수영만 해황의 계절적 변동 특성

김동선 · 조규대* · 이병걸*
여수수산대학, *부산수산대학교
(1991년 6월 1일 접수)

Seasonal Variation of Oceanic Conditions in Suyoung Bay

Dong-Sun Kim, Kyu-Dae Cho* and Byung-Gul Lee*
Yosu National Fisheries College, *National Fisheries University of Pusan
(Received June 1, 1991)

In order to study the seasonal variation in the physical properites in Suyoung Bay, we investigated the distributions of temperature, salinity, transparency and water color from May 1989 to April 1990. We also observed the tidal currents from February 27 to March 6 1990.

There are conspicuous seasonal variation in water temperature and salinity. Water masses are characterized by two water types, i.e., one is influenced principally by river runoff and the other by the Tsushima Current.

Transparency and water color increased gradually from the head of the bay to the mouth of the bay in all seasons. In winter, the transparency of water becomes minimum due to the enhanced vertical mixing.

서 론

수영만은 외해수와 접하는 고두말과 성두말을 연결하는 해역으로 넓이는 약 20km^2이다. 수영만의 해저지형은 경사가 완만한 만의 중앙역과 이에 비해 경사가 비교적 가파른 동백섬 남단과 서쪽 이기대 지역으로 구분된다(Fig. 1).

상기 해역의 북쪽에 위치한 울산 부근에는 수년 주기로 표층에 냉수가 나타난다는 보고가 있으며(Lim and Chang, 1969; Lee, 1978; 김 · 김, 1983), 이 냉수괴의 연별 변동은 대한 해협을 거쳐 동해로 유입 북상하는 쓰시마 난류 변동과 이 해역의 탁월한 남서풍의 세기에 의해 좌우된다고 한다(공 과 박, 1969; An, 1974; 승, 1974; Lee and Na, 1985).

한편, 남쪽으로는 낙동강 유출수에 의해 저온 · 저염의 수괴가 띠모양으로 쓰시마 난류수가 흘러가는 북동쪽으로 확산한다(이등, 1984). 따라서 수영만은 수영강에서 유입되는 담수 및 이와같은 주변의 수괴와 인접하여 있으므로 그 해황은 매우 복잡한 양상을 띄고 있는 지역이다.

지금까지 수영만에 대한 화학적인 연구로는 원등(1979), 원 · 이(1979)의 수영강의 수질 오염과 그것이 광안리 해수욕장 및 인근 해역에 미치는 영향에 관한 연구가 있고, 물리적인 것은 Kim and Han (1982)의 수영만에서의 확산 실험과 강(1986), Kim (1988), 김(1989)와 김 · 조(1990)의 수영만에서의 해양, 기상 및 안개발생에 관한 연구가 있다. 그러나 오염 물질의 분포와 거동에 관한 물리해양적인 연구는 아직 미흡한 실정이며, 이와 유사한 연구가 있다 하더라도 단기적인 조사가 대부분이다. 또한 지금까지의 조사해역은 만내에 국한되어 있었으며, 만 안쪽과 만 바깥쪽간의 해양학적인 관련성을 알기위한 시도는 없었다. 따라서 수영만의 해황 상태에 관한 관측을 수반한 장기적 연구가 필요한 실정이다.

본 연구의 목적은 수영만과 인근 주변 해역의 물리해양학적인 특성을 규명하기 위하여, 1989년 5월부터 1990년 4월까지 고두말과 성두말을 연결하는 해역에 총 29개의 정점에서 계절별로 수온·염분·투명도 및 수색 분포를 조사하여 물리해양학적 특성을 살펴보고, 수영만내에 영향을 주는 외해수의 기원을 밝히는 것이다.

자료 및 방법

본 연구에서는 부산 수산대학교 실습선 올림픽 23호를 이용하여 1989년 5월부터 1990년 4월까지 1년 동안 29개의 정점에서 대월 대조기에 관측한 수온·염분, 투명도 및 수색을 측정하였다. 그리고 1990년 2월27일부터 3월6일까지 8일간 동백섬 남단 정점 G에 내장기록식 유속계(Inter Ocean사 M-135)를 계류시켜 대조기와 소조기의 유속및 유향을 측정하였다 (Fig. 1).

수온은 디지탈 기억방식 수심 수온계(DBT-V model, 정확도 : ±0.05℃)로 각층별로 측정하였으며, 염분은 현장에서 Nansen채수기로 표층, 중층 및 저층수를 채수한뒤 실험실에서 유도형 염분계(E-2 model, 정확도 : ±0.01%)로 측정 하였으며, 투명도는 Secchi disk로, 수색은 Forrel 표준 수색계로 측정하였다. 유속과 유향은 대조기와 소조기 별로 측정한 것을 동서 및 남북 성분으로 분해하고 또한 그 자료를 조화 분해한 후 조류 타원도를 작성하여 해수의 유동 상태을 알아 보았다.

본 연구의 조사 해역은 임의로 동백섬 남단과 동생말을 잇는 안쪽을 내만, 고두말과 성두말을 잇는 경계에서 안쪽을 중앙부, 바깥쪽을 외만으로 정하였다. 그리고 만입구와 외만의 수온과 염분의 연직 구조를 살펴 보기 위하여 내만과 외만을 연결하는 K-line(정점 B2, C3, D4, E5, F6)을 선정하였는데, 이들 관측점은 Fig. 1에 표시 하였다.

만내와 만외의 수괴의 계절적 변동은 T-S diagram과 강 하구(B2)와 외만(F6)에서의 T-S-t diagram로서 분석하였다. 또한 수영만에 영향을 주는 외해수의 기원을 밝히고저 한국해양편람 제3판(국립수산진흥원, 1979)의 15년치(1961-1975년)의 누년 평균 자료를 이용하여 수영만과 가장 가까운 지역인 207-01, 04 정점의 수온과 염분값을 T-S diagram 상에 나타내었다.

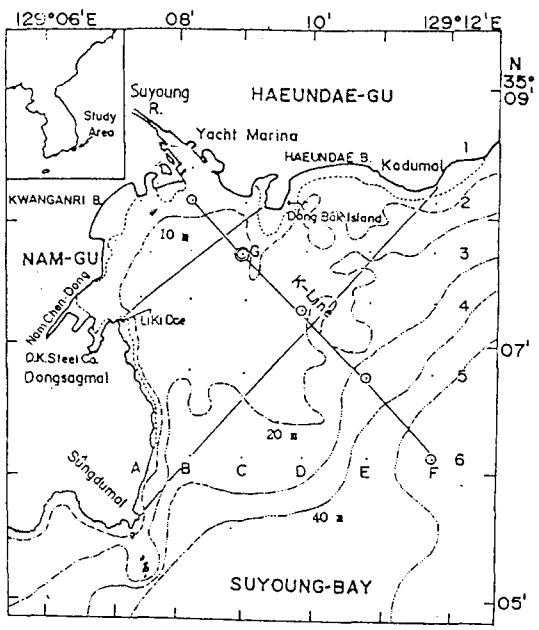

Fig. 1. Location map of selected 29 stations in Suyoung Bay.

결 과

1. 수온, 염분의 분포

1) 춘계(1989년 5월)

춘계(5월)의 표·저층의 수온, 염분 및 thermosteric anomaly($\Delta_{s,t}$)의 수평 분포도를 Fig. 2에 표시하였다. 여기서 표층 수온 분포를 보면 14℃의 등온선이 내만과 외만에 나타나고 그 중간역에는 13.5℃이하의 저온수가 나타났다. 저층 수온은 수영강 부근(수심 20m)에 13℃ 이상, 그리고 외해쪽인 정점 F6에서는 12℃ 이하로 나타났다. 표층 염분 분포를 보면 내만에서는 33.0‰ 등염선이 동생말과 동백섬 동단에 나타났다. 저층에서는 수심 약 13m 이천 지역인 강 하구에서만 33.0‰ 이하이고, 정점 B3부터 수심 20m 이심인 외해까지 34.0‰이상으로 나타났다.

표층의 thermosteric anomaly는 내만과 외만이 550cl/t이상이고, 그 중간부는 540cl/t으로 그 차이는 10cl/t정도로 작은 값이었다. 저층의 thermosteric anomaly는 강 하구쪽이 540cl/t이상이고 수심이

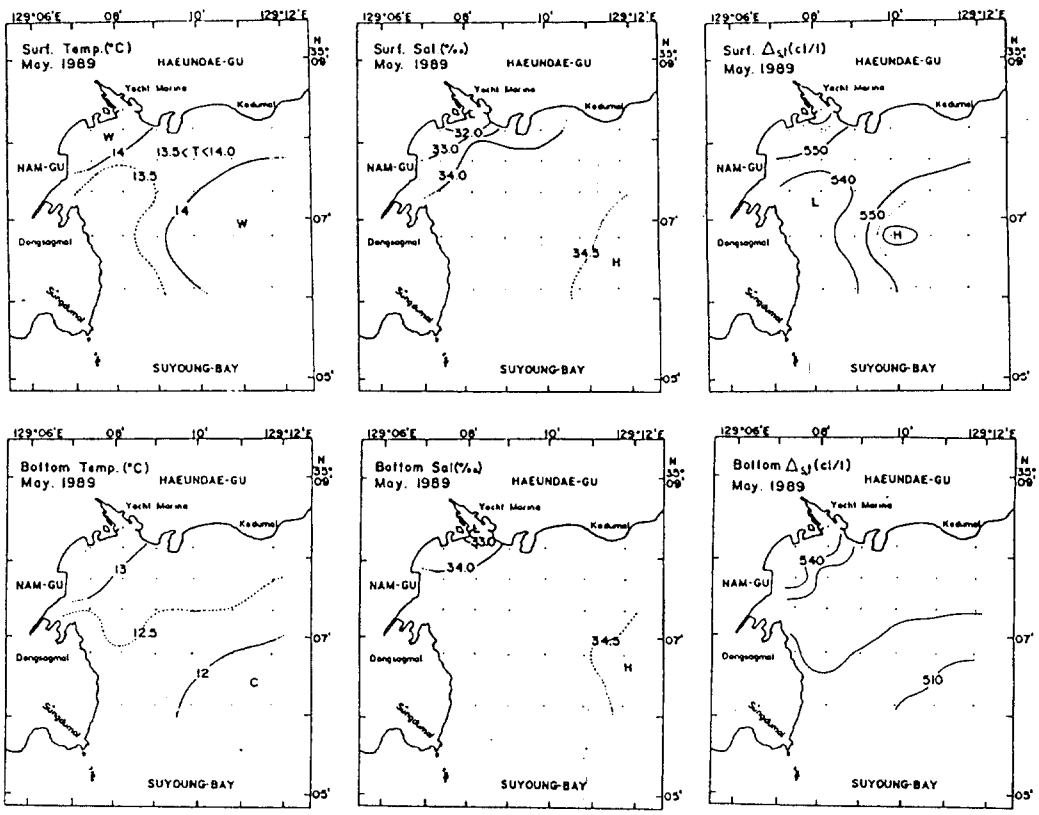

Fig. 2. Horizontal distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) at surface and bottom in May, 1989.

깊어지는 외해로 갈 수록 점점 낮아져서 수심이 깊은 정점 F6에서는 510cl/t이하로 낮아지는 경향을 보이고 있다.

Fig. 3은 K-line의 수온, 염분 및 thermosteric anomaly의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 대체로 수온 분포 범위는 12~14℃이고 외만의 정점 F6의 저층에서는 12℃이하의 차가운물이 존재하고 있다. 염분은 강 하구쪽인 정점 B2에서는 32.0‰ 이하, 중앙부 정점D4에서 외만으로 갈 수록 34.0‰ 이상의 값을 보이고 있다. thermosteric anomaly의 분포를 보면 내만·중앙부 정점 B2, C3와 외만쪽은 550cl/t 였으나 대체로 표층과 저층의 thermosteric anomaly의 분포는 510~550cl/t으로 그차이는 약 40cl/t으로 나타났다.

2) 하계(1989년 8월)

Fig. 4는 하계(8월)의 표층과 저층의 수온·염분 및 thermosteric anomaly의 수평 분포도이다. 먼저 표·저층의 수온 분포를 보면, 표층은 대체적으로 강 하구 정점 B2와 외만 정점 F6는 26℃에서 22℃ 정도로 약 4℃이상의 온도 차이를 보이고 있다. 저층의 수온 분포를 보면 강 하구 정점 B2보다 안쪽인 수심이 13m 이천의 곳은 수온이 20℃ 이상이지만, 그 바깥쪽은 수심이 깊어짐과 동시에 수온이 차츰 낮아져서, 가장 바깥쪽인 정점 F6에서는 11℃ 이하로 나타났다. 표층과 저층의 수온 차를 보면 강 하구에서는 약 6℃정도, 수심이 깊은 외만에서는 약 11℃의 차가운 물이 나타나서, 수영강 바로 앞쪽보다 외만쪽의 표·저층의 수온차가 2배 정도나 되었다.

염분의 분포를 보면 표층은 강 하구에서 24.0‰ 정도이고, 외만은 33.0‰이상으로 강 하구와 외만의 염분차는 10.0‰ 정도로 아주 크게 나타났다. 또한 저층 염분은 수심 13m인 강 하구에서 26.0‰, 수심

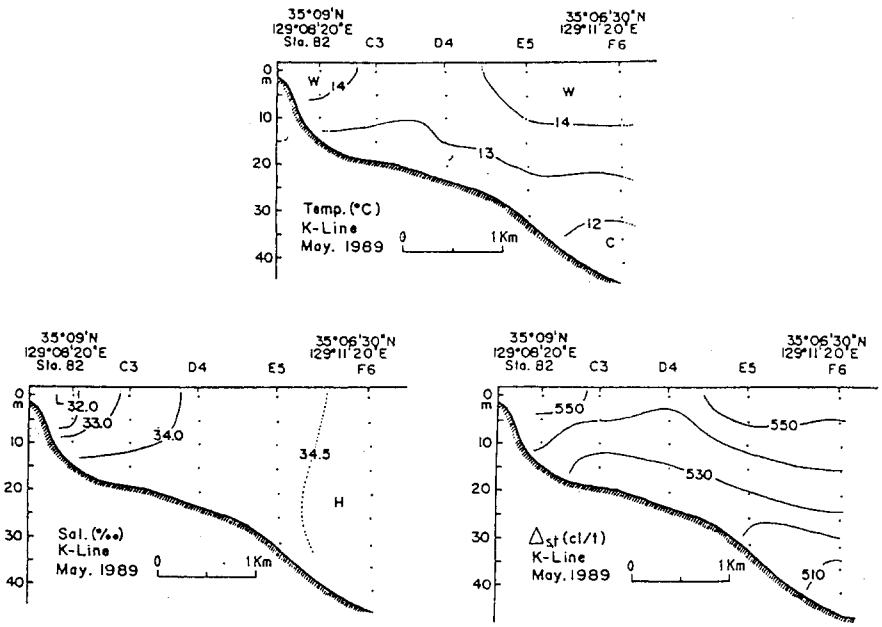

Fig. 3. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) along K-line in May, 1989.

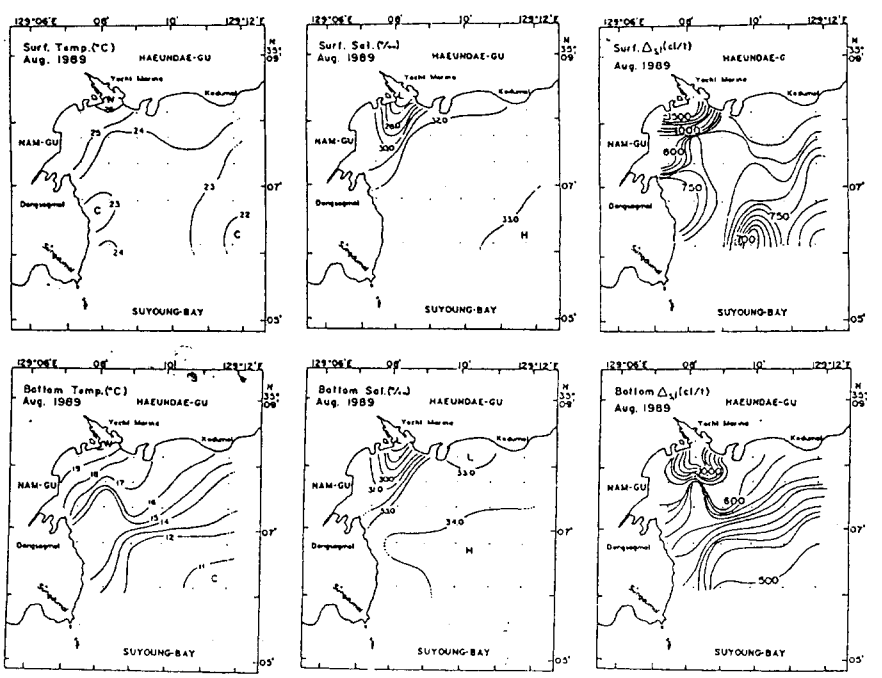

Fig. 4. Horizontal distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) at surface and bottom in August, 1989.

이 약 40m인 외만에서는 34.0‰ 이상의 분포를 보였다. 특히 하계에는 담수량 증가로 인해 강하구에서 광안리 앞바다에 걸쳐 표·저층에 저염분상이 뚜렷하였다.

Thermosteric anomaly의 표층 분포를 보면 강 하구에서는 1500cl/t 이상의 가벼운 물이 나타나, 외만의 750cl/t이하의 무거운 물과는 약 750cl/t의 큰 차이를 나타냈다. 저층의 분포를 보면 수심 13m인 강 하구는 약 1200cl/t이상의 값, 수심이 40m 이상인 정점 F6부근 지역은 500cl/t이하로 나타났다. 그리고 표층에서는 볼 수 없었던 600cl/t의 무거운 물이 수심 20m인 B3 이심 지역에 나타났다.

Fig. 5는 하계(8월) K-line의 수온, 염분 및 thermosteric anomaly의 연직 분포를 나타낸 것이다. 수온의 분포를 보면 내만에서는 24℃이상, 외만인 F6의 저층에 11℃ 이하로 내만과 외만의 수온차는 약 13℃ 이상으로 나타났다. 또한 염분 분포를 보면 강 하구의 현저한 저염 현상이 중앙부 정점 C3지점까지 나타났으며, 외만의 저층은 34.0‰ 이상으로 나타났다. thermosteric anomaly의 분포를 보면 중앙부 정점 C3의 800cl/t을 기점으로 해서 안쪽으로는 가벼운 물이 바깥쪽으로 무거운 물이 양분되는 뚜렷한 현상으로 나타났다.

3) 추계(1989년 11월)

Fig. 6은 추계(11월)의 수온, 염분 및 thermosteric anomaly의 수평 분포를 나타낸 그림이다. 먼저 수온의 분포를 보면, 표층에서는 강 하구에서 외만까지 전 조사 해역에서 18.3~18.7℃로 0.4℃ 정도의 수온 차이만 나타났다. 그러나 저층의 수온 분포를 보면 수심이 13m인 정점B2 이천 지역은 16℃ 이상이고, 수심이 약 40m인 정점 F6에서는 15℃ 이상으로 나타났다. 수심이 약 25m인 중앙부에 14.1~15.0℃ 범위의 물이 존재하고 있다.

염분의 분포를 보면 표층은 33.0‰ 등염선이 중앙부에 걸쳐있고, 저층의 분포를 보면 수심이 18m 인 강 하구의 바깥 이심지역은 33.0~33.5‰로 나타났으나, 수심이 약 40m인 정점 F6 지점과 수심이 약 20m인 해운대 동쪽 정점 E2에서는 33.5‰ 이상으로 나타났다.

Thermosteric anomaly의 표층 분포는 전체적으로 640~647cl/t이며 강 하구 부근 저층에는 600cl/t이상으로 표층과 저층의 차이는 40~50cl/t으로 나타났다.

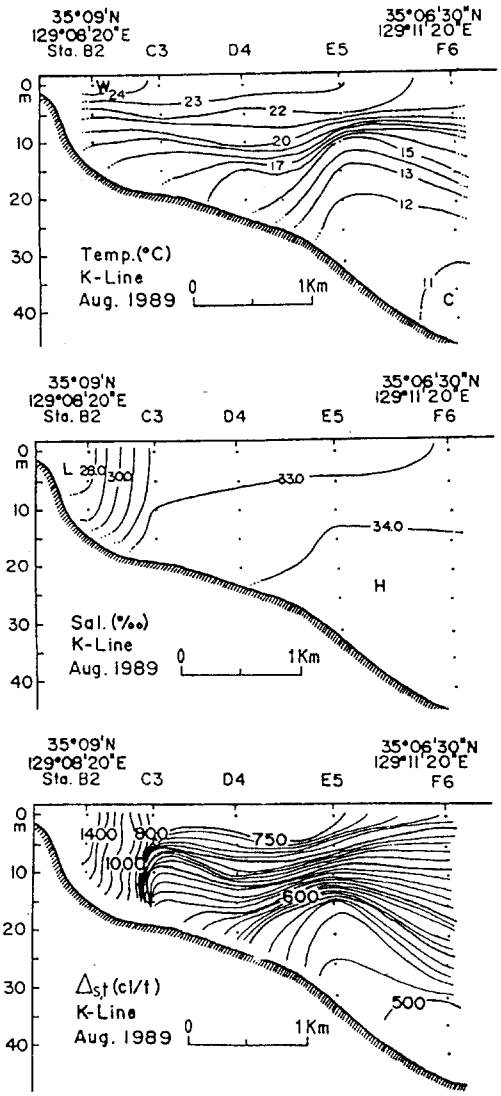

Fig. 5. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) along K-ling in August, 1989.

Fig. 7은 추계(11월) K-line의 수온과 염분 및 thermosteric anomaly의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 수온 분포를 보면 표층에서는 수심 5m까지는 18℃ 등온선이 걸쳐있고, 15℃ 이하의 차가운 물이 정점 D4와 E5의 저층에 나타났다. 염분 분포를 보면, 강 하구 정점 B2에서 32.0‰ 이하이고 외만의 수심 15m에서 33.5‰ 이상으로 그 차는 약 1.5‰이다. Thermosteric anomaly분포를 보면 수온의

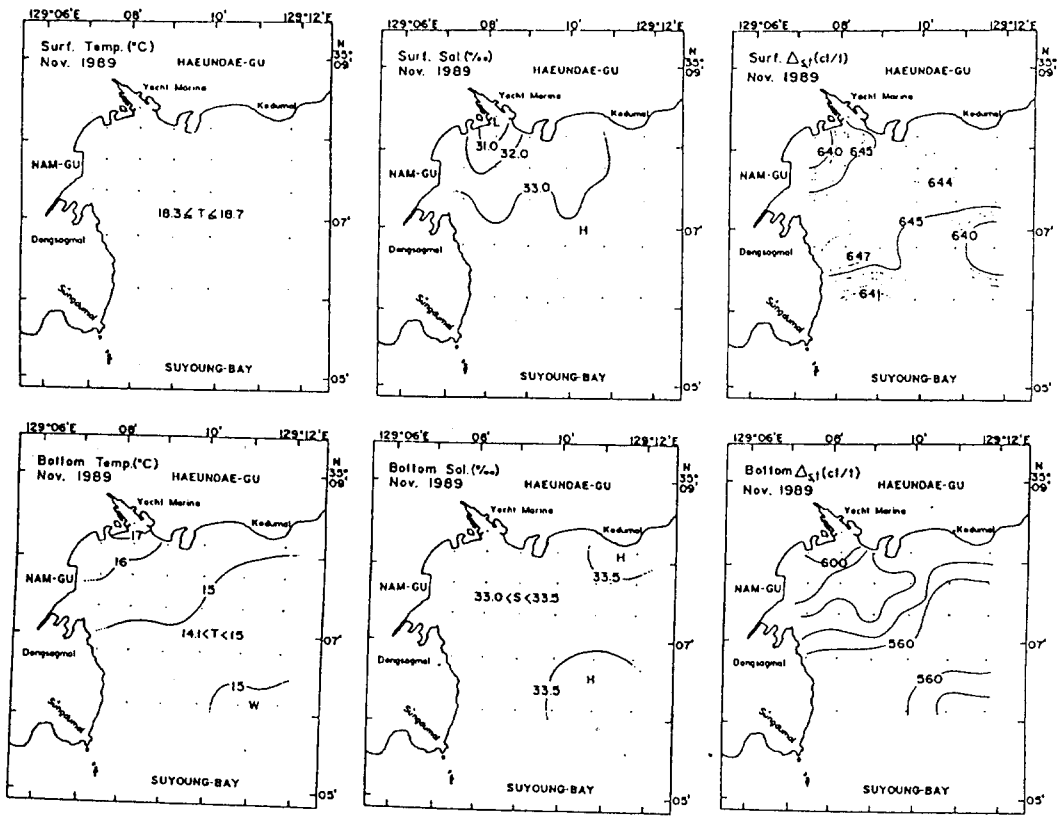

Fig. 6. Horizontal distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) at surface and bottom in November, 1989.

연직 분포와 비슷한 양상을 보이고 있는데 $600cl/t$선이 수심 $10m$상에 걸쳐 있다. 또한, 표층과 저층의 thermosteric anomaly차는 약 $90cl/t$으로 나타났다.

4) 동계(1990년 2월)

Fig. 8은 동계(2월)의 표층과 저층의 수온·염분 및 thermosteric anomaly의 수평 분포도이다. 수온의 분포를 보면, 광안리 앞바다에서는 12℃ 이상이며 내만과 중앙부에도 12℃ 등온선이 걸쳐있으며 13℃이상의 물이 외만에 나타났다.

염분 분포를 보면, 동백섬과 동생말에 34.0‰ 등염선이 걸쳐있으며, 저층에는 34.0‰ 이상의 물이 수심 $13m$인 강 하구 정점B에 까지 출현하였다.

Thermosteric anomaly의 분포를 보면, 내만의 표층에서는 $510cl/t$으로 나타났고 외만에서는 $530cl/t$으로 그 차는 약 $20cl/t$이다. 저층에서도 수심 약 $15m$ 인 정점 A2 부근에 $520cl/t$, 수심 $40m$인 정점 F6근처에서는 $535cl/t$으로 표층이나 저층에서의 thermosteric anomaly는 다른 계절과는 달리 내만쪽은 무거운 물, 외만에서는 가벼운 물이 존재하고 있다. Fig. 9는 동계(2월)의 K-line의 수온과 염분, thermosteric anomaly의 연직 단면도를 나타낸 것이다. 수온의 분포를 살펴보면 표층에서는 12℃이하의 물이 중앙부까지 나타났고 중앙부 정점D4의 수심 $5m$에서부터 13℃ 이상의 물이 외만에 걸쳐있다. 염분 분포를 보면 동백섬 남단 C3 지점까지 34.0‰의 물이 출현하였고 강 하구 B2와 외만과의 염분차는 약 1.0‰ 정도로 다른 계절에 비해 작게 나타났다. Thermosteric anomaly의 분포를 보면, 강 하구 정점 B2와 중앙부 정점 C3사이에 $500cl/t$이하의 무거운 물이 존재하고 외만으로 갈 수록 보다 가벼운 물이 존재한다.

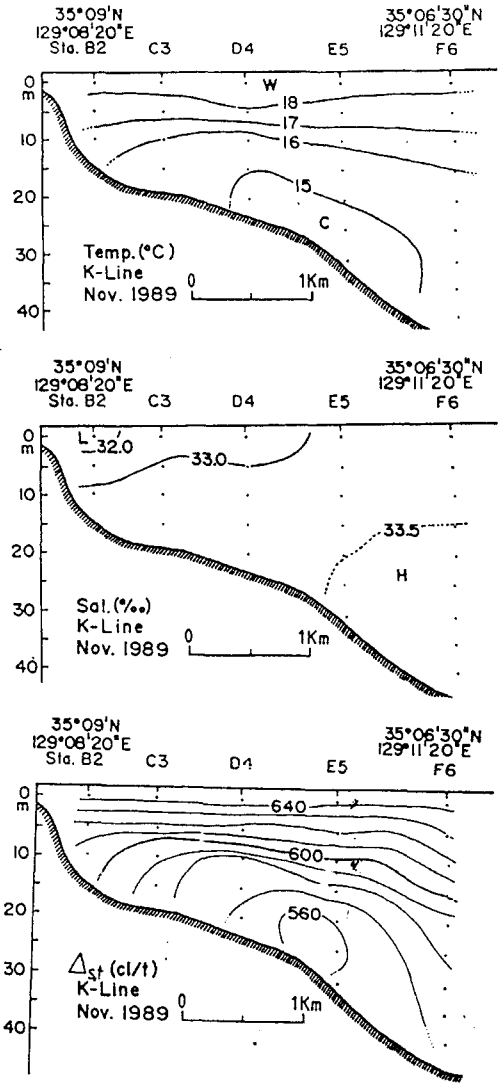

Fig. 7. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly (Δ_{st}) along K-line in November, 1989.

2. 투명도 및 수색 분포

Fig. 10은 조사 해역인 수영만의 투명도 분포를 나타낸 것이다. 춘계(5월)의 분포를 보면 강 하구에서 동백섬까지는 2*m*이며 외만에서는 5*m*이다. 하계(8월)에는 강 하구에서 2*m*이고 외만은 7*m*이다. 또한 추계(11월)는 강 하구에서 3*m*이고, 외만은 5*m*, 동계(2월)는 강 하구는 2*m*로 다른 계절에 비해 투명도가 가장 낮게 나타났다.

Fig. 11은 수색 분포를 나타낸 그림이다. 춘계(5월)는 강 하구에서 9, 외만에서 5로 나타났고, 하계(8월)의 수색 분포는 강 하구 9, 동생말에서 중앙부에 5이며, 추계(11월)는 강 하구 8, 외만에서 5인 등치선이 만 중앙부에 걸쳐있다. 동계(2월)의 분포를 보면 강 하구에서 외해까지 9로 수색 분포 역시 투명도와 마찬가지로 다른 계절에 비해 전반적으로 가장 높게 나타났다.

3. 해수 유동의 특성

Fig. 12는 1990년 2월 27일부터 3월 6일까지 동백섬 남단 정점G에서 대조기와 소조기의 유속 크기를 남북 성분과 동서 성분으로 분해한것이다. 대조기의 유속은 남북 성분이 동서 성분보다 우세하고, 동서 성분의 유속 크기를 살펴 보면 동쪽 성분의 유속이 서쪽 성분의 유속보다 크게 나타났다. 그리고 남북 성분의 유속차는 1.5*cm/s*이고 동서 성분의 유속차는 3.2*cm/s*였다.

소조기의 남북 성분과 동서 성분의 유속의 크기는 대조기에 비해 각각 평균 2.0*cm/s*, 2.1*cm/s* 정도 작고 대체로 대조기와 같이 남북 성분의 유속이 동서 성분에 비해 크며, 잔차류는 남북 성분이 1.55*cm/s*이고 동서 성분이 0.7*cm/s*이다.

Fig. 13은 Fig. 12의 유속 자료를 대조기와 소조기별로 조석 조화 분해하여 나타낸 조류 타원도이다. 여기서 실선은 일주조 성분을, 점선은 반일주조 성분이다. 대조기의 조류 타원도를 보면, 일주조 성분은 회전성이 강하고 최고 유속은 약 10*cm/s*이고, 반일주조 성분은 북동 방향과 남서 방향으로 최고 유속은 약 14*cm/s*의 왕복성 조류이다. 그리고 항류 성분은 4*cm/s*크기로 동남쪽을 향하고 있다. 소조기의 조류 타원도를 보면 일주조·반일주조일때 모두가 다 북동 방향과 남서 방향의 왕복성 조류를 보이고 있으며, 최대 유속은 각각 7*cm/s*, 3*cm/s*이다. 또한 항류 성분은 북동쪽을 향하고 있고 크기는 3*cm/s*로 나타났다.

4. 쓰시마난류수와의 관계

조사 해역에서 나타난 수온·염분의 분포가 주변의 어떤 수괴와 연관성이 있는지를 알아 보고자 한다. Fig. 14는 정점 F6의 값(1989년 5월부터 1990년 4월까지)을 표면과 저층별 월별로 나타낸 것이다. 국립수산진흥원의 정선 207의 정점 01의 수온과 염분의

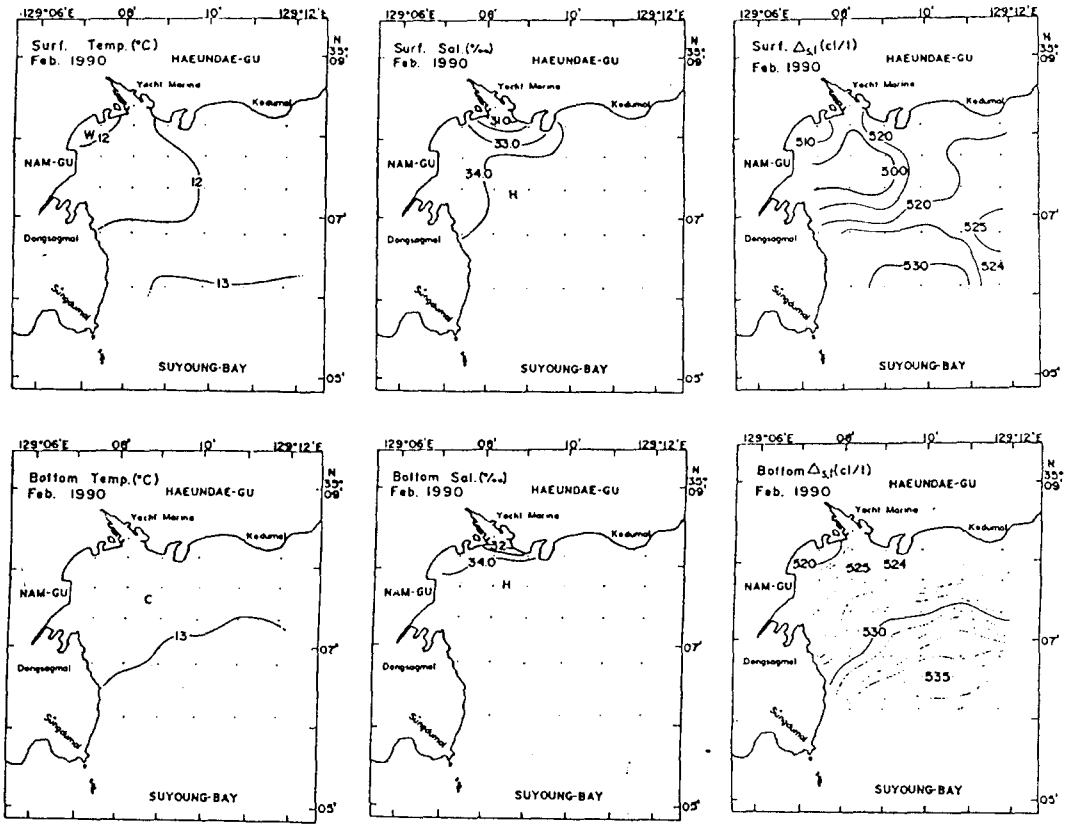

Fig. 8. Horizontal distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) at surface and bottom in February, 1990.

15개년 평균치(1961~1975)이다. 표면 수온은 12.0~25.15℃, 저층 수온은 10.90~21.80℃ 범위로써 양 정점이 거의 비슷하게 변화하였다. 연 평균 수온을 보면, 표면은 정점 F6에서 17.16℃, 207-01에서 17.30℃로 그 차는 0.14℃였으며, 저층의 경우 정점 F6은 13.78℃, 207-01은 13.62℃로 수온차는 약 0.16℃로 작게 나타났다.

한편, 염분은 표층에서는 30.86~34.52‰, 저층에서는 31.62~34.57‰ 범위이며, 평균 염분값을 보면 표면에서는 정점F6가 33.53‰, 207-01이 33.34‰로 약 0.19‰의 염분차를 보이고, 저층은 정점 F6에서 33.93‰, 207-01에서는 34.22‰로 염분차를 보면 0.29‰로 수온·염분의 연 변동이 모두 유사한 양상으로 나타났다.

Fig. 15는 수영강 하구의 정점B2와, 국립수산진흥원의 정선 207의 정점중에서 본 연구 해역에서 가장 가까운 곳인 정점01과 쓰시마난류수의 유축이라고 생각되어지는 정점04을 대표 정점으로 선정하여 한국해양편람 제3판(1979)에 나와 있는 수온·염분의 15개년 평균치(1961~1975)로 하계(○)와 동계(△)의 수온·염분 분포를 T-S diagram에 표시하였다.

대체적으로 표층과 저층수의 혼합이 잘되는 동계(△)의 분포를 보면 207정선은 수온 9.69~13.90℃, 염분 분포는 34.30~34.53‰, 범위의 값으로 외만수와 일치하며 저층수와도 같은 수괴로 볼 수 있다. 표·저층간의 강한 수온 약층을 형성하는 하계(○)의 분포를 보면 207정선의 75~125m 수심에서 수온 분포가 12.78~15.95℃, 염분 분포는 34.15~34.32‰로 하계 쓰시마난류 중층수의 수온 13.0~17.0℃, 염분 34.30~34.80‰로 정의한 수괴와 일치한다(공과 박, 1969 ; Lim and Chang, 1969 ; An, 1974 ; 박, 1978).

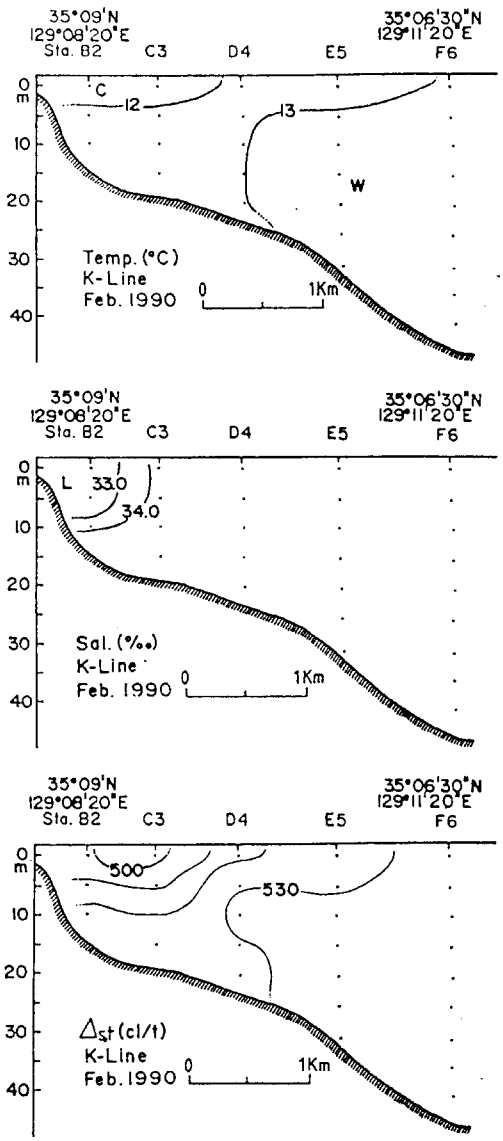

Fig. 9. Vertical distributions of temperature, salinity and thermosteric anomaly ($\Delta_{s,t}$) along K-line in February, 1990.

고 찰

1. 수괴의 계절적 변화

수영만에서의 수온과 염분의 계절변화는 대체적으로 내만과 외만의 2가지 형태로 나타났다. 특히 수영강의 담수의 유입 정도에 따라 수온·염분의 계절변화를 현저하게 잘 나타내고 있다.

춘계(5월)는 동백섬 앞바다에서 광안리 앞바다를 연결하는 내만의 수온과 염분이 만 중앙부와 외만에 비해 고온·저염화 현상으로 나타났다. 반면에 고두말과 성두말을 잇는 바깥쪽인 외만수의 수온과 염분은 고온·고염으로 나타났다(Fig. 2, 3). 이것은 수영강으로부터 하천수 유입 증가와 더불어 쓰시마난류수의 만내로의 접근에 따라 내만의 수괴는 점차적으로 고온·저염화되게 되고, 외만은 쓰시마난류수의 접근으로 인하여 고온·고염화되는 결과라고 볼 수 있다. 하계(8월)의 수온과 염분은 해운대 해수욕장 앞바다와 동생말 앞바다를 잇는 안쪽의 내만수 지역이 하천수의 유입과 태양복사열의 증가로 인한 천해역의 저열량이 적어서 고온·저염화되고, 외만의 정점F6의 외만수 지역은 내만쪽보다 수심이 깊고 쓰시마난류의 접근 등으로 인하여 내만수보다 저온·고염이 된다고 생각된다. 또한 하계는 고온·저염의 저밀도 표층수가 가장 현저하게 발달한 계절이어서, 수심 5~10m에서 강한 수온 약층을 형성하고 있다(Fig. 5). 특히 강 하구에서 남서쪽의 광안리 앞바다의 정점 A3까지 담수의 유입으로 인한 강한 저염분상을 형성하고 있는데(Fig. 5), 이는 Krauss(1955)에 의하면 북반구에서 지구자전 전향력으로 인해서 저염수가 강입구에서부터 외해쪽으로 흐를때 흐름방향에 대해 오른쪽으로 흐른다고 하는것을 잘 뒷받침하고 있다고 하겠다. 따라서 하계 담수의 증가로 인해 저염수인 하천수가 만 중앙으로 흘러나오지 않고 흐름 방향이 오른쪽인, 광안리 앞바다로 흐르게 되는 것으로 생각된다. 추계(11월)의 수괴의 특징은 대체적로 내만수와 중앙부 수와의 차이가 적은 것은 수영강의 유출수가 여름보다는 적고 겨울과 봄에 비하여 약간 많기 때문에 나타나는 현상이라고 하겠다. 외만의 저층에서는 쓰시마난류의 진입으로 보이는 33.5‰이상의 고염수가 나타났고, 고두말 앞바다에 출현하는 고염수는 이 해역의 북쪽 지역인 울산 부근에 수년 주기로 표층에 출현하는 냉수괴로 인한것으로 생각된다. 이 냉수는 동해에서 생성된 수괴로 여름철에 해저를 따라 남서 방향으로 흘러 온다고 하였으며(Lim and Chang, 1969; 김·김, 1983), 또한 동해 저층냉수는 쓰시마 난류가 강하게 되는 하·추계에 때로는 서수도의 표·저층에 나타나 해황에 많은 영향을 주고 있다(허, 1973). 이 저층 냉수의 유입량이 증가하며 그 확장 범위가 증대될 때는 대한해협 서수도 측인 연구 해역 외해에 나타

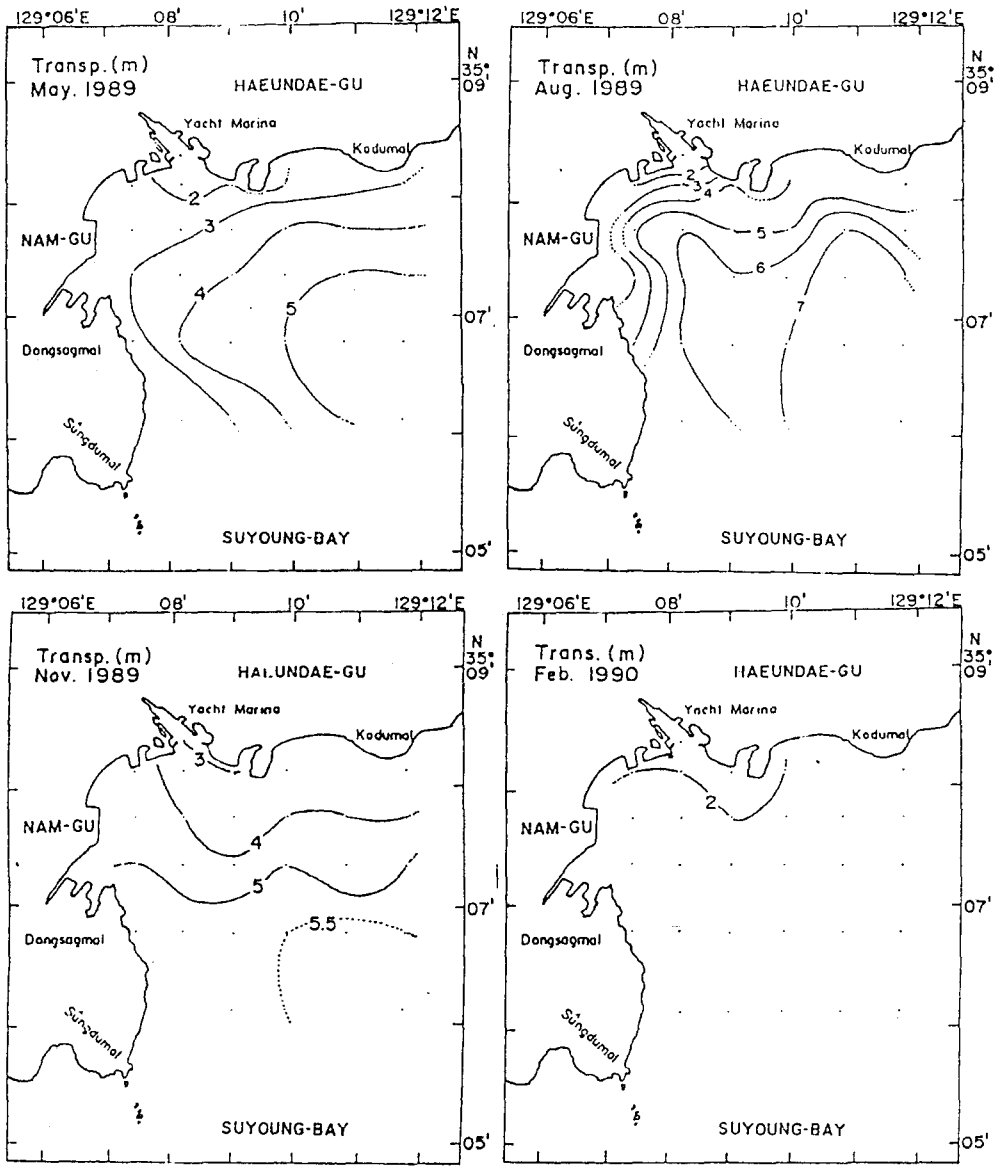

Fig. 10. Horizontal distributions of transparency in Suyoung Bay.

나는 것으로 생각 되는데 이에 관해서는 앞으로 보다 세밀한 연구가 있어야 할 것같다. 동계(2월)는 한랭한 공기와 강한 북서 계절풍의 영향으로 수괴는 표·저층간의 연직 혼합이 잘 이루어져 내만의 표·저층수는 거의 균질한 상태가 된다. 동백섬과 동생말을 연결하는 만내수가 물이 다른 계절과 다르게 오히려 외만보다 내만쪽이 저수온으로 나타나는데 이것은 내만의 수심(평균 15m)이 외만의 수심(평균 40m)보다 얕아서 내만수가 외만수보다 대기에 의한 냉각 효과가 크기 때문이라 생각된다. 염분의 분포는 강 하구에서만 약간의 저염화 현상을 보이고 있지만, 내만수의 표·저층의 고염화 현상이 다른 계절에 비해 뚜렷한 것이 특징이다(Fig. 8, 9). 이것은 강 하구에서의 담수의 유입이 적고 상대적으로 그에 따른 외해에

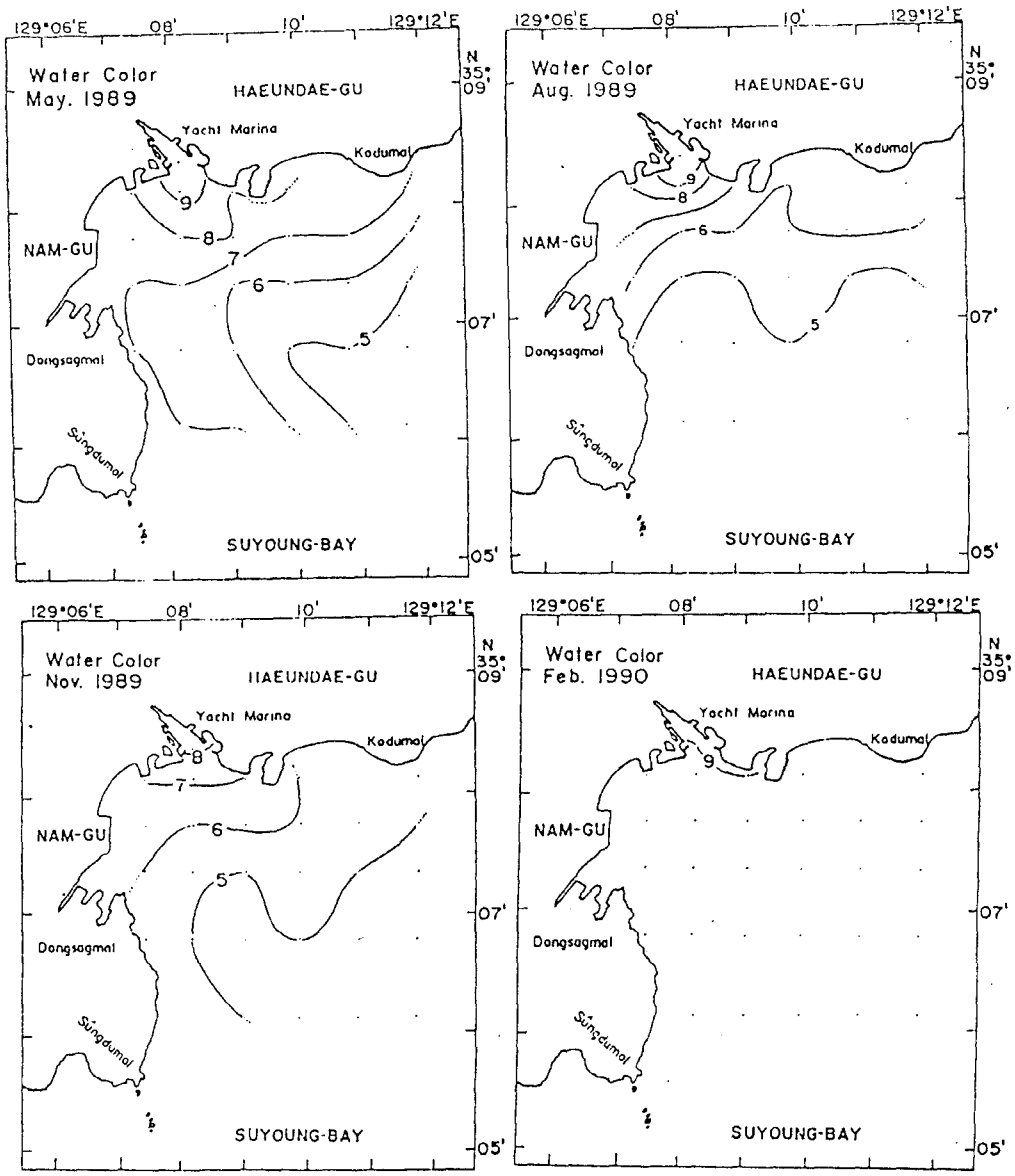

Fig. 11. Horizontal distributions of water color in Suyoung Bay.

서의 쓰시마 난류수가 만 안쪽까지 나타난 것으로 생각된다.

투명도와 수색 분포는 일반적으로 내만은 투명도가 낮은 녹색 계통의 담수형이고 외만은 투명도가 높은 청색 계통의 계절 변화를 보이고 있다. 그런데 동계는 다른 계절과는 달리 전 해역에 걸쳐서 투명도가 낮고 녹색 계통을 띄고있다. 이와 같은 현상은 동계의 강한 계절풍과 한랭한 기온으로 표·저층간의 연직 혼합 과정에서 일어나는 부유 물질이 해역을 혼탁시키기 때문에 나타나는 현상이라 생각된다.

2. 외양수와의 관계

조사 해역인 수영만은 그 주변이 대한 해협을 통과하는 쓰시마난류와 이 해역의 남서쪽에 한국 남안연안수와 낙동강 물이 존재하며(이 등 ; 1984), 북동쪽인 울산 부근에는 수년 주기로 동해 저층 냉수가 출현

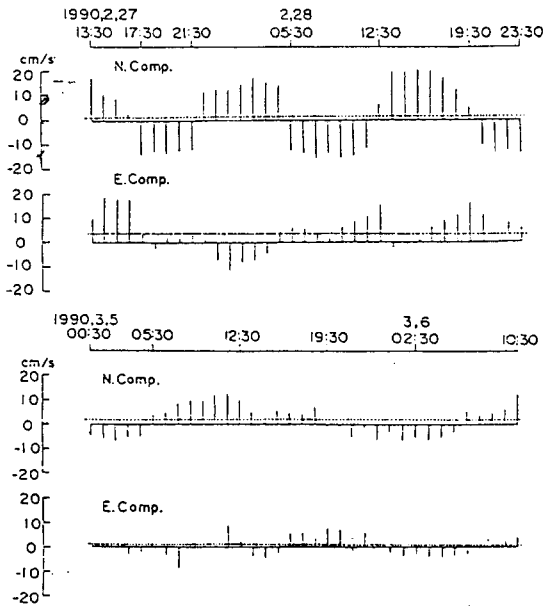

Fig. 12. An example of the tidal current observed 5*m* below the surface at St. G. during the spring(upper part) and neap tide(lower part).

하고(Lim and Chang, 1969; 김 · 김, 1983), 이 저층 냉수는 쓰시마 난류수의 세기와 탁월한 남서풍의 세기에 좌우되는(공 과 박, 1969; An, 1974; 승, 1974; Lee and Na, 1985)아주 복잡한 양상을 띈 지역이지만, 조사 해역을 지나는 쓰시마 난류수와의 관계가 더 밀접하다고 생각되어지는 곳이다. 왜냐하면, 외만의 정점F6와 연구해역과 가장 근접한 국립수산진흥원 207정점의 정선01의 수온 · 염분의 계절 변동과도 거의 일치하기 때문이다. 즉 표층의 수온은 계절에 따라 변화하지만 저층 수온과 표 · 저층의 염분의 계절 변화는 아주 작으며, 또한 수온과 염분의 변화에 따른 밀도의 변화로써도 조사 해역의 외만 정점F6와 쓰시마 난류의 유입이 큰 지역인 207-01정점은 같은 물로 나타났다(Fig. 14). 따라서 수영만은 쓰시마 난류수 영향이 탁월하다는 것을 알 수 있다. 한편 Fig. 14에서 8월의 저층 수온과 염분값이 10월보다 저수온, 고염분으로 나타났는데 이와 같은 현상은 동해 저층 냉수의 남하 현상으로 여겨지며 이것은 앞으로 보다 세밀한 관측을 통해 연구 되어야 할 문제다.

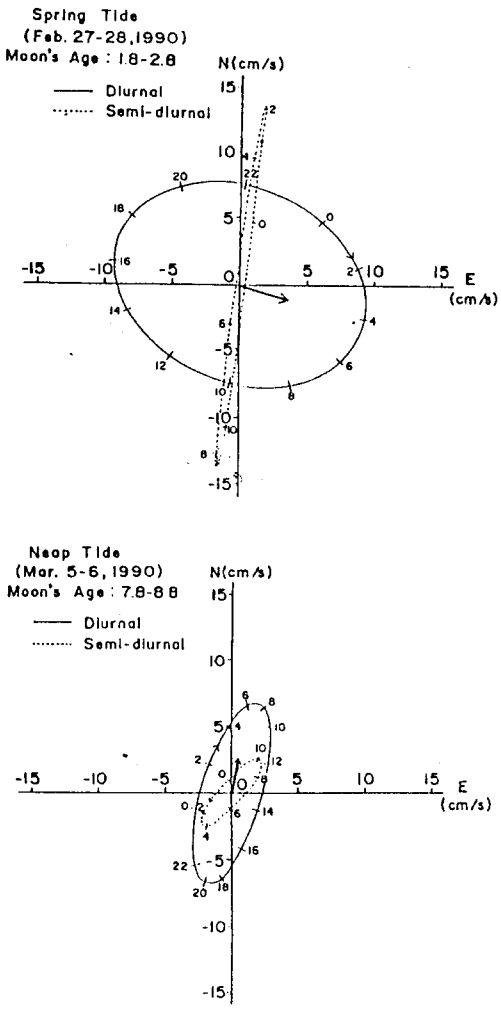

Fig. 13. Tidal current ellipses form records obtained in Suyoung Bay(St.G).

3. 유동 특성

일반적으로 수영만의 동백섬 남단과 이기대를 잇는 내만에서의 조류는 창조시 외해에서 동백섬 서쪽과 이기대 북동쪽에서 동국 제강 앞바다로 흘러 들어가고, 낙조시에는 동백섬 서쪽 수영만 하구에서 만의 중앙부로 또는 남천동과 동국 제강 앞바다 북동쪽의 만 중앙부로 흘러 나간다(1982, Kim and Han).

본 조사에서 조류 특성을 보면 유속 크기는 남북 성분이 동서 성분보다 우세하며, 동서 성분의 유속 크

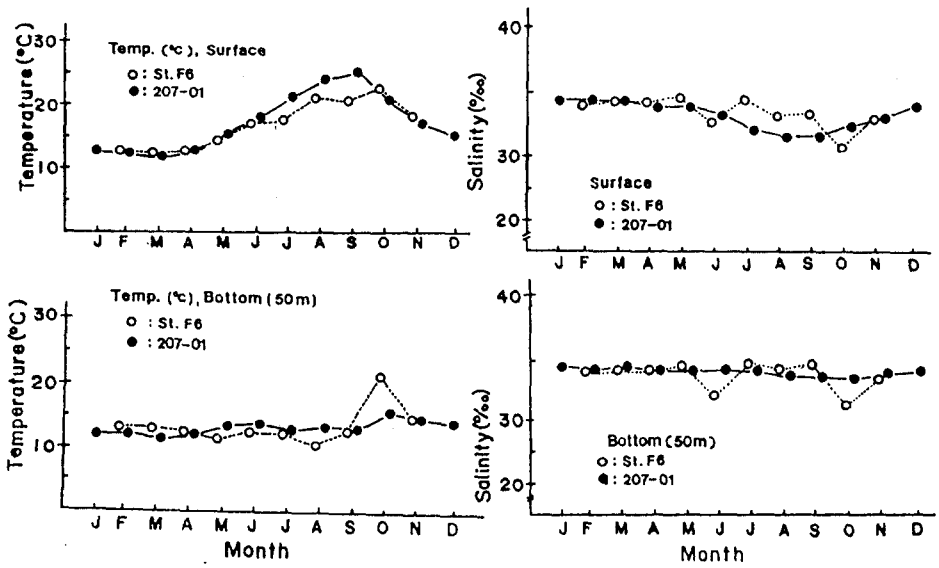

Fig. 14. Seasonal variation of temperature and salinity at station F6 and 207-01.

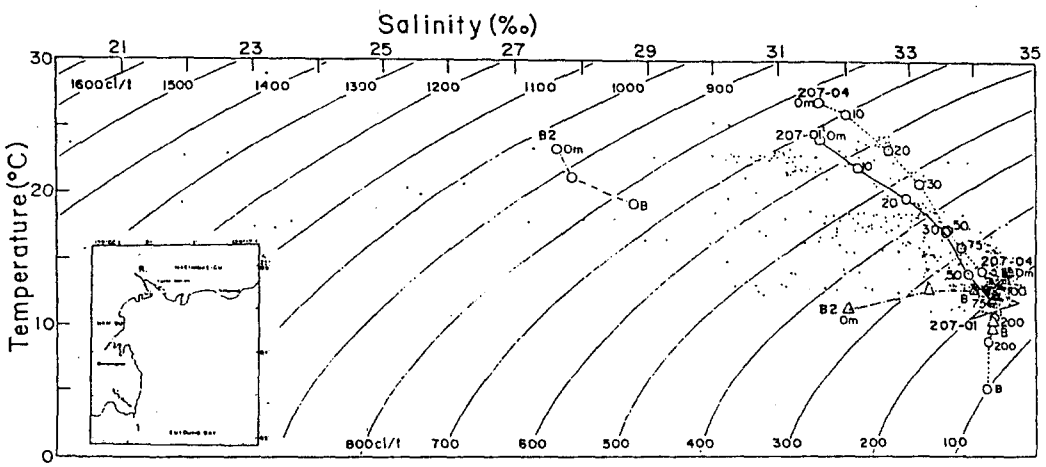

Fig. 15. T-S diagram at selected stations according to water types.
(○ : SUMMER △ : WINTER)

기를 살펴 보면 서쪽 성분이 동쪽 성분보다 작게 나타났다(Fig. 12). 그런데 대조기의 일주조 성분은 최고 유속 10*cm/s*이고, 회전성이 강한 반면 대조기의 반일주조 성분이나 소조기의 일주조·반일주조 성분은 북동 방향과 남서 방향의 왕복성 조류이며 그 크기는 각각 14, 7, 3*cm/s*이다(Fig. 13). 그리고 대조기의 항류 성분은 4*cm/s*의 크기로 동남쪽이며 소조기의 항류는 북동쪽으로 3*cm/s*이다.

요 약

수영만의 계절 변화에 따른 물리해양학적 특성을 알아보기 위하여 1989년 5월부터 1990년 4월까지 1년간 대조기의 수온·염분·투명도 및 수색을 조사하였다. 또한 1990년 2월 27일부터 3월 6일까지 동백섬 남단에 내장기록식 유속계를 계류시켜 대조기와 소조기의 해수 유동을 알아 보았다.

수온과 염분의 계절변화는 뚜렷하고 만의 수괴 특성은 내만수와 외만수의 2가지 형태로 분류 되었다. 내만수는 수영강에서 유입되는 담수의 영향으로 인한 계절변화를 보여 주었다. 하계는 담수의 유입 증가에 의해 저염화 현상으로 표 · 저층수간의 혼합이 강하게 일어나고, 동계는 한랭한 계절풍 때문에 표 · 저층수간의 강한 혼합으로 거의 균질한 상태의 수괴를 이루었다.

한편, 외만수는 내만수와는 달리 전형적인 외해수의 특성을 보였고 그기원은 쓰시마 난류수이다. 또한 이 지역에서는 부분적으로 계절에 따라 담수의 영향을 받고 있다.

투명도와 수색은 내만에서 외만으로 갈 수록 증가하였고, 혼탁도는 동계에 표층과 저층의 혼합으로 4계절중 가장 높았다. 특히 강 입구는 다른 장소에 비해 더 높게 나타났다.

해수의 유동 상태를 보면 대조시 일주조 성분은 최대 유속 10*cm/s*의 크기로 회전성이 강한 반면에 대조기의 반일주조 성분이나 소조기의 일주조 · 반일주조 성분은 최대 유속이 각각 14, 7, 3*cm/s*로 북동방향과 남서 방향의 왕복류 형태의 흐름이다.

참고문헌

강시환(1986) : 올림픽요트경기장(수영만)의 해상상태연구. 연구논문집, 한국과학 기술원 해양연구소, 301-316.

공영 · 박청길(1969) : 한국 동해 냉수역의 해양학적 특성, 국립수산 진흥원 연구문집, 4호, 69-91.

국립수산진흥원(1979) : 한국해양편람 제3권, 351-362.

김순영(1989) : 수영만의 안개 발생에 관한 연구. 부산수산대학 석사학위 논문. 49pp.

김철호 · 김구(1983) : 한국 동해안에 출현하는 냉수괴의 특성과 기원. 한국 해양학회지, 18(1), 73-83.

박청길(1978) : 한국 동해안 냉수괴의 해양학적 고찰. 한국 수산학회지, 11(2), 49-54.

수로국(1978) : 부산항부근 조류 관측 결과, 수로기술연보, 대한민국 수로국, 98-117.

수로국(1981) : 부산항 및 거제도 부근 조류 관측 결과, 수로기술연보, 대한민국 수로국, 144-179.

허영규(1975) : 1973년 한국해협의 수온, 염분 및 저층수에 대하여, 수로 기술연보, 3-5.

승영호(1974) : 8월의 한국동안에서의 수온분포에 관한 역학적 고찰. 한국해양학회지, 9(1, 2), 52-58.

원종훈 · 이배정(1979) : 수영만 인근해수의 오탁분포에 대하여. 한국 수산학회지, 12(2), 87-94.

원종훈 · 이배정 · 심무경 · 박헌석(1979) : 수영강의 수질 오염과 그것이 광안리 해수욕장에 미치는 영향에 대하여. 한국 수산학회지, 12(4), 267-276.

이원재 · 조규대 · 추효상(1984) : 해양화학적 특성으로 본 대한해협의 수계. 한국 해양학회지, 17(3), 219-229.

An, H. S.(1974): On the cold water mass around the southeast coast of Korea Peninsula. J. Oceanl. Soc. Korea, 9(2), 10-18.

Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler(1980): General Oceanography an Introduction. A Wiley-Interscience Publication, 337-338.

George L Pickard and William J. Emery(1984): Descriptive Physical Oceanography An Introduction. Pergamon Press, pp. 119-124.

Hong, C. H. and Cho, K. D.(1983): The northern boundary of the Tsushima Current and its fluctuations. J. Oceanal. Soc. Korea, 18(1), 1-9.

John A. Knauss(1978): Introduction to Physical Oceanography, Pretice-Hall, 10-15.

Kang, Y. Q.(1985): Influences of the Asian Monsoon and the Kuroshio on the Sea Surface Temperature in the Yellow, the Japan and the East China Seas. J. Oceanal. Soc. Korea. 20(2), 1-9.

Kim, Y. S. and Han, Y. H.(1982): A study on the characteristics of the Circulation and Diffusion in Suyeong Bay. Bull. Korea Fish. Tech, Soc. 18(2), 55-61.

Knauss, J. A.(1978): Introduction to Physical Oceanograhy, Prentice-Hall, 10-15.

Korea Meterological Service Pusan District Meteo. Service(1988): Weather Information Handbook, 1-76.

Lee, J. C. and Na, J. Y.(1985): Structure of Upwelling off the Southeast Coast of Korea. J.

Oceanal. Soc. Korea, 20(3), 6-19.

Lee, K. B.(1978): Sutdy on the coastal cold water near Ulsan. J. Oceanal. Soc. Korea, 13(2), 5-10.

Lim, O. B. and Chang, S. D.(1969): On the cold water mass in the Korea Strait. J. Oceanal. Soc. Korea, 4(2), 71-82.