

# 濟州島 周邊海域에 出現하는 中國大陸沿岸水에 관한 研究

김인옥 · 노홍길\*

국립수산진흥원 서해수산연구소 · \*제주대학교 어업학과

## A Study on China Coastal Water Appeared in the Neighbouring Seas of Cheju Island

In-Ok KIM and Hong-Kil RHO\*

West Sea Fisheries Institute, National Fisheries Research and Development Agency, Incheon, 400-201

\*Department of Fishery, College of Ocean Sciences, Cheju National University, Cheju 690-756

China Coastal Water(CCW) appeared in the neighbouring seas of Cheju Island has been analyzed and the results are as follows:

The water with salinity below 32.20‰ in the neighbouring seas of Cheju Island in summer is thought CCW.

During the period from April 1985 to August 1986, salinity of more than 34.00‰ was appeared in the Cheju Strait during January to mid May, but it decreased gradually from late May. CCW with salinity below 32.20‰ appeared in the Cheju Strait in early July and disappeared in October.

The mean thickness of CCW in the Cheju Strait was about 25m and CCW had an influence of up to about 50m depth. And stratification structure of the Cheju Strait in summer was halocline between the surface and 50m depth and homogeneous salinity layer below 50m depth.

It seems that although CCW appears in the wide area of neighbouring seas surface of Cheju Island in summer, the core of this CCW which has the lowest salinity flows into the Cheju Strait from the western seas of Cheju Island. This CCW flows out the east through the central part of the Cheju Strait and then seems to be transported further in the form of eddy.

### 서 론

제주도 주변해역 표층에는 夏季가 되면 중국대륙연안수가 동중국해를 거쳐 확장해 오기 때문에 (宇田, 1934, 1936; 井上, 1974) 제주도 주변해역은 물론 한국남해 및 동해까지 염분이 매우 低下한다 (강, 1971, 1974; Moriyasu, 1972; Lim, 1976).

이처럼 夏季 제주도 주변해역의 表層海況에 큰 영향을 미치는 중국대륙연안수에 관한 연구를 살펴보면, 井上(1974, 1981)는 중국대륙연안수란 중국대륙연안 특히 揚子江 河口 外海로 부터 북부해역에 분포의 중심이 있고 주로 중국대륙으로부터 배출되는 河川水에 의해 만들어진 水塊로 冬季에는 低溫低鹽, 夏季에는 高溫低鹽의 연안수가 되며,

특히 양자강수 배출량의 消長이 이 水塊형성에 가장 큰 영향을 미친다고 했다.

또, 본 연구에서 사용하는 중국대륙연안수와 같은 의미를 갖는 揚子江稀釋水의 형성에 관해서는, Mao *et al.*(1963)은 양자강배출수와 周邊水와의 혼합에 의해서, 또 Limeburner *et al.*(1983)은 양자강배출수와 쿠로시오 해류의 지류로 알려진 대만해협에서 중국대륙연안을 따라 북동쪽으로 흐르는 臺灣海流水와의 혼합에 의해서 형성된다고 했다.

그리고 중국대륙연안수의 流路에 관해서는, 宇田(1936)가 양자강 氾濫期인 夏季에는 舌狀의 鹽分軸이 제주도쪽을 향한다고 최초로 보고한 이후 최근에는 Yu *et al.*(1983)이 동중국해 海流系와 표층 염분분포로부터 동중국해에서 이 연안수의 이동 경로를 추정했고, 또, Beardseley *et al.*(1983), Le(1983), Limeburner *et al.*(1983) 등은 양자강배출수는 처음에는 중국대륙연안을 따라 남쪽으로 흐르다가 臺灣海流水와 혼합된 후에는 그 방향을 바꾸어 제주도 방향인 북동쪽으로 흐른다고 했다.

이처럼 중국대륙연안수의 流路에 관해서는, 揚子江 河口域에서 제주도 서방해역까지는 Yu *et al.*(1983), Le(1983)에 의해서, 한국남해에서는 Lim(1976)에 의해서 대체로 밝혀져 있으나 그 중간해역인 제주도 주변해역에서의 流路가 명확히 밝혀져 있지 않아 揚子江河口에서 한국 남해까지의 流路가 究明되지 못하고 있다. 그리고, 중국대륙연안수는 그 지표가 되는 계요소 즉, 수온, 염분과 기타 각 성분이 계절적, 장소적 변화가 크므로 이 연안수의 평균 개념을 정하여 자세히 설명하기는 어렵다(井上, 1974).

그러므로 본 연구에서는 제주도 주변해역에서의 중국대륙연안수의 지표 염분 및 流路, 제주해협내에서 이 연안수의 출현 및 소멸시기, 두께 등을 밝혀내는데 주 목적을 두고 있다.

## 자료 및 방법

### 1. 중국대륙연안수의 指標鹽分 設定

제주도 주변해역에 출현하는 여러 수괴중 중국대륙연안수의 기준설정을 위해 국립수산진흥원 해양관측선중 제주도 주변해역에 위치하고 있는 203, 204, 205선, 311, 312, 313, 314선, 한일해양공동관측선중 24, 25, 26, 27점(Fig. 1)에서 10년간(1975~1984년)의 0m, 10m층의 수온, 염분자료를 이용하여 T-S diagram을 작성했다.

### 2. 염분 年別變化 조사

중국대륙연안수가 제주해협내에 출현하고 소멸하는 시기를 명확히 究明하기 위해서 염분의 年別變化는 국립수산진흥원 해양관측정점 203-03점(Fig. 1)의 표층염분자료를 1967~1984년(18년간)까지 정리 분석했다.

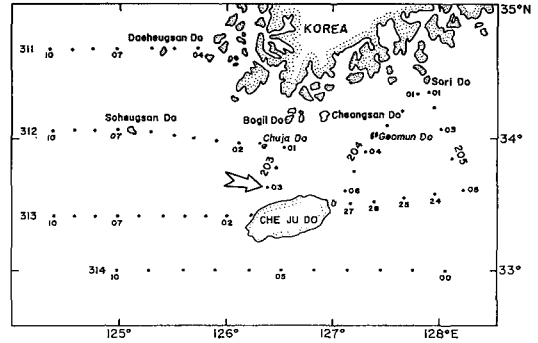


Fig. 1. Location of the serial oceanographic stations of Fisheries Research and Development Agency of Korea.

### 3. 제주항과 추자도간의 표층염분 조사

제주해협내의 염분의 월변화를 파악하기 위하여 제주~목포간의 정기여객선(안성호 407톤, 가야호 550톤)을 이용하여 제주항에서 추자도까지의 표층 염분을 15일 간격으로 1985년 4월~1986년 8월(17개월간)까지 조사했다. 이 때의 調査定點은 Fig. 2와 같고 定點間隔은 약 2해리(10분마다 관측)이다.

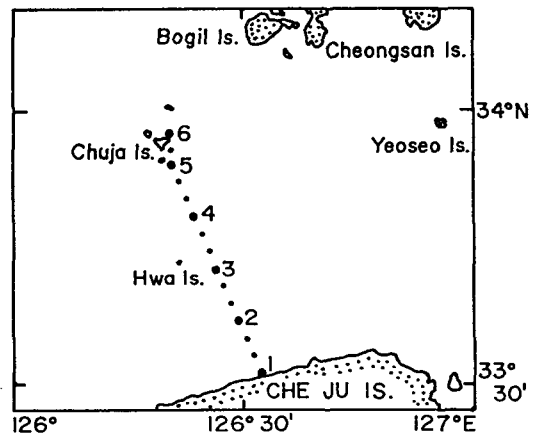


Fig. 2. Location of the oceanographic stations observed by the passenger ships navigated between Cheju harbour and Chuja Island.

4. 鹽分短期變化 조사

제주해협내의 短期的 염분변화를 파악하기 위해서 제주항 서부두 방파제 외해쪽에 一定點을 설정 (Fig. 3)하여 5일 간격으로 09:00시에 표층염분을 1985년 5월~1986년 8월(16개월간)까지 조사했다.

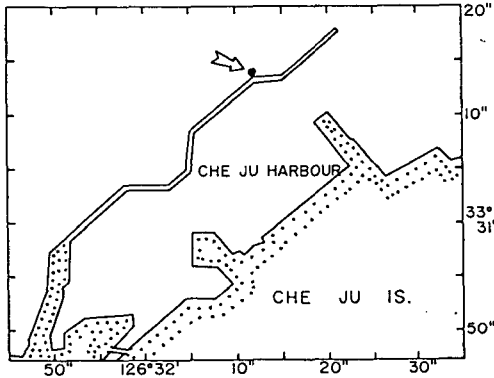


Fig. 3. Location of the shore station in Cheju harbour.

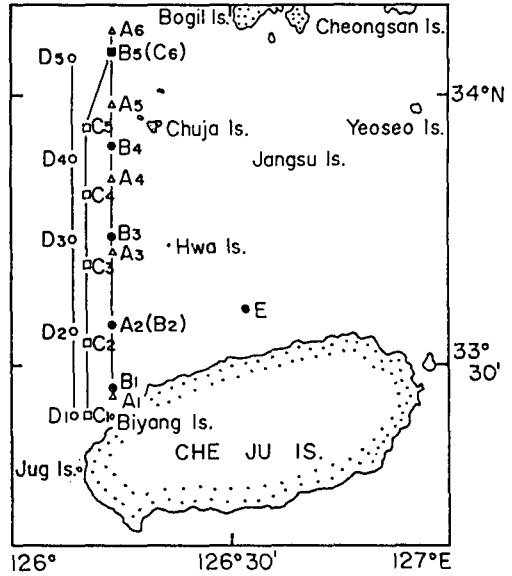


Fig. 4. Location of station E and the line A, B, C and D in the west entrance of the Cheju Strait.

결 과

5. 一定點 및 斷面에 대한 鹽分の 鉛直 분포 조사

제주해협내에 出現하는 中國대륙연안수의 두께를 파악하기 위하여 국립수산진흥원 해양관측정점 203-03점 (Fig. 1)에서 최저염분이 出現하는 월의 연직염분분포를 1965~1984년(20년간)까지의 자료를 이용하여 분석했다.

또 제주항에서 正北방향으로 5해리 떨어진 Sta. E (Lat. 33°-36'.3N, Long. 126°-32'.3E, Fig. 4)에서 제주대학교 실습선을 이용하여 매월 각층 관측(0, 10, 20, 30, 50, 75, 100m, 저층)을 실시했다. 조사기간은 1985년 4월~1986년 8월까지였으나, 1985년 5월, 12월, 1986년 7월은 缺測되었다.

한편 제주해협내에 出現하는 中國대륙연안수의 두께를 파악하기 위하여 제주해협 서쪽 입구인 竹島와 飛揚島를 기점으로 한 正北방향 斷面 (Fig. 4)에 대한 염분자료를 이용했다.

6. 제주도 주변해역의 표층염분 분포조사

제주도 주변해역에서 中國대륙연안수의 流軸을 파악하기 위하여 제주대학교 실습선을 이용하여 조사된 1976년 6월, 1981년 7월과 1986년 8월의 표층 염분분포를 이용했다.

1. 中國대륙연안수의 指標鹽分

Fig. 5는 제주도 주변해역에 설정된 국립수산진흥원 해양관측정점 (Fig. 1)에서 1975~1984년까지

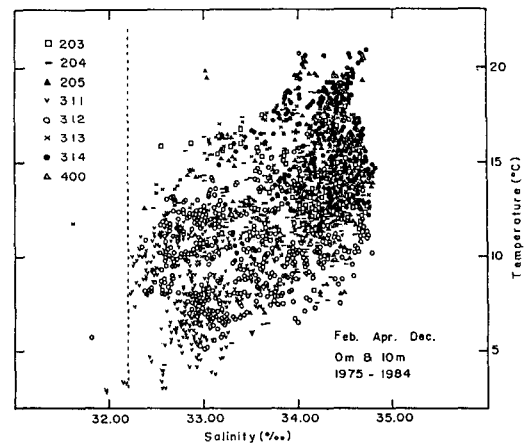


Fig. 5. T-S diagram plotted by the data of the serial oceanographic stations of Fisheries Research and Development Agency of Korea observed during ten years(1975~1984). The vertical broken line indicates the salinity of 32.20‰.

의 동계(2, 4, 12월)에 조사된 표층(0, 10m층) 수온, 염분자료를 이용하여 만든 T-S diagram이다.

동계 제주도 주변해역의 수온범위는 2.85~20.95℃이고, 염분범위는 31.61~34.84‰이다.

그러나 제주도 주변해역에 출현하는 수塊는 거의 모두 32.20‰ 이상의 염분범위에 속하고 이 이하 염분은 오직 6개의 예가 있지만 이 염분은 측정의 오차에 의해서 나타난 예로 해석해도 무방할 정도이다. 그러므로 제주도 주변해역의 동계 표층수의 염분범위는 32.20~34.84‰로 볼 수 있다. 만일 제주도 주변해역에 夏季에도 동계에 출현하는 수塊만이 출현한다고 가정하면, 夏季 강수량의 증가에 의해 형성될 수 있는 제주도 연안수의 확장 범위가 극히 연안에 한정(노와 정, 1980; 변 등, 1983)되고 한국남해 연안수 역시 楸子島~靑山島를 잇는 선 以南까지는 확장하지 않으므로(노와 김, 1983; 노, 1985) 제주도 주변해역의 염분은 동

계의 염분범위와 거의 비슷해야 한다. 그러나 실제로는 夏季가 되면 제주도 주변해역에는 동계에는 출현하지 않던 중국대륙연안수가 출현하여 표층염분을 현저하게 低下시키고 있으므로, 본 연구에서는 동계에는 출현하지 않던 32.20‰ 이하의 低鹽分수를 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수로 보고 32.20‰ 염분을 중국대륙연안수의 출현 여부를 판단하는 指標鹽分으로 設定했다.

## 2. 중국대륙연안수의 출현 및 소멸시기

### 1) 203-03점의 염분 年別變化

Fig. 6은 1967~1984년(18년간)까지 203-03점(Fig. 1)의 0m층의 염분변화를 隔月로 나타낸 것이다. 1968년과 1980년을 제외하면 매년 32.20‰ 이하의 염분이 夏季(6월~10월)에 출현한다. 年別 최저염분치는 28.04‰(1975년)~32.20‰(1984년)의 염분범위로 크게 변한다. 32.20‰ 이하의 염분

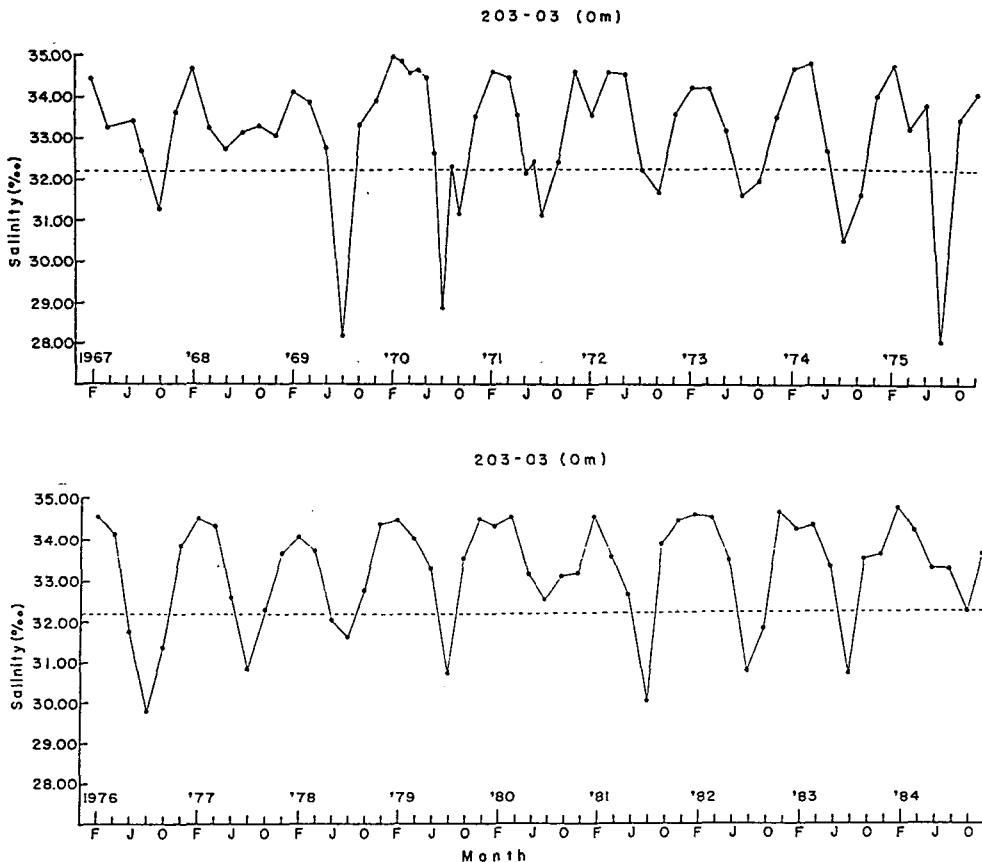


Fig. 6. Annual variation of the surface salinity(‰) at 203-03, 1967~1984. The horizontal broken line indicates the salinity of 32.20‰.

이 출현한 시기를 월별로 보면 6월에 출현한 경우가 3개년(1971, 1976, 1978년), 8월에 출현한 경우가 14개년(1969~1979년, 1981~1983년), 10월에 출현한 경우가 8개년(1967, 1970, 1972~1974, 1976, 1982, 1984년)이다. 6월에서 8월까지 계속 출현한 경우는 2개년(1971, 1978년), 8월에서 10월까지 계속 출현한 경우는 5개년(1970, 1972~1974, 1982년), 6월에서 10월까지 계속 출현한 경우는 1개년(1976년)이다.

이처럼 제주해협내에 있는 203-03점에는 중국대륙연안수가 매년 출현하기는 하지만 그 출현시기나 지속기간이 해(年)에 따라 매우 다르다는 것을 알 수 있다.

## 2) 제주항과 추자도간의 표층염분 월변화

### (1) 1983년 자료에 의한 분석

제주해협내에 출현하는 중국대륙연안수의 출현 및 소멸시기를 상세히 밝히기 위해서 여객선을 이용하여 15일간격으로 제주항과 추자도간의 표층염분을 조사해 그 중 1983년 5월~12월까지의 월별 표층염분변화를 나타내면 Fig. 7과 같다.

제주항내의 陸水 影響을 많이 받는 Sta. 1을 제외한 모든 定點에서 5월 19일~6월 22일까지의 염분범위(Fig. 7-a)는 32.70~34.42‰ 이나 夏季에 가까워질수록 염분은 점점 低下하는 경향을 보이고 있다.

그러나 7월이 되면 7월 8일의 경우(Fig. 7-b) 제주항에서 10해리 떨어진 Sta. 2-2까지는 염분범위가 32.23~32.54‰로 32.20‰ 이상 염분이 출현하지만 제주항에서 12해리 떨어진 Sta. 3에서 부터 Sta. 5(水德島)까지 12해리 사이에는 31.29~31.96‰로 32.20‰ 보다 낮은 염분이 나타나고, 추자도 쪽에는 32.90‰의 염분이다. 7월 하순부터 8월 하순까지의 염분은 28.73~31.71‰의 범위로 제주항과 추자도 사이의 제주해협 표층을 모두 중국대륙연안수가 덮고 있다. 대체로 제주해협의 중앙부인 Sta. 3과 4사이에 최저염분이 있고 제주도와 추자도쪽에 고염분이 출현하므로 제주항과 추자도간의 夏季 염분분포양상은 U字型을 하고 있다. 그러나 8월 31일의 경우는 제주항과 추자도간의 全海域이 29.05~29.89‰의 염분범위로 거의 같은 염분분포를 하고 있어 U字型이라기 보다는 오히려 一字型의 염분분포를 하고 있다.

10월 1일의 경우(Fig. 7-c), Sta. 1-1에서 Sta. 4까지는 32.03~32.54‰의 염분이 출현해 8월 31일에 비해 염분이 많이 상승 되었으나, 추자도쪽 해역은

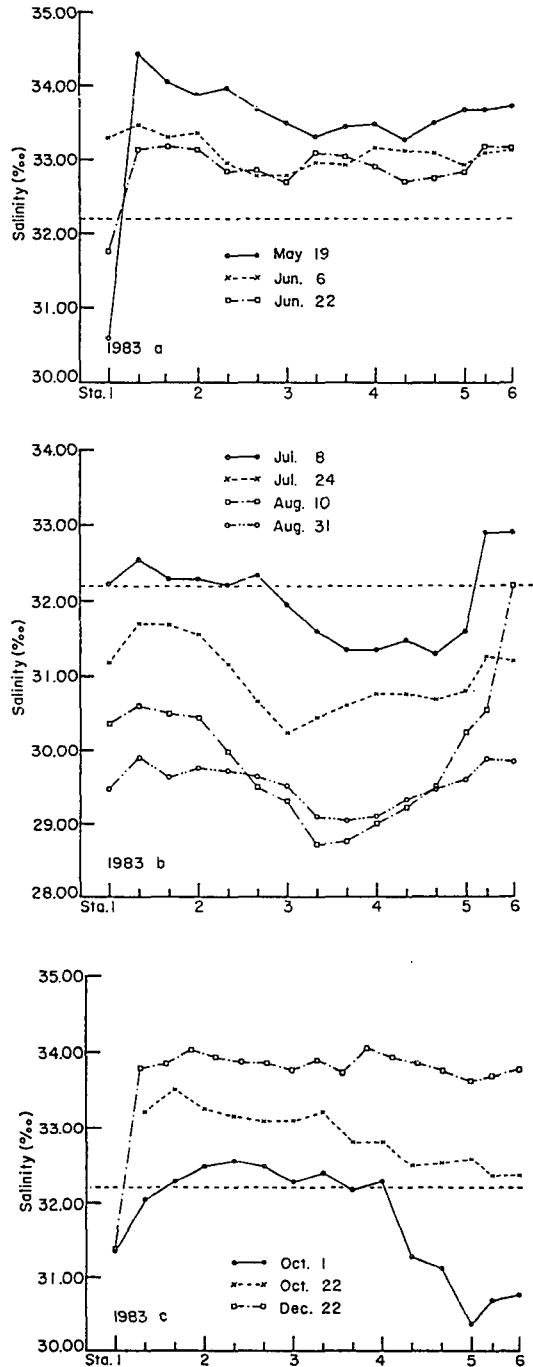


Fig. 7. Monthly variation of the surface salinity(‰) between Cheju harbour(Sta. 1) and Chuja Island(Sta. 6) from May to December, 1983. The horizontal broken line indicates the salinity of 32.20‰.

30.36~31.29‰로 여전히 저염분이 출현하고 있다. 10월 22일의 염분변화는 32.34~33.50‰로 추자도 쪽이 제주도 쪽 보다 비교적 낮은 염분분포를 보이고 있고, 12월 22일에는 33.62~34.04‰로 전해역이 거의 비슷한 염분분포를 하고 있다.

이상의 결과로 부터 제주해협내에 5월 중순까지는 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현하는 곳도 있지만 6월부터 점차 염분이 低下하여 전해역이 34.00‰ 이하의 염분이 되고, 7월 초순부터 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 출현하기 시작하여 8월에는 30.00‰ 이하까지 염분이 低下하기도 하지만 10월 하순부터는 32.20‰ 이하인 중국대륙연안수는 소멸하고 12월 하순에 다시 34.00‰ 이상의 고염분수가 나타나고 있음을 알 수 있다.

즉, 1983년의 경우는 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수는 제주해협에 7월 초순에 출현해서 10월 하순에 소멸했고, 중국대륙연안수의 Core는 제주해협의 중앙부를 통하고 있다.

(2) 1985~1986년 자료에 의한 분석

1985년의 염분분포 및 그 변화경향을 보면, 4월 22일, 5월 8일의 경우(Fig. 8-1-a)는 제주해협 全域에 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현해 冬季의 염분분포상황이 크게 변하지 않고 그대로 유지되고 있다.

7월 1일의 경우(Fig. 8-1-b)는 32.54~33.19‰의 염분범위로 6월 16일의 관측때 보다 크게 염분이 低下하고 있다. 그러나 7월 13일의 경우는 7월 1일 경우보다 더욱 염분이 낮아져 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 출현했고 염분분포형도 제주도와 추자도쪽에 고염분수가, 제주해협 중앙부에 저염분수가 출현하는 U字型 염분분포가 된다. 이와 같은 염분분포 경향은 7월 27일, 8월 21일에도 나타났다. 그러나 가장 낮은 염분(30.63~31.61‰)이 출현한 8월 4일과 9월 11일에는 제주항과 추자도간의 전해역이 거의 비슷한 염분이 나타나 거의 一字型的 염분분포를 하고 있다.

10월 2일의 경우(Fig. 8-1-c)는 前月(9월 11일) 관측때 보다 염분이 많이 상승하여 32.20‰ 이하의 염분은 전혀 출현하지 않는다. 그러므로 1985년은 1983년의 경우 10월 하순에 중국대륙연안수가 소멸된 것에 비하면 10월 초에 벌써 중국대륙연안수가 觀測定線 위에서 소멸된 결과가 된다. 10월 2일 이후 염분은 시기와 定點에 따라 昇降이 있기는 하지만 전반적으로 점차 상승해 12월 24일의 경우는 33.57~33.86‰의 염분범위가 된다.

1986년의 염분분포 및 그 변화경향을 보면, 1월

10일~5월 14일까지의 염분범위(Fig. 8-2-d, e)는 33.57~34.76‰로 추자도 주변해역에서 33.57~33.95‰이 관측된 것을 제외하고는 제주항과 추자도간 전해역에 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현했다. 이처럼 제주해협에는 冬季에 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현하는 것이 일반적인 경향이다. 5월 31일은 33.37~33.89‰의 염분범위가 되고, 6월 19일의 염분범위는 32.61~33.48‰로 夏季로 접어들에 따라 염분이 점점 低下하는 경향을 보이고 있다.

7월 22일의 염분범위(Fig. 8-2-f)는 30.37~32.43‰로 제주도와 추자도쪽이 비교적 염분이 높고 중간해역이 낮은 U字型의 염분분포이지만 8월 31일의 염분범위는 31.20~31.65‰로 제주항과 추자도간 전해역이 거의 같은 저염분수로 덮여있어 一字型的 염분분포이다.

상기한 1983년과 1985~1986년의 제주항-추자도간의 표층 염분분포 및 그 변화경향을 종합하여 요약하면, 1월부터 5월 중순까지는 제주해협내의 표층에 34.00‰ 이상의 冬季 고염분수가 출현하지만 5월 하순 부터 염분이 低下하기 시작하여 7월 초순이 되면 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 출현해 8, 9월간에는 년중 최저염분이 지속되다가 10월 중에 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수는 소멸하고 이후 12월 하순까지 계속 염분이 증가하여 冬季의 고염분수가 된다. 대체로 중국대륙연안수의 Core는 제주해협 중앙부를 통하기 때문에 제주해협의 하계염분은 제주도와 추자도쪽이 높고 중앙부가 낮은 U字型의 염분분포가 된다.

3) 제주항 沿岸定點의 염분 短期變化

제주항과 추자도간의 15일 간격 조사보다 더욱 더 短期的인 염분변화상황을 파악할 목적으로 제주항 서부두 방파제 外海쪽 一定點(Fig. 3)에서 5일간격으로 조사된 염분자료를 정리하여 제주항의 단기적인 염분변화를 나타내면 Fig. 9와 같다.

1985년 5월 7일~6월 20일까지는 冬季의 고염분이 지속되어 33.77~34.22‰의 비교적 높은 염분을 보이나 6월 25일부터 염분이 크게 떨어져 6월 25일~9월 25일까지의 夏季에는 최저 27.70‰에서 최고 32.83‰까지의 큰 염분변화를 보인다. 그러나 10월 1일~12월 20일까지는 32.45~33.42‰로 外海側(32.54~33.85‰, Fig. 8-1-c)에 비해 염분이 크게 변하지 않고 있지만 12월 27일부터 염분이 급격히 증가해 1986년 1월 7일에는 34.07‰이었고 1986년 3월 10일에는 34.72‰의 최고치가 출현했다. 이 최고치는 제주항과 추자도간의 관측에서 1986년 3월

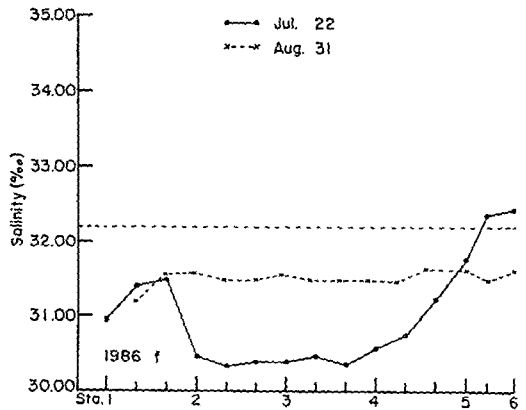
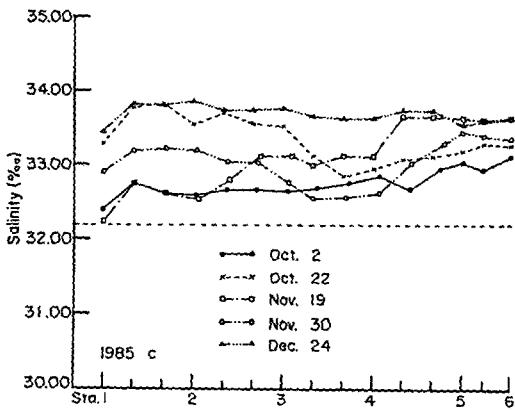
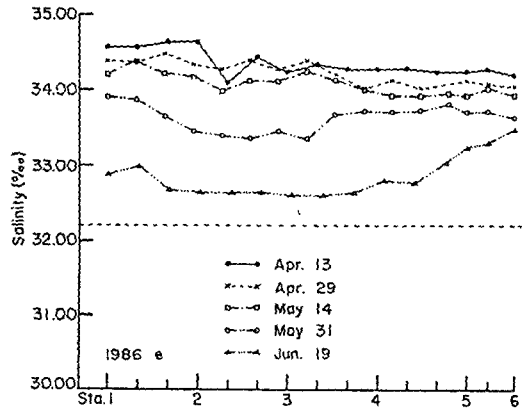
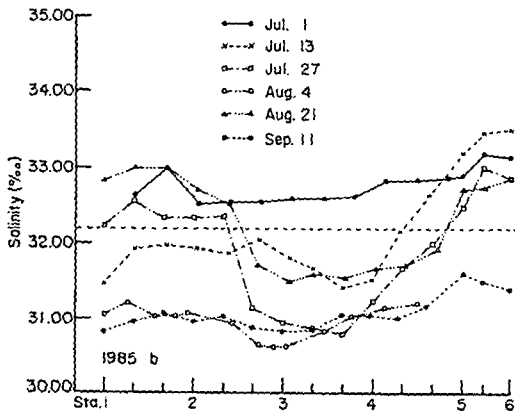
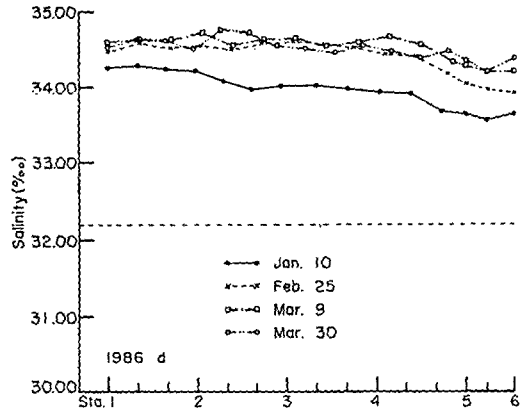
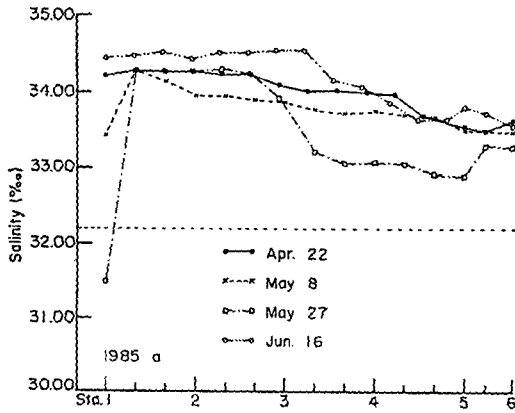


Fig. 8-1. Monthly variation of the surface salinity(‰) between Cheju harbour(Sta. 1) and Chuja Island(Sta. 6) from April to December, 19 85. The horizontal broken line indicates the salinity of 32.20‰.

Fig. 8-2. Monthly variation of the surface salinity(‰) between Cheju harbour(Sta. 1) and Chuja Island(Sta. 6) from January to August, 19 86. The horizontal broken line indicates the salinity of 32.20‰.

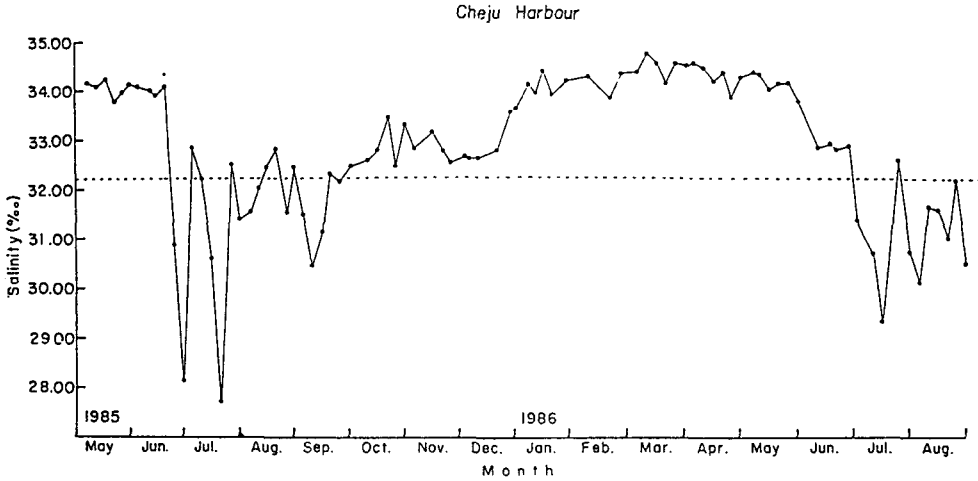


Fig. 9. Short period variation of the surface salinity(‰) at Cheju harbour, 1985~1986. The horizontal broken line indicates the salinity of 32.20‰.

일에 나타난 최고치 34.76‰과 거의 같다. 또, 제주항에서도 34.00‰ 이상의 冬季 고염분이 1986년 1월 7일~5월 25일까지 지속되었는데 이것은 제주항과 추자도간의 제주해협에서 34.00‰ 이상의 고염분이 1986년 1월 10일~5월 14일까지 지속된 것(Fig. 8-2)과 거의 일치한다. 1986년에는 1985년보다 약 1개월 빠른 5월말부터 冬季의 고염분이 저하하기 시작하여 6월 10일부터 염분이 급격히 低下해 7월 1일에 32.20‰ 이하의 저염분이 출현한다. 1986년 夏季에도 1985년 夏季와 같이 염분의 短期的 變化가 크게 나타났다.

상기한 제주항의 염분 단기변화로 부터 冬季의 고염분이 低下하기 시작하는 시기는 해(年)에 따라 약간씩 差(1985년은 6월 하순, 1986년은 5월 하

순)가 있지만 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 출현하고 소멸하는 시기(7월 초순에 출현하여 10월 초순에 소멸)는 外海側과 잘 일치하고 있다. 또, 제주항과 추자도간의 조사에서 파악되지 않던 夏季 표층염분의 심한 短期的 變化가 제주항의 조사에서 파악됐다. 이 결과로 부터 제주항과 추자도간의 표층염분이 특히 夏季의 경우 관측시기에 따라 差가 큰 것(Fig. 8-1-b, 8-2-f)은 제주항에서 나타난 것과 같은 심한 短期的 變化가 外海에서도 일어나고 있기 때문이라고 해석된다.

또, 外海側에서는 출현하지 않던 29.00‰ 이하의 저염분이 제주항에서 출현한 것을 보면 外海까지는 영향을 미치지 못하는 제주도로 부터의 陸水 流入이 이 定點에는 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

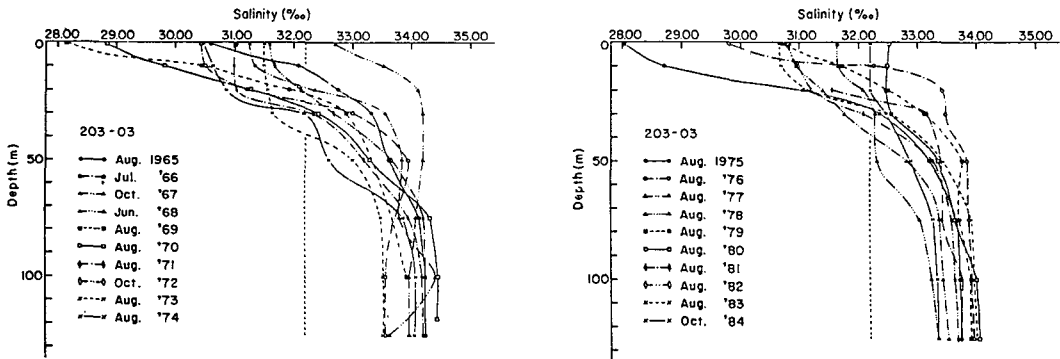


Fig. 10. Vertical variation of salinity(‰) when the minimum salinity appeared at 203-03, 1965~1984. The vertical broken line indicates the salinity of 32.20‰.



3. 중국대륙연안수의 두께

Fig. 10은 1965~1984년(20년간)까지 국립수산진흥원 해양관측정점 203-03점(Fig. 1)의 표층에서 최저 염분이 출현하는 월의 염분연직분포를 나타낸 것이다. 1968년과 1980년을 제외하고 매년 표층에서 32.20‰ 이하의 저염분이 출현했다. 50m 以深에는 염분이 거의 일정한 均質層이 형성되어 있다. Fig. 11은 Fig. 10으로부터 32.20‰의 염분이 출현하는 수심을各年度別로 구하여 정리한 수심의 年別變化이다. 32.20‰ 이하의 저염분이 전혀 출현하지 않은 1968, 1980년을 제외하면 이 염분치가 출현하는 수심은 最淺 10m(1976년)에서 最深 38m(1977년)까지 해(年)에 따라 변하고 있지만 그 출현수심을 평균하면 25m였다.

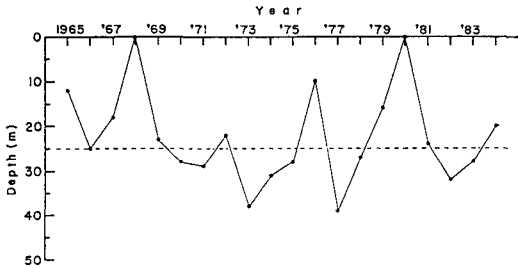


Fig. 11. Annual variation of the depth appeared the salinity of 32.20‰ in Fig.10. The horizontal broken line indicates the depth of 25m.

Fig. 12는 Sta.E(Fig. 4)에서 1985년 4월~1986년 8월까지 조사한 염분의 연직분포를 나타내고 있다. 1월부터 6월 초순까지는 표층부터 저층까지 염분이 거의 같은 均質層을 이루고 있지만 6월 하순이 되면 표층부터 염분이 점점 低下하기 시작하여 1985년에는 8월 초순에, 1986년에는 8월 중순에 각각 29.90‰과 30.31‰까지 염분이 저하했다. 그러나 11월 하순이후는 다시 표층에서 저층까지 거의 같은 염분이 된다. 이와같은 표층의 저염화현상 때문에 표층과 50m 사이에는 심한 염분약층이 생기지만 50m 以深은 계절에 따른 염분 변화가 작아 年中 염분약층하에는 均質層이 형성된다. 관측기간중 32.20‰의 염분이 출현한 최대수심은 26m였다.

Fig. 13은 제주해협내에서 중국대륙연안수가 가장 빨리 출현할 곳으로 예상되는 제주해협 서쪽 입구 단면(Fig. 4)에 대한 연직염분분포이다. Fig. 13-a에 의하면 6월의 경우 飛揚島에서 북방 약 20해리 부근해역(Sta. B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>)까지의 표층에 32.20‰

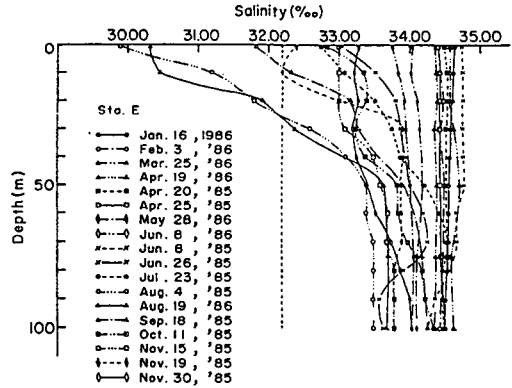


Fig. 12. Monthly vertical variation of the salinity at station E(Lat. 33°-36'.3N, Long. 126°-32'.3 E), 1985~1986. The vertical broken line indicates the salinity of 32.20‰.

이하의 저염분수가 출현하고 50m 以深에는 34.00‰ 이상의 고염분수가 분포해 양 水塊사이에 심한 염분약층이 형성된다. Fig. 13-b에서 7월의 경우 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 제주해협내 서쪽 입구의 전표면을 덮고 있고 특히 단면 A의 중앙부인 Sta. A<sub>3</sub>(비양도 북방 약 18해리)를 중심으로 남북 약 8해리 해역에 30.00‰ 이하의 저염분수(최저 29.60‰)가 출현하는 것으로 보아 중국대륙연안수의 Core는 제주해협의 중앙부를 통하고 있음이 확실하다. 이때 32.20‰의 등염분선은 최대 20m의 수심까지 분포하고, 표층에서 50m층까지는 심한 염분약층이 있다. 7월과 같은 연직 염분분포 상황은 8월(Fig. 13-c), 9월(Fig. 13-d)까지 유지되지만 10월 하순(Fig. 13-e)이 되면 32.20‰ 이하의 저염분수가 추라도 부근인 Sta. C<sub>3</sub>~C<sub>6</sub> 사이의 20m 以淺 해역에만 출현하고 표층의 염분약층도 그 경도가 완만해지며, 죽도 부근에는 표층에서 저층까지 거의 같은 33.60‰ 이상의 고염분수가 출현했다.

이상의 제주해협 서쪽 입구 단면의 연직염분분포는 제주항과 추라도간의 표층염분분포, 제주항의 단기적 염분분포, 203-03점 및 Sta. E에서의 연직염분분포 등에서 밝혀낸 중국대륙연안수의 출현 및 소멸시기, Core의 출현해역, 두께 등과 모두 잘 일치하고 있다.

4. 중국대륙연안수의 流路

Fig. 14는 중국대륙연안수의 流路를 파악하기 위하여 1976년 6월, 1981년 7월 및 1986년 8월의 표

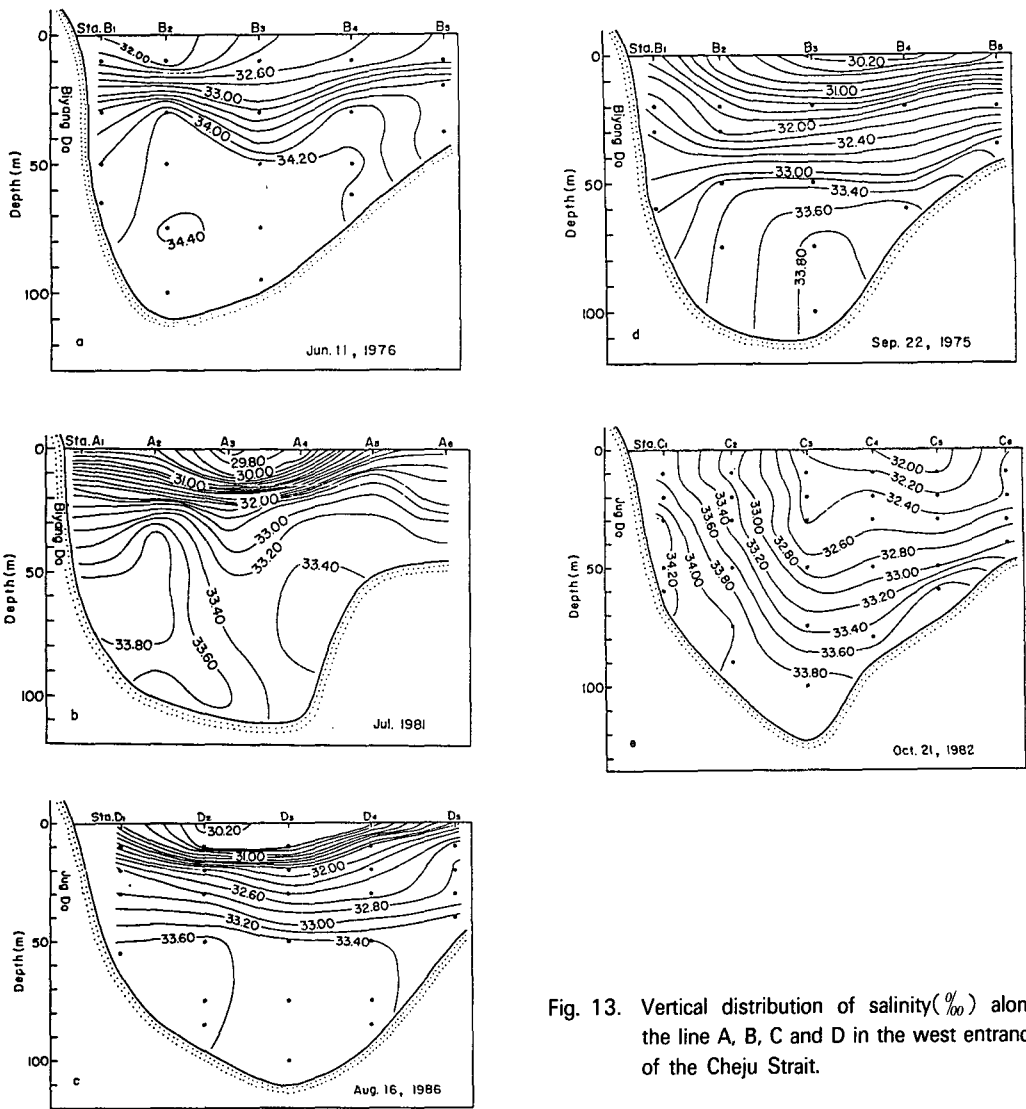


Fig. 13. Vertical distribution of salinity(‰) along the line A, B, C and D in the west entrance of the Cheju Strait.

층에 대한 수평염분분포를 나타내고 있다.

1976년 6월의 경우(Fig. 14-1)는 제주도 서방 약 30해리 해역에 있는 31.60‰ 이상의 최저염분수에 바탕을 둔 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수가 제주해협 서쪽 입구를 통하여 제주해협 내로舌狀으로 삼입되고 있고 제주해협 동쪽 입구 부근에도 32.20‰ 이하의 저염분수가渦狀으로 분포하고 있다. 그러나 제주도 남방해역에는 32.20‰ 이하의 저염분수는 전혀 출현하지 않았다.

1981년 7월의 경우(Fig. 14-2), 제주해협 및 제주도 동방해역 전역이 모두 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수로 덮혀 있지만 30.00‰ 이하의 최저염분

수는 제주해협 서쪽 입구로부터 동해협 중앙부를 통하여 동쪽 입구쪽으로舌狀으로 삼입되어 있고, 또 제주도 북동 해역에도 이 저염분수가渦狀으로 잇달아 출현하고 있다.

1986년 8월의 경우(Fig. 14-3)도 제주도 서방 약 40해리 해역에 27.40‰의 가장 낮은 염분이 출현하고 이것을核으로하는 30.00‰ 이하의舌狀低鹽Core는 추자도와 소혹산도 중간해역을 향하여 북동쪽으로 삼입되지만 위도 34°N부근에서北上이沮止되어 심한 염분전선을 이루면서 방향을 바꾸어 제주해협쪽으로流入하는 형상을 하고 있다. 제주도 남방 및 동쪽 해역도 모두 32.20‰ 이하의 중

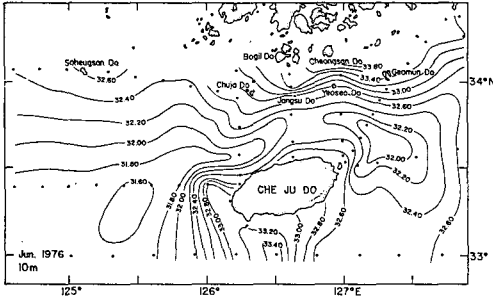


Fig. 14-1. Horizontal distribution of salinity(‰) at the depth of 10m in June, 1976.

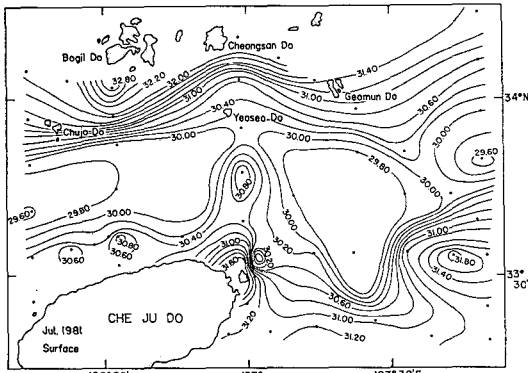


Fig. 14-2. Horizontal distribution of salinity(‰) at the surface in July, 1981.

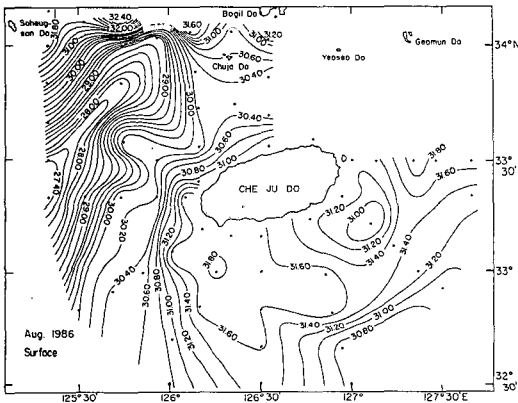


Fig. 14-3. Horizontal distribution of salinity(‰) at the surface in August, 1986.

국대륙연안수로 덮혀있지만 제주도 서방 및 제주해협쪽의 염분이 가장 낮다.

이상의 결과로부터 6월경 제주도 서방해역까지 이동해 온 중국대륙연안수는 夏季가 되면서 제주

도 주변 전해역의 표층을 덮지만 그 主軸은 제주도 서방해역에서 제주해협을 통하여 한국남해로 流入되는 流路를 취하고 있다. 또 제주해협을 통하여 한국남해로 빠져 나가는 중국대륙연안수의 主軸은 渦流의 형태로 이동되는 것 같다.

## 고찰

### 1. 중국대륙연안수의 水塊性質

제주도 주변해역에 출현하는 여러 水塊中 제주도 연안수와 한국 남·서해연안수는 그 출현해역이 극히 限定(노와 정, 1980; 노와 김, 1983; 변 등, 1983; 노, 1985)되기 때문에 32.20‰ 이하의 저염분수를 중국대륙연안수로 해석해도 큰 문제가 없음을 본 연구에서 최초로 밝혔다.

宇田(1934, 1936), 井上(1974, 1981) 등에 의하면 중국대륙연안수는 그 기원이 양자강 하구 주변해역에 있고 중국대륙으로부터 유출되는 주요 하천수(양자강, 황하강 등)에 의해 형성되는 수괴이므로 염분이 낮은 것이 특성이라고 했다.

그러므로 본 연구에서도 여러가지 해수 성질중 염분을 택하여 32.20‰ 이하의 저염분수를 중국대륙연안수로 정의했다. Limeburner *et al.*(1983)은 양자강 하구역 및 그 주변해역에서 30.00‰ 이하의 저염분수를, Yu *et al.*(1983)은 31.50‰ 이하의 염분수를, 그리고 Mao *et al.*(1963)은 32.00‰ 이하의 염분수를 각각 중국대륙연안수라 했다. 그러나 이들의 연구대상해역은 이 연안수의 起源地에서 제주도 보다 훨씬 가까운 거리에 있기 때문에 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수는 상기의 염분보다 높을 것이 예상된다.

그러므로 본 연구에서 중국대륙연안수의 指標鹽分을 32.20‰ 이하로 설정한 것은 충분히 근거있는 기준이라 사료된다. 또, 제주도 서방해역 및 제주해협내에 출현하는 30.00‰ 이하의 저염분 Core는 양자강 하구 주변해역의 연안수가 크게 변질되지 않고 제주도 주변해역까지 이동해 온 것으로 판단된다.

### 2. 중국대륙연안수의 主軸이 되는 低鹽 Core의 流路

중국대륙연안수가 양자강 하구부근에서 만들어져 夏季가 되면 동중국해 및 한국주변해역의 표층은 물론 일본 북해도 주변해역까지 영향을 미치고 있지만 이 연안수의 主軸이 되는 低鹽 Core가 어떤

經路를 통하여 이동하고 있는지에 대한 구체적인 流路가 아직 명확히 밝혀져 있지 않다.

그러나 본 연구에서 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수중 그 主軸이 되는 低鹽 Core의 이동방향이 제주도 서방해역으로 부터 제주해협을 통하여 한국남해로 流出되고 있음을 究明함으로써 양자강 하구부근에서 한국 남해까지의 流路를 추정할 수 있게 됐다.

Fig. 15는 Yu *et al.*(1983)이 밝힌 1981년 8월의 표층염분분포이다. 중국대륙연안수의 主軸인 低鹽 Core는 양자강 하구로 부터 북동방향인 제주도를 향하여 분포하고 있다. Fig. 15와 거의 같은 시기에 조사된 1981년 7월 제주해협의 염분분포(Fig. 14-2) 역시 30.00‰ 이하의 저염분이 제주해협에 출현하고 있다.

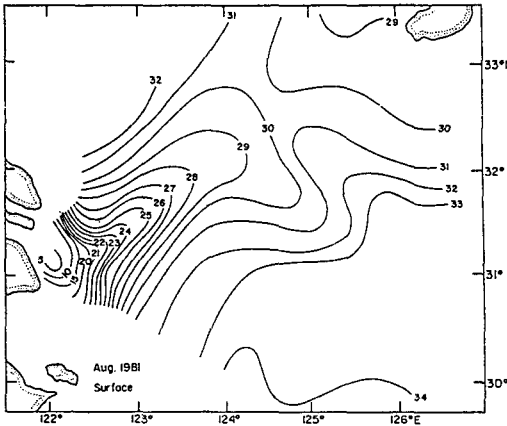


Fig. 15. Horizontal distribution of salinity(‰) at the surface in August, 1981(after Yu *et al.*, 1983).

Fig. 16은 Le(1983)가 염분을 이용한 여러 연구 결과를 종합하여 양자강 하구부근에 출현하는 중국대륙연안수의 월별 流路를 나타내고 있다. 여기서 月과 年度가 표시된 것은 그 해의 流路를, 月만 표시된 것은 평균적인 流路를 나타내고 있다. 양자강수의 유출량이 적은 시기인 4, 5, 9월과 1972년 7월 등의 예외가 있지만 대체로 6월부터 8월까지의 양자강 하구로 부터 제주도를 향한 북동방향의 流路를 택하고 있다. 그러므로 6월경 제주도 서방해역에 출현하는 32.20‰ 이하의 低鹽 Core(Fig. 14)는 Fig. 15, Fig. 16에서 제시된 바와 같이 양자강 하구역에서 북동방향으로 이동해 온 중국대륙연안수의 主軸이 나타난 것으로 해석된다. 또 Lim

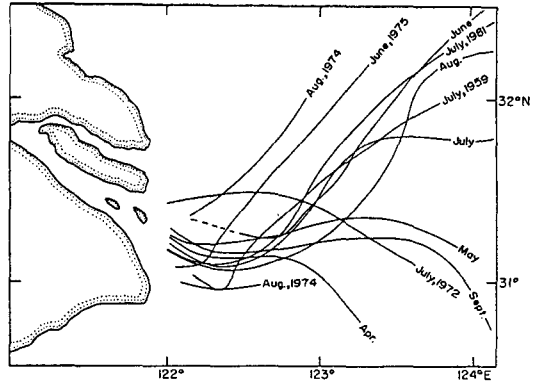


Fig. 16. Paths of the Changjiang Diluted Water as inferred from salinity measurements(after Le, 1983).

(1976)은 한국남해에서는 夏季에 한국남해연안수와 對馬暖流水의 경계역에 최저염분수가 출현하고 이 최저염분수는 대한해협을 통하여 한국동해로 流出된다고 했다.

상기한 Yu *et al.*(1983), Le(1983), Lim(1976) 등의 연구와 본 연구 결과 등을 종합하여 중국대륙연안수의 主軸이 되는 低鹽 Core가 夏季에 이동하는 經路를 模式的으로 그리면 Fig. 17과 같다.

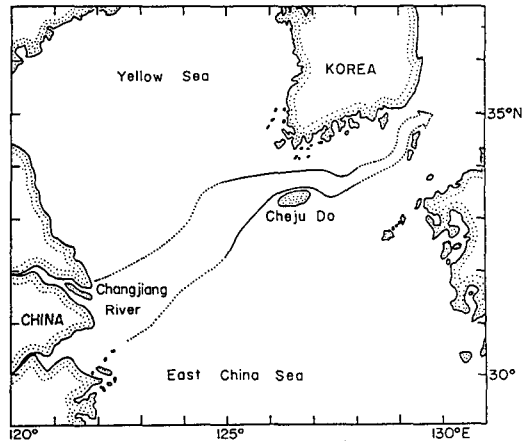


Fig. 17. Schematic path of China Coastal Water in summer.

그러므로 중국대륙연안수는 夏季가 되면 그 분포범위가 매우 확대되어 동중국해 및 한국주변해역의 표층수에 큰 영향을 미치지만 그 주축이 되는 최저염분수(低鹽 Core)는 양자강 하구로 부터 제주도를 향하여 북동방향으로 흘러 제주도 서방해

역에 도달하고 이것은 다시 제주해협을 통하여 한국남해로 流出되며, 한국남해에서는 前線을 따라 이동해 대한해협을 통하여 한국동해로 流出되는 것 같다. 그러나 이와같은 流路에 대해 제주도 주변해역을 제외한 한국 남해 및 동해의 이동경로가 아직 상세히 밝혀져 있지 않으므로 앞으로 이에 대한 구체적인 연구가 뒤따라야 한다고 思料된다.

## 요 약

제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수의 특성을 여러자료를 근거로 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제주도 주변해역에 출현하는 여러 水塊中 32.20‰ 이하의 저염분수는 중국대륙연안수로 해석된다.

2. 본 연구기간중, 제주해협 표층에는 1월~5월 중순까지는 34.00‰ 이상의 고염분수가 출현했고, 5월 하순부터 점차적으로 염분이 低下하여 32.20‰ 이하의 중국대륙연안수는 7월초에 출현하여 10월 중에 소멸했다.

3. 제주해협에서 중국대륙연안수의 두께는 평균 25m이고, 대체로 50m 정도의 깊이까지 영향을 주고 있다. 그러므로 동 해협의 夏季 成層構造는 0~50m까지는 심한 염분약층이 형성되며 50m以深은 冬季와 같이 均質鹽分層에 가까운 成層이 된다.

4. 夏季에는 제주도 주변표층 대부분의 해역에 중국대륙연안수가 출현하지만 그 중 최저염분을 갖는 이 연안수의 Core는 제주도 서방해역에서 제주해협 서쪽 입구로 流入되어 동 해협 중앙부를 통해 해협 동쪽으로 流出되며, 해협을 통과한 후에는 渦流의 형태로 이동되는 것 같다.

## 참 고 문 헌

Beardsley, R. C., R. Limeburner, D. Hu, K. Le, G. A. Cannon and D. J. Pashinski. 1983. Structure of the Changjiang River Plume in the East China Sea during June 1980. *Int. Symp. on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Hangzhou, April*, 243~260.

Le, K. 1983. Some Results from the study of the path of the changjiang diluted water. *Int.*

*Symp. on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Hangzhou, April*, 346~351.

Lim, D. B. 1976. The Movement of the waters off the South Coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 11(2), 77~88.

Limeburner, R., R. C. Beardsley and J. Zhao. 1983. Water masses and circulation in the East China Sea. *Int. Symp. on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Hangzhou, April*, 261~269.

Mao, H., Z. Gan and S. Lan. 1963. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 5(3), 186~206.

Moriyasu, S. 1972. The Tsushima Current. *In* Kuroshio, its physical aspects. edited by H. Stommel and K. Yoshida. Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 353~369.

Yu, H., D. Zheng and J. Jiang. 1983. Basic hydrographic characteristics of the studied area. *Int. Symp. on sedimentation on the continental shelf with special reference to the East China Sea, Hangzhou, April*, 270~279.

강철중. 1971. 한국서해 해황의 계절적 변동에 관하여. 국립수산진흥원 연구보고, 8, 9~29.

강철중. 1974. 한국 남해안 연안수의 계절변동에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구보고, 12, 107~121.

국립수산진흥원. 1965~1984. 해양조사연보.

노홍길·정공훈. 1980. 제주도 연안의 환경특성에 관한 기초적 연구-I. 제주대학교 해양자원연구보고, 4, 1~5.

노홍길·김 구. 1983. 제주와 목포, 제주와 완도간의 표면수온 변화. 한국해양학회지, 18(1), 64~72.

노홍길. 1985. 濟州島 周邊海域의 漁場海洋環境에 關する 研究. 博士學位論文, 東京大學, 1~215.

井上尚文. 1974. 西日本海 海域の海洋學的 特性. 對馬暖流-海洋構造と漁業. 日本水産學會編, 水産學シリーズ 5, 恒星社厚生閣, 27~41.

井上尚文. 1981. 東シナ海および對馬暖流域における海況特性. 長崎縣生物學會誌, 29~72.

宇田道隆. 1934. 日本海及び其の隣接海區の海況(第一次 日本海-齊海洋調査報告). 水産試驗場報告, 5, 57~190.

宇田道隆. 1936. 日本海及び其の隣接海區の海況(第

二次 日本海一齊海洋調査報告). 水産試験場報告, 7, 91~151.

---

1994년 5월 7일 접수  
1994년 9월 9일 수리