나타내고 있다.

7) 공식관계(Cannibalism)

갈치는 복어류처럼 서로 간에 共食하는 대표적인 어류로 공식은 생물체간에 밀도조절기능을 담당하고 있는 것으로 추측되어지며 이러한 공식현상이 본 연구에서도 나타나 그 관계를 Fig. V-11에 나타냈다. 공식의 계산은 꼬리가 잘린 개체/전개체로 하여 계산하였다.

6월에 한림과 성산포 모두 0.1 이상의 공식현상이 나타나고 이후 계속 감소하였다. 그중 성산포가 6월에 0.25로 가장 높은 비율을 나타냈으며 한림, 제주시, 성산포의 순으로 최소 비율의 순서가 변화였다.

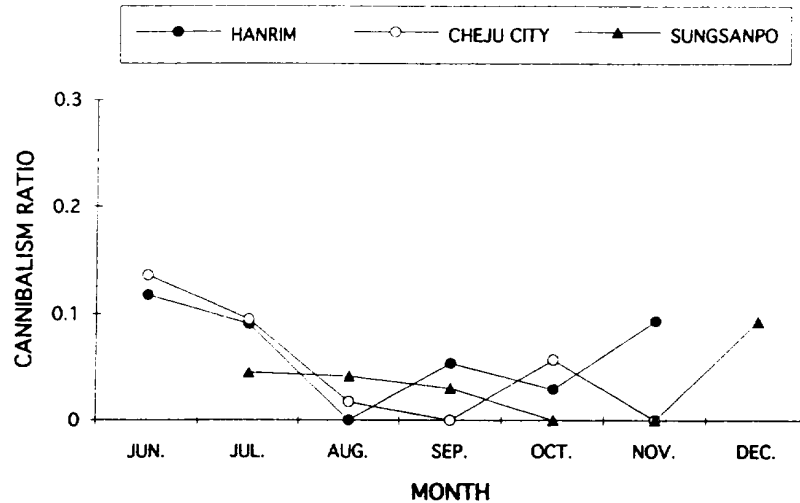


Fig. V-11. Monthly regional variations of the cannibalism ratio.

8) 산란기 난소내 난경조성과 포란수

갈치의 산란기 동안에 일어나는 방란횟수를 알기 위하여 난소내 난의 크기별 난경조성변화를 조사하여 Fig. V-12에 나타냈다.

즉, 산란기 6월의 개체에는 400 μ m 전후의 난모세포군과 1,100 μ m 전후의 난모세포군의 mode로 발달되어 있다. 7월에 이르면 400~700 μ m 전후의 난모세포군과 1,300~1,600 μ m 전후의 난모세포군들이 형성되고 있어, 6월에 1,300 μ m 이상의 난모세포군들이 나타나지 않은 것은 방란으로 인해 사라진 것으로 추정된다. 이후 8월초에는 주로 1,000 μ m 전후의 난모세포군이 형성되고 있으나 8월말에는 다시 400 μ m 전후의 난모세포군과 1,300 μ m 전후의 난모세포군이 형성되고 있다. 이러한 난경 Mode의 Pattern은 한림, 제주, 성산포쪽에서 유사하였다. 따라서 각 난경조성의 Mode가 점진적으로 이행되는 것을 알 수 있었다.

완숙된 갈치의 암컷 35개체를 표본으로 두동장과 채중에 따른 총포란수를 조사한 결과를 Table V-3, 4에 나타냈다.

Table V-3. Composition of egg numbers by anal length

Anal Length(cm)	Number of eggs Mean(Range)	N
20~25	14,040(12,821~16,747)	3
25~29.9	28,725(19,929~44,577)	5
30~34.9	34,023(27,801~42,933)	6
35~39.9	52,004(43,500~63,445)	10
40~44.9	75,095(29,026~72,255)	6
45~49.9	107,576(89,277~125,876)	2
Total		32

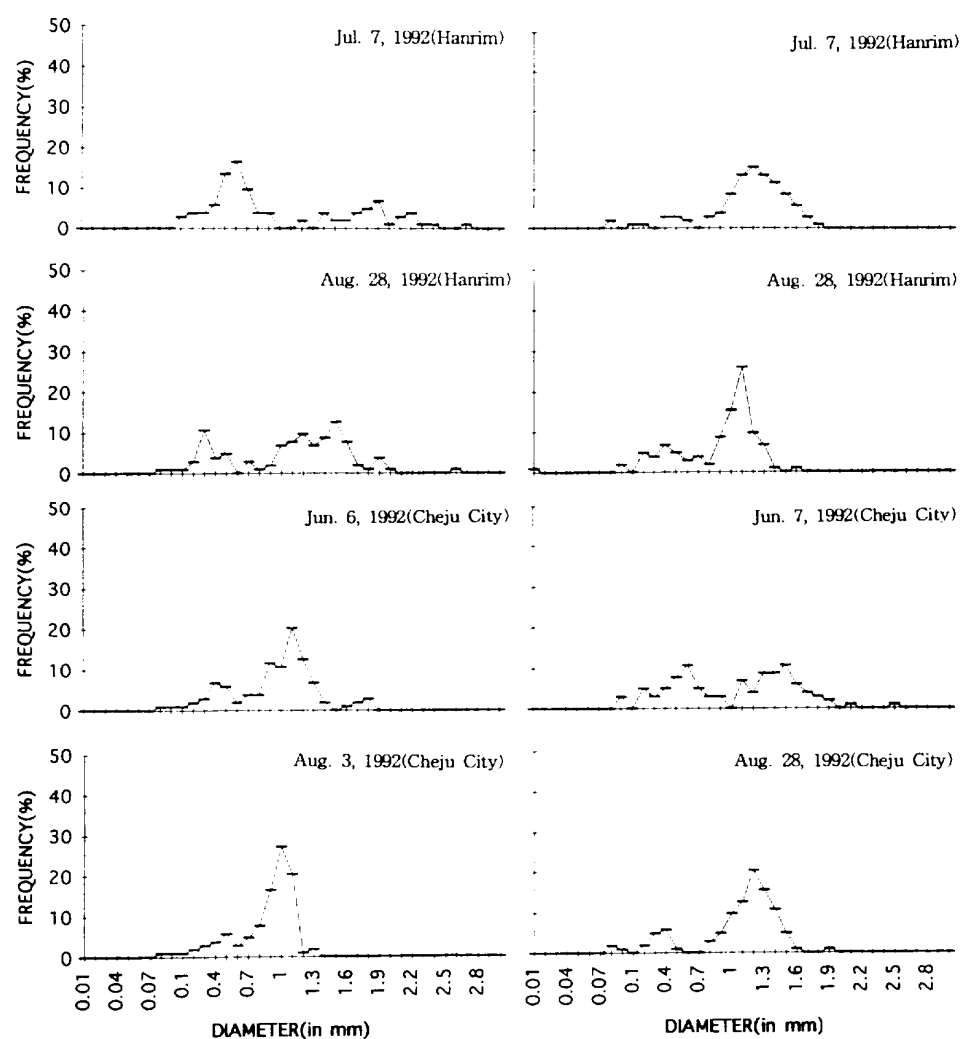


Fig. V-12. Frequency distribution of egg diameter measured from ovary.

Table V-4. Composition of egg numbers by body weight

Body Weight(g)	Number of eggs Mean(Range)	N
150 ~ 300	14,040(12,553~16,747)	3
301 ~ 600	31,435(15,024~51,560)	14
601 ~ 900	50,952(35,400~76,896)	9
901 ~ 1,200	61,831(49,795~72,255)	3
1,201 ~ 1,500	82,131(29,026~12,385)	4
1,500 ~ 1,800	107,576(89,277~125,876)	2
Total		32

크기에 따라 개체당 최소 12,821개의 난을 포란한 것으로부터 최고 125,876개의 난까지 포란하고 있는데, 두동장과 체중이 증가할수록 상대포란수는 증가하는 경향을 가졌다.

두동장(A.L)과 난수(N)와의 관계식은 $N=3.9450A.L^{2.6092}$ ($r=0.8130$)였고(Fig. V-13), 체중(B.W)과 난수(N)와의 관계식은 $N=84.6089B.W^{0.3642}$ ($r=0.8131$)이었다.(Fig. V-14).

제주연안에서 어획되는 갈치의 생식소 속도지수는 6월에서 9월에 걸쳐 20~85 이상의 높은 값을 가지며, 이 기간에 생식소내에도 700 μ m전후의 완숙난을 포란하고 있었다. 갈치의 산란기

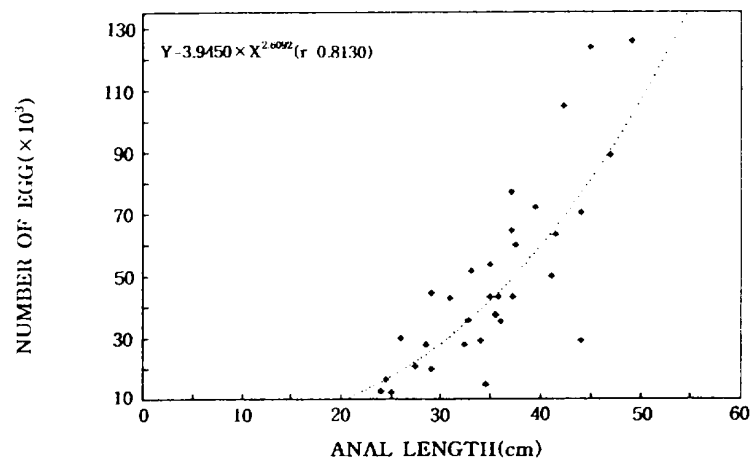


Fig. V-13. Relationship between anal length and number of eggs for Hairtail.

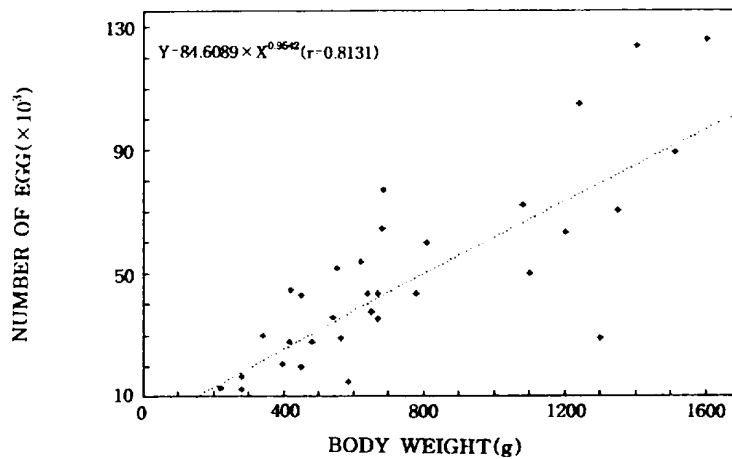


Fig. V-14. Relationship between total length and number of eggs for Hairtail.

는 Table V-5에서와 같이 해역에 따라 산란기의 시기와 기간이 다양하다. 산란 기간은 5월부

Table V-5. Comparison of the spawning season in six fishing grounds.

Fishing Ground	Spawning Season	Main	Author(s)
		Spawning Season	
East China & Yellow Sea	May-July		MISU(1959)
	April-August	July	YAMADA(1971)
Kii-Channel	April-October	July	SAKAMOTO(1975)
Kumano-Nada	May-August		SUZUKI & KIMURA(1980)
	October-November		
Suruga Bay	July-November	September	KOSAKA <i>et al</i> (1967)
Western Wakasa Bay	June-September	July-August	MUNEKIYO &
			KUWAHARA(1984)
Cheju Strait	June-October	August	Present Authors

터 12월까지 3~7개월로 나타나고 주산란기는 대부분 7월에서 8월에 걸쳐 일어나고 있는 데 본 연구에서도 산란은 6월에서 10월에 걸쳐 일어나고 있으나 주산란 시기는 8월이었다. 지역간 생식소 성숙단계는 한림, 제주, 성산지역에서 채집된 개체들은 6월에서 8월에 걸쳐 주산란이 일어나는 유사한 경향을 보이나 서귀포 연안의 개체들은 6월에 이미 방란·방정된 개체들이 다 수 출현하고 있어 계군이 다른 것인지, 아니면 지역적인 차이인지는 앞으로 조사되어야 한다. 갈치가 산란기에 접어들면 연안 수심 40~60m에는 주로 암컷이 군을 형성하고 먼바다 수심 100~160m에는 수컷이 무리를 형성하며, 암컷의 난소가 완숙에 이르면 연안에서 먼바다의 산란장으로 이동한다. 그리고 산란 후 암컷은 다시 연안으로 돌아오고, 산란 시기가 지나면 수컷도 먼바다 산란장에서 연안으로 섭이활동을 위해 이동한다고 보고하고 있다(宗淸와 桑原, 1984). 본 연구에서 산란 시기인 6월에서 10월에 걸쳐 채낚이로 어획된 갈치의 성비는 지역에 따라 다소 차이는 있으나 생식소 속도지수가 높은 지역일수록 암컷이 차지하는 비율이 높고 산란 시기가 끝나는 11월에는 비슷한 암·수분포를 가진다.

6월에서 8월에 걸쳐 개체의 난소내 난경조성에서 점진적으로 발달해가는 2~3개의 mode로 난모세포군이 구분되는데, 이것은 갈치가 한 산란기 동안 적어도 2~3회 이상 산란하는 다회 산란종으로 추정된다. 宗淸와 桑原(1984)도 갈치 암컷의 난소 내 여러 성숙단계의 난모세포가 분포하여 난소의 성숙이 동시에 진행되지 않는 것으로 보고하고 있다.

방란된 난소에서 일부 잔존 성숙난들과 성장중인 난들은 퇴화 흡수되고 있는데, Hayashi(1972)에 의하면 난소내 여포세포는 난내 영양공급과 퇴화 난모세포의 식작용에도 관여한다고 보고하고 있다. 본 종에 있어서도 난황포기 이상의 발달단계를 가지는 난모세포들은 퇴화 흡수되나, 초기 주변인기 난모세포들은 퇴화되지 않고 난소 소낭 상피위에 배열된채 휴지기를 지나고 있어 이듬해 성장에 참여하여 조기 성숙하는 것으로 보인다.

방정된 장소에서 잔존 정자는 서서히 퇴화되어가고 소엽상피상에 정원세포의 무리들이 형성되고 있다.

분석된 갈치의 포란수 관계는 크기에 따라 개체당 12,821~125,876개의 난을 포란하고 있으며, 두동장과 체중이 증가할수록 상대포란수는 증가하는 경향을 가졌다.

4. 요약

1992년 6월부터 12월까지 제주도 한림, 제주시, 성산, 서귀포에서 채집된 갈치(*Trichiurus lepturus* LINNAEUS)를 대상으로 번식생태학적인 조사를 하였다.

- 1) 생식소 속도지수(GSI)는 암수 다같이 6~9월에 높은 값을 유지하다가 10월부터 하강하기 시작하여 12월까지 낮은 값을 유지하고 있다.
- 2) 간숙도지수와 생식소 속도지수의 변화양상은 암컷의 경우 비슷한 경향을 보이나 수컷의 경우 간숙도지수의 뚜렷한 변화양상이 없다.
- 3) 생식주기는 6~10월에 완숙 및 산란기이고 8월이 주산란기로 나타났다.
- 4) 갈치는 한 산란기 동안에 2~3회 이상 산란하는 다회 산란종으로 나타났다.
- 5) 성비는 산란기에 암컷의 비율이 높고, 휴지기에는 암수 비율이 1:1이었다.
- 6) 포란수는 크기에 따라 개체당 최소 12,821개에서 최고 125,876개의 난까지 포란하고 있으며, 두동장과 체중이 증가할수록 포란수는 증가했다.

VI. 갈치 채장조성 및 성장 특성

1. 서 언

갈치자원에 대한 동지나해에서의 성장특성에 관한 연구들은 주로 이석분석을 통한 연령과 성장 관계를 연구(三栖, 1958. 浜田, 1971. 鈴木, 1980. 宗清 等, 1988. Hanabuchi, 1989)하여 지역적인 특성을 나타내는 갈치의 각계군의 성장과정을 분석하였으며, 山田(1964)가 동지나해 및 황해에 있어서 채장별 어군의 분포와 회유에 관하여 연구함으로써 갈치의 성장 단계별 분포 특성을 분석하였다. 이와 같이 갈치의 생식·생태를 분석한 서로 다른 계군의 분리 및 성장특성에 대한 연구는 주로 일본의 연구자들에 의해 수행되어졌고, 우리나라 연구자들에 의한 갈치자원에 대한 연구는 박(1990), 유와 장(1993) 등이 황해에 출현하는 갈치 자원에 대하여 채장분포 특성 및 출현 특성 등에 관하여 기술하였고, KORDI(1990, 1991)에서 한국의 주요 수산자원 중 갈치에 대한 합리적 관리방안 제시를 위한 이론모델 및 소프트웨어의 개발에 관한 연구를 수행하여 자원량 회복을 위한 방안제시 등을 하고 있다.

따라서 본장에서는 제주해협에서 어획되는 갈치의 생태분석시 얻어진 채장·채중 관계 및 전장·두동장 관계를 분석하여 그 성장 특성을 분석하였고, 또한 지역별(한림, 제주시, 성산포, 서귀포)로 두동장을 측정하여 이들 평균치 Mode의 지역적인 비교를 통하여 그 특징을 분석하였다.

2. 자료 및 방법

제주도의 주요 항만이면서 어항인 제주시, 성산포, 서귀포, 한림항(Fig. VI-1)에서 제 VI장의 갈치 생태조사시 측정된 전장, 두동장 및 채중을 이용하여 지역별 성장 특성을 분석하였고, 전장 및 두동장, 두동장 및 채중과의 관계 등을 상관관계를 구하여 그 관련성을 분석하였다. 또한 각항구에서 전일 오후부터 조사 당일 아침까지 조업하여 수협에 위판된 갈치의 채장(두동장)을 일정한 주기별로 측정하여 자원변동 및 성장추이와 두동장 평균 Mode의 분석을 실시하였다.

갈치채장(두동장)의 측정은 1992년 제주시, 한림, 성산포, 서귀포항에서 각각 측정하였으며 1993년은 제주시에서 측정한 자료를 이용했다.

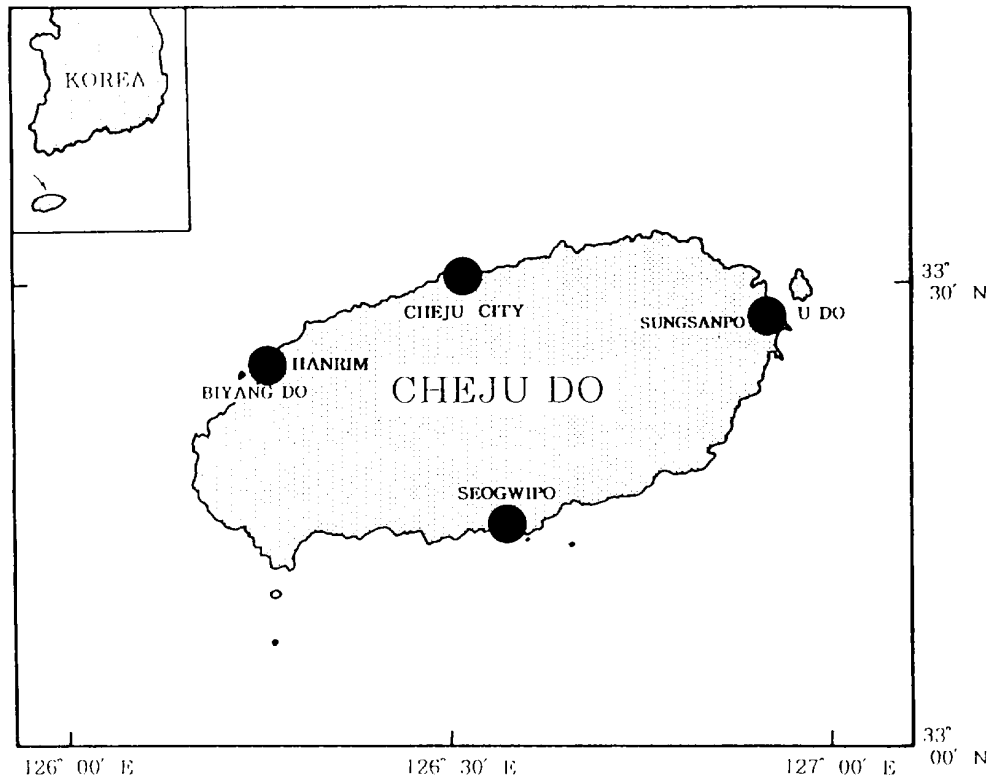


Fig. VI-1. A map showing sampling site(●) in the study area.

3. 결과 및 고찰

1) 전장·두동장 관계의 변화에 따른 지역적 특성 분석

Fig. VI-2는 한림, 제주시, 성산포에서 채집한 갈치의 전장 및 두동장과의 관계를 월별에 관계없이 지역별로 모아서 나타낸 것이다.

Y(cm)가 전장, X(cm)는 두동장을 나타낸 것으로 한림(Fig. VI-2 a)의 경우 전기간 동안의 전장(Y) 및 두동장(X)과의 관계식은 (1)식과 같으며 제주시(Fig. VI-2 b)의 경우는 (2)식, 성산포(Fig. VI-2 c)의 경우는 (3)식과 같다.

$$Y=0.357X-2.794(r=0.872) \dots\dots\dots(1)$$

$$Y=0.391X-5.538(r=0.838) \dots\dots\dots(2)$$

$$Y=0.363X-3.262(r=0.858) \dots\dots\dots(3)$$

또한 제주도 전체(Fig. VI-2 d)에 대한 전장 및 두둥장과의 관계는 (4)식과 같으며,

$$Y=0.394X-6.245(r=0.913) \dots\dots\dots(4)$$

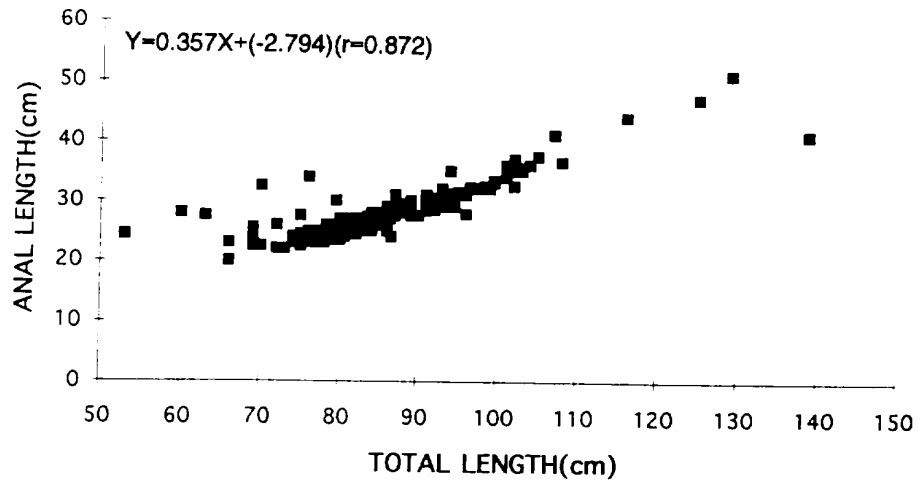


Fig. VI-2. a. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Hanrim.

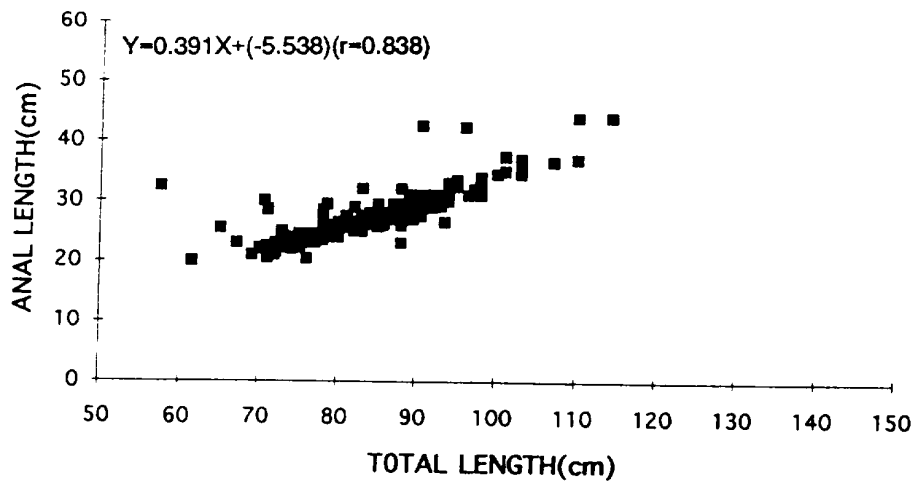


Fig. VI-2. b. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Cheju City.

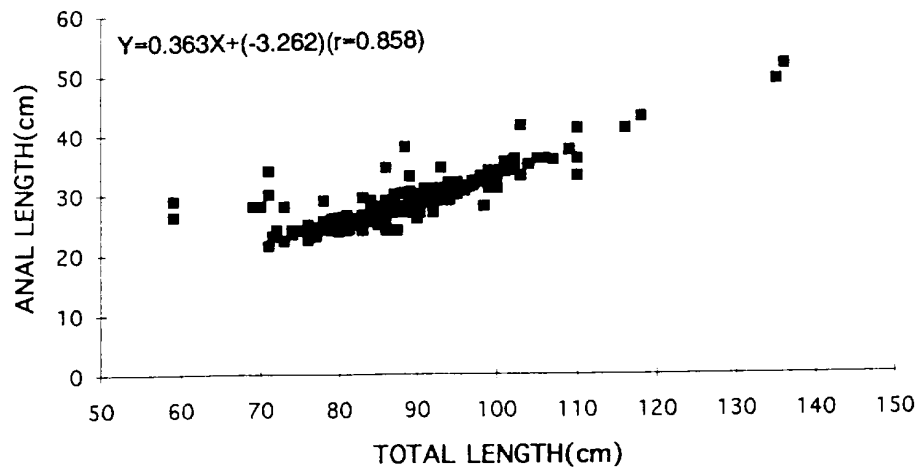


Fig. VI-2. c. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Sungsanpo.

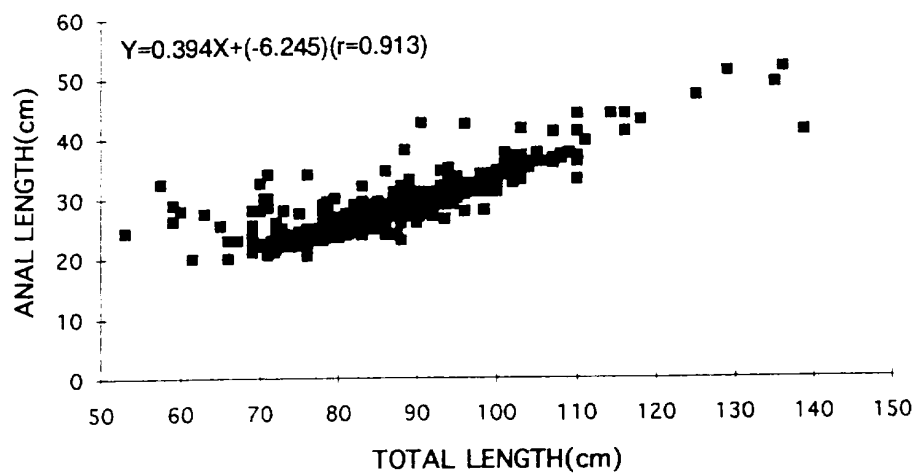


Fig. VI-2. d. Relationship between the total length(T.L) and anal length(A.L) in the Cheju Island.

(1), (2), (3), (4)식 모두 높은 상관관계를 나타내며 상관계수(r)도 1% 이내의 유의수준을 나타냈다.

이와 같은 $Y=a+bX$ 의 관계식은 b값이 클수록 기울기가 큰 것으로서, 즉 b값이 클수록 전장에 대한 두동장의 성장 속도가 빠른 것으로 해석되므로 제주시>성산포>한림의 순으로 그 관계가 성립하고 있다.

이런 관계를 Table VI-1과 같이 지역별, 월별로 살펴보면 기울기가 가장 크게 나타난 것은

Table VI-1. Correlation coefficient between anal length and total length

Month	Hanrim		Cheju		Sungsanpo	
	b	r	b	r	b	r
Jun.	0.3177	0.8248	.	.	0.2615	0.8177
Jul.	0.3493	0.8722	0.5197	0.8593	0.3519	0.8670
Aug.	0.4374	0.9404	0.3713	0.8560	0.4618	0.8817
Sep.	0.3681	0.9276	0.3811	0.9352	0.3537	0.8370
Oct.	0.2369	0.7440	0.3404	0.8365	0.3153	0.8038
Nov.	0.2667	0.7254	0.3994	0.9512	0.4414	0.9526
Dec.	.	.	.	.	0.3606	0.7332

※ 'r' is Significant in 1% risk level.

제주시쪽이 6, 7, 9, 10월 4회 나타나고 성산포쪽이 8, 11월 2회 나타나 전장 및 두동장관계의 지역별 특성 분석 중 제주도 동·서 양쪽에 출현하는 갈치자원의 지역적인 차이를 보이고 있다.

2) 체중과 두동장 변화에 따른 지역적 특성 분석

Fig. VI-3은 한림, 제주시, 성산포에서 채집한 갈치의 체중 및 두동장과의 관계를 월별로 관계없이 지역별로 모아서 나타낸 것이다.

$Y(g)$ 가 체중, $X(mm)$ 는 두동장을 나타낸 것으로 한림(Fig. VI-3 a)의 경우 전기간 동안의 체중(Y) 및 두동장(X)과의 관계식은 (1)식과 같으며, 제주시(Fig. VI-3 b)의 경우는 (2)식, 성산포(Fig. VI-3 c)의 경우는 (3)식과 같다.

$$Y=4.0730X^{2.4374}(r=0.937) \dots\dots\dots(1)$$

$$Y=1.5641X^{2.5978}(r=0.8970) \dots\dots\dots(2)$$

$$Y=2.2187X^{2.5304}(r=0.8726) \dots\dots\dots(3)$$

또한 제주도 전체(Fig. VI-3 d)에 대한 체중 및 두동장과의 관계는 (4)식과 같으며

$$Y=5.3311X^{2.6417}(r=0.9197) \dots\dots\dots(4)$$

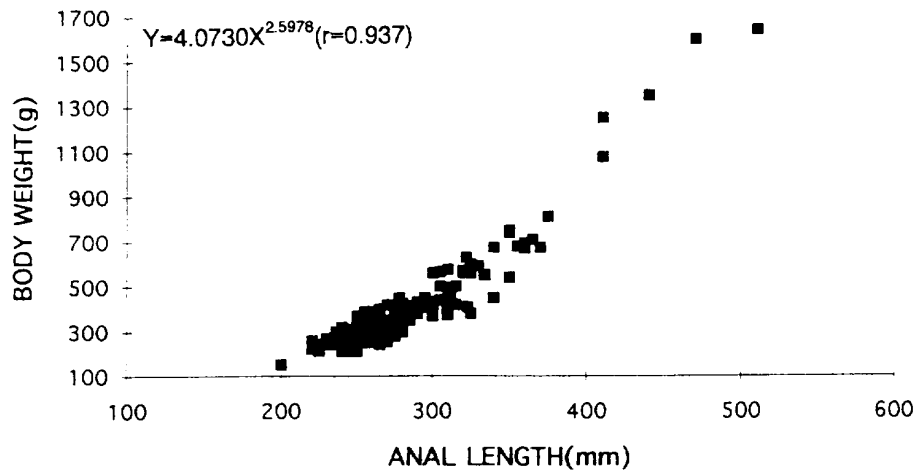


Fig. VI-3. a. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Hanrim.

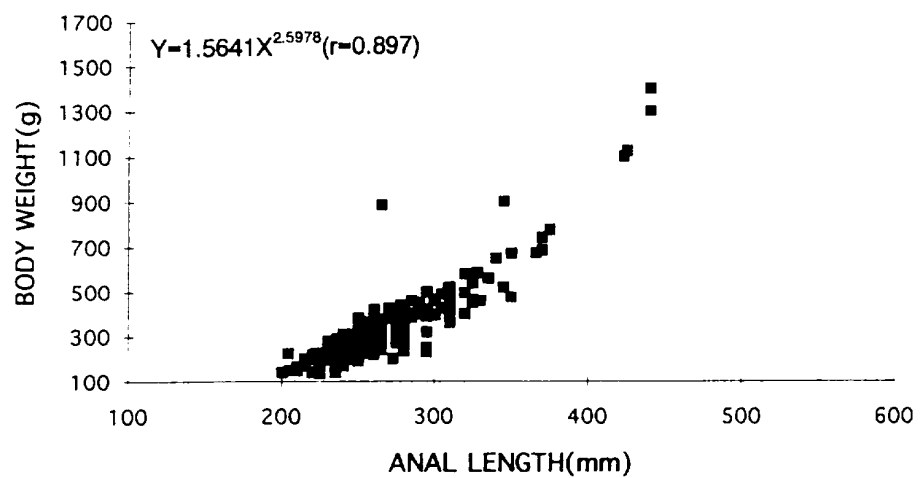


Fig. VI-3. b. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Cheju City.

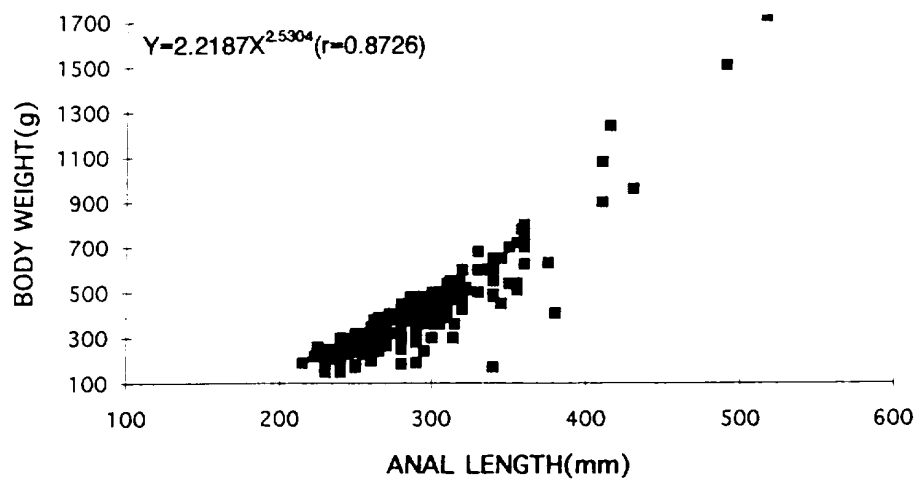


Fig. VI-3. c. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Sungsanpo.

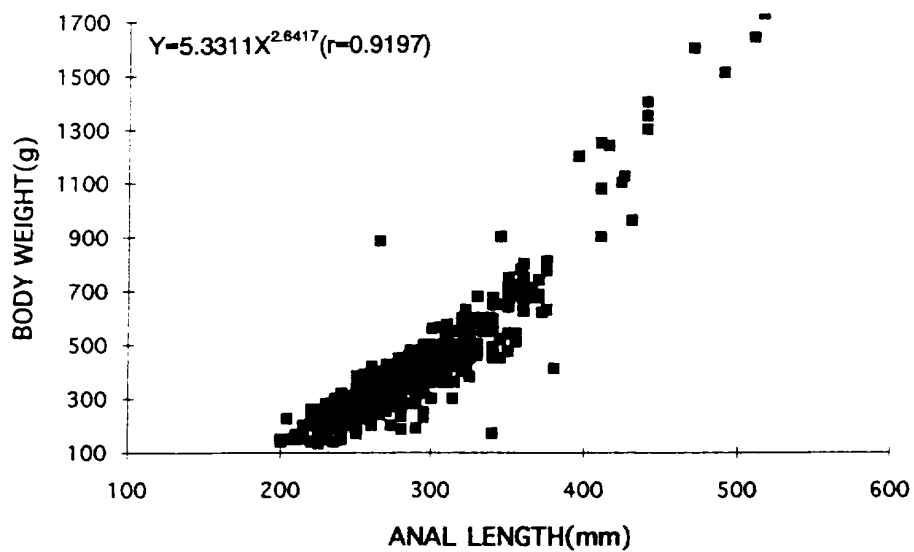


Fig. VI-3. d. Relationship between the body weight(B.W) and anal length(A.L) in the Cheju Island.

(1), (2), (3), (4)식 모두 높은 상관관계를 나타내며 상관계수(r)도 1% 이내의 유의수준을 나타냈다.

본식에서 $Y=aX^b$ 가 갖는 의미는, b가 기울기로 이 값이 클수록 두동장에 대한 체중의 관계가 높은 것으로 결과적으로는 b값이 큰 것이 체중이 많이 나간다는 것을 뜻한다.

따라서 세 지역에 있어서는 제주시>성산포>한림의 순으로 두동장에 대한 체중의 관계가 높다.

이에 대한 지역별, 월별 관계를 Table. VI-2에 나타냈다.

Table. VI-2 Correlation coefficient between anal length and body weight

Month	Hanrim		Cheju		Sungsanpo	
	b	r	b	r	b	r
Jun.	2.6397	0.9336	.	.	2.5997	0.9568
Jul.	2.5398	0.9648	2.3308	0.9676	2.4168	0.8436
Aug.	2.6391	0.9369	2.3310	0.7468	2.6599	0.9274
Sep.	2.6527	0.9299	2.6173	0.8498	2.7186	0.9190
Oct.	1.5400	0.6088	2.2139	0.9063	2.6836	0.8073
Nov.	2.4298	0.9651	1.9172	0.8533	2.4786	0.9616
Dec.	.	.	.	.	2.1801	0.8653

※ 'r' is Significat in 1% risk level.

조사된 전기간의 체중과 두동장에 대한 기울기의 평균 결과에서는 성산포>한림>제주시의 순으로 높은 값을 나타냈으나, 월별 결과에서는 어기초가 되는 6, 7월은 한림, 8, 9, 10, 11월은 성산포쪽이 높게 나타남으로써 제주시쪽이 가장 낮은 결과를 나타냈다.

3) 체장조성 빈도분포의 변동 특성

1992년 5월부터 1993년 12월까지 제주시 수협위판장에서 조사된 갈치체장에 대한 빈도분포를 조사일별로 Fig. VI-4에 나타냈다.

1992년에는 갈치체장(두동장)의 평균치 Mode가 24.53~37.69cm로 12.86cm의 차를 보였다.

평균값 Mode 중 최대치는 갈치어기가 1992년 5월말에 시작되어 성어기에 이루는 6월 15일로 평균값이 37.39cm였고, 최소치는 제주해협내에서 갈치어획이 종어기에 해당하는 12월 21일로 24.53cm였다. 또한 제주시 수협에서 두동장의 최대를 보인 것은 6월 15일 52.5cm였으며 최소는 7월 11일 16.5cm였다.

1993년 갈치체장(두동장)의 평균치 Mode가 26.35~32.20cm로 5.85cm의 차를 보이고 있고, 평균값 Mode중 최대치가 나타난 것은 7월 12일로 32.20cm였고, 최소치는 9월 26일로 26.35cm였다.

CHEJU 1992

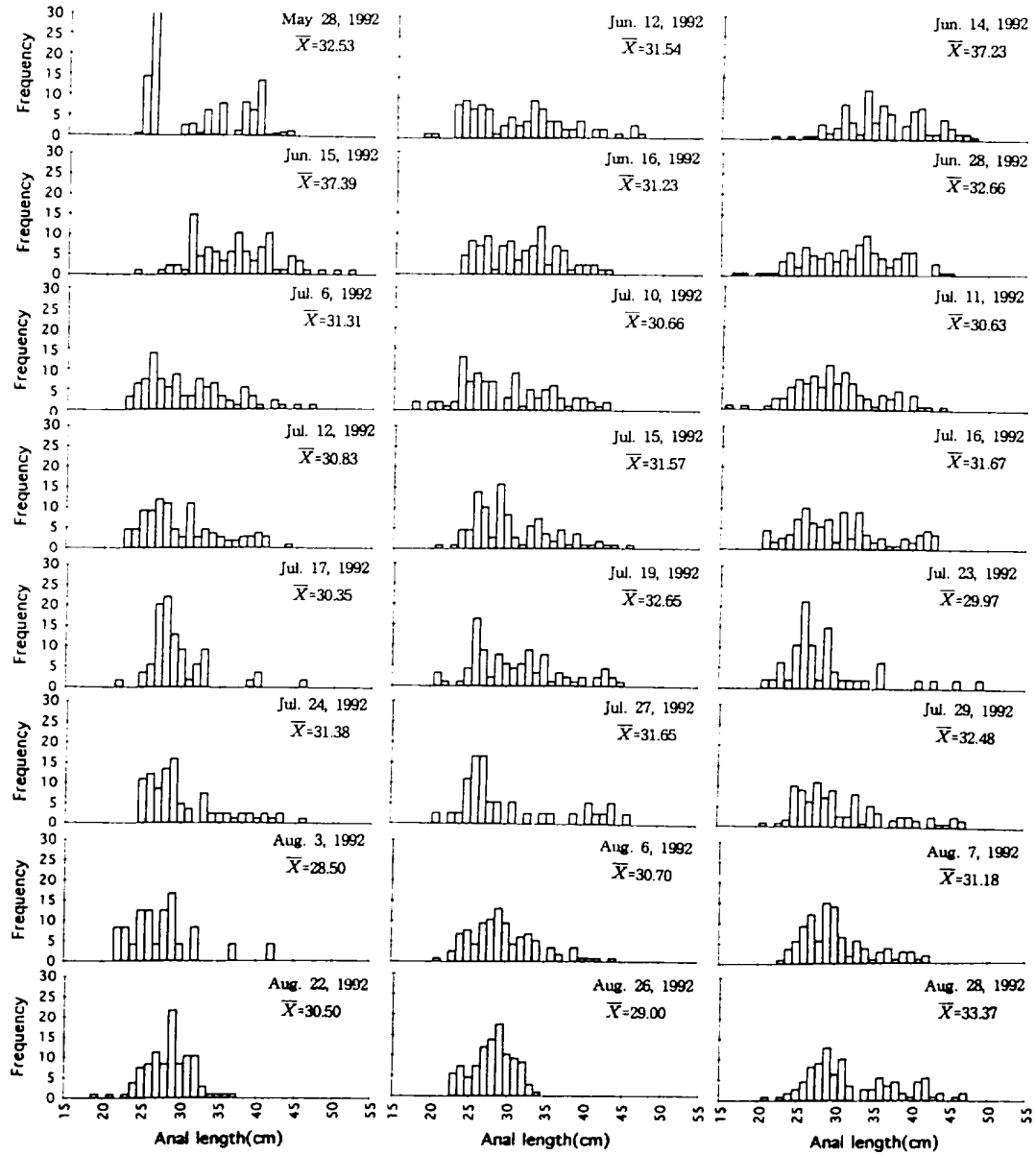
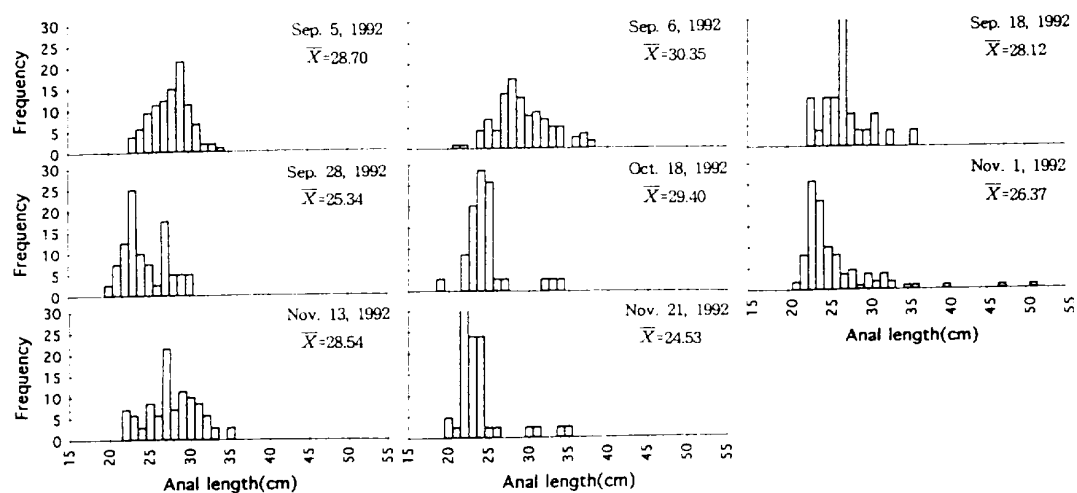


Fig. VI-4. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Cheju City Fisheries Cooperative from May 28, 1992 to Dec. 13, 1993.



CHEJU 1993

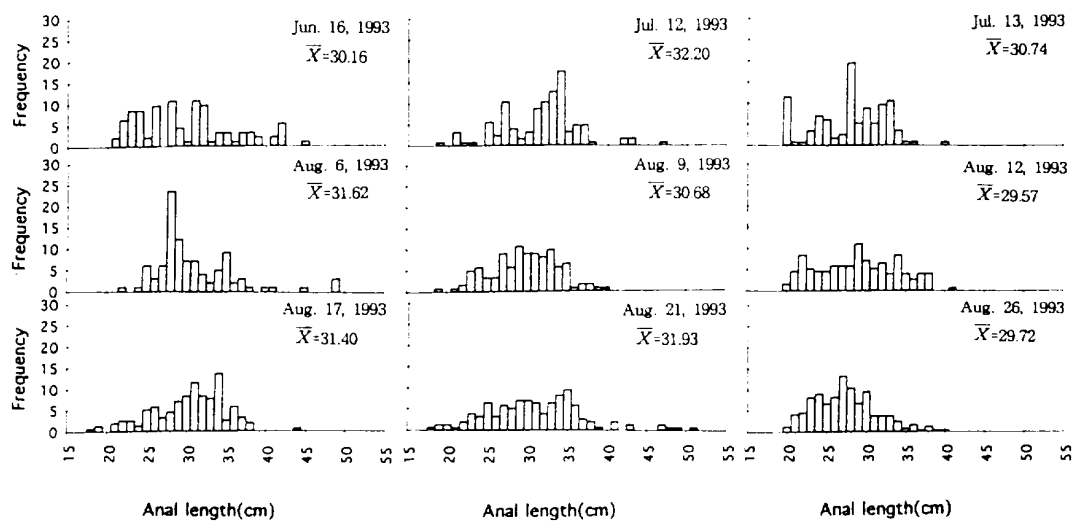


Fig. VI-4. Continued

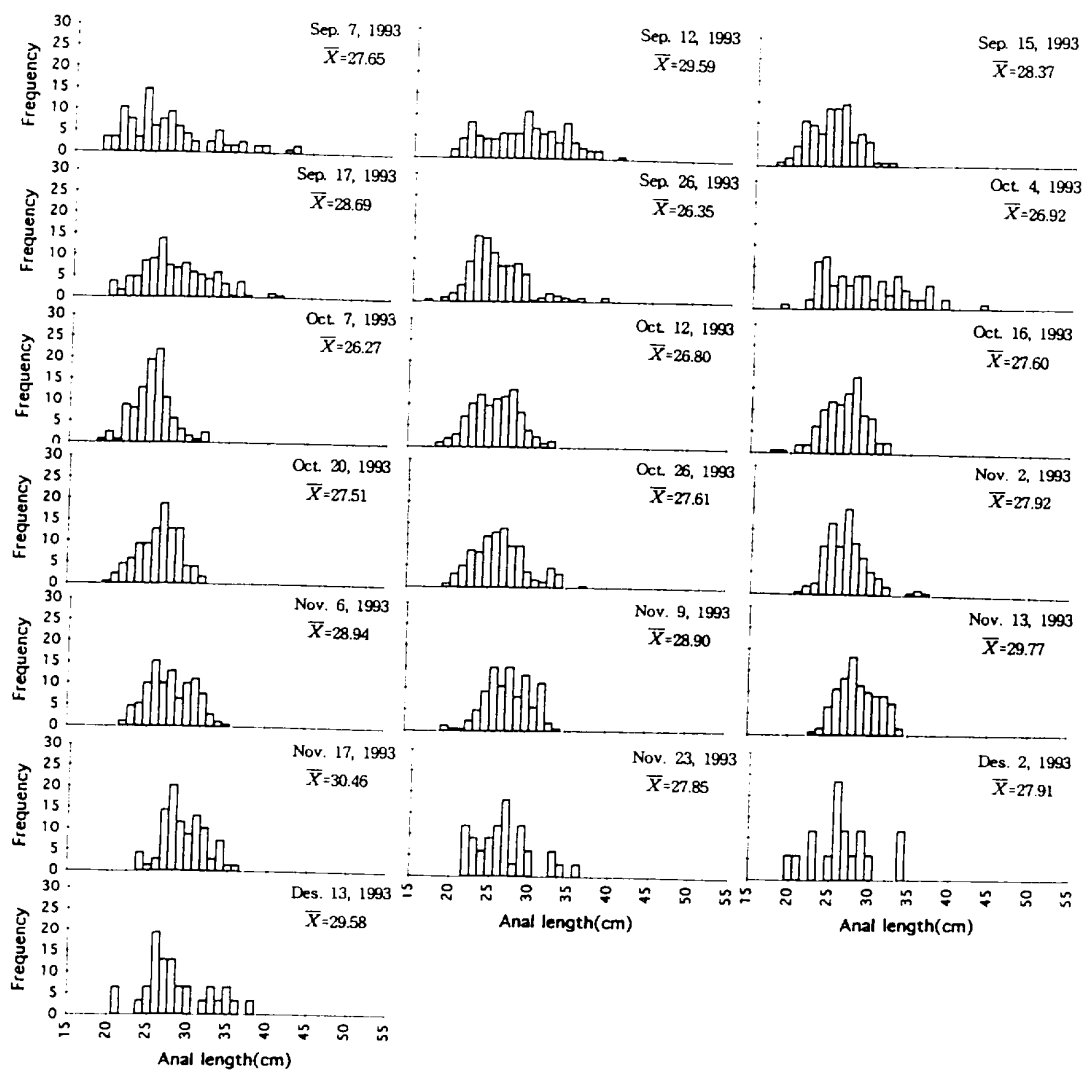


Fig. VI-4. Continued

1993년도는 1992년보다 평균치 Mode가 최소값에서 1.82cm 높으나 최대값에서는 5.19cm적었다. 1992년과 1993년의 공통점은 평균치 Mode의 최대값이 나타나는 시기가 갈치어기가 시작되어 초기 성어기가 되는 6, 7월 이라는점이다.

한림 수협에서의 1992년 5월부터 어기가 끝나는 11월말까지 갈치채장(두동장)에 대한 빈도분포를 조사일별로 Fig. VI-5에 나타냈다.

갈치채장에 대한 평균치 Mode는 24.92~34.22cm였고, 평균치 Mode의 최대치는 5월 30일 34.22cm, 최소치는 9월 28일 24.92cm였다. 한림지역에서도 제주해협에서 어기가 시작되는 5월에 평균값 Mode의 최대치를 보이며, 최소치는 9월로 10월 최대성어기 직전이었다.

1992년 5월부터 12월까지 제주도의 동쪽끝인 성산포 수협에서의 갈치채장(두동장)의 빈도분포를 Fig. VI-6에 나타냈다. 성산포는 서쪽의 한림과 비교되는 지역으로 어기초인 5월부터 종어기인 2월까지 전기간을 통하여 성산포쪽의 채장이 한림쪽의 채장(평균 Mode)보다 크게 나타나고 있다.

5월 29일의 평균치 Mode의 최소치는 한림이 27.03cm, 성산포가 32.84cm로 성산포쪽이 5.81cm 더 큰값을 보였다. 11월 22일의 한림은 26.14cm, 성산포가 28.45cm로 성산포쪽이 채장의 평균치에 있어서 2.31cm 길었다.

성산포의 갈치채장에 대한 평균치 Mode는 26.73~36.17cm로 어기초인 6월 6일에 26.73cm로 갈치 채장에 대한 평균치 Mode의 최소치가 나타나 제주시, 한림과는 정반대되는 경향을 보였고, 최대치는 8월 23일 36.17cm였다.

서귀포 수협어판장에서 1992년 6월부터 10월까지 조사된 갈치채장(두동장)의 빈도분포를 Fig. VI-7에 나타냈다.

채장의 평균치 Mode는 27.03~35.63cm로 최소치가 6월 28일 27.03cm였고, 최고치는 11월 7일 35.63cm로 한림 및 제주시쪽에서는 어기초에 최대치의 평균 Mode, 말기에 최소치의 평균 Mode를 보이나, 성산 및 서귀포쪽에서는 정반대 현상을 나타내고 있다. 그러므로 채장분포 출현 상황도 한림과 제주시는 거의 같은 경향을 보이나 성산과 서귀포는 전자와는 약간 차이를 보이고 있다. 즉 한림과 제주시 연안에 출현하는 갈치군과 성산포 주변해역에 출현하는 군과는 채장분포에서도 구별되고 있다. 그러므로 성산포 주변에 출현하는 군은 한림·제주시쪽에서 공급되었다기 보다는 오히려 서귀포쪽에 출현하여 제주도 남쪽 연안을 따라 이동하는 군에 의해 공급될 가능성을 시사하고 있다.

이러한 결과를 1992년의 각 지역별 채장(두동장) 평균치 Mode의 특성을 합성하여 Fig. VII-8에 나타냈다. 본 자료에서는 같은 일자에 측정한 자료는 그대로 그날에 맞게 나타냈으나 그렇지 못할 경우는 거의 비슷한 시기에(월에 따라서는 최소 1일에서 최대 10일의 차가 있음) 조사된 것으로 하여 나타냈으며 조사 일자는 제주시쪽에 일치시켰다.

분석 결과 어기초인 5월부터 7월까지의 제주시와 성산포쪽의 갈치 채장 Mode가 거의 비슷

HANRIM 1992

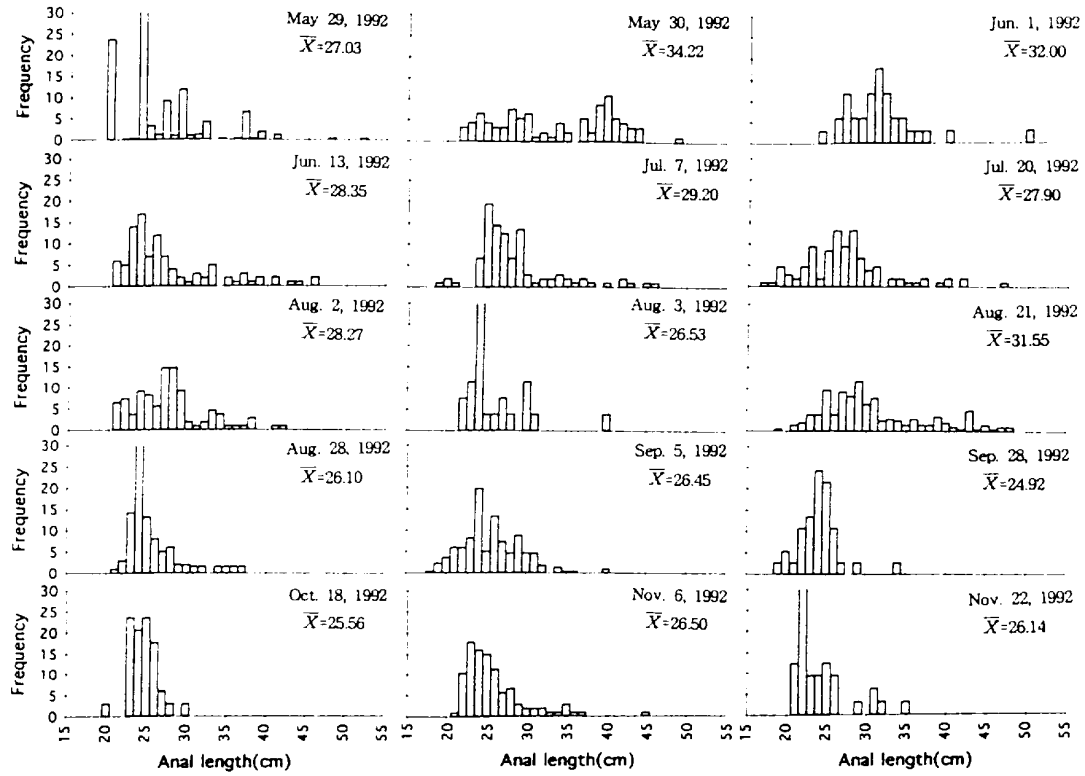


Fig. VI-5. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Hanrim Fisheries Cooperative from May 29 to Nov. 22, 1992.

SUNGSANPO 1992

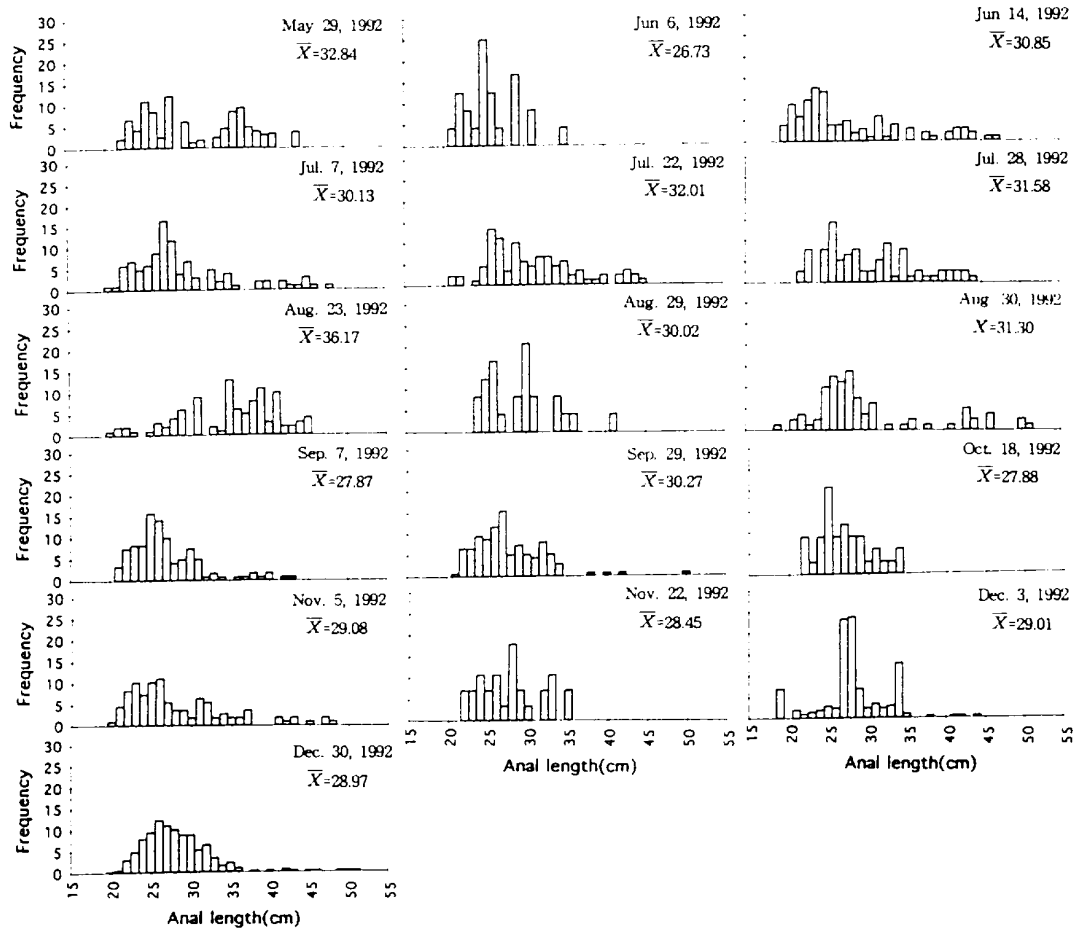


Fig. VI-6. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Sungsanpo Fisheries Cooperative from May 29 to Dec. 30, 1992.

SEOGWIPO 1992

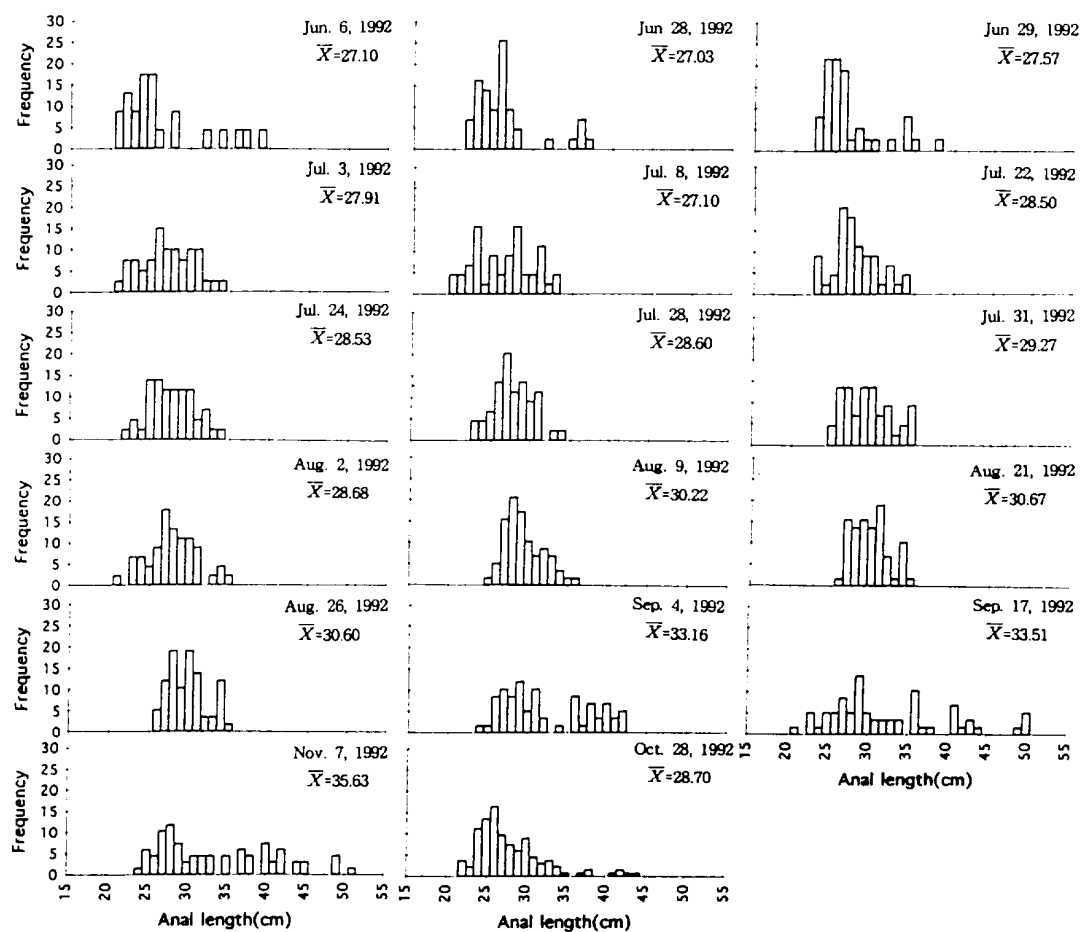


Fig. VI-7. Monthly and weekly changes in anal length compositions of the Hairtail in the Seogwipo Fisheries Cooperative from Jun. 6 to Oct. 30, 1992.

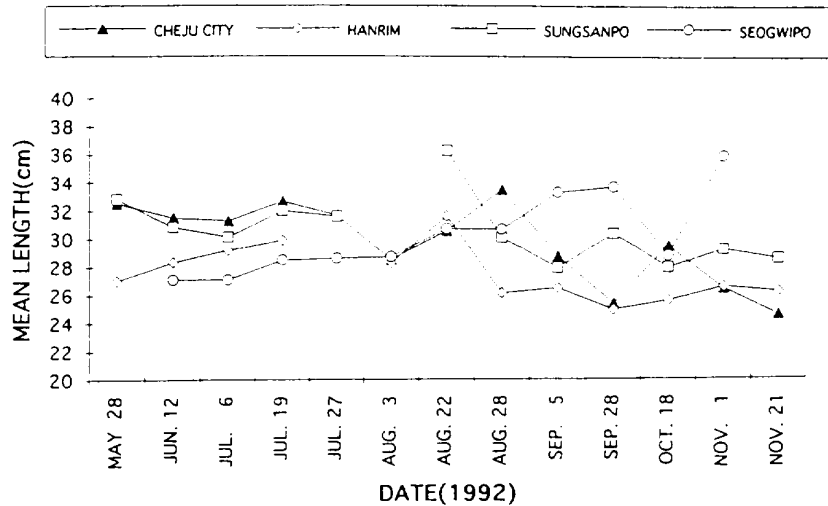


Fig. VI-8. Variation of daily and regional mean anal length.

한 상황이 되었고 8월초에는 네 지역이 거의 비슷한 경향을 나타냈으나 8월말부터 다시 분산이 일어나 8월 22일 성산포의 평균치 Mode가 최대(36.17cm)를 보인 이후 계속 감소추세를 보였다. 이때 한림의 경우는 대부분 가장 낮은 평균치 Mode를 나타냈으며 다음으로 제주시, 성산포, 서귀포의 순으로 높았다.

따라서 이러한 갈치 전장·두동장 관계, 두동장·체중 관계 및 두동장의 평균치 Mode의 분석으로부터 제주해협내에 출현하는 갈치자원의 계군은 반드시 동일계군이라고 단정하기 어려운 점이 많다. 즉 제주도 주변해역에 출현하는 갈치군은 단일계군이 아니고 몇 개의 다른 계군이 혼재되어 있고, 이들 계군의 공급 경로도 다를 가능성이 있다.

따라서 이와 같은 결과는 제주도를 중심으로 동·서양쪽 어장인 성산포와 한림지역에서 어획되는 갈치가 전장과 두동장과의 관계에서는 제주시 및 성산포가 두동장에 있어서 빠른 성장을 보이고 한림지역이 가장 낮은 상태를 나타내며, 체중과 두동장과의 관계에서도 성산포가 가장 성장이 높은 상황이고 다음으로 한림, 제주시의 순으로 나타났다. 그러나 이처럼 거의 동일 위도에 있는 제주도 주변해역에서도 동·서양쪽에서 성장이 다른 상황을 보이는 것은 제주도 주변해역으로 내유하는 갈치의 계군이 단일 계군이라면 이와 같은 성장이 다른 상황을 연출하지는 않을 것으로 판단되며 유사한 범위에서 그 차를 인정할 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 제주도 주변해역에 출현하는 갈치의 계군은 동·서 양쪽에 성장이 다른 상황을 연출하는 것으로 보아 서로 다른 계군이 출현함으로써 나타나는 현상으로 사료된다.

그러나 이러한 서로 다른 계군의 출현에 관해서는 혈청화학적 방법이나 이석 분석, 기생충 분석 등을 통한 보다 구체적인 분석 방법에 의한 검증이 거쳐 내려야 할 내용이라고 판단된다.

4. 요약

제주해협에서 채집된 갈치의 전장 및 두동장, 체중과의 관계를 비교하여 성장 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 전장과 두동장과의 관계는 제주시>성산포>한림의 순으로 두동장의 성장 속도가 빠르게 나타났다.

2) 체중과 두동장에 대한 기울기의 평균결과에서는 성산포>한림>제주시의 순으로 체중이 높게 나타내었다. 월별 결과에서는 어기초가 되는 6, 7월은 한림, 8, 9, 10, 11월은 성산포쪽이 높게 나타나 제주시쪽이 가장 낮은 결과를 나타냈다.

3) 갈치의 두동장에 대한 평균치 Mode 분석에서는 어기초인 5월부터 7월까지의 제주시와 성산포쪽이 거의 비슷한 상황이 되었고 8월초에는 네 지역이 거의 비슷한 경향을 나타냈으나, 8월말부터 다시 분산이 일어나 8월 22일 성산포의 평균치 Mode가 최대(36.17cm)를 보인 이후 계속 감소추세를 보였다. 이때 한림의 경우는 대부분 가장 낮은 평균치 Mode를 나타냈으며 다음으로 제주시, 성산포, 서귀포의 순으로 높았다.

4) 이러한 갈치 전장·두동장 관계, 두동장·체중 관계 및 두동장의 평균치 Mode의 분석으로부터 제주해협내에 출현하는 갈치자원의 계군은 제주도 주변해역에서 어획되는 갈치가 거의 동일위도권에 속하면서도 서로 다른 성장 특성을 나타내어 반드시 동일계군이라고 단정하기는 어려운 점이 많다. 즉 제주도 주변해역에 출현하는 갈치군은 단일계군이 아니고 몇 개의 다른 계군이 혼재되어 있고, 이들 계군의 공급 경로도 다를 가능성이 있다.

VII. 제주해협의 갈치어장 형성기구 및 출현어군

1. 서 언

우리나라는 연중 각종 회유성 어종들이 시기별로 그 상황을 달리하며 호어장을 형성하고 있다. 이들 회유성 어종들과 해황과의 관계는 한과 공(1968), 조(1981), 백과 박(1985, 1990), 홍(1985), 백 등(1992)에 의해 우리나라 주변해역에서 어획되는 고등어, 전갱이, 참조기, 부세, 말쥐치, 꽁치 등의 유용어류를 대상으로 어장과 해황과의 관계를 규명하려 하였다. 또한 제주도 주변해역에서는 추라도 주변해역의 삼치 유자망어업(조와 신, 1971), 삼치의 어장형성기구(김, 1984), 고등어 선망어장(노, 1985. 박, 1986) 등의 연구가 수행된 바 있다.

그러나 이와 같은 유용어류들에 대한 연구에도 불구하고 갈치에 대한 연구는 주로 안강망어선들이 주 조업 해역인 황해와 동중국해를 대상으로 한 연구(황과 홍, 1985. 백과 박, 1986)가 있을 뿐 제주해협의 갈치어장 형성기구에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 제주해협에서 갈치어장이 5월부터 12월까지 제주도 북부연안에서 10해리 이내의 동서로 뻗은 대상어장에서 형성되고 회유해오는 갈치군도 색이, 산란 및 월동회유 등 생활주기에 따라 좋아하는 해양환경을 달리 할 가능성도 있으므로 제주해협내의 한정된 해역과 시기에 좋은 어장이 형성되는 이유와 내유하는 어군의 이동경로 등을 본장에서 밝히는 데 주력했다.

2. 자료 및 방법

갈치어장의 분포와 회유에 관한 정보를 입수하기 위하여 어업종류별(갈치 채낚이, 안강망, 연승)로 표본어선을 Table VII-1과 같이 선정하여 일별 조업 위치 및 어획량을 기록하도록 하여 그 자료를 수집하였으며, 수집된 자료를 월별로 Chart에 기록한 후 그 달에 조사된 해황과의 관계를 분석하여 어장 형성기구를 파악했으며 제주해협에 출현하는 갈치어군의 공급기구에 관한 해석은 MISUI(1961) 및 국립수산물진흥원(1994)의 갈치 계군분류 및 회유경로와 제주해협에 출현하는 갈치의 번식생태학 및 채장, 채중분포 등의 생물학적 특성, 초·중어기 등의 자료를 이용하여 추정했다.

1) 갈치어장 형성과 해황과의 관계

제주해협에서의 해황과 갈치채낚이 어업에 의한 어장 형성과의 관계를 파악하기 위하여 1992년의 월별 해양관측자료와 표본어선의 조업위치를 월별로 정리한 결과를 대응시켜 분석했다.

Table VII-1. The information of fishing vessel used in this study

Fishing Method	Ship's Name	Gross Tonnage	Port of Registry	Period
Hand Line	YOUNGKIL	39	CHEJU CITY	1988~89, 1992~93
	2nd EOSUNG	43	"	1989~1993
	DAEKWANG	16	"	1990~1992
	DONGKWANG	15	"	1991~1993
	YOUNGNAM	21	"	1992~1993
	DONGSEONG	29	"	1988~89, 1992~93
	CHUNGKIL	22	HANRIM	1992
	JINMYUNG	36	CHEJU CITY	1986~1987
	BOKWOON	25	"	1992~1994
	TAEYOUNG	27	"	1992
	GUNSUNG	31	"	1992~1993
	YONGJIN	38	"	1993
Long Line	YOUNGNAM	21	CHEJU CITY	1989~1991
	2nd EOSUNG	43	"	1988~1989
	BOKHO	25	"	1989~1993
	KISUNG	38	SUNGSANPO	1991~1993
	DAEKWANG	32	CHEJU CITY	1993~1994
	S00NYANG	48	SUNGSANPO	1992~1993
	BAEKKYUNG	50	HANRIM	1993~1994
	JINMYUNG	47	CHEJU CITY	1988~1989
Stow Net	SHINSENG	89	YEOSU	1987~1994
	EUNYOUNG	92	MOKPO	1990~1993
	TAECHANG	75	MOKPO	1990~1992
	DONGHUNG	73	INCHEON	1993~1994

2) 어획 적수온·적염분 추정

수온·염분자료를 바탕으로 어획 적수온·적염분을 추정하기 위하여, 어획량과 수온·염분의 관계는 정규분포한다고 가정하고 Uda(1961) 및 韓과 孔(1968), 白과 朴(1985, 1992) 등에 의해 사용된 다음의 식에 의해 어획 적수온과 적염분 범위를 구했다.

$$f(x) = f(0)e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$$

$$\text{단 } f(0) = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

(f_i : 어획량, σ : 표준편차, x : 수온, 염분, $\bar{x}$: 수온 평균치 또는 염분의 평균치)

이때 사용된 수온·염분자료는 1992년에 제주해협에서 조사된 CTD자료를, 어획량은 동시기의 갈치 채낚이어선에 의한 어획량 자료를 사용하였다.

3) 제주해협 갈치채낚이 어업의 초어기 및 종어기

제주도 주변해역에서는 5, 6월부터 갈치어기가 시작되어 12월 혹은 익년 1월까지 지속(Fig. III-32 참조)되지만 초어기나 종어기의 어장환경 특성을 분석한 예가 거의 없다.

그러므로 제주도 주변해역에 년중 최초로 채낚이 어업에 의해 갈치가 어획된 시기와 마지막 어획 시기를 추정하기 위하여 국립수산물진흥원 남해연구소 제주분소에서 매주 발행되고 있는 어·해황 속보자료(1987~1992년)로부터 구하고 제주도 연안역(제주, 우도, 위미, 마라도, 한림)의 정점 수온 자료와 대응시켜 초어기, 종어기의 수온을 구했다.

연안 정점 자료를 이용한 것은 수온을 일별로 연속적으로 조사한 자료가 연안 정점관측 자료뿐이고 염분은 이러한 연속자료가 없어 분석하지 못했다.

3. 결과 및 고찰

1) 갈치어장 형성과 해황과의 관계

(1) 월별 저층해황과 어장형성

채낚이 어선에 의한 제주해협에서의 갈치어기 시작 직전인 1992년 4월부터 제주해협에서 갈치어기가 완전히 종료되어 버린 1992년 12월까지 월별 채낚이 어선의 분포상황과 저층해황(수온·염분)과의 관계를 Fig. VII-1(a~i)에 나타냈다.

분석 결과 1992년 4월(Fig. VII-1 a)은 제주해협이 수직적으로 균질한 해황을 보이는 시기로 제주해협은 14.0℃, 34.50‰인 대마난류 세력에 의해 지배되지만 해협 내에서는 갈치가 어획되지 않았다. 5월(Fig. VII-1 b)의 경우도 제주해협 서쪽 입구의 표층에서 저염분수가 출현하지만 중·저층은 대마난류수에 의해 지배되는 시기로서, 제주도 동·서 양쪽에서만 어획(Fig. III-32 참조)이 이루어졌고 제주해협내에서는 어획이 이루어지지 않았다.

6월(Fig. VII-1 c)부터는 제주해협내에서 본격적인 어장이 형성되기 시작한 시기로 남서~북동방향으로, 즉 한림연안역에서 여서도를 향하여 어장이 형성되었으며, 제주도 북부해역의 10~15해리의 범위 내에서 주로 잡혔다. 특히 우도 북쪽에서는 어장이 연안역에서부터 멀어져 마치 우도 북쪽에서 제주도 동쪽으로부터 유입되는 15.0℃의 난류수의 연변을 따라 여서도쪽으로

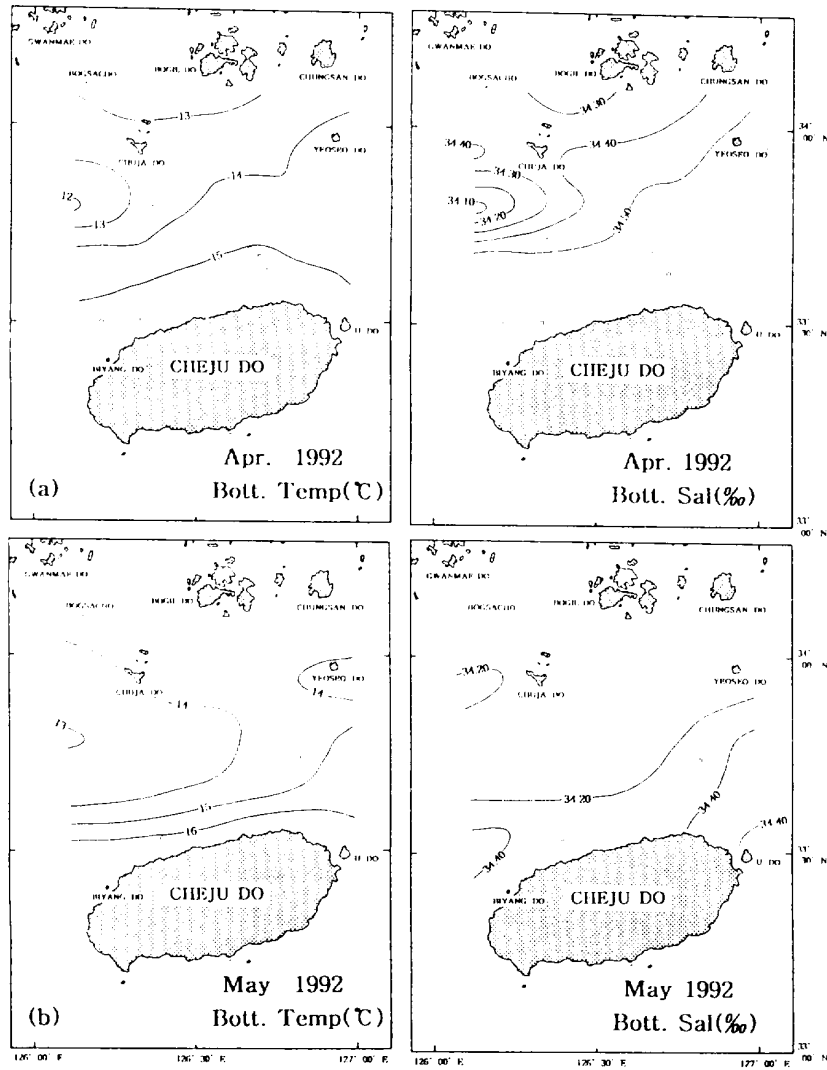


Fig. VII-1(a~j). Monthly distribution of Hairtail from Handline fishing and sea bottom temperature(°C), salinity(‰) in the Cheju Strait, in April~December, 1992.

∴ : None ∴ : 0~50Kg ∴ : 51~100Kg ∴ : 101~200Kg
 ● : 201~300Kg ● : 301~400Kg ○ : > 401Kg

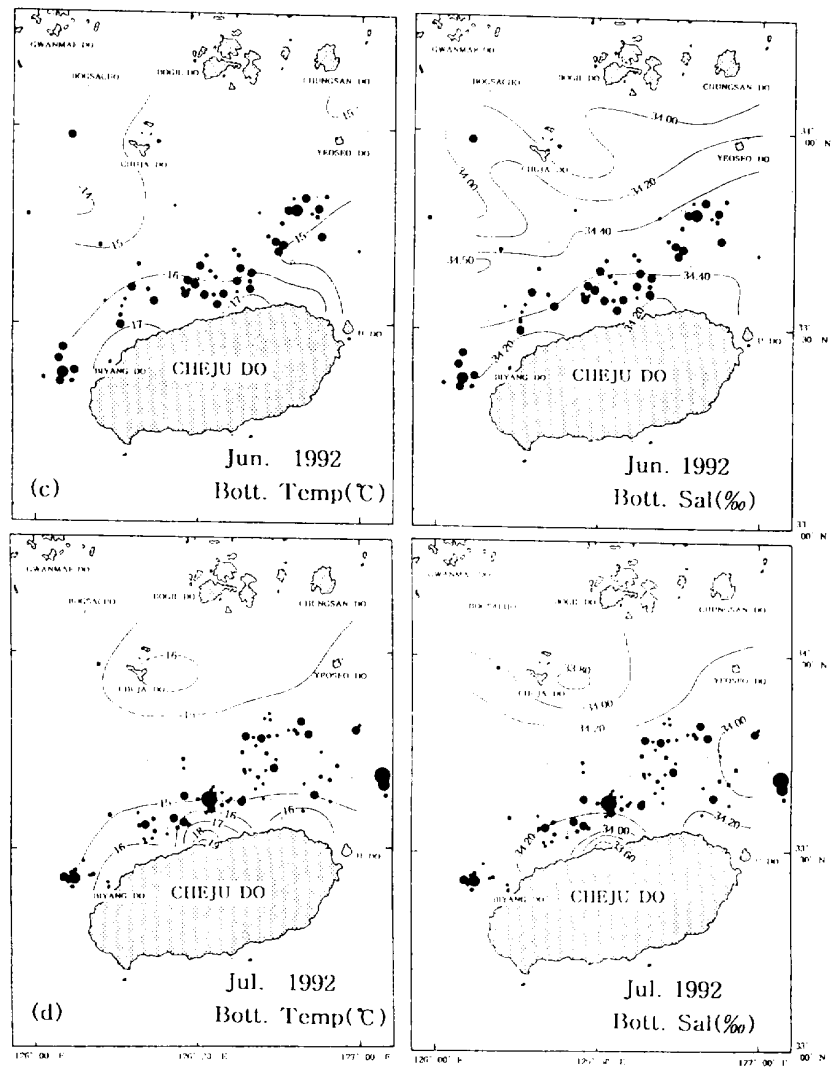


Fig. VII-1. Continued

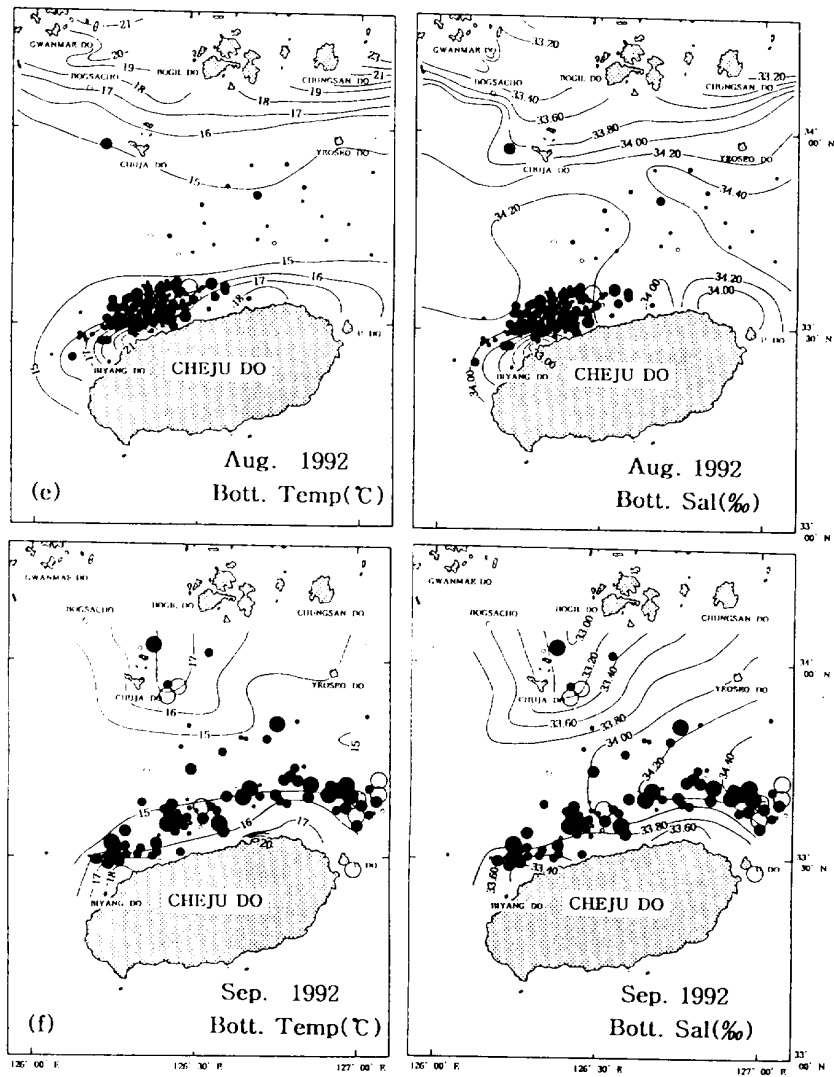


Fig. VII-1. Continued.

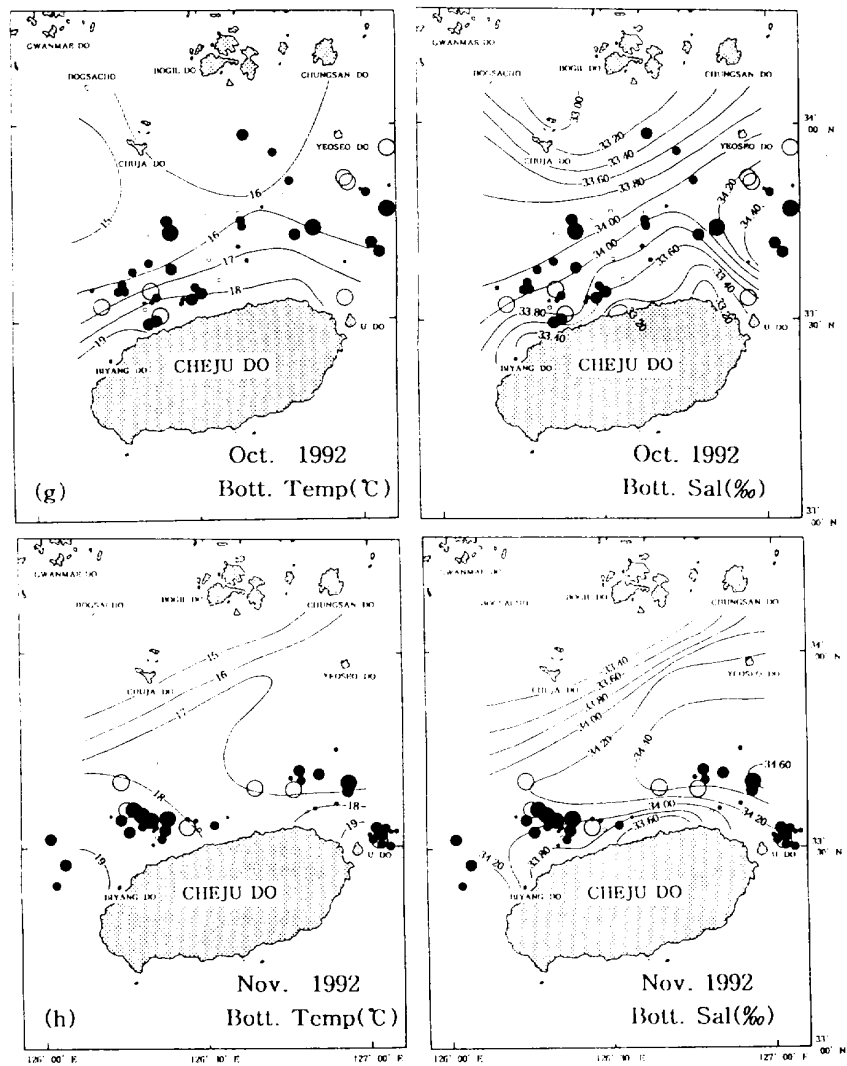


Fig. VI-1. Continued.

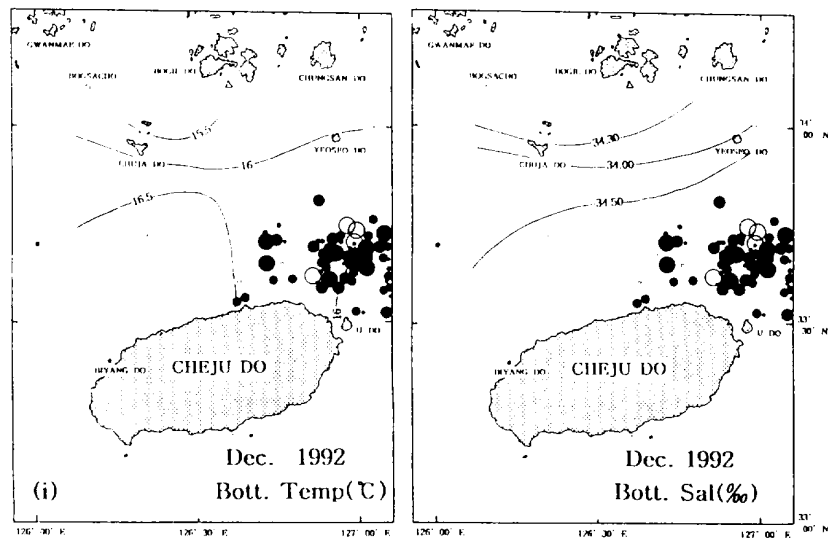


Fig. VII-1. Continued.

방향을 바꾸고 있는 것 같은 분포 양상이다. 이때 어장의 수온 및 염분은 $15.0 \sim 17.0^{\circ}\text{C}$, $34.20 \sim 34.40\text{‰}$ 범위로 제주해협 중 가장 고온, 고염분인 대마난류역에서 어장이 형성되었다.

7월(Fig. VII-1 d)에도 남서~북동방향의 어장이 형성되었고 제주도 북부 10~15해리내의 $15.0 \sim 16.0^{\circ}\text{C}$, $34.00 \sim 34.20\text{‰}$ 의 대마난류수와 연안수 사이의 혼합수지역에서 주로 어획이 이루어졌으며, 또한 주어장은 제주시 북부외해역의 연안수와 외해수 사이의 연안용승 혹은 조석전선의 수온·염분전선대에서 높은 어획을 나타내었다.

8월(Fig. VII-1 e)에는 제주도의 북서쪽 연안(애월부근)역의 10해리 범위에서 주로 조업이 이루어졌고, 제주해협의 중앙부 및 추자도 서쪽 해역에서 산발적인 조업이 있었다. 이와 같이 애월 북부외해역에서 주어장이 형성된 것은 애월 북부해역에서 연안해저지형 및 조석류에 의해 조석전선대를 형성한 시기로, 조업은 $15.0 \sim 21.0^{\circ}\text{C}$, $33.20 \sim 34.40\text{‰}$ 의 가장 폭넓은 수온·염분대에서 어획되었다.

9월(Fig. VII-1 f)은 제주도 북부해역에서 전반적으로 호어를 보인 때로 동~서방향으로 약 10해리의 범위내에 호어장을 나타내었다. 이때 외해수와 제주도 북부연안역의 연안수 사이에 형성된 수온·염분전선대 내에서 주어장이 이루어졌고, 어장은 비양도부근 해역의 조석전선대, 그리고 외해수의 경계역인 제주해협의 동쪽 입구에서 저층을 통하여 유입되는 설상의 고염분수와 제주해협내 연안수 사이의 해역에서 높은 어획량을 나타냈으며, 이 설상의 고염분수가 제주시쪽으로 확장되는 설단과 연안수 사이에서 호어장을 나타내었다. 또 다른 호어장으로 추자

도와 보길도 사이 해역에서 남하 확장하는 연안수의 중심부에서 호어장을 나타냈다. 제주도 북부해역에서는 15.0~18.0℃, 33.40~34.40‰의 분포대에서 어획이 되었으며 한국남해 연안역에서는 16.0~17.0℃, 33.00~33.40‰의 다소 낮은 염분대에서 어장이 형성되었다.

10월(Fig. VII-1 g)은 갈치어장의 분산이 많이 이루어진 시기로 제주도 북서쪽 해역의 수온(16.0~19.0℃), 염분(33.60~34.00‰) 전선대와 제주해협 동쪽 입구의 설상의 고염분역에서 어획량이 많았다. 또한 추자도와 여서도 사이 해역인 전선대역에서도 조업이 산발적으로 이루어졌다.

11월(Fig. VII-1 h)은 주어장이 제주시를 경계로 두개의 어장으로 나누어지는 시기로 한어장은 제주도 북서쪽의 18.0~19.0℃, 33.80~34.20‰ 해역의 전선대역 및 안장형의 중심부에서 높은 어획량을 나타냈고, 다른 어장은 제주도 북동쪽의 17.0~18.0℃, 34.00~34.60‰의 설상의 난수와 연안수간에 형성된 전선대역에서 조업밀도가 높고 어획량도 많았다.

12월(Fig. VII-1 i)은 11월에 두개로 나누어졌던 어장이 서쪽 해역의 어장은 소멸되고, 제주도의 북동쪽 해역에서만 어장이 형성된 시기로 16.0~16.5℃, 34.50‰의 해역대에서 조밀하게 어장이 형성되며 제주해협내의 갈치어장은 12월 이후 소멸된다.

(2) 월별 표층해황과 어장 형성

제 IV장에서 살펴본 바와 같이 갈치어장은 중·저층해황과 어획량이 높은 상관관계를 나타내었다. 그러나 어업자(어민)들이 어장 위치를 파악하기 위해 활용 가능한 Data로는 어군탐지기에 나타난 표면수온 Data나 봉상온도계를 이용한 표면수온 관측자료이므로 이들 자료를 이용하여 어장 위치를 파악할 수 있는 가능성을 제시해 보기위해 표층해황과 어장 형성과의 관계를 월별로 분석하여 Fig. VII-2(a~i)에 나타냈다.

분석 결과 4월(Fig. VII-2 a)의 경우는 표·저층간에 연직적으로 균질한 상태가 되고 수온 13.0~15.0℃, 염분 34.20~34.50‰의 범위로 대마난류수의 주류부가 제주해협의 전해역 및 한국남해연안역까지 영향을 미치는 시기인데도 해협 내에서의 갈치어획은 거의 없었다.

5월(Fig. VII-2 b)이 되면서는 표층 저염분수가 출현하기 시작하는 시기로 수온 15.0~17.0℃, 염분 33.60~34.40‰의 범위로서 수온·염분의 분포 범위가 넓어졌다. 이때 갈치가 제주도 서쪽 및 동쪽 해역에서 어획됨으로써 갈치어기가 시작되는 시기는 표층수온이 15.0℃ 이상으로 상승하고 염분이 저염화되기 시작하는 시기(표층 저염분수의 출현시기)와 일치하였다.

6월(Fig. VII-2 c)부터는 제주해협내에서의 갈치어획이 본격적으로 시작된 시기이며 수온 18.0~20.0℃, 염분 33.20~34.00‰의 범위로 어장은 제주도 북부연안을 따라 남서~북동방향으로 형성되었으며 이 해역의 수온·염분범위는 18.0~20.0℃, 33.60~34.00‰의 고수온, 고염분역에 형성되었고, 제주도 북부 연안역에 국부적으로 나타나는 저온·고염의 연안 조석전선대와 추자도 동쪽에 중심이 있는 저온수인 한국남해안수의 외측 경계역에서 어장이 이루어졌다.

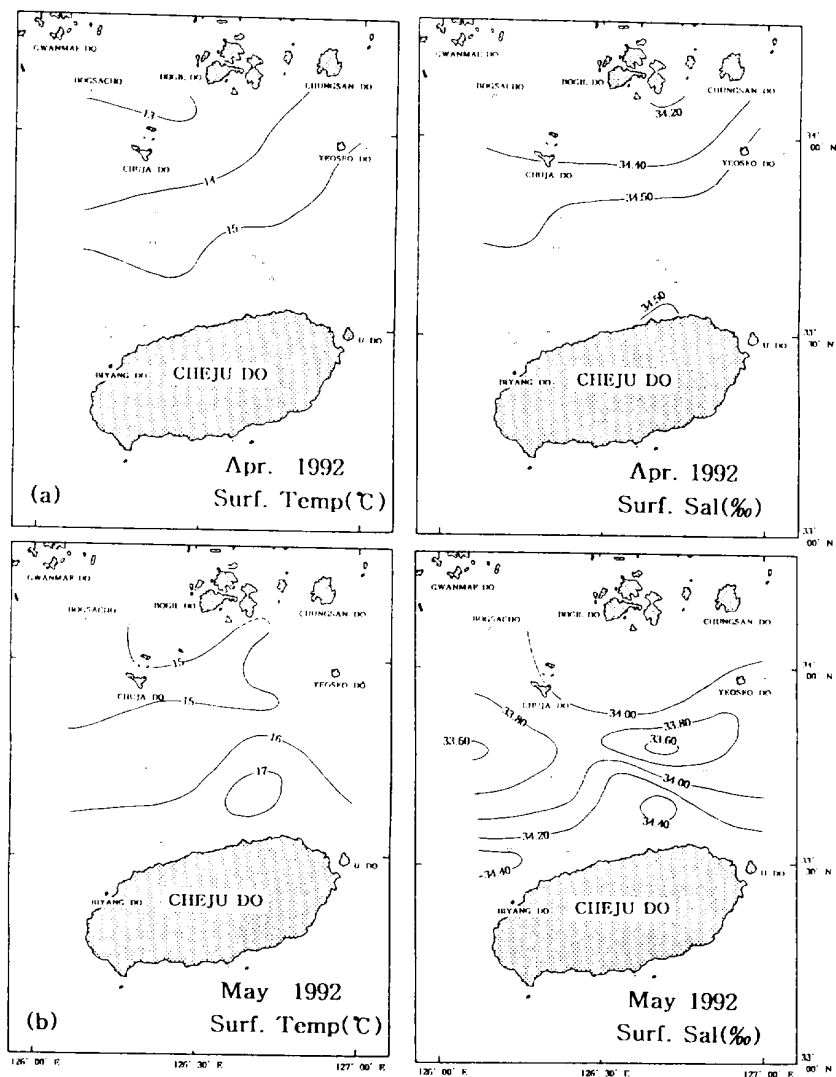


Fig. VII-2(a~j). Monthly distribution of Hairtail from Handline fishing and sea surface temperature(°C), salinity(‰) in the Cheju Strait, in April~December, 1992.

∙ : None ∙ : 0~50Kg ∙ : 51~100Kg ∙ : 101~200Kg
 ∙ : 201~300Kg ∙ : 301~400Kg ○ : > 401Kg

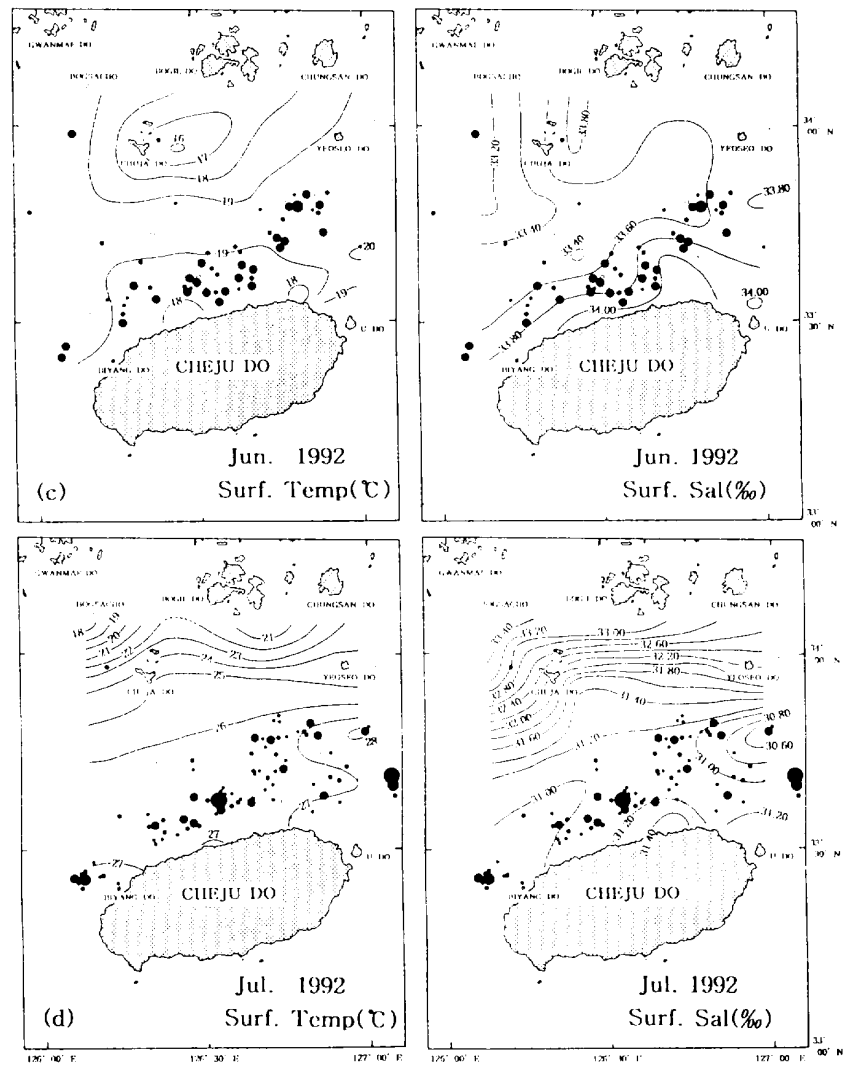


Fig. VII-2. Continued

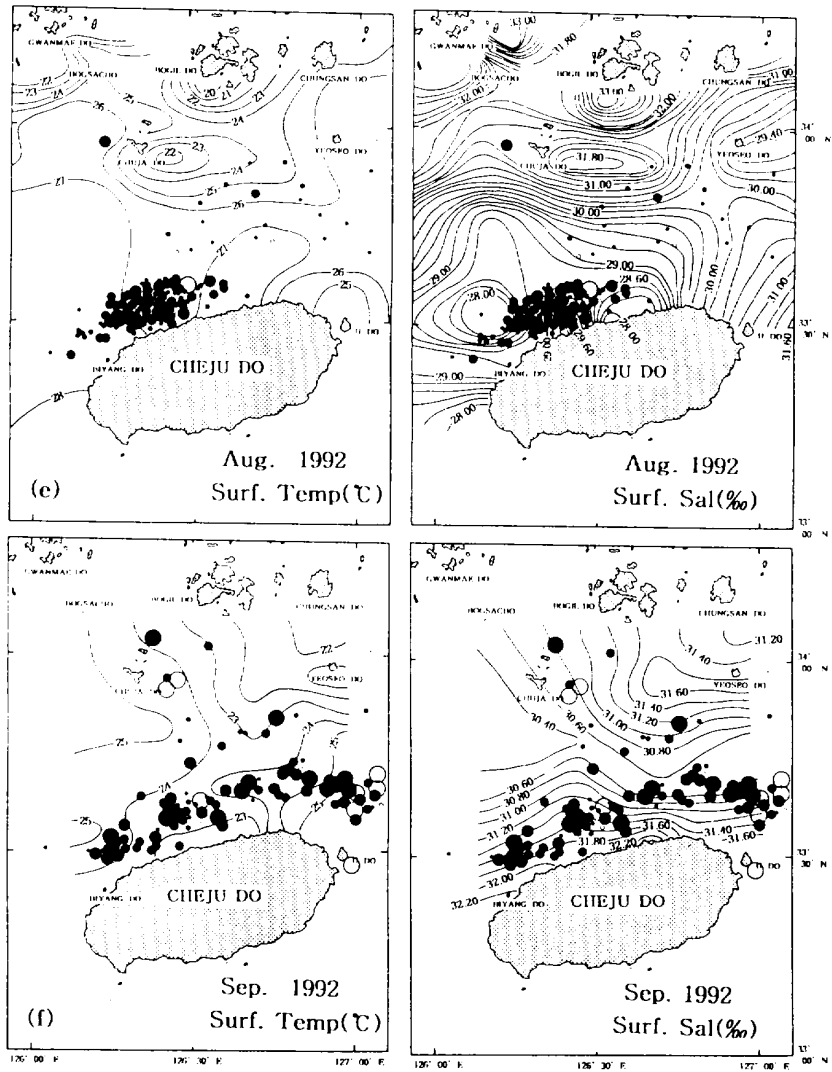


Fig. VII-2. Continued

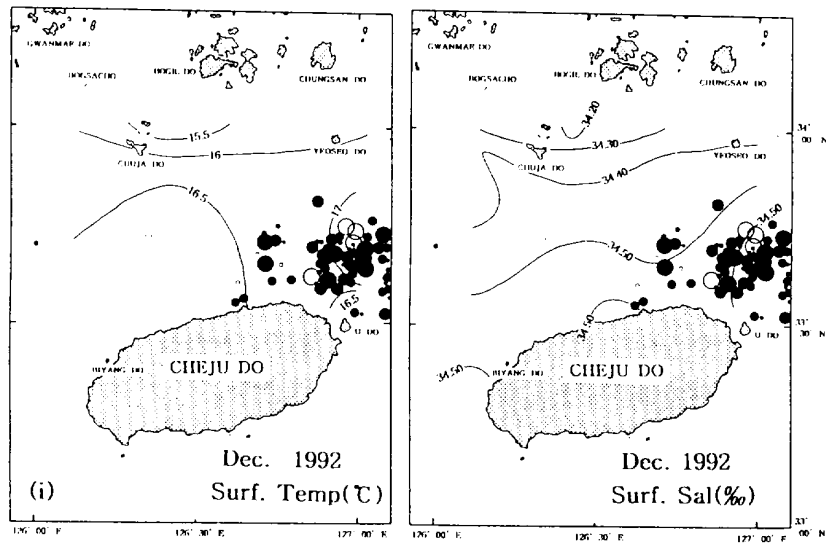


Fig. VII-2 Continued.

7월(Fig. VII-2 d)은 갈치어장이 제주도 북부해역으로부터 20해리의 넓은 범위 내에 형성되었고 수온 25.0~28.0℃, 염분 30.60~31.40‰의 범위였다. 한국 남해연안역의 수온·염분전선 남쪽의 고온·저염분역중 염분 Eddy의 연변부에 좋은 어장이 형성되었다.

8월(Fig. VII-2 e)은 한림, 애월, 제주시까지의 제주도 북부연안역 약 10해리범위에서 어획량이 많은 호어장이 집중하여 형성된 것이 특징이고 추자도 서쪽 해역과 해협외의 중앙부에서 산발적으로 어장이 형성되어 광범한 해역에 어장이 분포했다. 수온 분포는 20.0~27.0℃, 염분은 28.00~33.00‰로 주어장이 형성된 지역의 수온은 26.0~28.0℃, 염분 28.00~29.60‰의 고온·저염분역이고, 특히 중국대륙연안수의 중심축인 27.0℃, 28.00‰의 고온·저염분수의 Eddy 주변부에서 가장 좋은 어장이 형성되었고 추자도 동쪽과 보길도 남쪽에 핵이 있는 남해안연안수의 용승역내의 저온역에는 어장이 형성되지 않고 그 연변부의 고온역을 따라 어장이 분포하고 있다.

9월(Fig. VII-2 f)은 어획량이 가장 많고 어선 분포 밀도도 높은 호어장이 제주도 북부연안을 따라 동~서방향으로 거안(距岸) 13해리의 범위 내에 대상으로 형성되어 이 대상어장으로부터 청산도쪽에 핵이 있는 저온·고염분수와 추자도 서쪽에 핵이 있는 고온·저염분수와와의 경계역에서 형성되는 수온·염분전선을 따라 한국남해안쪽으로 이동하는 것과 같은 양상의 어장 분포가 나타나고 있다. 특히 제주도 북부 연안을 따라 대상으로 분포하는 주어장은 제주도 북부연안역에 형성되는 조석전선대 및 그 연변부에 형성된 어장이다.

10월(Fig. VII-2 g)의 어장은 한림, 애월 등의 제주도 북서쪽 연안으로부터 15해리이내의 해역

에 형성되는 호어장과 우도북쪽 외해역어장으로 대별되었다. 수온 및 염분의 분포 범위는 17.0~20.0℃, 32.00~32.80‰로 제주도 북서해역 어장은 제주도 북부연안역의 연안수와 제주해협 서쪽 입구에서 동쪽으로 확장하는 고온, 저염분수와의 연변인 염분전선대 어장이고, 우도북쪽 외해역어장은 32.00‰의 저염분 Eddy역 및 남해안 연안수와 제주해협내의 저염분수 사이에 형성되는 염분전선대역 어장이다.

11월(Fig. VII-2 h)은 10월과 같이 두개의 어장으로 나뉘어진 상태로 제주도 북서쪽 해역에서 형성되는 호어장은 10월과 유사하나 우도북쪽 외해역에서 분산되었던 갈치어장은 이때부터 제주도 연안역쪽으로 남하하여 우도북부 약 10해리의 범위에서 호어장을 이루었다. 이때의 수온·염분 분포 범위는 15.0~19.0℃, 33.00~34.20‰로 비양도 및 우도주변 어장은 제주도 서쪽과 동쪽에서 출현하는 고염분의 대마난류수 침단부의 염분전선역 어장이고 애월북쪽 어장은 제주해협내에 남아있는 최저 염분수 침단부와 제주도 북부연안수 사이에서 형성되는 어장이다.

12월(Fig. VII-2 i)의 어장은 제주도 동쪽 우도주변 약 15해리 범위에서만 호어장이 형성되는 것이 특징이고 이 어장의 수온·염분 분포 범위는 15.5~17.0℃, 34.20~34.50‰로 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 고온·고염분수의 실상의 대마난류역 및 그 침단부 주변에서 형성된 어장이다.

이상의 결과를 요약하면 제주해협내 갈치어장은 제주도북부 연안역의 조석전선대내의 저층 고온역 및 국지적인 용승역과 제주해협 동, 서쪽 입구에 출현하는 실상의 고염분역 침단부, 표층의 저염분 Eddy 및 그 주변의 염분전선역, 한국남해안 연안수와 제주해협내에 출현하는 안상부 사이에서 형성되는 전선역 등에서 형성되는 어장이다.

2) 어획 적수온과 적염분 추정

(1) 표층의 어획수온·염분

Fig. VII-3으로부터 6월에는 어획수온·염분은 각각 17.2~19.9℃, 33.10~33.92‰ 범위였고, 어획적수온·염분은 18.4~19.3℃, 33.50~33.80‰ 범위였다.

7월부터는 변화폭이 다소 커져 어획수온·염분은 23.0~28.2℃, 30.50~32.90‰이고, 어획적수온·염분은 26.1~27.3℃, 30.70~31.30‰이었다.

8월은 7월과 비슷한 수온분포 범위였으나 어획수온·염분은 23.0~28.2℃, 26.74~32.60‰, 어획적수온·염분이 25.6~27.8℃, 27.10~30.30‰ 범위였다.

9월부터는 어획수온은 낮아지고 염분은 높아지기 시작하는 시기로 어획수온·염분은 22.4~25.5℃, 30.50~32.30‰이고, 어획적수온·염분은 23.5~24.8℃, 30.70~31.60‰ 범위였다.

10월은 어획수온·염분이 16.8~19.6℃, 32.00~33.30‰이고 어획적수온·염분이 18.1~19.2℃, 32.10~32.90‰였으며 11월의 어획수온·염분이 16.8~19.0℃, 33.18~35.32‰, 어획적수온·염분은 16.9~17.9℃, 33.00~33.70‰이었다.

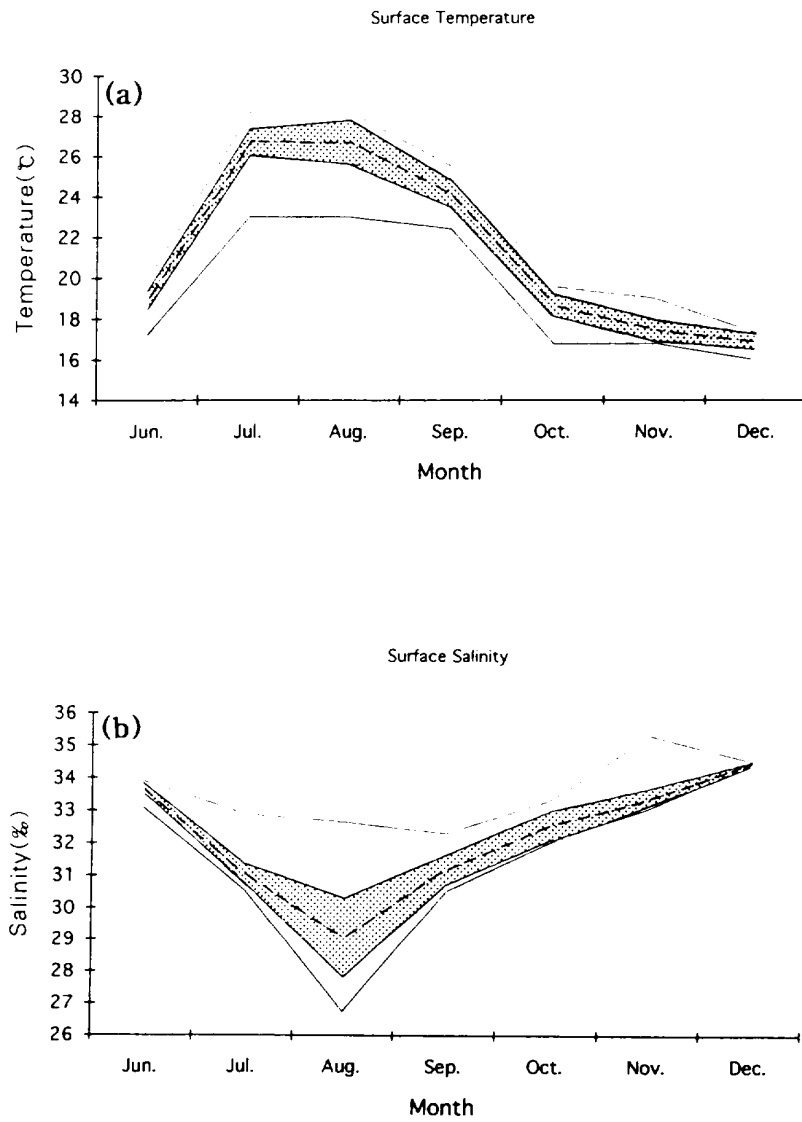


Fig. VII-3. Monthly changes of optimum surface temperature(°C, a) & salinity(‰, b) for Hairtail in the Cheju Strait, 1992.

- : mean temperature and salinity
- : Optimum temperature and salinity range($\bar{X} \pm \sigma$)
- : caught temperature and salinity range

12월의 어획수온·염분은 16.0~17.3℃, 34.40~34.50‰이었고 어획적수온·염분은 16.5~17.2℃, 34.40~34.50‰의 범위였다.

이상과 같이 표면 수온·염분과 갈치 어획량과의 관계를 분석하여 추정한 계절별 어획적수온·염분은 춘계(6월)는 18.4~19.3℃, 33.50~33.80‰이고, 하계(7~9월)는 23.0~27.8℃, 27.10~31.60‰, 추계(10~12월)는 16.5~19.2℃, 32.10~34.50‰로 상당히 광범위한 수온·염분범위에서 어획되고 있고 또 계절에 따라 어획적수온·염분범위가 바뀌고 있음을 시사하고 있다.

(2) 저층의 어획수온·염분

Fig. VII-4로부터 6월은 14.5~16.8℃, 33.90~34.40‰의 어획수온·염분범위였으며 어획적수온·염분은 15.2~16.4℃, 34.20~34.40‰로 대마난류역에서 어장이 형성되었음을 의미한다.

7월은 어획수온·염분이 14.3~16.6℃, 33.90~34.40‰이고, 어획적수온·염분은 14.4~15.5℃, 34.10~34.30‰로 7월과 같이 대마난류수역에 주로 어획되었고, 8월의 어획수온·염분은 13.5~23.0℃, 33.10~34.40‰로 그범위가 연중 가장 넓었으나, 어획적수온·염분은 그 범위가 훨씬 좁아져 14.6~17.0℃, 33.80~34.20‰의 황해난류수 내지는 대마난류수역에서 주로 어획되었다.

9월의 어획수온·염분은 14.2~17.4℃, 33.20~34.30‰였고, 어획적수온·염분은 14.7~16.3℃, 33.70~34.20‰이며, 10월의 어획수온·염분은 15.5~18.5℃, 33.30~34.12‰이며 어획적수온·염분은 15.7~17.7℃, 33.70~34.10‰의 범위로 9, 10월 모두 황해난류수 내지는 대마난류수역에서 주로 어획되었고 10월은 적염분 범위의 최고염분치가 연중 가장 낮아지는 것이 특징이다.

11월은 16.5~19.4℃, 33.80~34.56‰의 어획 수온·염분범위였고, 어획적수온·염분은 17.0~18.6℃, 33.90~34.30‰이었으며, 12월은 어획수온·염분 및 어획적수온·염분이 15.7~16.5℃, 34.51~34.57‰ 범위로 11, 12월은 대마난류역에서 모두 어획되었으며 어획염분의 최고치가 11월부터 갑자기 커져 이와 같은 상황이 그후 지속된다.

이상과 같이 저층 수온·염분과 갈치 어획량과의 관계를 분석하여 추정한 계절별 어획적수온·염분은 춘계(6월)는 15.2~16.4℃, 34.20~34.40‰이고, 하계(7~9월)는 14.4~17.0℃, 33.70~34.30‰, 추계(10~12월)는 15.7~18.6℃, 33.70~34.50‰로 제주해협내에서는 저층수온 14.5℃이상의 고온역과 33.70‰이상의 고염분역인 황해난류수 내지는 대마난류수역에서 갈치가 주로 어획되고 있다. 또 하계에 비교적 저염분역에 어획되는 경향이 있지만 연중 14.4~18.6℃, 33.70~34.50‰의 좁은 저층 수온·염분범위에서 대부분의 갈치가 어획되고 있다.

3) 제주해협 갈치 채낚이어업의 초어기 및 종어기

(1) 갈치의 초어기

1987년부터 1992년까지 6년 동안에 제주도 주변해역에서 갈치가 최초로 잡힌 월일 및 그때의 어획량과 제주도 연안 정점의 수온을 Table VII-2에 나타냈다. 1992년의 경우 4월말에 초어가 시작된 것을 제외하면 5월 중순에서 하순경에 초어가 시작되었고 그때의 제주도 주변 연안

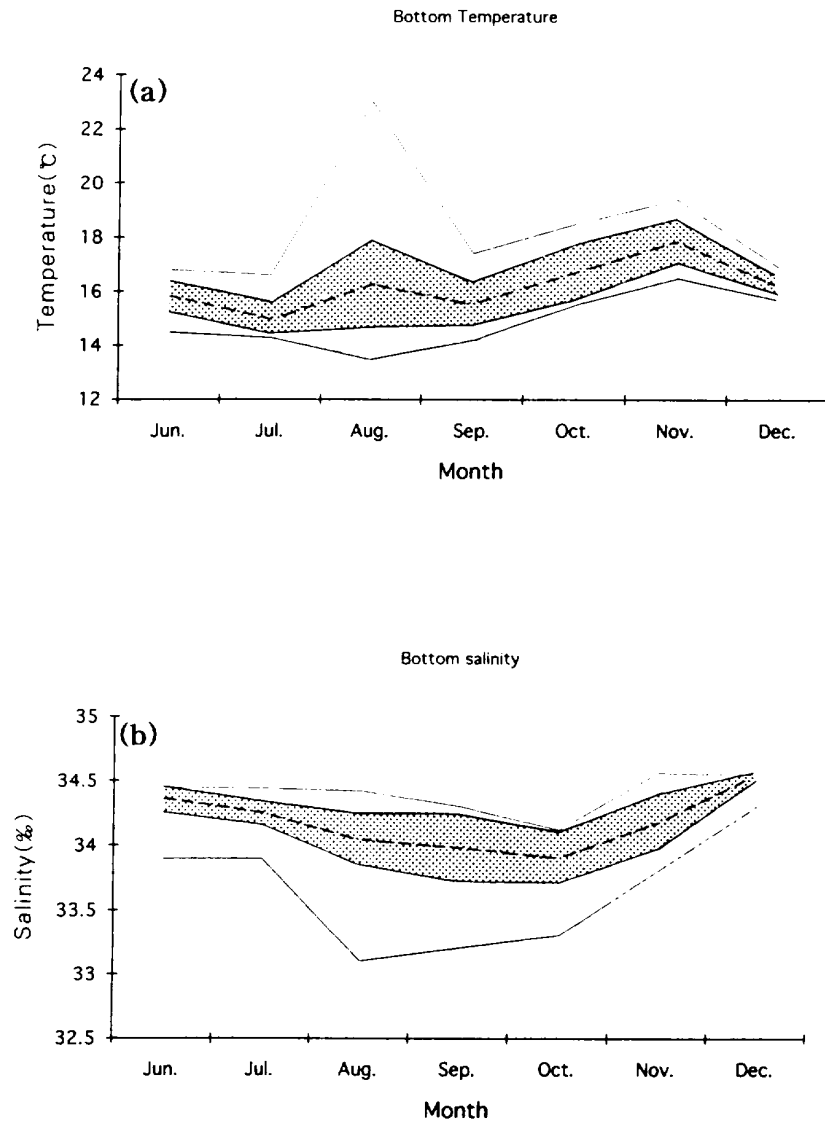


Fig. VII-4. Monthly changes of optimum bottom temperature(a) & salinity(b) for Hairtail in the Cheju Strait, 1992.

- : mean temperature and salinity
- : Optimum temperature and salinity range($\bar{X} \pm \sigma$)
- : caught temperature and salinity range

각정점의 평균 수온 범위는 16.0~17.3℃였다. 제주도 연안 수온은 5월부터 순별 1~2.0℃씩 상승하는 시기(노와 정, 1976)이므로 갈치어장의 외해 수온보다는 약간 높은 것을 감안하더라도 대체로 16.0℃정도에서 어기가 시작될 것으로 추정된다. 제주시 부근해역보다 성산포 부근해역에서 초어가 시작된 횟수가 많다.

Table VII-2. The information of first appearance date of Hairtail in the surrounding sea of Cheju Island during 1987~1992 and coastal temperature(℃)

Year	Date	Catch(kg)	Place	Temperature(℃)				
				Cheju	Udo	Wuimi	Marado	Hanrim
1987	May, 18	20	Sungsanpo	18.5	16.2	·	·	18.0
1988	May, 26	405	Cheju City	18.6	·	·	·	18.0
1989	May, 9	1,530	Cheju City	17.0	·	·	·	·
1990	May, 13	3,610	Sungsanpo	17.2	·	17.1	·	·
1991	May, 12	7,500	Sungsanpo	16.0	16.0	16.4	16.5	16.5
1992	Apr. 28	7,674	Sungsanpo	16.4	15.8	16.6	16.2	16.4
Average	·	·	·	17.2	16.0	16.7	16.3	17.2

(2) 갈치의 종어기

1987년부터 1992년까지 6년 동안의 갈치종어 시기 및 그때의 어획량과 제주도 연안 각 정점의 수온을 Table VII-3에 나타냈다.

Table VII-3. The information of last disappearance date of Hairtail in the surrounding sea of Cheju Island during 1987~1992 and coastal temperature(℃)

Year	Date	Catch(kg)	Place	Temperature(℃)				
				Cheju	Udo	Wuimi	Marado	Hanrim
1987	Feb. 14 (1988)	Cheju 2,510 Hanrim 620	Cheju City Hanrim	12.1	13.0	13.5	·	11.4
1988	Jan. 23 (1989)	6,590	Cheju City	12.5	·	·	·	·
1989	Feb. 5 (1990)	690	Sungsanpo	13.2	·	13.6	·	·
1990	Dec. 29 (1990)	8,966	Sungsanpo	15.3	16.3	15.3	17.3	14.7
1991	Jan. 30 (1992)	1,250	Sungsanpo	15.3	15.9	14.8	16.0	15.0
1992	Jan. 24 (1993)	2,410	Sungsanpo	12.8	15.4	12.6	16.0	13.0
Average	·	·	·	13.5	15.2	14.0	16.4	13.5

종어기는 해에 따른 변화가 커 12월 말에서 2월 중순 사이에 있고 종어기의 제주도연안 각 점의 평균 수온 범위는 13.5~16.4℃로 지역간 차가 있지만 평균하면 14.5℃로 대체로 수온 15.0℃정도에서 종어가 되는 것 같다. 성산포 주변해역이 제주시, 한림부근 해역보다 종어가 된 회수가 많다.

4) 갈치의 풍·흉어년의 특성

전국의 갈치 어획량 변동분석 자료(Fig. II-1)에 의하면 1974년(166,391M/T)에 최고의 풍어년을 1977년에 최소어획량(72,032M/T)을 나타내 흉어년이 되었다. 그후 1983년은 152,633M/T으로 풍어년을 맞이했으나 1986년 다시 107,561M/T으로 낮아졌다. 최근의 경향으로는 1992년 87,316M/T이고, 1993년 최근들어 가장 낮은 어획량(58,035M/T)을 보였으며 1994년에는 다시 101,052M/T의 높은 어획량을 나타냈다. 이처럼 갈치 어획량의 풍·흉이 번갈아 나타나는데 이와 같은 풍·흉이 나타나는 원인을 파악하기 위하여 풍·흉어가 나타난 해의 해양특성을 살펴볼 필요가 있다.

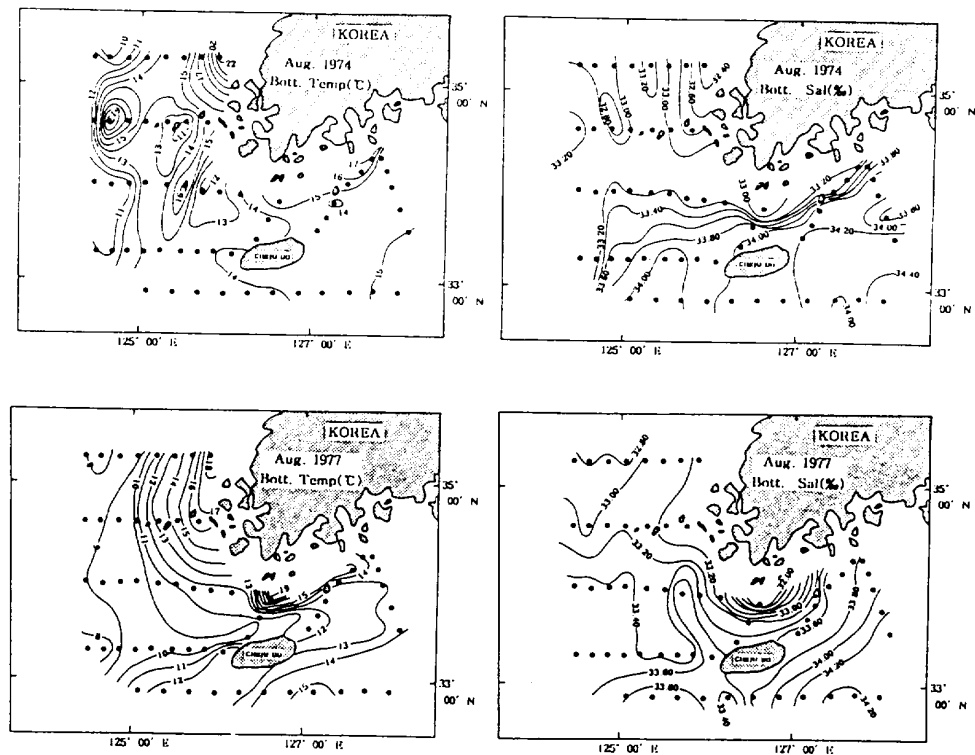


Fig. VII-5. Horizontal distributions of temperature(℃) and salinity(‰) at the bottom in Aug. 1974 and 1977.

퐁어년인 1974년과 흉어년인 1977년 8월의 저층해황을 Fig. VII-5에, 퐁어년인 1983년과 흉어년인 1986년 8월의 저층해황을 Fig. VII-6에 나타냈다.

1974년(퐁어년)은 10.0℃의 저온수가 서해의 중앙부에 후퇴해 있고, 제주해협에는 13.0℃의 저층저온수가 서쪽입구에 한정되어 있을 뿐 제주해협 대부분의 해역에는 14.0~15.0℃의 저층수가 출현해 있다. 그러나 1977년(흉어년)의 경우는 1974년보다 2.0℃낮은 8.0℃의 저온수가 서해중앙부에 자리잡아있어 전체적으로 저온상을 나타내고 제주해협의 서쪽 입구에는 10.0~12.0℃의 저층저온수가 해협내 거의 전역에 설상으로 넓게 분포하고 있다.

퐁어년인 1983년의 경우도 10.0℃ 이하 저온수가 소흑산도 이북해역에 축소되어 있고 제주해협내 저층수온도 14~15℃의 고온수가 넓게 분포해 있으나 흉어년인 1986년은 10.0℃ 이하 분포범위가 제주도 서방해역까지 확장되어있고 제주해협내의 저층수온도 12.0~13.0℃ 저온수가 해협 전역에 분포해 있다. 또 1992~1994년의 제주해협내의 9월 저층 수온·염분 분포를 Fig. VII-7, 8, 9에 나타냈다.

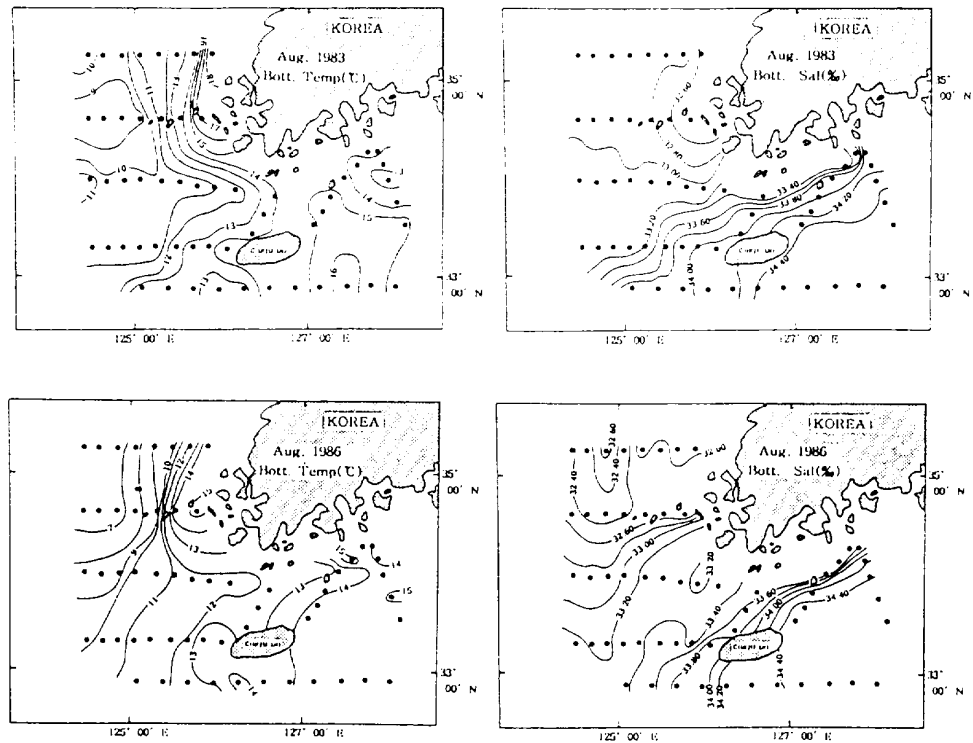


Fig. VII-6. Horizontal distributions of temperature(℃) and salinity(‰) at the bottom in Aug. 1983 and 1986.

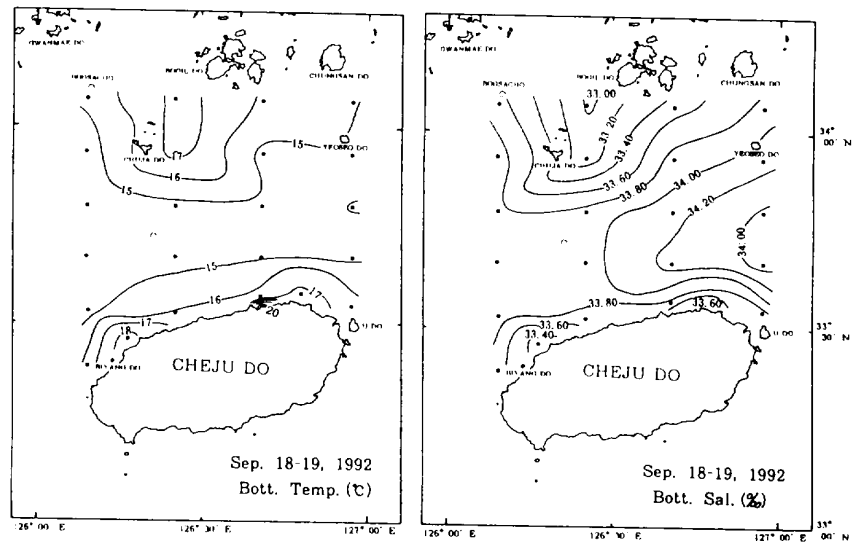


Fig. VII-7. Horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 18~19, 1992.

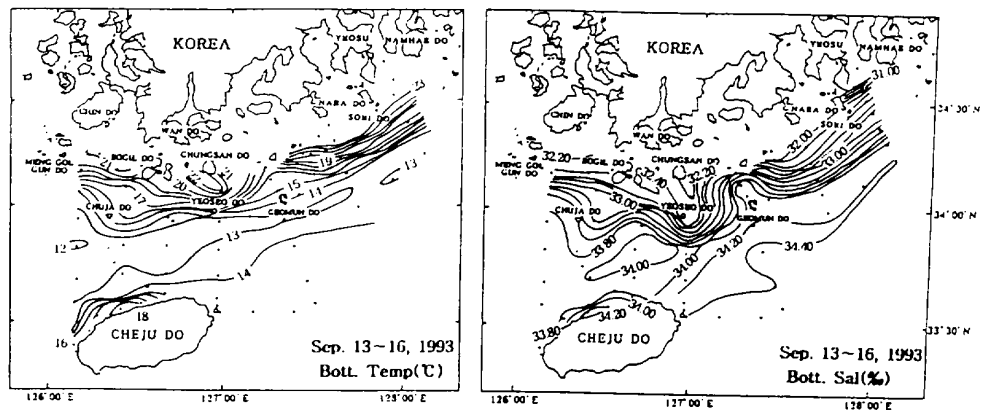


Fig. VII-8. Horizontal distributions of temperature(°C) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 13~16, 1993.

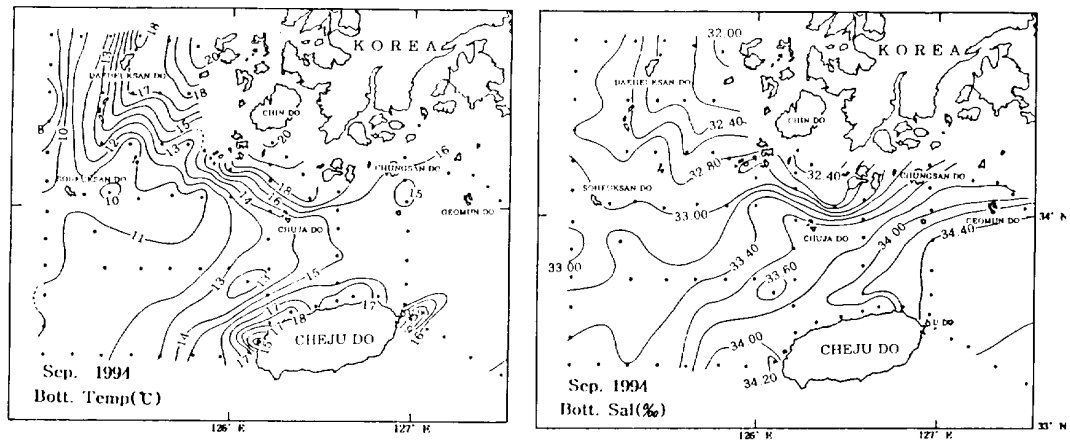


Fig. VII-9. Horizontal distributions of temperature($^{\circ}\text{C}$) and salinity(‰) at the bottom in Sep. 1994.

이때도 앞에서 지정한 바와 같이 흉어년인 1993년의 경우는 제주해협내의 저층수온은 12~13 $^{\circ}\text{C}$ 의 저온수가 해협내에 넓게 분포하고 이와는 대조적으로 풍어년인 1992년과 1994년의 저층에는 14.0 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온수가 해협내에 넓게 분포하고 있다.

이상의 결과로부터 우리나라의 갈치 어획량은 제주해협내의 저층수온이 하계 14.0 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온역이 넓게 분포하면 흉어가 되고 13.0 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 저온수가 넓게 분포하면 풍어가 되는 것 같다. 그러므로 제주해협내의 하계 저층수온분포 상태가 우리나라 갈치어획량의 풍·흉을 예측하는 지표가 될 수 있다.

5) 제주해협에 출현하는 갈치군

한국근해 및 동중국해역에 서식하는 갈치군은 Fig. VII-10, 11과 같이 세개군으로 대별될 수 있고 그 중 동지나해 남부 및 북부계군은 주로 중국연안에 출현하는 계군으로 한국 및 제주도 연안에는 출현하지 않지만 1~3월에 소코트라주변해역에서 월동하는 황·발해계군은 수산진흥원(1994)에 의하면 4월부터 회유경로를 달리하는 3개의 군으로 나누어져서 회유가 시작되고 있다. 즉 월동장의 서측(중국대륙연안수 및 황해냉수 영향권의 수괴에 서식하는 군으로 추정)에서 월동한 군은 발해만으로 회유하고, 월동장의 중앙부(혼합수괴)에서 서식하는 군으로 추정)에서 월동한 군은 한국서해연안으로 회유하며, 월동장의 동부(황해난류 및 대마난류수괴에서 서식하는 군으로 추정)에서 월동한 군은 제주도 서쪽 해역 및 제주해협을 경유하여 한국남해로 회유하는 군으로 대별된다. 그러므로 제주해협에 출현하는 갈치군은 대부분 황·발해계군중 대마난류수역에서 월동한 군이라고 해석된다.

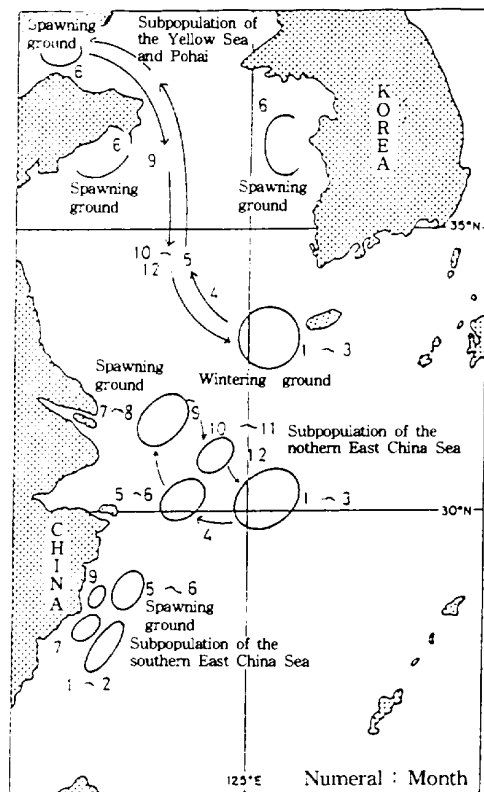


Fig. VII-10. Migration path of Hairtail by MISU(1961).

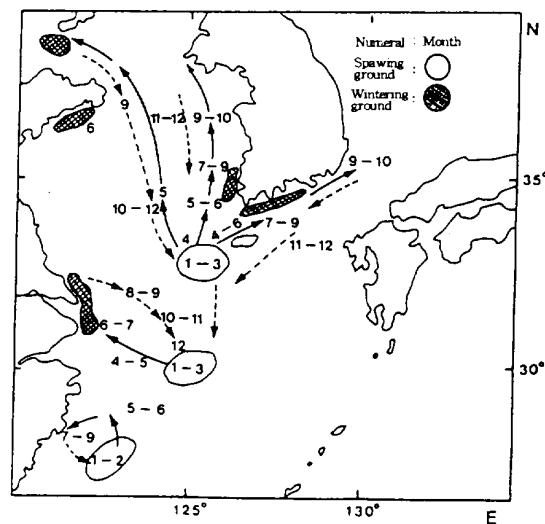


Fig. VII-11. Migration path of Hairtail by FRDA(1994).

Fig. VII-12는 1988년부터 1994년까지 안강망, 연승, 저인당, 채낚이어선에 의해 갈치가 어획된 위치를 월별로 정리한 것으로 이 그림에서도 2~3월에 제주도 서남방의 대마난류역에 갈치어장이 분포하고 이러한 월동장으로부터 5~12월까지 제주해협 및 한국남해안의 대마난류역에 어장이 형성되고 있음을 잘 나타내고 있다.

다만 상기의 회유경로에서는 제주해협을 포함한 제주도 연안역에서 초어기가 시작되는 시기가 한림이나 제주도 부근해역에서 먼저 시작되어야 하는데도 불구하고 성산포부근해역에서 먼저 시작되는 경우가 많고, 한림, 제주시부근에서 어획되는 어군과 성산포부근해역에서 어획되는 군이 다른 점, 또한 제주도 연안역에서 어획되는 갈치의 체장조성 등 생태적 특징이 다른 몇가지 문제점들은 제주도 서남방 월동장에서 공급되는 어군 외에 다른 해역에서 공급되는 군이 있을 가능성을 시사하고 있다. 그러므로 제주도 연안해역에 출현하는 갈치군은 제주도 서남방에서 월동하는 군 외에 Fig. VII-12에서 처음으로 제시되는 제주도 동남방의 대마난류 주류부에서 월동하는 군이 제주도 남동 및 성산포부근해역에 공급되고 있는 것 같다. 이러한 고온·고염분의 대마난류 주류부에 서식하는 갈치군의 존재 가능성을 Hanabuchi(1989)에 의해 제시된 바 있다.

이상 지적한 여러 상황으로부터 제주도 연안해역에 출현하는 갈치군의 공급원을 추정하면 제주도 남서해역에서 월동하는 군(Fig. VII-10, 11)과 제주도 남동해역의 대마난류 주류부에서 월동하는 군(Fig. VII-12의 1, 2, 3, 4월의 오도열도 동쪽 해역에 출현하는 군)으로 대별될 수 있지만 제주도 남동해역에서 월동하는 군의 제주도 연안 접근에 관한 문제는 앞으로 더욱 많은 자료수집과 연구가 필요하다.

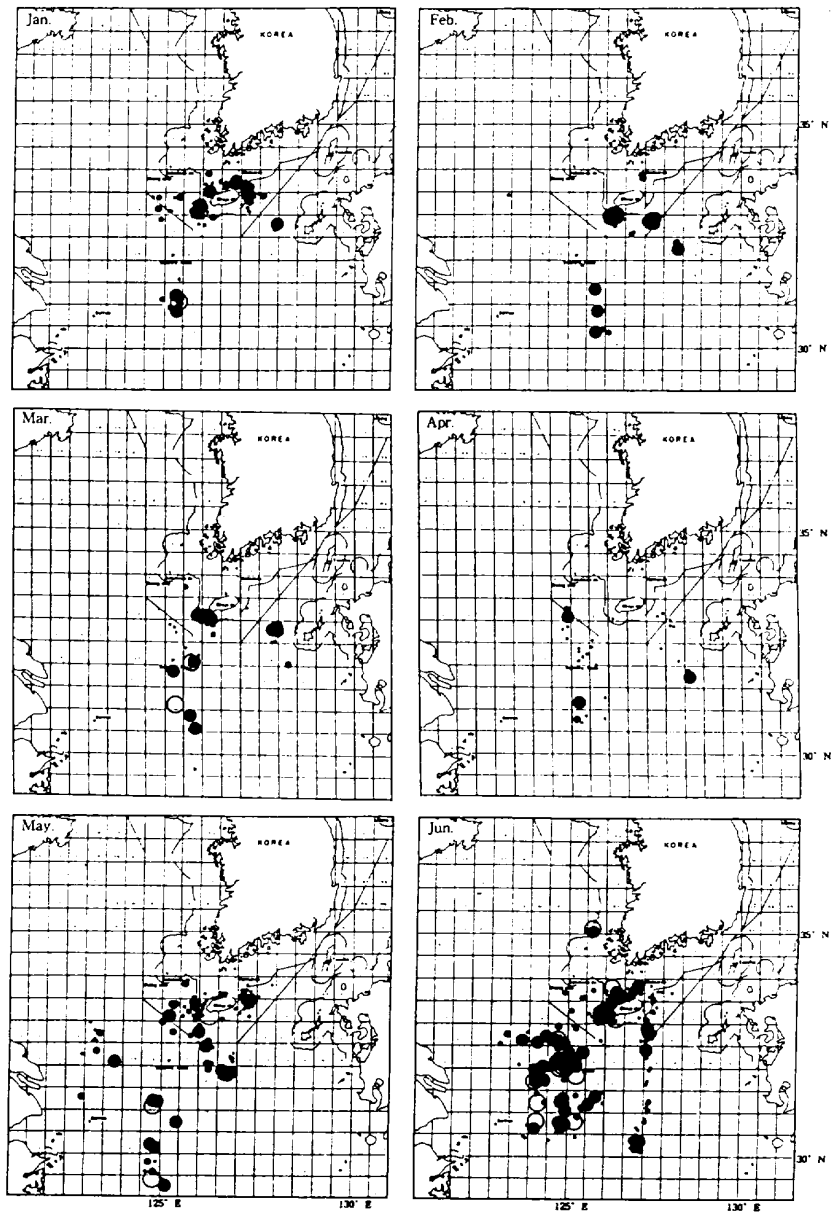


Fig. VII-12. Monthly distributions of Hairtail caught by Stow Net, Long Line and Hand Line fishing in the off Korea, 1988~1994.

∴ : None ∴ : 0~50Kg ∴ : 51~100Kg • : 101~200Kg
 • : 201~300Kg ● : 301~400Kg ○ : > 401Kg

4. 요약

1) 제주해협내 갈치어장은 제주도북부 연안역의 조석전선대내의 저층고온역 및 국지적인 용승역과 제주해협 동·서쪽 입구에 출현하는 실상의 고염분역 침단부, 표층의 저염분 Eddy와 그 주변의 염분전선역, 한국남해안 연안수와 제주해협내에 출현하는 여러 수괴 사이에서 형성되는 전선역 등에서 형성되는 어장이다.

3) 제주해협에서 갈치어기가 시작되는 시기는 표층수온이 15.0℃ 이상으로 상승하고, 염분이 저염화되기 시작하는 시기(표층 저염분수의 출현시기)와 일치하였다.

4) 저층 수온·염분과 갈치 어획량과의 관계를 분석하여 추정된 계절별 어획적수온·염분은 춘계(6월)는 15.2~16.4℃, 34.20~34.40‰이고, 하계(7~9월)는 14.4~17.0℃, 33.70~34.30‰, 추계(10~12월)는 15.7~18.6℃, 33.70~34.50‰로 제주해협내에서는 저층수온 14.5℃이상의 고온역과 33.70‰이상의 고염분역인 황해난류수 내지는 대마난류수역에서 갈치가 주로 어획되고 있다.

5) 우리나라 갈치 어획량의 풍·흉은 제주해협내에 황해난류계수 혹은 대마난류계수가 넓게 분포하면 풍어, 12.0℃이하의 저층저온수가 넓게 분포하면 흉어가 되므로 제주해협내의 저층수온 분포상태가 우리나라 갈치어획량의 풍·흉을 예측하는 지표가 될 수 있다.

제주도 해협에 출현하는 갈치군의 공급원을 추정하면 제주도 남서해역에서 월동하는 군과 제주도 남동해역의 대마난류 주류부에서 월동하는 군으로 대별될 수 있지만 제주도 남동해역에서 월동하는 군의 제주도 연안 접근에 관한 문제는 앞으로 더욱 많은 자료수집과 연구가 필요하다.

VIII. 결 론

우리나라 주변해역중 어업적으로 중요한 제주해협에 출현하는 갈치(*Hairtail, Trichiurus lepturus*)를 연구대상으로 갈치의 어획량 분석, 제주해협 및 한국남해역에서의 해양환경 조사, 갈치 채낚이, 안강당, 연승어선 승선조사, 갈치의 번식생태와 체장, 체중을 분석한 생물학적특성, 제주해협의 갈치어장 형성기구, 그리고 제주해협에 내유하는 갈치군의 특성 등을 종합적으로 분석 정리한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제주도의 어류 어획량에 대한 갈치 어획량비는 1977년 2% 이내로 가장 낮은 비율을 보였고, 1994년에 38%로 최고치를 나타냈다. 대체로 1974~1978년을 제외하면 10~25% 수준이며 평균 비율은 14%로 전국의 갈치 어획량에 대한 제주도 갈치 어획량 비율의 평균치인 2% 보다는 약 7배나 높아 제주도에서의 갈치 어획의 중요성을 나타냈다.

2. 전국의 월별 갈치 어획량의 비는 1월부터 5월까지의 전국어획량의 2% 이내의 수준을 유지하다가 주로 6월부터 어기가 시작되 약 6% 정도가 된 후 계속 증가하여 10월 최고치(20%)를 보인 다음 어획이 감소하기 시작하여 12월까지 7% 수준으로 격감된다. 제주도에서도 5월이 되면서 어획량비가 증가하여 갈치 어기가 시작되어 6월부터 계속 증가하여 9월에 최성기를 이룬 다음 11월 이후 급격히 어획량이 감소하여 익년 1월에 어기가 종료된다.

3. 제주해협과 접하고 있는 한국남해안은 50m미만의 천해역으로서 제주해협에 비해 표층은 동계에 저온·저염, 하계에 저온·고염의 한국남해 연안수가 형성된다. 따라서 제주해협내에서는 추자도와 여서도를 잇는 선을 중심으로 남해안 연안수와 제주해협에 출현하는 수괴사이에 현저한 수온, 염분전선이 흔히 나타나고 있다. 그러나 저층은 동계에 한국남해연안수가 제주해협에 출현하는 수괴들보다 저온·저염이고 하계는 고온·저염이다. 또 동계 및 춘계에 남해안 연안역에 34.00%이상의 고염분수가 나타나는 것은 이 해역은 서해냉수의 영향보다 제주해협에 나타나는 대마난류계수의 영향을 받고 있음을 시사하고 있다.

4. 제주해협내의 저층에는 4월부터 10월까지 저온수가 출현하며, 이 저온수는 제주해협 서쪽 입구의 중앙부를 통하여 저층으로 유입되고 있으며, 그 유입되는 양상의 대부분이 설상이고, 이 저온수에 의해 제주해협내 저층의 수온 수평분포를 한국남해 연안역과 제주도 북부연안역으로 나누어 놓는다. 제주해협내로 유입되는 이 저층저온수는 수온과 염분이 황해 저층냉수보다는 상당히 높아 황해 저층냉수가 아닌 제주도 서쪽 해역에 나타나는 대마난류계수, 황해난류수 내지는 혼합수에 해당하는 수괴라 판단된다.

이 저층저온수가 경우에 따라서는 한국남해 동부해역까지 영향을 미칠 때도 있다.

5. 제주도 북부연안역의 국소지역에는 해협의 중앙부 및 주변해역보다 상대적으로 저온·고염한 해수가 자주 출현하여 주변수 사이에는 국지적 수온·염분전선을 형성하는 경우가 많다. 이

와 같은 현상은 제주도 북부연안역에서의 용승 혹은 조석전선에 의해 발생하는 것으로 출현 시기는 5월부터 10월까지이며, 위치는 지형이 다소 돌출된 곳과 수심이나 해저지형이 해·조류(海·潮流)의 흐름에 영향을 줄 수 있는 곳으로 제주도 서쪽의 차귀도와 비양도 연안, 애월북부 연안역과 제주시 부근 및 함덕 북부해역, 제주도 동쪽의 우도 북부와 행원 부근해역에서 자주 출현하고 있다.

6. 제주해협내에는 성질이 서로 다른 이질수괴가 마주치고 있으므로 안장형(Saddle)의 수온, 염분 분포가 5월부터 10월까지 거의 매일 출현하여 안장형의 중앙역이나 이질수괴간의 경계역에서 수온·염분전선이 형성된다.

7. 제주도 연안역을 대상으로 계산된 조석전선의 성층계수(Stratification Parameter- V (J/m'))는 6월이 $8.4 \sim 209.8 J/m'$ 의 범위이며, 8월이 $201.9 \sim 634.9 J/m'$, 9월 $0.18 \sim 680 J/m'$, 10월 $2.7 \sim 462 J/m'$ 의 분포 범위로 제주도 북부 연안역 약 1~2해리 범위내의 수심 변화가 심한 해역에서 위치에너지 $10 J/m'$ 정도의 등치선이 출현해 조석전선이 형성되고 있으며 이는 대략 50m 등심선과 일치했다.

8. 제주해협내 저층에 나타나는 외해역의 14.0°C 이하의 저온수는 제주해협내의 갈치어장이 제주도 북부연안역 10해리 범위 내에서 주로 이루어 지게 하는 제한 요인이 된다.

9. 제주도 주변해역에서 갈치 어획이 좋은 어장의 연직환경 특성은 표층냉수 출현역이면서 저층수온이 14.0°C 이상이거나 표층에 균질수가 조성되고 중층에 수온 약층이 존재하면서 이 약층내로 황해난류수 내지는 대마난류 연변부 수괴인 $33.60 \sim 34.20\%$ 정도의 비교적 저염분수가 34.30% 이상의 대마난류수내로 삼입되는 경우이다. 갈치 어획수층은 수온 약층의 깊이와 일치하므로 약층의 깊이가 얇은 하계는 어획수층이 얇고 약층이 깊어지는 추계(11, 12월)는 어획수층이 깊어져 주로 중·저층에서 어획되고 있다.

또 대류냉각기인 동계의 갈치어장은 하계 및 추계보다는 염분 농도가 높은 대마난류역의 저층에서 어획되고 있으므로 갈치어장은 하계부터 추·동계가 될수록 저염분역에서 고염분역으로 이동하는 경향이 있다.

10. 제주해협에 출현하는 갈치의 생식소 속도지수(GSI)는 암수 다같이 6~9월에 높은 값을 유지하다가 10월부터 하강하기 시작하여 12월까지 낮은 값을 유지하고 있으며, 생식주기는 6~10월에 완숙 및 산란기이고 8월이 주산란기로 나타났다. 갈치는 한 산란기 동안에 2~3회 이상 산란하는 다회 산란종으로 나타났다. 성비는 산란기에 암컷의 비율이 높고, 휴지기에는 암수 비율이 1:1이었다. 포란수는 크기에 따라 개체당 최소 12,821개에서 최고 125,876개이 난을 포란하고 있으며, 두동장과 체중이 증가할수록 포란수는 증가했다.

11. 제주해협내 갈치어장은 제주도북부 연안역의 조석전선대내의 저층고온역 및 국지적인 용승역과 제주해협 동·서쪽 입구에 출현하는 설상의 고염분역 침단부, 표층의 저염분 Eddy 및 그 주변의 염분전선역, 한국남해안 연안수와 제주해협내에 출현하는 여러 수괴 사이에서 형성

되는 전선역 등에서 형성되는 어장이다.

12. 저층 수온·염분과 갈치 어획량과의 관계를 분석하여 추정한 계절별 어획적수온·염분은 춘계(4~6월)는 15.2~16.4℃, 34.20~34.40‰이고, 하계(7~9월)는 14.4~17.0℃, 33.70~34.30‰, 추계(10~12월)는 15.7~18.6℃, 33.70~34.50‰로 제주해협내에서는 저층수온 14.5℃ 이상의 고온역과 33.70‰ 이상의 고염분역인 황해난류수 내지는 대마난류수역에서 갈치가 주로 어획되고 있다.

13. 우리나라 갈치 어획량의 풍·흉은 하계 제주해협 저층에 14.0℃ 이상의 고온수가 넓게 분포하면 풍어, 13.0℃ 이하의 저층저온수가 넓게 분포하면 흉어가 되므로 제주해협내의 저층수온 분포상태가 우리나라 갈치어획량의 풍·흉을 예측하는 지표가 될 수 있다.

제주 해협에 출현하는 갈치군의 공급원을 추정하면 제주도 남서해역에서 월동하는 군과 제주도 남동해역의 대마난류 주류부에서 월동하는 군으로 대별될 수 있지만 제주도 남동해역에서 월동하는 군의 제주도 연안 접근에 관한 문제는 앞으로 더욱 많은 자료수집과 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 青山恒雄·北島忠弘, 1964. トロールびき網時間と漁獲量との關係調査のための一實驗. 西海區水産研究所報告 第32號, 127~134.
- Bagenal, T. B. and E. Braum. 1978. Eggs and early life history. In W. E. Ricker(editor), Methods for Assesment of Fish Production in Fresh Water. 165~201. IBP(Int. Biol. Programme) Hand book. 3.
- 변창익, 1981. 제주도 연안의 해황특성에 관한 연구-성산을 중심으로 제주대학교 석사학위 논문. pp 27.
- 白哲仁·朴鍾和, 1985. 東支那海 및 黃海에 있어서 갑오징어의 漁況. 수산진흥원 연구보고, 36, 1-12
- 白哲仁·朴鍾和, 1986. 鮫鰐網漁業에 있어서 갈치의 漁況과 海況. 국립수산진흥원 연구보고 제39호, 29~41.
- 白哲仁·朴鍾和, 1990. 말쥐치의 漁況變動과 海洋特性. 수산진흥원 연구보고, 43, 91~104.
- 白哲仁·朴鍾和·曹圭大, 1992. 韓國近海 漁場의 漁況變動과 海洋特性. 수산진흥원 연구보고, 46.
- 曹圭大, 1981. 東支那海의 漁況과 旋網漁場의 分布·變動에 關한 研究. 한국수산학회지, 14(4), 239~252.
- Chang, K. I., 1984. The structure of currents and its flow dynamics of the Jeju Strait. M.S. Thesis, Seoul Nation Univ., pp. 55(in Korean)
- Cho, Y. K., 1988. A Study on the bottom water and transport in the South Sea, Korea. M. S. Thesis, Seoul National Univ., pp.55(in Korea)
- 鄭富寬·金容文·김용술, 1967. 黃海 韓國沿岸의 底棲魚類에 對한 動物地理學的 研究. 國立水産振興院, 水産資源調査報告 第7號, 5~27.
- 조양기, 1989. 남해의 저층수와 유량에 관한연구. 이학석사학위논문, 서울대학교 : 1~55.
- 조양기·김구, 1994. 여름철 남해저온수의 특성과 기원. 한국해양학회지. 414~421.
- 崔燦文, 1989. 韓國 南西域 沿岸水의 根源에 關한 研究. 碩士學位論文, 濟州大學校 : 1~44.
- 추효상·조규대, 1984. 1982년 하계 서해안 조석전선의 구조, 한국수산학회지, 17(2) : 83~91.
- Gong, Y., 1971. A Study on the south Korean coastal front. J. Oceanol. Soc. Korea, 6(1) : 25~36(in Korea).
- 孔 泳, 1971. 韓國 南海岸 前線에 關한 研究. 韓國海洋學會誌, 6(1) : 25-36.
- 곽창순, 1965. 부산항을 根據로 하는 機船底引網漁業 漁獲統計調査報告(1962), 國立水産振興院, 水産資源調査報告 第6號. 117~125.

- 한희수·공 영, 1968. 풍치의 어황과 해황과의 관계. 수산진흥원 연구보고, 3, 45-56
- 浜田律子, 1971, タチウオの耳石の横断切片による年齢と成長について. 西海区水産研究所業績 第41號, 53~62.
- Hayashi, I. 1972. On the ovarian maturation on the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Jap. J. Ichtyol. 19(4). 243~254.
- 洪鐵勳, 1985. 洞支那海·黃海의 부세漁長과 漁況과의 關係. 한국수산학회지, 18(1), 67~73.
- 한상규, 1989. 남해의 연안수 확장과 수온전선 변화에 관한 연구. 이학석사학위논문, 한양대학교 : 1~79.
- Han, S. K., 1989. A Study on the explanation of coastal waters and variation of Thermal front in the South Sea of Korea. M.S. Thesis, Hanyang Univ., pp. 79(in Korea).
- Hanabuchi S., 1989. Age and Growth of Cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in the Thushima Waters. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No., 67. 37~57.
- 주우일, 1971. 한국서해안 안강망어업의 대상자원에 대한 연구. 수진연구보고, (7); 79~95.
- 中央水産試験場, 1956. 事業報告 第一號. 1~29.
- 中央水産試験場, 1957. 水産資源調査報告 第二號. 1~511.
- 中央水産試験場, 1957. 水産資源調査報告 第一號. 1~41.
- 中央水産試験場, 1958. 事業報告 第二號. 1~15.
- Kang, C. J., 1974. A Study on the Seasonal variation of the Water Masses in the southern sea of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 12 : 107~121(in Korea)
- Kim, B. K., 1979. A study on the currents in the Cheju Strait. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea, 21:7-21.
- Kim, K., and S. H. Lee, 1982. Vertically homogeneous waters along the west coast of Cheju Island. J. Oceano. Soc. Korea Vol. 17, No. 2, p.59~68.
- Kim, S. H., 1987, A study on the current in the Cheju Stait. M. S. Thesis, Cheju National Univ., pp. 63(in Korean)
- KORDI, 1990. Studies on Models for Fisheries Resource Assessment and Management and Their Softwares. BSPG 00097-306-3.
- KORDI, 1991. A study on the currents in the Cheju Strait. BSPG 00121-372-3.
- 국립수산진흥원, 1974. 동지나해 황해 저어류어장도. 7~189.
- 국립수산진흥원, 1975. 사업보고 제24호(1. 동지나해 어장조사, 서남해 어장조사). 7~102.
- 국립수산진흥원, 1977. 黃海 및 東支那海, 近海 鮫鰐網水産業協同組合. 173~310.
- 국립수산진흥원, 1980. 동지나해 남부어장 시험조업 보고서, 대형기선 저인망 수산업협동조합. 9~61.

- 국립수산진흥원, 1983. 사업보고 제89호 - 韓國近海底棲資源調査. 3~231.
- 국립수산진흥원, 1985. 資源調査資料集 제8호 - 沿近海 主要魚種の 生態와 어장. 7~15.
- 국립수산진흥원, 1986. 사업보고 제66호 - 沿岸漁業實態 및 資源調査. 169~180.
- 국립수산진흥원, 1989. 사업보고 제80호 - 南海沿岸의 底棲資源調査. 3~177.
- 국립수산진흥원, 1991. 사업보고 제92호 - 沿岸漁業資源調査. 7~113.
- 김복기·강용균, 1993. 서해남부 전선역의 1990해황. 황해연구, 5:21~32.
- 김봉안·황변일·이건시, 1970. 동지나해 황해 저어어장도. 국립수산진흥원. 63~87.
- 金容安, 1962. 機船底引網漁業, 單位努力量 및 單位努力當 漁獲量의 考察, 中央水産試験場, 水産資源調査報告 第5號. 55~99.
- 金容億, 金容文, 金英燮, 1994. 韓國沿近海 有用魚類圖鑑, p 158, 國立水産振興院.
- 金仁鈺, 1986. 濟州島周邊海域에 出現하는 中國大陸沿岸水에 關한 연구. 碩士學位論文, 濟州大學校 : 1~42.
- 金仁鈺·盧洪吉, 1994. 濟州島 周邊海域에 出現하는 中國大陸沿岸水에 關한 研究. 韓國水産學會誌, 第27卷, 5號.
- 小坂昌也·小椋將弘·白井秀機·前地道義, 1967. 駿河灣におけるタチウオの生態學的研究. 東海大學紀要 海洋學部 2, 131~146
- Love, M. S. and W. V. Westphal. 1981. Growth, reproduction and food habits of Olive rock fish, *Sebastes serranoides* off central California. Fishl Bull. 79. 533~543.
- Lee, S. H., 1982. On the cold surface water west of the Jeju Island. M.S. Thesis, Seoul National Univ., pp 47.
- Lie, H. J., 1984 a. A Note on water masses general circulation in the tellow Seas(Hwanghae). J. Oceanogra. Soc. Korea. Vol 19(2), p. 19~66.
- Lie, H.J. 1984 b. A Note on water Masses and General Circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). J. Oceanog. Soc. Korea, 19, 187~194.
- Lim, D. B., 1976. The movements of the waters off the South Coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 11(2) : 77~88.
- Lim, D. B., 1976. The movements of the waters off the south coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 11(2) : 77~88.
- 이흥재, 1989. 황해 남동역의 조석전선(영문), Continental Shelf Research, 9(6) : 527~546.
- 三栖 寛, 1958. 東海·黃海産タチウオ資源の研究 第一報 年齢と成長について. 西海區水産研究所 研究報告 第15號, 3~14
- 三栖 寛, 1959. 東海·黃海産タチウオ資源の研究 第二報 成熟と産卵について. 西海區水産研究所 研究報告 第16號, 22~33

- 三栖 寛, 1961. 東海・黄海産タチウオ資源の研究 第三報 分布・回遊とpopulationの考察. 西海区水産研究所 研究報告 第24號, 115~131.
- 三栖 寛, 1964. 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物學的研究. 西海区水産研究所 研究報告 第32號, 1~57.
- 三栖 寛, 1965. 水産面からみた黒潮に關する シンポジウム-5 冬季の東シナ海漁場における水溫とタチウオ群密度について. 水産海洋研究會報 第7號, 59~63.
- 宗清正廣・桑原昭彦, 1983. はえなわ釣獲試験結果からみた産卵期におけるタチウオ魚群の特徴. 日本水産學會誌, 49(10), 1515~1521.
- 宗清正廣・桑原昭彦, 1984. タチウオの産卵場, 産卵習性, 分布様式. 日本水産學會誌, 50(9), 1527~1533.
- 宗清正廣・桑原昭彦, 1984. 若狹灣西部海域におけるタチウオの産卵期と性比. 日本水産學會誌, 50(8), 1279~1284.
- 宗清正廣, 1990. 若狹灣西部海域におけるタチウオの日周期的鉛直移動. 日本水産學會誌, 56(8), 1193~1197.
- Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. J. Fac. Mar. Sci. Tech., Tokai Univ., Japan, Spec. No., p. 190~367.
- 농림수산부, 1956~1994. 어업생산량 통계자료
- 農林水産部, 1990. 漁法 및 魚種의 生態, 7~70.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠, 1988. 水産資源學. 東京大學出版會.
- 日本水産資源保護協會, 1980. 水産生物適水溫圖(水産環境水質基準 説明追録). 5~63.
- 大森 信・清野由己, 1993. 駿河灣産タチウオ *Trichiurus lepturus* Linnaeusによるサクラエビ *Sergia lucens*(Hnassen)の捕食. 水産海洋研究, 57(1), 15~23.
- Pang, I. C., H. K. Rho and T. H. Kim, 1992. Seasonal variation 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.
- Park, Y. H., 1985. Water characteristics and movement of the Yellow sea Warm Current in summer. submitted to the Deep-Sea Research.
- Park, Y. H., 1986. Some important summer oceanographic phenomena in the east China Sea. J. Oceano. Soc. Korea, 20(1), p. 22~21.
- 朴正植, 1986. 濟州島周邊海域のさばまき網の性能と漁況に關する研究. 東京大學 農學博士學位論文. pp. 363.
- 朴周錫, 1990. 黄海의 水産資源과 養殖. 황해연구, 3 : 89~100.

- 林 知夫, 1970. 魚類の生物生産に關與する諸要因としての餌料環境ならびに魚類の攝餌選擇性. 日本誌, 36(3). 310~315.
- 盧洪吉・人江春彦, 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. 35, 67~84.
- 盧洪吉, 1985. 濟州島周邊海域の漁場海洋環境に關する研究. 博士學位論文, 東京大學: 1~215
- 盧洪吉・金 坵, 1983. 濟州와 木浦, 제주와 莞島間の 表面水溫變化. 韓國海洋學會誌, 18(1): 64~72.
- 盧洪吉・金尙賢, 1989. 濟州海峡의 海水流動에 關한 研究. 未公開發表論文: 1~49. 경
- 盧洪吉・平野敏行, 1983. 濟州海峡 東쪽 入口에 出現하는 舌上의 暖水. 韓國水產學會誌, 16(4): 299~304.
- Sheridan, P. F., D. L. Trimm and B. M. Baker, 1984. Reproduction and food habits of species of Northern Gulf of Mexico fish. Contribution in Marine Science, 27, 175~204.
- Simpson, J. H., D. G. Hughes and N. C. G. Morris, 1977. The relation of seasonal stratification to tidal mixing on the continental shelf. In: A voyage of discovery. Supplement to Deep-Sea Research: 327~340.
- Simpson, J. H., D. G. Hughes and N. C. G. Morris, 1977. The relation of seasonal stratification to tidal mixing on the continental shelf. In: A voyage of discovery. Supplement to Deep-Sea Research: 327~340.
- 鈴木 清・木村清志, 1980. 熊野灘におけるタチウオの資源生物學的研究, 三重大學水產研究報告 第7號, 173~192.
- 水產廳西海區水產研究所, 1957. 東海・黃海における底魚資源の研究(4). 1~111.
- 水產廳西海區水產研究所, 1960. 東海・黃海における底魚資源の研究(5). 1~211.
- 水產廳西海區水產研究所, 1986. 東シナ海・黃海のさかな, 268~269.
- 辛廣允・閔祥基, 1958. 갈치資源調査報告. 中央水產試驗場 水產資源調査報告 第3號, 71~83.
- 最首光三・最首とみ子, 1965. 東シナ海・黃海産底生魚類における消化器官の 2・3の形質の地理的變異とpopulationの問題. 西海區水產研究所 研究報告 第33號, 63~98.
- 阪本俊雄, 1982. 紀伊水道におけるタチウオの漁業生物學的研究 和歌山縣水產試驗場. pp. 113.
- Uda, M., 1959. Oceanographic seminars. 2, Watermass boundaries- "Siome", Frontal theory in Oceanography. Fis. Res. Board, Can., Ms Rep. Ser. (Oceanogr. Limnol.) 51, 10-20.
- Uda, M., 1961. Fisheries Oceanography in Japan. Calif Coof. Oceanogr. Fish. Invest. Reports, VII.
- Yang, S. K., Cho, K. D., and C. H. Hong, 1984. On the abnormal Low temperature phenomenon of the Yellow Sea Bottom Cold Water, in summer 1981. J. Oceano. Soc. Korea. Vol. 19, No. 2, 125~132.

- 山田梅芳, 1964. 東シナ海・黄海におけるタチウオの體長別魚群の分布・回遊について. 西海區水産研究所 研究報告, 第32號, 137~164.
- 山田梅芳, 1971. 東シナ海に生息するタチウオの生殖生態の變化. 西海區水産研究所 研究報告, 第41號, 63~81.
- 山下秀夫, 1971. 東シナ海・黄海の底魚の分布について. 西海區水産研究所 研究報告, 第40號, 1~65
- 유신재·장창익, 1993. 시계열분석에 의한 어획량 예측 - 한국 근해산 갈치를 예로하여 - 한국수산학회지, 26(4), 363~368.

감사의 글

참으로 어렵고 끝도 없이 허덕이던 터널에서 한줄의 빛을 발견한 것처럼 논문을 탈고하는 큰 기쁨도 있지만 새로운 상심에 쌓이는 것은 이것이 배움의 끝이 아니라 새로운 시작이기에 재도전의 계기가 되리라 자위도 해 보면서 오늘의 논문이 있기까지는 결코 혼자 힘의 아니었음을 다시금 깨닫습니다.

이 논문은 부족함이 많은 저에게 때로는 엄하게, 때로는 자상하게 시종일관 자애와 관용으로 학문의 길로 이끌어 주신 노홍길 교수님의 큰 가르침의 결과였기에 이 자리를 빌어 깊은 감사를 드립니다.

논리적이지만 못한 문장들을 마다 읽고 세세히 읽으시고 정성스럽게 다듬어 주신 박정식 교수님, 서두옥 교수님, 안장영 교수님, 여수수산대학 김동수 교수님께 깊은 감사를 드리며, 학위과정 중 많은 지도와 격려를 아끼지 않으신 정공훈 교수님, 손태준 교수님, 안영화 교수님께도 감사를 드립니다. 또한 연구에 많은 가르침을 주신 고유봉 교수님, 해양연구소 이영돈 교수님, 연구와 행정 업무 사이에서 조언과 용기를 주신 해양과학대학 정상철 학장님께도 깊은 은혜에 감사를 드립니다. 그리고 방익찬 교수님, 김윤겸 실장님 이하 행정실 직원 및 해양과학대학 조교들께도 감사를 드립니다.

본 연구 과정에서 해양 환경 조사에 성심을 다하여 주신 아라 2호, 백경호, 한라호 선장님들과 직원 여러분, 또한 해양연구소 직원 여러분께도 감사를 드립니다. 그리고 자료의 제공과 조언을 하여 주신 어민 여러분의 소중한 마음들도 제게는 큰 힘이되었음을 거듭 전하며 그 고마움을 일일이 찾아뵈어 인사를 올려야하나 그렇지 못한 점을 이해하여 주시리라 믿습니다.

힘든 일에도 마다 않고 자기 일처럼 성심껏 도와준 현철, 문호, 근양, 상효, 승용을 비롯하여 해양조사 및 자료 정리에 도움을 준 준택, 영진과 여러 후배들, 그리고 이창현, 이유철 조교에게도 고마움을 표합니다. 또한 학문의 길을 같이 하면서 많은 토론과 정감을 같이 했던 친구인 김인옥, 김영기 동문에게도 감사의 말을 전합니다.

정성과 헌신으로 자신의 길을 가게 해주신 어머니님과 용기를 북돋워 주었던 장모님, 또한 여러 가족들의 성원, 그리고 학문에 정진할 수 있도록 보이지 않는 힘이 되었던 아내의 내조는 무엇이라 표현할 수 없는 고마움이며 건강하게 잘 자라주는 아들 성규와 성준이도 제게는 더할 수 없는 기쁨입니다. 아울러 가족만큼이나 따뜻한 마음으로 보살펴 주신 노홍길 교수님 사모님께도 고마운 말씀을 드립니다.

마지막으로 이 조그마한 매듭은 더 알차고 영글은 결실을 위한 씨앗이 되어야 참된 의미를 가질 수 있으리라는 겸손한 자세로 수산해양학의 발전을 위해 혼신의 힘을 다할 것을 약속드리면서 아버지 영전에 이 논문을 바칩니다.