

가막만의 수온과 염분의 분포

이규형 · 조규대*

여수수산대학 해양학과

*부산수산대학교 해양학과

Distributions of the Temperature and Salinity in Kamak Bay

Kyu-Hyong LEE, Kyu-Dae CHO*

*Department of Oceanography, National Fisheries College of Yosu
Kku-Dong, Yosu, 550-180, Korea*

**Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan
Nam Gu, Pusan, 608-737, Korea*

The distributions of the temperature and salinity in Kamak bay which has two channels and three sea bottom topographic parts were studied by taking the detailed hydrographic data at the ebb and flood during four seasons from May, 1988 to Feb., 1989.

The general pattern of the distributions of characteristics which the temperature and salinity has in Kamak bay is basically formed by the topography and sea water movement of the bay. The changes of these distributions by seasons mainly come from the heating and cooling of the sea surface and the increase of the run-off.

The bay has three remarkable water masses and the their general characteristics are follows: the inner bay water has a stagnation character influenced by the inland and the concave of the sea bottom in the north west, Yosu harbor water has an estuary character of the low salinity caused by the run-off of Somjin river and Yon Tung brooklet in the north east, and the outer bay water has an out-sea character, as it is located near by the big mouth in the south of the bay.

The distributions of those water masses at the ebb and flood show some different features due to the flow patterns, and the daily changes of oceanic conditions at the vicinity of Hangdae-ri are so big that it may influence the habitation and production of the living things in the bay.

서 론

여수 반도의 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 남북 방향의 길이가 약 15km, 동서 방향 길이가 약 9km인 원형의 내만으로서 평균 수심이 약 9m인

천해이다. 해저 지형의 특징은 오목하게 깊은 북쪽 내만역과, 만 중앙으로부터 남쪽으로 갈수록 40m 까지 차츰 깊어지는 남쪽 만구역 그리고 수심이 얕고 경사가 완만한 동부의 천해역으로 구분된다 (Fig. 1).

본 연구는 1988년도 문교부 학술 연구 조성비에 의하여 수행되었음.

대조차는 약 3m이며, 해수는 북동쪽의 여수항과 남쪽 만구를 통하여 거의 동시에 출입하며 양쪽에서 유입한 해수는 만내에서 상접한다(국립수산진흥원 1978, 수로국 1978).

이 만은 대부분이 수하식 굴 양식장으로서, 생산량은 전국의 약 30%를 점하는 중요한 어장이며, 청정 해역으로도 지정되어 있지만, 과도한 굴양식과 주변 입해 공단으로부터의 오염 물질 및 도시 폐수의 유입 증가로 어장 환경 관리상에 많은 문제가 생기고 있는 해역이기도 하다.

가막만의 해수 특성 연구는 Kim(1983)이 5개 지점에 대한 계절별 특징을 파악하였고, 만구별 측류 조사에 의해 이·장(1982)이 해수의 교류, 교환 정도를 파악한 바 있다. Kang and Chough(1982)는 초음파 탐사 및 coring 결과에 의해서 퇴적 상태를 조사했으며, 이(1983)는 가막만의 해수 교환 정도에 의한 자정 능력(오염 기준 농도내로 허용할 수 있는 만내 연속 방출물질 총량)을 추정한 바 있다. 그리고 Shim(1980)은 5개 지점에 대한 계절별 수

질 환경과 Phyto-plankton의 출현종과 량에 대한 조사를 하였으며, 국립수산진흥원·전라남도(1982)가 4개 지점에 대한 일반 환경 및 패류 자원의 분포상에 관한 포괄적인 조사를 한 바 있다. 또 이·최(1985)는 6월에 약 29개 지점에 대한 밀물과 썰물때의 수온, 염분등에 대한 미세 구조를 밝힌 바 있다. 그러나 해양 환경과 생물 생산과의 상호 관계에 관한 연구는 거의 이루어진 바 없으며 이와 유사한 연구가 있다하더라도 모두 개괄적이거나 단기적인 조사가 대부분이어서 만내의 해양 환경에 따라 크게 영향을 받는 복잡 다양한 생물 생산 기구를 설명하는데 이용하기는 불충분하다.

이러한 견지에서 본고는 가막만의 해양 구조를 규명하여, 어장 관리에 도움을 줄 수 있는 기초 자료를 제공할 목적으로 가막만에 약 29개 정점을 설정하여 계절별로 밀물과 썰물때 각각 해양 관측을 실시하여, 만내의 해황 특성과 수괴 분포가 지형적 요인 및 해수 유동 양상과 어떻게 관련되어 있는지 살펴보았다.

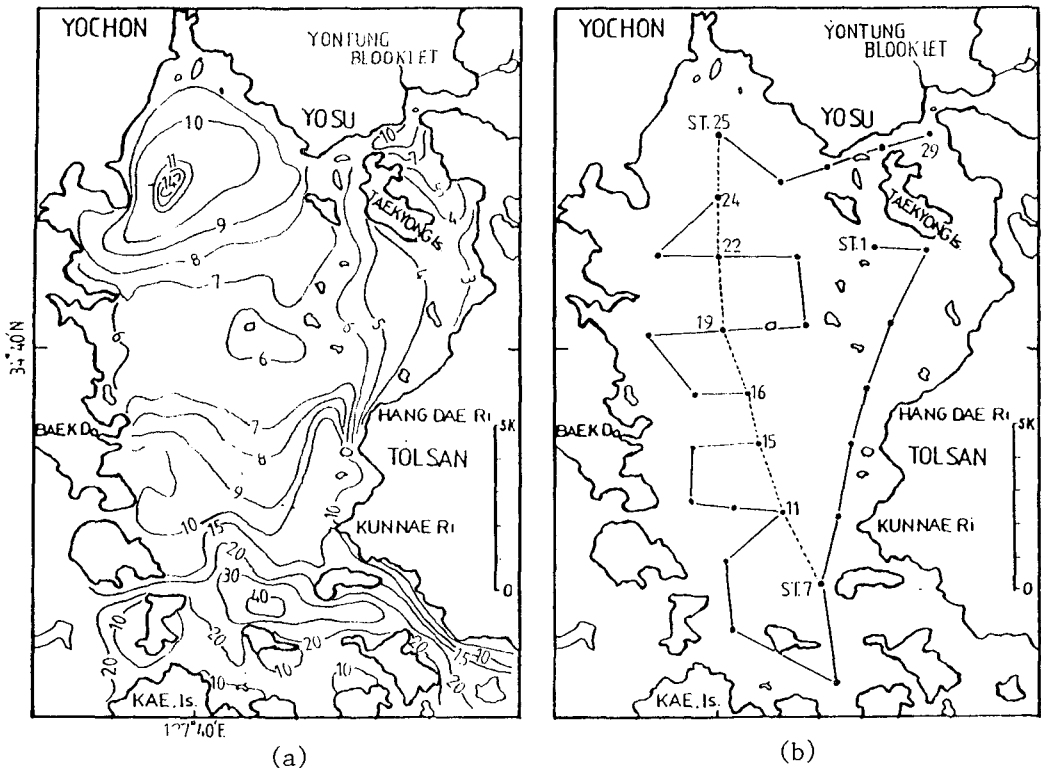


Fig 1. Bathymetry(a) and oceanographic stations(b) of Kamak Bay. Solid lines denote track of survey, while dotted line vertical section.

자료 및 방법

가막만의 해양 환경 특성과 그 변화 양상을 상세히 알아보기 위하여 Table 1에 표시한 것처럼

Table 1. Observed date in Kamak Bay

Date and time	Moon age (a)	Declination
1988. 5. 30 Flood 1430-2000	14.2	S 22°37'
5. 31 Ebb 0919-1428	15.2	S 26°03'
1988. 8. 13 Flood 1715-2100	0.6	N 13°54'
Ebb 0950-1600		
1988. 11. 26 Flood 0650-1102	16.5	N 27°52'
Ebb 1238-1602		
1989. 2. 23 Flood 0646-1025	16.8	S 2°45'
Ebb 1208-1508		

계절별로 대조기를 택하여 밀물과 썰물때 각각 최강류시부터 전류시까지 고속정인 올림픽 26호로서 약 4시간동안 Fig. 1에 표시한 만내 29개 정점에서 수온, 염분, 투명도 및 수색을 관측하였다.

수온과 염분치는 MC-5, Bridge type의 Oceanographic Salinometer(Accuracy: ± 0.05 , $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$)로 현장에서 측정하였으며 측정 수심은 0, 2, 5, 8, 10, 20, 30m였다. 그리고 투명도는 Secchi Disk로, 수색은 Forel 표준 수색계로 측정했으며 수괴 분석은 T-S diagram을 이용했다. 또한 관측 위치는 Sextant에 의한 수평 협각법으로 구했다.

관측 기간의 조석 및 바람 상태는 Fig. 2와 같았고 그림 중 횡선은 그 계절의 예년 평균 풍속을 나타냈다. 이들 바람 자료는 여수 측후소에서 관측한 실측 자료이며 조석은 조석표(수로국, 1989)의 값을 인용하였다.

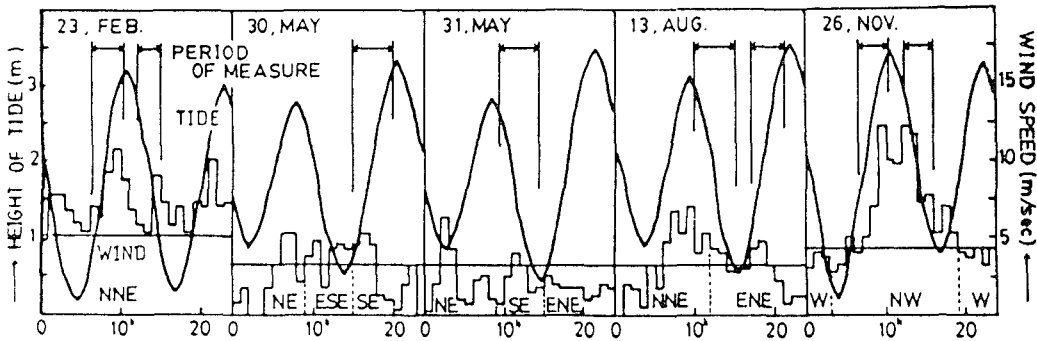


Fig. 2. The tide and wind during the observation periods in Kamak Bay. Horizontal lines denote the mean wind speed during 30 years from 1931 to 1980 by each season.

결과 및 고찰

1. 계절별 해황 특성

가. 동계(1989년 2월)

2월의 밀물과 썰물때 각각 표층 및 저층(해저상 1m 이내)의 수온, 염분, 밀도(σ_t), 투명도 및 수색에 대한 수평 분포는 Fig. 3과 같았다.

수온과 염분값은 7.2~10.6 $^{\circ}\text{C}$, 33.4~34.1‰로, 내만쪽이 외해쪽보다 저온, 저염이었다. 이것은 내만쪽이 외해쪽보다 수심이 얕아서 기온 및 바람에 의한 냉각 효과가 크고 육수 유입의 영향도 많았기 때문이라고 생각된다.

이 수온과 염분값은 1980년과 1981년에 국립수산진흥원·전라남도(1982)가 2월중에 관측했던 5.

0~5.4 $^{\circ}\text{C}$, 33.2~33.5‰와 비교하면 훨씬 고온, 고염이었는데 이는 당시에 연일 계속되었던 따뜻한 기온과 가뭄(중앙기상대, 1988) 때문이라고 사료된다. 본 관측시의 기온은 6.5 $^{\circ}\text{C}$ 로 여수의 2월중 누년 평균치인 2.9 $^{\circ}\text{C}$ (중앙기상대, 1982)보다 3.6 $^{\circ}\text{C}$ 정도 높았다.

만내의 해황 특성은 대체로 여수와 백도를 잇는 북서부 내만의 저온 저염분역과 남쪽 만구에서 중앙부로 진입하는 고온 고염분역 그리고 북동부의 천해역으로 나눌 수 있다. 동계에는 대기의 냉각 효과로 연직 혼합이 잘 이루어지므로 만내의 표·저층수는 거의 균질한 상태가 된다.

남쪽 해역과 만의 중앙부가 주변보다 비교적 고온 고염분이 되는 것은 밀물때는 남쪽 만구에서 만

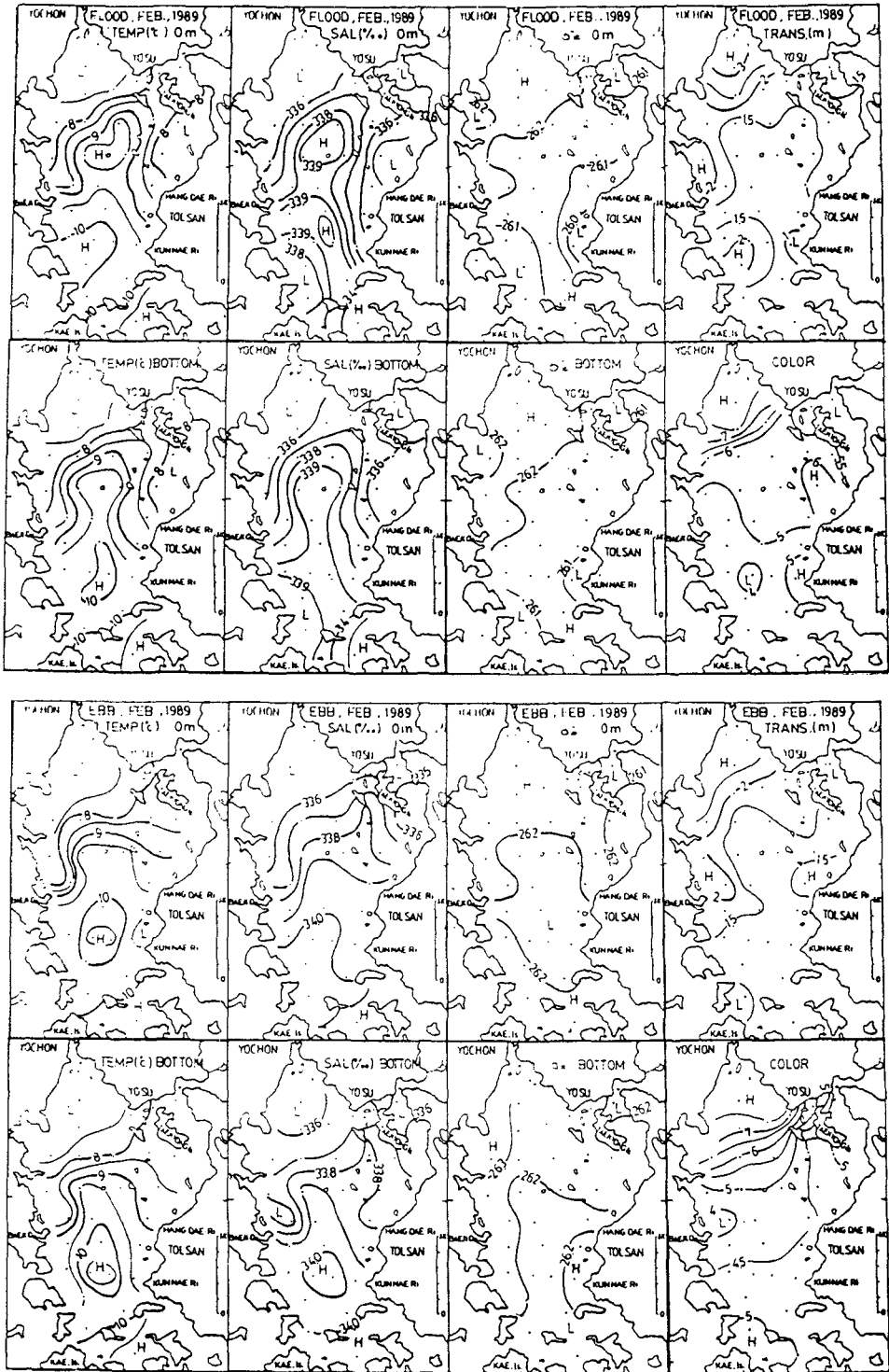


Fig. 3. Horizontal distributions of water temperature, salinity, sigma-t, transparency and water color at the ebb and flood in Kamak Bay in February, 1989.

중앙부로 대량의 해수가 진입하면서 시계 방향의 환류가 발생하고, 썰물때는 내만쪽의 저염분수가 주로 남서쪽 연안의 여수항쪽을 따라 유출되므로 만 중앙부에는 영향을 주지 않으며, 만 중앙부에 있던 고온 고염분수가 시계 반대 방향의 환류를 형성하면서 남쪽 만구로 유출하기 때문이라고 해석된다. 이러한 환류의 발생 여부에 대해서는 이·장(1982)의 측류관 추적 결과에 의하면 썰물의 경우에는 확실하지 않았지만 밀물의 경우에는 시계 방향의 환류가 뚜렷하게 나타났다.

밀도 분포는 σ_t 25.9~26.3의 범위로, 만전체가 거의 균질한 모습이며 내만쪽이 만구쪽보다 약간 컸다.

투명도와 수색은 각각 0.9~3.1m, 4~8로, 내만쪽이 만구역보다 모두 컸으며, 그 분포 형태가 거의 유사했다. 일반적으로는 투명도가 크면 수색 번호가 작게 관측되는 것이 보통인데 이 해역의 내만쪽에서는 맑으면서도 수색이 노란색을 띄우고 있어서 이유는 알 수 없지만 특이한 수질역으로 주목된다.

그리고 이러한 투명도값과 분포 양상은 日本의 伊勢灣, 三河灣, 有明海의 값이 3~10m로 여름보다 겨울에 더 크게 나타나며 언제나 만구쪽에서 큰 것(井上, 1980, 宇野木, 1978)과 대조적이다.

日本의 上記灣은 년중 다량의 하천수가 직접 유입하고 있지만, 가막만은 하천수의 유입이 적고 천해이며 조차가 큰데다 겨울에 기온 강하와 강한 북풍으로 연직 혼합이 활발하므로 투명도가 낮아지고, 특히 만구쪽은 강한 조류로 인하여 난류가

발생하므로 혼탁하여져 투명도가 낮고, 내만측은 조류의 정체 현상으로 투명도가 커진 것으로 사료된다.

Fig. 4는 만의 남북 단면(Fig. 1의 점선)에 대한 밀물과 썰물때 2월의 수온, 염분 및 밀도(이하 제량)의 연직 분포이다.

제량의 분포 구조는 거의 연직 방향으로 균질해 전형적인 겨울철 특징을 보이고 있다. 내만의 저층에는 외양의 영향을 받은 고온 고염수의 무거운 물이 존재하고 있어서 동계의 연직 혼합이 충분치 못하면 수온 역전 현상이 생기는데(宇野木, 1978, 國司 宇野木, 1977) 이곳은 천해역이므로 연직 혼합이 활발한 것 같다. 반면 St. 22 부근에서는 수평 방향의 수온, 염분의 경도가 커 이 해역에 전선이 형성되고 있음을 시사하고 있으며, 이 전선역을 경계로 내만쪽의 저온, 저염의 고밀도수와 외해쪽의 고온, 고염의 저밀도수가 접하고 있는 양상이다.

나. 춘계(1988년 5월)

Fig. 5는 5월의 밀물과 썰물때 각각 표층과 저층의 수온, 염분, 밀도 및 투명도의 수평 분포이다.

수온은 17.2~22.0°C, 염분은 32.9~33.3‰로서, 내만쪽이 만 입구쪽보다 고온, 저염이고, 표층이 저층보다 고온, 저염이었다.

또한, 만내의 일반적인 수온, 염분 분포 양상은 밀물때와 썰물때가 같지 않았고, 특히 저층보다 표층쪽의 차가 컸다. 이것은 이 시기에 따뜻해지는 기온의 영향과 육수 유입의 증가로 지역과 층에 따른 수온, 염분의 차가 생기게 되고 또 이들 이질

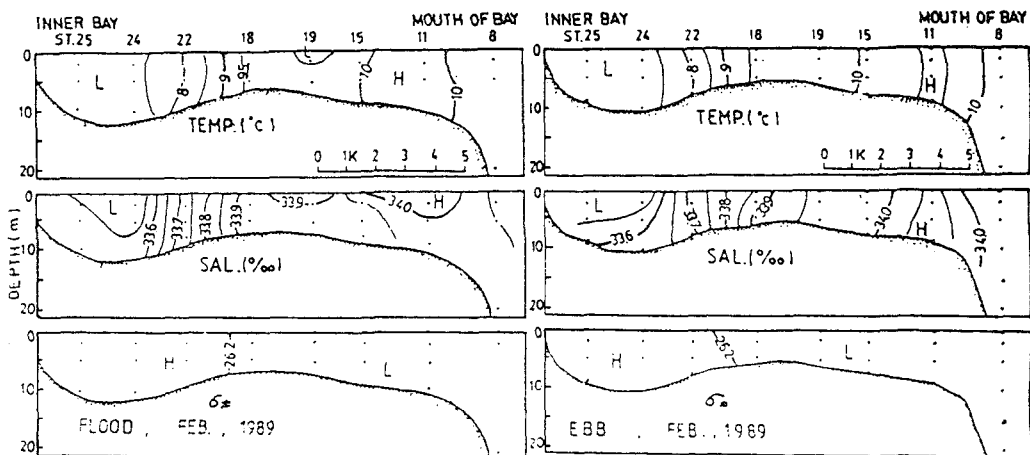


Fig. 4. Vertical distributions of water temperature, salinity, sigma-t at the ebb and flood in Kamak Bay in February, 1989.

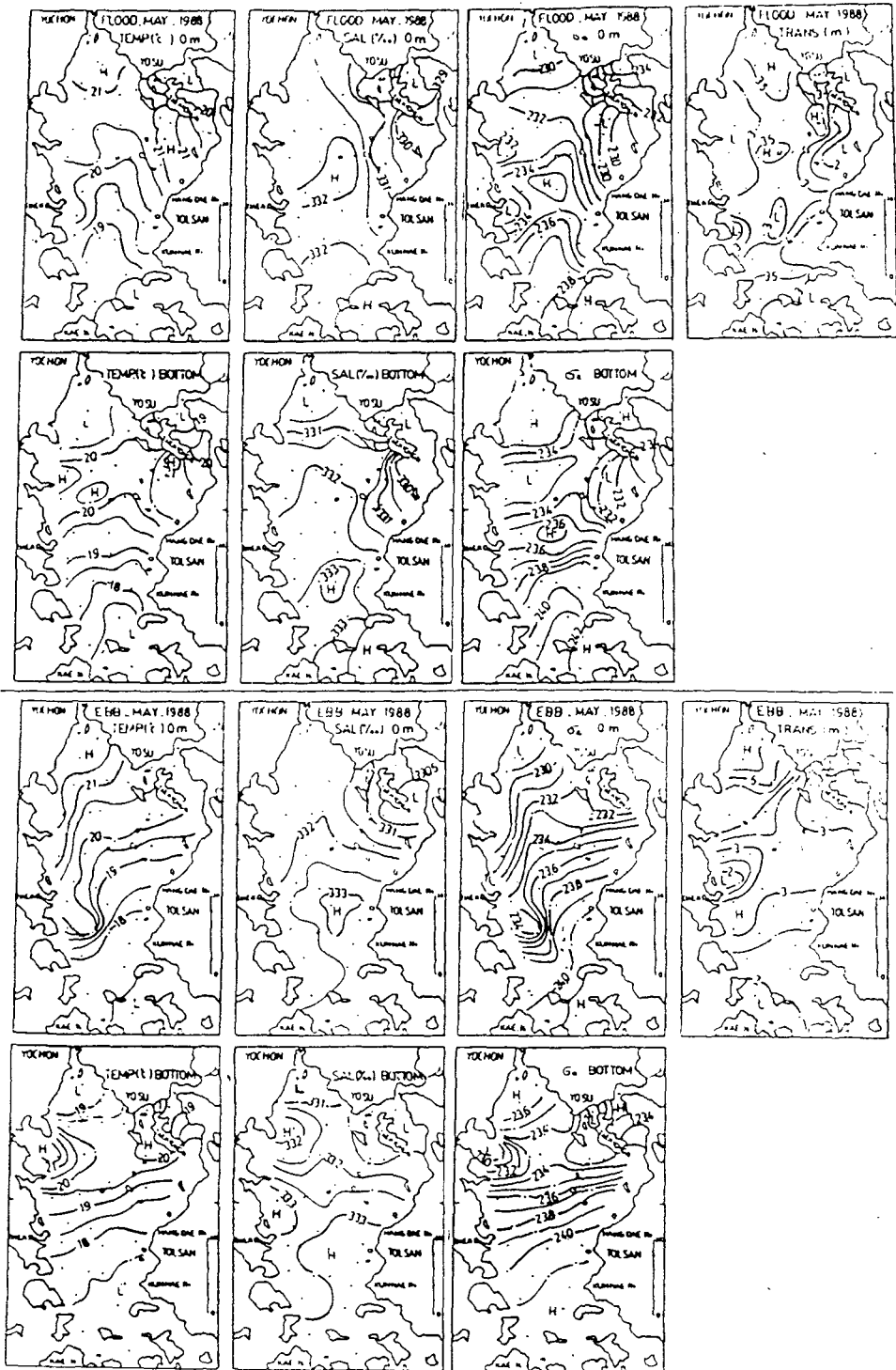


Fig. 5. Horizontal distributions of water temperature, salinity, sigma-t and transparency at the ebb and flood in Kamak Bay in May, 1988.

해수간의 조류에 의한 혼합 정도가 지역 또는 층에 따라 다르기 때문이라고 해석된다.

특히, 만의 북서부 내만역의 경우 표층수는 주변보다 고온, 저밀도이나 저층수는 주변보다 저온, 고밀도로 표층과 저층간의 분포 양상이 매우 다르다. 이것은 수온이 수심이 얕은 내만쪽으로 갈수록 기온 변화에 바로 응답하는 변화를 나타내므로(宇野木, 1978, 宮地·永田, 1979) 이 시기에 급격히 상승하는 대기온의 영향을 받아서 내륙쪽이 만 입구측보다 표층 수온이 크게 높아 연직적 해수 혼합이 더욱 어려워 지는데다 저층수가 오목한 해저 지형에 갇혀서 수평적 해수 유동이 억제되기 때문이라고 사료된다.

따라서 밀물과 썰물때의 표층 수온의 분포 양상은 대체로 물때별로 다른 만내 해수의 유입과 유출 양상을 잘 나타낸 것 같고, 저층 수온의 분포 양상은 어느때나 거의 같았다고 생각된다.

한편, 내만쪽의 저염이지만 여수항쪽은 이보다 더 저염이며 특히 여수항쪽에서는 썰물때보다 밀

물때가 0.2‰ 가량 더 낮은 분포를 보였다. 이것은 여수항이 연등천과 섬진강 하구에 근접하고 있어서 이들 하천의 저염수가 밀물때에 유입하기 때문이라고 사료된다.

밀도 분포는 σ_t 22.9~24.6의 범위로, 내만쪽에서 작고 만입구쪽에서 큰 경향인데 수평 경도가 연중 가장 컸고, 그 분포 양상은 수온과 유사하다.

투명도는 1.7~5.9m로, 내만쪽이 만 입구쪽보다 크며 특히 썰물때가 더 컸다. 이와같은 현상은 북서 내만역은 조류가 약하고 연직 혼합이 일어나기 어렵기 때문에 나타나는 것이라고 사료된다.

Fig. 6은 만의 남북 단면에 대한 5월의 밀물과 썰물때 제량의 연직 분포이다.

Fig. 5에서 표층과 저층간의 분포상이 상이했던 북서부 내만역인 St. 24, 25를 보면 수심 5m부근에서 수온 약층과 밀도 약층이 나타났다. 즉 약층의 상층은 비교적 고온, 저염인 저밀도수가 있고, 약층의 하층은 비교적 저온, 고염인 고밀도수가 오목한 지형에 정체되어 있는 모습이 잘 나타나고 있다.

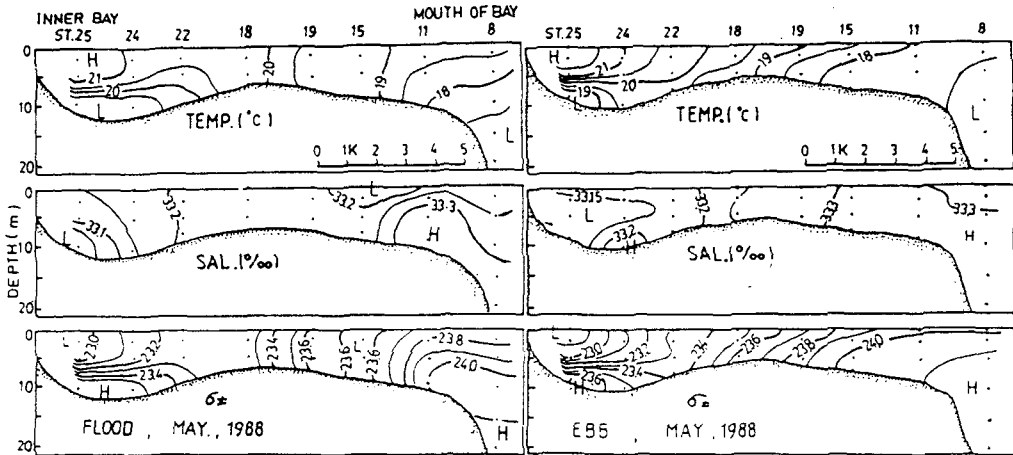


Fig. 6. Vertical distributions of water temperature, salinity and sigma-t at the ebb and flood in Kamak Bay in May, 1988.

다. 하계(1988년 8월)

Fig. 7은 8월의 밀물때의 표층과 썰물때의 표·저층의 수온, 염분, 밀도, 투명도 및 수색에 대한 수평 분포이다.

만내의 수온과 염분범위는 22.5~29.4℃, 31.7~33.3‰로, 5월중보다 더욱 고온, 저염화되었으나 내만쪽에 수온과 염분의 최고역이 있고 표층이 저층보다 오히려 염분이 약간 높았다.

이것은 이 시기에 계속된 높은 기온으로 인하여 해수의 증발이 많았기 때문이라고 생각된다. 당일 여수 측후소가 관측한 평균 기온 30℃와 증발량 6.7 cm/day은 여수의 8월 중 30년(1951~1980)누년 평균 기온 25.8℃와 증발량 5.3cm/day에 비하여 훨씬 고온이고 많은 증발량이었다.

일반적으로 만내 제량의 분포 양상은 5월과 같지만 여수항쪽에 현저한 저염수가 출현하는 것이

8월의 특징이다. 이 저염수는 들산도에서 유입하는 육수의 영향도 있지만 그 분포 양상은 밀물과 썰물때 여수항을 출입하는 해수의 유동 양상을 잘 반영하는 것 같다.

밀도 분포의 범위는 σ_t 19.7~20.9로서, 내만쪽이 만 입구쪽보다 작은 경향이며 그 분포 양상은 수온과 유사하다.

투명도의 범위는 1.5~5.0m로, 내만쪽이 만 입구 쪽보다 컸으며, 썰물때가 밀물때 보다 크게 나타났다.

Fig. 8은 8월 중에 만의 남북 단면에 대한 밀물과 썰물때 제량의 연직 분포이다.

북서부 내만역에 해당하는 St. 24, 25를 보면 5m

이심에서 역시 강한 수온 약층이 나타났다. 이러한 수온 약층의 출현은 Kim(1983)이 5월 중순과 8월 초에 조사한 결과와 일치한다. 수심이 불과 10m밖에 안되는 이곳의 표층과 저층간에 수온 3 $^{\circ}$ C, 염분 0.15‰, 밀도 σ_t 0.9의 큰차가 나타났다.

평균 수심이 20m로 비교적 평탄하고 조차가 6m인 有明海는 강한 조류 때문에 강 혼합형의 estuary로 분류되고 있고(井上, 1980), 200m 깊이의 오목한 지형을 갖고 있는 麴兒島灣은 하계에 sill이 있는 40m 깊이에 강한 성층을 나타내고 있다(高橋, 1977). 또한 三河灣은 조차가 1.8m, 평균 수심이 9m밖에 안되지만 인접해서 평균 수심이 20m이고 30m까지 오목한 지형을 갖고 있는 伊勢灣에 비하여



Fig. 7. Horizontal distributions of water temperature, salinity, sigma-t, transparency and water color at the ebb and flood in Kamak Bay in August, 1988.

동계에는 연직혼합이 활발하고 하계에 성층의 안정도가 작다(西條·宇野木, 1977).

가막만의 이곳은 조차가 크지만 조류가 약하고 천해이므로 다른 만에 비하여 동계에 연직 혼합이 쉽고 하계에는 오목한 지형 때문에 안정도가 큰 약층을 형성하는 것 같다.

라. 추계(1988년 11월)

Fig. 9는 11월의 밀물과 썰물때 각각 표면과 저층의 수온, 염분, 밀도, 투명도 및 수색에 대한 수평 분포이다.

수온과 염분 분포 범위는 10.7~14.0℃, 33.5~33.9‰로, 2월처럼 내만쪽이 만 입구쪽보다 저온, 저염이었다.

만내의 일반적인 분포 양상은 2월과 거의 유사했다. 즉 이 시기에는 강한 바람과 기온 하강의 영향으로 표·저층수간에 연직 혼합이 잘 이루어지므로 전층이 거의 균질 상태가 된다. 당시 여수 측 후소가 관측한 기온은 4.5℃였다.

밀도분포는 σ_t 25.2~25.9로, 분포 양상은 대체로 수온과 유사하다.

투명도와 수색은 각각 0.6~2.7m, 5~7.9로, 항상 내만쪽이 만구역보다 모두 컸으며, 이들의 분포 형태가 거의 유사했다. 이는 내만역의 해수가 만구역보다 연직 및 수평 혼합이 억제되고 있음을 시사하는 것 같다.

Fig. 10은 11월중 만의 남북 단면에 대한 밀물과 썰물때 제량의 연직 분포이다.

제량의 분포는 대기 냉각의 영향때문에 그 구조가 연직 방향으로 나타났다고 생각되는데 썰물때

의 수온 구조는 내만쪽의 표면에서 부터 냉각되고 있는 모습이 잘 나타나 있다.

또한 St. 22 부근에서는 썰물때나 밀물때나 수온과 염분의 수평 경도가 2월만큼은 크지 않지만 다소 커지는 경향을 보여주고 있는데 이것은 St. 22 부근을 경계로 북쪽의 내만수와 남쪽 만구로 부터 유입하는 외해수가 마주치고 있음을 암시하고 있다.

일반적으로 용량이 적은 내만은 대기, 외해, 담수의 계절적 변동 영향을 받는 것이 크고 해양 구조와 순환 구조가 계절별로 현저하게 다르다. 東京灣이나 伊勢灣에서는 동계에 나타나는 해양 요소의 변화역이 만구 부근의 수심 급변부이지만(國司·宇野木, 1977, 宇野木, 1974), 가막만에서는 만구 부근보다 오목한 지형에서 보여진다.

이상에서 살펴본 바와 같이 가막만의 연교차는 수온이 22.2℃, 염분이 2.4‰로 만구역보다 내만쪽에서 컸다. 그리고 해수 특성과 분포 상태는 해면의 가열과 냉각, 육수 유입 정도, 조류 상태에 따라 크게 달라졌다. 즉 봄과 여름에 조류의 유속이 작은 내만역에서는 해면 가열과 육수의 유입으로 가벼워진 표층수와 저층수간에 연직 혼합이 억제되어 약층이 강하게 형성되므로 표층과 저층(약 5m이심)의 제량의 분포 상태가 달랐다. 반면에 가을과 겨울은 해면의 냉각으로 연직 혼합이 활발하여 약층이 소멸되므로 표·저층간의 제량의 양상이 유사해졌고 오목한 지형의 외측을 경계로 하여 내만역과 그 바깥쪽을 구분하는 약한 전선이 형성되었다.

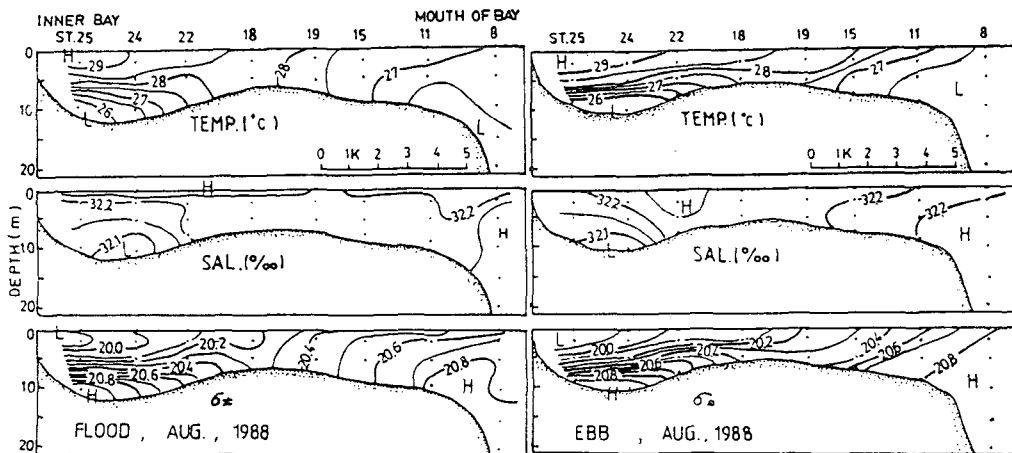


Fig. 8. Vertical distributions of water temperature, salinity and sigma-t at the ebb and flood in Kamak Bay in August, 1988.



Fig. 9. Horizontal distributions of water temperature, salinity, sigma-t, transparency and water color at the ebb and flood in Kamak Bay in November, 1988.

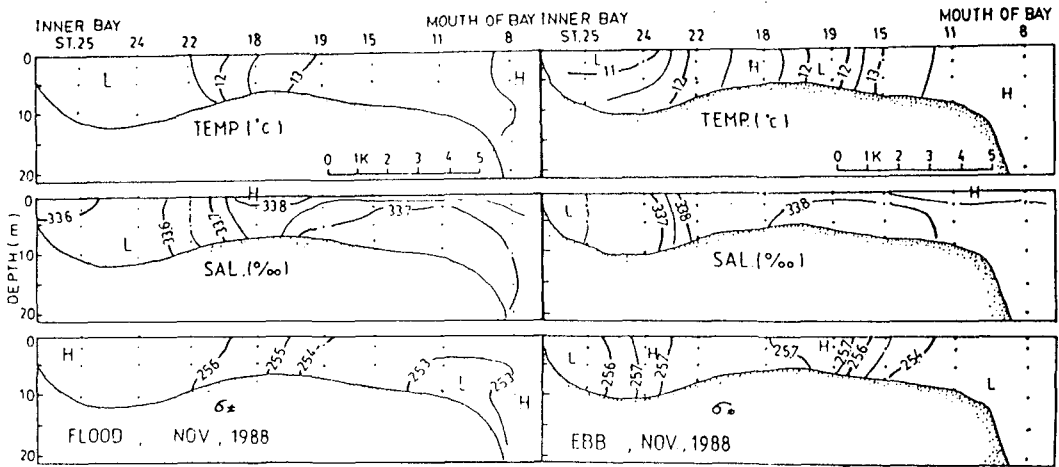


Fig. 10. Vertical distributions of water temperature, salinity and sigma-t at the ebb and flood in Kamak Bay in November, 1988.

2. 수괴특성

수심이 얇고 복잡한 지형을 갖는 가막만은 육지에 둘러싸여 있어 대기와 내륙의 영향을 강하게 받으며, 북동쪽의 여수항과 남쪽의 만구를 통하여 해수 출입이 이루어진다는 여건때문에 작은 만내이라 할지라도 성질이 다른 몇개의 수괴가 출현할 가능성이 있다.

Fig. 11은 가막만내의 29개 정점에서 얻은 자료를 이용하여 만든 계절별 썰물때와 밀물때의 T-S diagram이다. 가막만의 수괴는 기본적으로 내만수(×표시), 만외수(□표시), 여수항수(○표시)로 구분될 수 있다. 그림중 △표는 수괴간의 혼합에 의해 만들어진 중간적 성질의 해수이다.

각 수괴의 성질은 내만수는 내륙의 영향을 크게 받는 정체성의 해수이고, 여수항수는 연등천과 섬진강 하구수에 크게 영향을 받는 해수이며, 만외수는 외해수의 영향을 받는 해수이다. 이들 수괴의 수온과 염분의 연중 분포 범위를 보면 내만수는 7.2~29.4°C, 32.1~33.7‰과 σ_t 19.9~26.3로 특히 수온의 연변화 폭이 크고 최저 및 최고 수온이 나타난다. 여수항수는 7.7~28.8°C, 31.7~33.6‰, σ_t 19.7~26.2로 염분의 연변화 폭이 크고 최저 염분이 나타나는 가벼운 물이며, 만외수는 9.4~28.0°C, 32.2~34.1‰, σ_t 20.4~26.2로 수온의 연변화 폭이 작으며 최고 염분이 나타나는 비교적 무거운 물의 수괴이다. 국립수산진흥원·전라남도(1982)에 의하면 가막만은 용량이 약 2배이상 더 큰 부근의 여자만이나 득량만보다 수온과 염분의 분포폭이

연간 약 2°C, 2‰ 더 크다. 이는 가막만은 용량이 적어 기온과 육수의 영향도 크겠지만 섬진강수나 외해수 영향을 받기 쉬운 입지 조건을 갖고 있는 것도 중요한 요인이 되는 것 같다.

Fig. 12는 Fig. 11에서 제시한 세수괴(내만수, 여수항수, 만외수)의 분포 pattern에 대한 계절별 변화를 물때 별로 나타낸 것이다.

수괴의 분포 pattern은 밀물때와 썰물때가 다르고, 계절별로도 약간의 변화가 있다. 물때 별로 pattern이 다른 것은 상이한 해수 유동(이·장, 1982) 때문으로서 이는 해수 유동 과정을 잘 반영하는 것 같다. 계절별 pattern은 대략 5월과 8월이 거의 같고, 2월과 11월이 유사하다. 이들의 차이는 내만수가 하계에는 동계와 달리 태양 복사열에 의한 표면수온의 상승과 증가하는 담수 유입의 영향으로 성층이 발달해 주로 표층에서만 해수 유동이 일어나기 때문이라고 생각된다(Fig. 13).

각 수괴의 위치는 내만수(Fig. 12의 I부분, 이하 로마숫자는 동일함)가 만의 북서쪽인 오목한 해저 지형에, 만외수(III)가 외해수 유입이 큰 남쪽 만구역에 있다. 만의 북동쪽에 위치하고 있는 여수항수(II)가 밀물때 돌산도쪽으로 치우쳐 나타나는 것은 대경도가 해수가 유입하는 입구에 있어 해수의 유동 방향을 제어하는 導流提 역할을 하기 때문이다.

이들의 분포 형태는 이곳의 지형과 지세, 해수 유동 pattern, 그리고 만내 해수 유동량(약 80%가 남쪽 만구로 유입하며, 20% 정도가 여수항 협수도

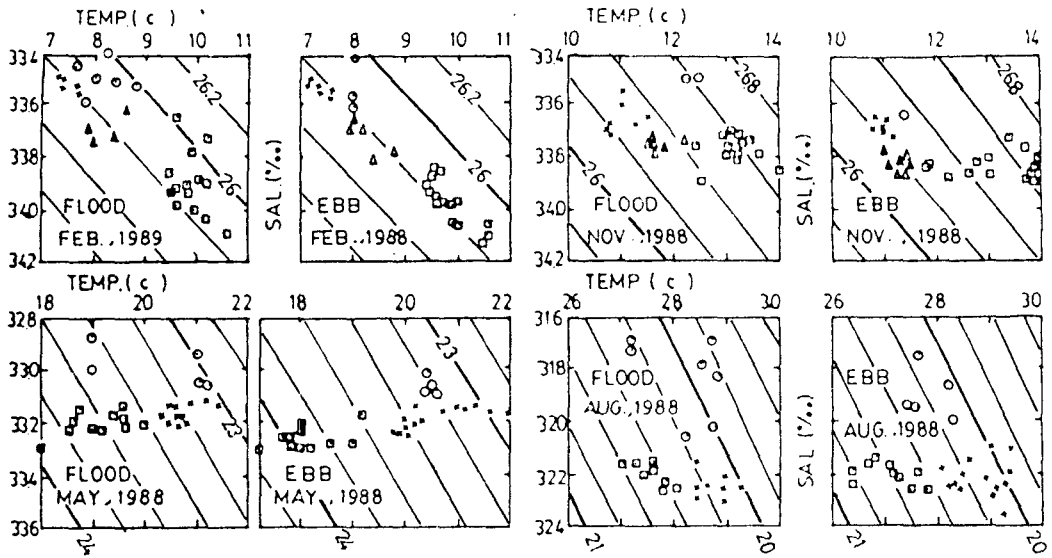


Fig. 11. T-S diagrams plotted based on the data of 29 oceanographic stations of Fig. 1 observed in the ebb and flood by each season.

Signals \times , \square , \circ and \triangle denote the inner bay water, the outer bay water, Yosu harbor water and Mid-characteristic water.

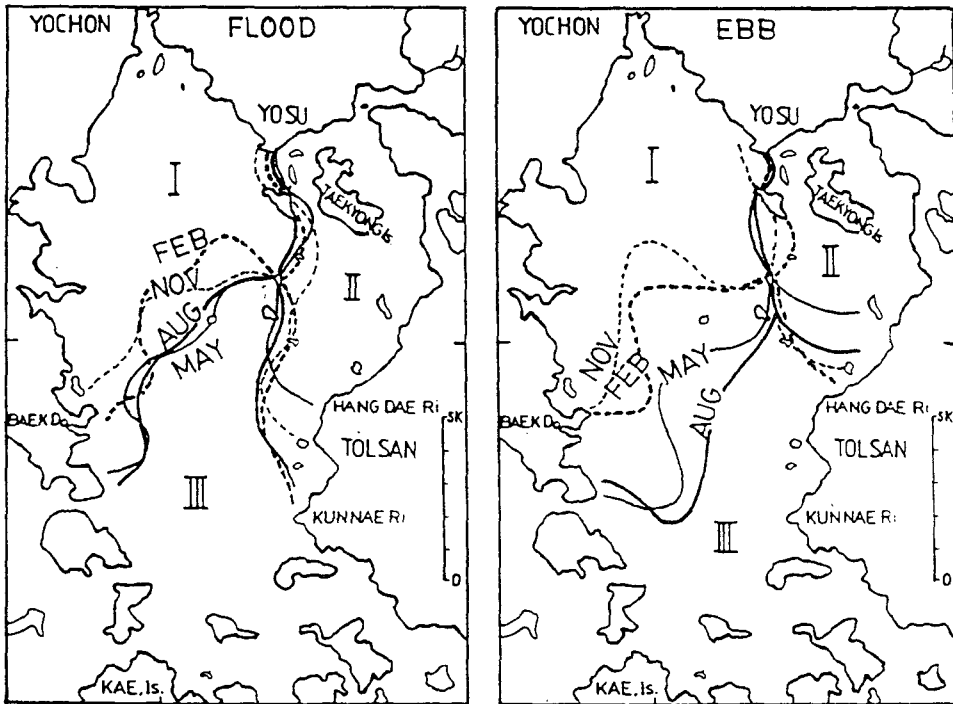


Fig. 12. Seasonal variations of the water mass distributions in Kamak Bay
 I : inner bay water, II : Yosu harbor water, III : Outer bay water

를 통과함, 이·장(1982)등에 의해 결정되는 것 같다.

한편 Fig. 13은 내만수의 거동을 추정한 모식도인데 이와같은 모습의 해양 구조가 2월과 8월의 남북 단면 분포(Fig. 4, Fig. 8)에서 잘 나타나 있다.

高橋(1927)는 유사한 지형을 갖는 Kagoshima만의 오목한 해저 지형역이 동계에 해면 냉각으로 대류가 일어나 상하층이 균질한 수괴를 형성하지만 하계에는 해면 가열과 담수 가입량의 증가로 성층이 형성된다고 하였고, 茶円(1983)는 동계를 제외한 전계절에 약간의 차이가 있으나 오목한 지형역이 정체역으로 나타나고 있음을 지적하였다.

또한 Keiths(1979)는 이러한 지형역에서 sill보다

깊은 곳은 특히 강우량이 증발량보다 상대적으로 큰 경우에 연직 혼합이 없어지게 되므로 정체되어 빈산소역이 된다고 하였다.

가막만은 강우량이 증발량보다 크게 나타나는 시기가 4월부터 9월까지이며(중양기상대, 1988 : 30년통계), 이 시기의 성층 현상이 sill의 깊이에서 형성되고 있으므로(Fig. 6, Fig. 8) 이곳의 오목한 지형에는 정체성이 강한 저층수가 형성된다고 사료된다.

그러나 성층기에도 수심이 얇기 때문에 기상 조건에 의하여 때때로 표·저층간에 심한 혼합이 있게 되면(西條·宇野木, 1977) 수괴간에 해수 교환이 일어날 것으로 생각된다.

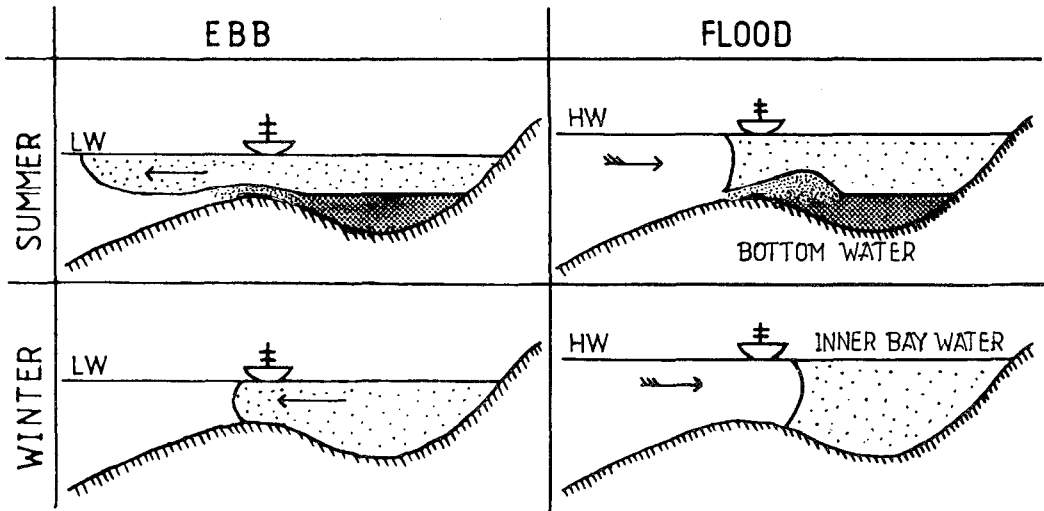


Fig. 13. Schematics of the water movement and the formation of the bottom water at the inner bay.

3. 단기적 해양 변동

가막만의 해양특성은 해수 유동 양상과 그 변동에 따라 단기적인 변동을 하고 있다. 이와같은 단기변동은 이 해역에 서식하는 생물의 생활 및 분포에 큰 영향을 줄 수 있다.

Fig. 14는 하루중의 밀물과 썰물때의 해양 변동 상황을 파악하기 위해 8월 13일에 조사한 썰물때의 수온, 염분 및 밀도(σ_t)값에서 밀물때 조사한 이들의 값을 빼서 구한 差(difference)의 분포이다. 그림에서 점선은(-)값을, 실선(+)값을 나타냈으며, 각 값이 1 $^{\circ}$ C, 0.1‰, σ_t 0.3이상 큰 구역은 어둡게 표시하였다.

8월을 선택한 것은 이때가 기온에 의한 수온 상승과 담수 유입이 많아 단기적인 해양 변화가 큰 시기이기 때문이다.

단기적인 해양 변화 경향은 내만수와 만외수역에서는 조시에 따른 이들 수괴의 특성에 변화가 거의 없지만 여수항수가 분포하고 있는 만의 북동쪽역에는 조시에 따른 단기적 해양 변화가 컸고 특히 돌산도의 항대리 부근역에서는 그 변화가 가장 크게 나타났다. 항대리 부근은 평균 수심이 5m 정도인 천해성 내만역이어서 기온과 담수의 영향을 강하게 받을 뿐 만 아니라 여수항수와 만외수가 서로 마주치는 경계역 부근이므로 조시에 따라 서로 해수가 출현하기 때문에 그 차가 컸다고 해석된다. 즉 밀물때는 이 지역에 북동쪽 만구의 여수항수가 유입하고 썰물때는 남쪽 만구로부터 유입했던 만외수가 출현하므로 이 해역은 조시에 따른 해수 성질이 크게 달라 그 차가 수온 1.5 $^{\circ}$ C, 염분 0.15‰, σ_t 가 0.6에 달했다. 그러나 다량의 하천수가

직접 유입하고 수온의 일교차가 7℃나 되는 有明海의 간출지(井上, 1980)보다 그 변화가 작다.

한편 염분차의 분포 pattern중 특수한 것은, 여수항쪽으로 갈수록 그 차가 0.2‰ 이상으로 커졌는데 이것은 밀물때 그 곳으로 연등천 및 섬진강 하구의 저염수가 간접적으로 유입하기 때문에 생기는 현상이라 사료된다. 그러므로 그림중 0.1‰ 이상의 어둡게 표시한 구역은 밀물때 여수항으로 유입하는 해수의 분포 범위를 잘 반영한다고 해석할 수 있다. 이 구역은 앞에서 살펴본 밀물때의 여수항수(II) 분포역과 아주 유사하다.

이상에서 특이한 해저 지형과 두개의 만구를 갖고 있는 가막만의 수온과 염분 분포를 알아보고 그

분포와 수괴 특성이 지형적 여건과 해수 유동 구조에 의해 크게 지배됨을 알 수 있었다.

그리고 계절별로 해황의 특성 변화가 태양 복사열의 증감에 의한 해면의 가열 및 냉각과 담수 유입의 정도에 따라 나타난다는 것을 알았다. 또한 수괴 분포 양상이 조시에 따라 약간 다르다는 것과 단기적 해황 변화는 항대리 부근에서 크다는 것을 명확히 했다. 그러나 이들 변화가 대조기에 작고 소조기에 큰 경향이 있을 뿐 만 아니라(小野·曾根, 1979, Mazda, 1983), 용량이 적은 만에서는 바람등 외력의 영향도 크게 나타나므로(宇野木, 1978) 차후 이에 대한 해황 변화가 별도로 연구 검토되어야 할 과제라고 사료된다.

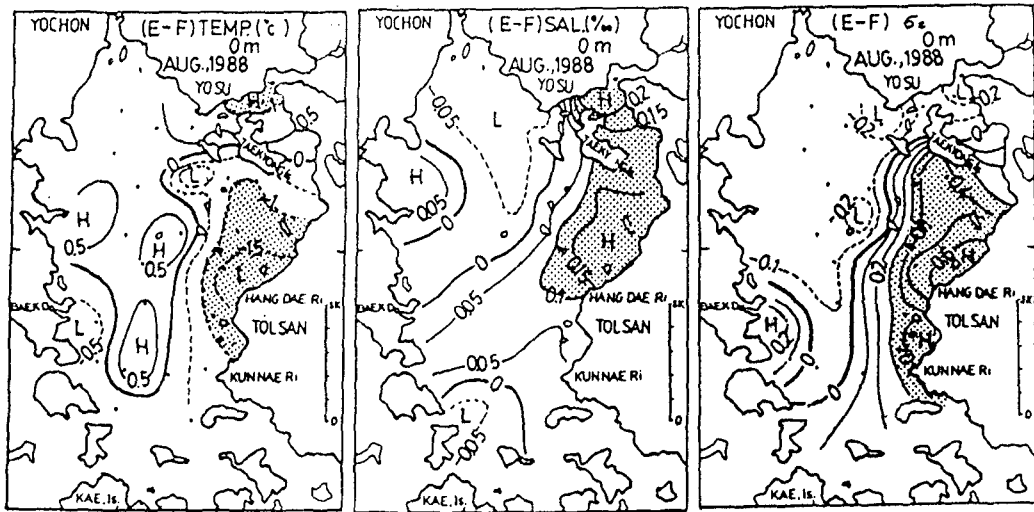


Fig. 14. Distributions of different values of water temperature, salinity and sigma-t at the ebb and flood in Makmak Bay in August, 1988.

Shadowy area denotes the biggest changes of oceanic conditions during a day.

요 약

내만역의 해양 구조를 규명하고 어장 관리를 위한 기초 자료를 얻기 위하여, 가막만에서 계절별로 1988년 5월부터 1989년 12월까지 밀물과 썰물때의 수온, 염분, 투명도 및 수색을 관측하였다. 그리고 이들의 분포와 수괴 특성을 검토한 결과 그 양상이 일반적으로 지형적 요인과 해수 유동 구조에 의해서 크게 좌우됨을 알았다.

연중 수온 분포값은 7.2(2월)~29.4℃(8월)이고 염분 분포값은 31.7(8월)~34.1‰(2월)로 연교차는 각각 22.2℃, 2.4%이었다.

수온과 염분의 분포 pattern은 내만측 해수의 북서쪽 편층 분포와, 남쪽 만구측 해수의 중앙부측 진입 분포 형태 그리고 북동부의 여수항측 해수의 현저한 저염수 분포가 두드러진다.

계절별 해수의 특성과 분포 구조는 주로 해면의 가열 및 냉각, 담수의 유입 정도에 따라 크게 달랐다. 즉, 하계에 조류가 약한 내만역에서는 태양 복사열의 증가와 육수의 유입으로 해면이 고온, 저염화되면서 약층이 강하게 형성되었으며, 표층(5m 수심까지)과 저층의 분포가 달랐다. 반면에 동계에는 해면이 냉각되어 약층이 소멸되면서 표·저층의 분포가 같아지지만 내만역과 그 바깥쪽을 구분

하는 약한 전선이 형성되었다.

가막만의 수괴는 내륙 가까이 오목한 해저 지형에 위치한 북서부의 정체성 내만수와 연등천과 섬진강 하구역의 영향을 강하게 받는 여수항수 그리고 남쪽 만구에 근접하여서 외해수의 특성을 보이는 만외수로 구분되었다.

수온·염분의 분포 및 수괴의 분포 특징은 밀물때와 썰물때가 조금 달랐으며, 이 때문에 항대리 부근은 하루중 해황 변동 폭이 주변보다 커서 하계에 썰물과 밀물간의 수온, 염분 및 밀도의 차가 1.5℃, 0.15‰, σ_t 0.6에 달해 가막만 내에서 단기적 해황 변화가 가장 큰 지역이었다.

문 헌

- 井上尚文. 1980. 有明海の物理環境. 沿岸海洋研究 노트 17(2), 151~165.
- 중앙기상대. 1982. 한국 기후표 제1권. 5~10.
- 중앙기상대. 1988. 기상 연보.
- 高橋淳雄. 1977. 塵兒島灣の水利. 沿岸海洋研究 노트 14(1-2), 19~24.
- 茶円正明. 1983. 塵兒島灣の海水循環と水塊の季節變化. 沿岸海洋研究 노트 21(1), 11~18.
- Kang, H. J. and S. K. Chough. 1982. Kamak Bay. Southern coast of Korea sedimentation on a tide dominated rocky embayment, *Marine geolo.*, 48, 197~214.
- Keiths. Stowe. 1979. *Ocean Science*. John Wiley & Sons, U. S. A., 327~330.
- Kim Kuh. 1983. Water characteristics and circulation in the Kamak Bay, *Pro. of college of National Sciences, Seoul National Univ.* 8(1), 109~120.
- 국립수산진흥원. 1978. 연안 어장 및 임해 공업 단지 주변 해역의 해수 유동. 89~92.
- 국립수산진흥원 전라남도. 1982. 전남 동부 연안 양식 어장 기초 환경 및 저서 패류에 관한 조사. 7~39.
- 國司秀明”宇野木 早苗. 1977. 海洋環境の科學, 東京大出版會, 49~69.
- 이규형·장선덕. 1982. 가막만의 해수 교환. 한국 해양학회지 17(1), 12~18.
- 이규형. 1983. 가막만의 자정 능력, 여수수대 연구보고 4, 19~25.
- 이규형·최규정. 1985. 6월중 가막만의 수온, 염분 및 투명도 분포. 한국 수산학회지, 18(2), 157~165.
- 宮地邦明·永田豊. 1979. 有明海表面水溫の季節變化について. 沿岸海洋研究 노트 17(1), 61~67.
- 西條八速·宇野木 早苗. 1977. 伊勢灣・三河灣の海況特徴と生産力. 沿岸海洋研究 노트 14(1-2), 10~18.
- 西條八速. 1984. 内灣の環境科學, 上卷, 培風館, 63~67.
- 小野伸育·曾根元徳. 1979. 有明海福岡縣地先における水溫の張期變動について. 沿岸環境變動豫察方法についての研究報告書.
- Shim, J. H. 1980. *Biological Oceanography of Kamak Bay, The Yoja Bay Water System(I)*. *J. Ocean. Soc. Korea*, 15(2), 89~99.
- 수로국. 1978. 수로기술연보. 1977년도 여수항 일대 조류 관측 결과, 91~122.
- 宇野木 早苗. 1974. 内灣の海水交流と鉛直混合に關する一考察. 沿岸海洋研究 노트. 11(2), 85~95.
- 宇野木 早苗. 1978. 伊勢灣・三河灣の物理環境. 沿岸海洋研究 노트 15(2), 143~154.
- Yoshihiro Mazda. 1983. Water exchange in Kabira Cove, Ishigaki island—A Tidal Trapping process in a vertical two dimensional Field—. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* Vol. 39, 63~73.

1990년 11월 30일 접수

1990년 2월 15일 수리