

## 水營灣의 潮流, 鹽分 및 浮遊物質의 分포

金次謙 · 李宗燮

釜山水產大學校 海洋工學科

## Distributions of Tidal Current, Salinity and Suspended Sediment in Suyoung Bay

Cha-Kyum KIM and Jong-Sup LEE

Department of Ocean Engineering, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608-737, Korea

To investigate the flow pattern and mixing process in Suyoung Bay, field observations and data analyses of tidal current, salinity and suspended sediment (SS) were carried out. Ebb flow is stronger than flood flow, and duration of ebb tide is longer than that of flood tide. Semi-diurnal component of tidal current is predominant, and current rotating clockwise occurs in the central part of the bay. The direction of the residual currents in the central part of the bay and offshore is almost N to WNW, and the speed is 4~14cm/s. Eulerian diffusion coefficients estimated from the current data have the range of  $6.2 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ .

Salinity structure in Suyoung River estuary during flood tide is of partially mixed type, but is of stratified type during ebb tide. Salinity fluctuation is large at the surface, and the fluctuation decreases with depth.

SS concentration in Suyoung River estuary has a higher value during ebb tide than that during flood tide. Salinity and SS concentrations in the estuary appeared to be very sensitive to the change of river flow.

## 緒 論

水營灣은 韓國의 南東海岸에 위치해 있으며, 灣口의 폭은 약 8km, 최대수심은 약 24m인 반원형의, 개방적인 만으로서 만내로는 水營江이 흐르고 있다(Fig. 1). 부산시(1984)의 조사보고에 의하면 水營江의 평수량은 약  $4.0\text{m}^3/\text{s}$ , 50년 빈도의 설계홍수량은 약  $1,130\text{m}^3/\text{s}$ 이고, 조형지수는 0.12로서 半日周潮가 탁월하다. 水營灣의 평균간조간격은 달이 자오선을 통과한 후 8시 1분이고, 평균간조간격은 2시 13분으로서 부산항의 만조간격 8시 4분보다 3분이 빠르다. 大潮差는 102.2cm, 小潮差는 36.2cm, 平均潮差는 68.2cm로서 부산항 潮差의 0.9배에 해당한다. 파향은 SE, S, SW계의 3개 방향이 주를

이루고, 정온상태( $H_{1/10}$ 이 0.49m 이하)가 전체의 약 88%를 차지하고 있다. 중앙기상대 부산측후소에서 관측한 바람통계에 의하면 연간을 통해 탁월 풍향은 NE방향이다. 春季에는 NE계, 夏季에는 SW계, 秋季에는 NE계, 冬季에는 NW계의 바람이 탁월하다. 그리고, 水營灣의 외해에는 쿠로시오해류의 지류인 Tsushima 난류가 북상하고 있다.

근래에 와서 水營江河口는 水營江으로부터 유입하는 생활배수 및 공장폐수로 인한 오염문제가 심각하다. 河口에는 부산 요트센터가 있고, 河口의 동쪽에는 해운대 해수욕장, 서쪽에는 광안리 해수욕장이 자리잡고 있기 때문에 河口埋沒이나 水質汚濁問題와 관련하여 당 해역의 海水流動 및 水質特性에 관한 연구가 중요한 과제로 대두되고 있다.

元等(1979)은 水營江에서 유출되는 汚濁物質이 광안리 해수욕장에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 朴(1988)은 수영만에서 淡水와 鹽水의 혼합에 대한 연구를 하였다. 金·李(1991)는 Two-level 모델을 이용하여 수영만의 해수유동, 유출수 및 부유물질의 확산을 해석하였다. 金等(1991)은 수영만 해황의 변동특성에 대한 연구를 하였다. 金(1992)은 점성토 수송에 관한 3차원 모델을 수영만에 적용하여 수영만의 해수유동 및 부유물질의 거동특성을 해석하였다. 이와 같이 수영만의 해수유동 및 수질 특성에 대한 연구결과가 있지만, 수영만의 수계특성을 파악하기에는 아직 미흡한 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 현지관측자료에 근거하여 수영만의 해수유동 및 수질 특성을 보다 상세히 파악하여 오염물질의 거동을 예측하기 위한 수치 모델의 입력자료 및 검증자료로 사용하고자 한다.

## 資料 및 方法

### 1. 觀測 方法

본 연구에서는 大潮期인 1989년 10월 16~17일(월령 16.2~17.2), 1991년 5월 29일(월령 14.9), 1992년 2월 19~20일(월령 15.3~16.3)에 Fig. 1에 나타난 각 정점에서 層別 鹽分, 浮遊物質(SS) 및 流速을 측정하였다. 鹽分과 浮遊物質은 각 정점에서 落潮流時와 漲潮流時로 구분하여 측정하였으며, St. 5에서는 30분 간격으로 25시간 연속측정을 하였다. 流速은 St. C-1과 C-2에서 표층(수심의 1/10), 중층(수심의 5/10) 및 저층(수심의 9/10)에서 30분 간격으로 25시간 연속측류를 하였다. 鹽分은 T-S bridge형 수온·염분계 및 YSI S-C-T meter, 유속은 CM-2형 유속계, SS는 채수하여 여과법으로 측정하였다. 또한, 본 연구에서는 교통부 수로국에서 大潮期에 가까운 1986년 9월 1~2일(월령 26.3~27.3)과 2~3일(월령 27.3~28.3), 1987년 2월 27~28일(월령 28.6~0.1), 2월 28일~3월 1일(월령 0.1~1.1), 3월 14~15일(월령 14.1~15.1), 3월 17~18일(월령 17.1~18.1) 기간에 St. C-3~C-8에서 DPCM-4 및 DCM-II를 사용하여 10분 간격으로 25시간 연속측류한 자료를 사용하여 水營灣의 海水流動特性을 파악하였다.

### 2. 潮流의 調和分解 方法

조류의 조해분해를 하는데 있어서는 조석과 마찬가지로 長期間의 連續觀測이 필요하나, 조석관측

에 비하여 경비가 많이 소비되므로 15일 및 1개월 간의 연속관측으로서 주요한 분조류의 調和常數를 산출하고 있다. 어느 한지점에서 매 시간별 관측된 유속을  $V(t)$ 라 하면  $V(t)$ 는 다음 식으로 표시된다.

$$V(t) = V_0 + \sum_i f_i V_i \cos(U_i + u_i + \sigma_i t - \mu_i) \quad (1)$$

여기서,  $V_0$ : 항류

$V_i$ : 유속진폭

$f_i, U_i + u_i$ : 천문상수

$\sigma_i$ : 분조의 각속도

$\mu_i$ : 관측지점의 자오선을 기준으로 한 분조의 지각

첨자  $i$ : 분조를 나타내는 기호

1주야 정도의 단기간의 관측결과로서는  $K_1, O_1, M_2, S_2$  등의 분조로 직접 분해할 수 없기 때문에 대략적인 것밖에 결정할 수가 없다. 그래서, 1일 1회주기(1日周潮 성분  $M_1$ ), 1일 2회주기(1/2日周潮 성분  $M_2$ ) 및 1일 4회주기(1/4日周潮 성분  $M_4$ )로 분할하여 그 유속과 지각을 구한다. 이 방법을 단주기 調和分解라 하며, 시간  $t$ 에 대한 유속  $V(t)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$V(t) = V_0 + V_1 \cos(\sigma t - \mu_1) + V_2 \cos(2\sigma t - \mu_2) + V_4 \cos(4\sigma t - \mu_4) \quad (2)$$

여기서, 첨자 1, 2, 4: 1일, 1/2일, 1/4日周潮의 분조

$V$ : 유속의 진폭(cm/s)

$\sigma$ : 각속도( $360^\circ/25$ 시)

$\mu$ : 지각( $^\circ$ )

본 연구에서는 식 (2)에 의해 조류의 조해분해를 하였다.

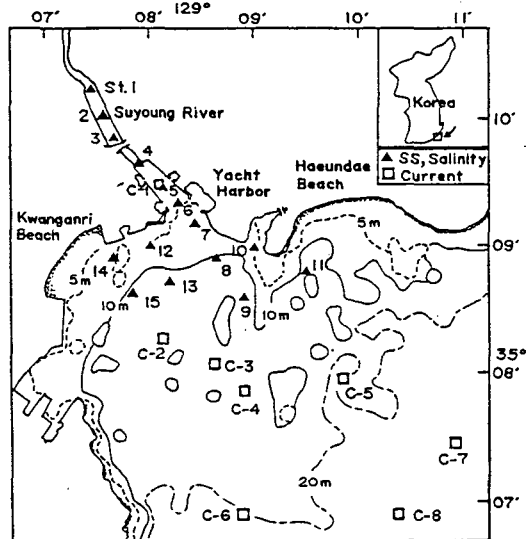


Fig. 1. Bottom topography of Suyoung Bay.

3. 水平擴散係數의 算定 方法

擴散係數를 산정하는 방법으로는 變動流速에 의한 방법, 染料雲의 面積에 의한 방법 및 浮標實驗에 의한 방법 등이 있다. 본 연구에서는 현장에서 변동유속에 의해 구하는 방법을 이용하여 수평확산계수를 산정하였다. 變動流速에 의한 방법으로는 Taylor(1921)의 이론에 의해 擴散係數  $k_x, k_y$ 가 다음과 같이 정의된다.

$$k_x = \overline{U_L'^2} \int_0^\infty R_{L_u}(\tau) d\tau, \quad k_y = \overline{V_L'^2} \int_0^\infty R_{L_v}(\tau) d\tau \quad (3)$$

여기서,  $U_L', V_L'$ 는 각각 x, y방향의 Lagrangian 變動流速,  $R_{L_u}(\tau), R_{L_v}(\tau)$ 는 각각 x, y방향 Lagrangian 自己相關係數이다. Hay and Pasquill(1959)은 Eulerian 자기상관함수와 Lagrangian 자기상관함수가 상사한다고 가정하여 식 (4)와 같은 변환식을 도입했다.

$$R_L(\eta) = R_E(\tau), \quad \eta = \beta\tau \quad (4)$$

여기서,  $R_L(\eta)$ 는 Lagrangian 자기상관함수,  $R_E(\tau)$ 는 Eulerian 자기상관함수,  $\beta$ 는 무차원 parameter이다. Eulerian 속도에 의한 수평확산계수는 식 (3), (4)를 이용하면 다음과 같이 된다.

$$k_x = \overline{U_E'^2} \int_0^\infty R_{E_u}(\tau) d\tau, \quad k_y = \overline{V_E'^2} \int_0^\infty R_{E_v}(\tau) d\tau \quad (5)$$

여기서,  $U_E', V_E'$ 는 각각 x, y방향의 Eulerian 變動流速,  $R_{E_u}(\tau), R_{E_v}(\tau)$ 는 각각 x, y방향의 Eulerian 自己相關係數이다.  $\beta$ 는 실험에 의해 0.4~6.0의 값이지만, 본 연구에서는  $\beta=1.0$ 이 사용되었다.

結果 및 考察

1. 海水流動의 變動特性和 水平擴散係數

Fig. 1의 St. C-3~C-8에서 25시간 연속관측된 유속분포에 의하면(Fig. 2) 만의 中央部보다 外海로 갈수록 주기적인 성분이 강하며, 또한 유속도 크게 나타났다. 만 중앙부에서 최대유속은 40~50cm/s이고, 만의 외해쪽에서 최대유속은 60~70cm/s이다. 전반적으로, 落潮流가 漲潮流보다 강하며, 또한 지속시간도 길게 나타났다. St. C-3~C-8에서 조화분해한 결과는 Fig. 3 및 Table 1과 같고, 조류타원의 회전방향은 주로 시계방향이다. 모든 측정에서 半日周潮가 탁월하고, 흐름의 주 방향은 대체적으로 낙조류시에는 NE 방향, 창조류시에는 SW 방향으로서 강한 왕복성을 나타내고 있다. 만의 중앙부와 외해부근에서 恒流는 대부분 N~WNW 방향으로

흐르고 있고, 그 크기는 4~14cm/s이다. 이것은 지형조건이나 복상하는 Tsushima 해류의 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다.

St. C-2(수심 12m)에서의 觀測結果(Fig. 4)도 落潮流가 漲潮流보다 우세하며, 또한 지속시간도 길다. St. C-2의 표층(1.5m), 중층(6m) 및 저층(10.5m)에서 유향은 서로 비슷하며, 최대유속은 표층에서는 28cm/s, 중층에서는 25cm/s, 저층에서는 20cm/s로 나타났다. St. C-1(수심 2.8m)에서 최대유속(Fig. 4)은 표층(0.3m)에서는 35cm/s, 중층(1.4m)에서는 22cm/s, 저층(2.5m)에서는 15cm/s로 나타났다. 저층에서는 낙조류와 창조류의 지속시간과 유속이 거의 같게 나타났으나, 표층으로 갈수록 落潮流가 漲潮流보다 유속이 강하며, 또한 지속시간도 길다. 이것은 표층에서는 水營江의 流出水와 바람(NW계)의 영향을 크게 받으나, 저층에서는 流出水와 바람의 영향을 거의 받지 않고 저면마찰의 영향을 크게 받기 때문인 것으로 생각된다.

또한, St. C-1 및 C-2에서 層別로 調和分解한 결과를 Fig. 5에 나타냈다. St. C-1 및 C-2의 모든 층에서 半日周潮가 탁월하고, 조류타원의 회전방향은 모두 시계방향이다. 항류의 방향은 St. C-1에서는 SE 및 E 방향, St. C-2에서는 N 및 NNE 방향이다. St. C-1에서 항류가 SE 방향으로 나타난 것은 水營江 流出水의 영향인 것으로 생각된다.

한편, St. C-3~C-8에서 10분 간격으로 25시간 연속측류된 자료를 사용하여 식 (5)에 의해 관측치(Raw data)와 관측치로부터 24시간 이상의 주기성분을 Fourier 해석으로 제거한 유속치(Filtered data)를 사용하여 산정된 Eulerian 水平擴散係數를 Table 2에 나타냈다. 본 연구에서는 흐름의 주축성분을 x축으로 하고, 주축에 대한 직각성분을 y축으로 하여 계산하였다. 반일주조가 탁월한 해역에서는 24시간 이상의 주기성분을 갖는 흐름이 확산에 기여하는 율은 대단히 적기 때문에 관측치를 사용하여 산정한 확산계수는 과대 평가되어 나타난다. 따라서, 수치실험 등의 입력자료로 사용할 때는 여과된 유속치(Filtered data)로부터 산정한 확산계수를 사용하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 여과된 유속치를 사용하여 산정한 水營灣의 Eulerian 擴散係數는  $6.2 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^6 \text{cm}^2/\text{s}$  범위이며, 일반적으로 연안해역에서 나타나는 수치와 비슷하다.

2. 鹽分의 鉛直 및 水平 分布特性

水營江河口에서 淡·鹽水의 混合特性 및 流出水의 舉動을 파악하기 위해 大潮期인 1989년 10월 17

일(월령 17.2)과 1991년 5월 29일(월령 14.9) 漲潮流時와 落潮流時에 鹽分을 관측하여 각각 Fig. 6과 Fig. 7에 나타냈다. Fig. 6은 鹽分의 鉛直分布를 나타내고, Fig. 7은 표층에서 鹽分의 수평분포를 나타낸다. 1989년 10월 17일 漲潮流時에는 염수폐기의 침입으로 인해 鹽分分布는 전형적인 약 混模型을 나타내고 있다. 落潮流時의 鹽分分布는 하천수의 流出로 인해 漲潮流時보다 成층화된 현상을 보여주고 있다. 1991년 5월 29일 鹽分의 연직분포는 漲潮流時와 落潮流時 모두 1989년 10월 17일 관측치

보다 成층화된 현상을 보여주고 있다. 그리고, 상류로 올라갈 수록 2경우의 鹽分差가 크게 나타났으며, 이것은 水營江 流出量의 차이 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서는 하천수의 유출량은 관측하지 않았지만, 중앙기상대 부산측후소에서 측정된 강우량 기록표에 의하면 1991년 5월 24~26일에 걸쳐 일 평균 약 20mm의 강우량을 기록하고 있기 때문에 1991년 5월 29일에는 平水時보다 유출량이 많았던 것으로 생각된다.

표층에서 鹽分의 수평분포에 의하면, 1989년 10

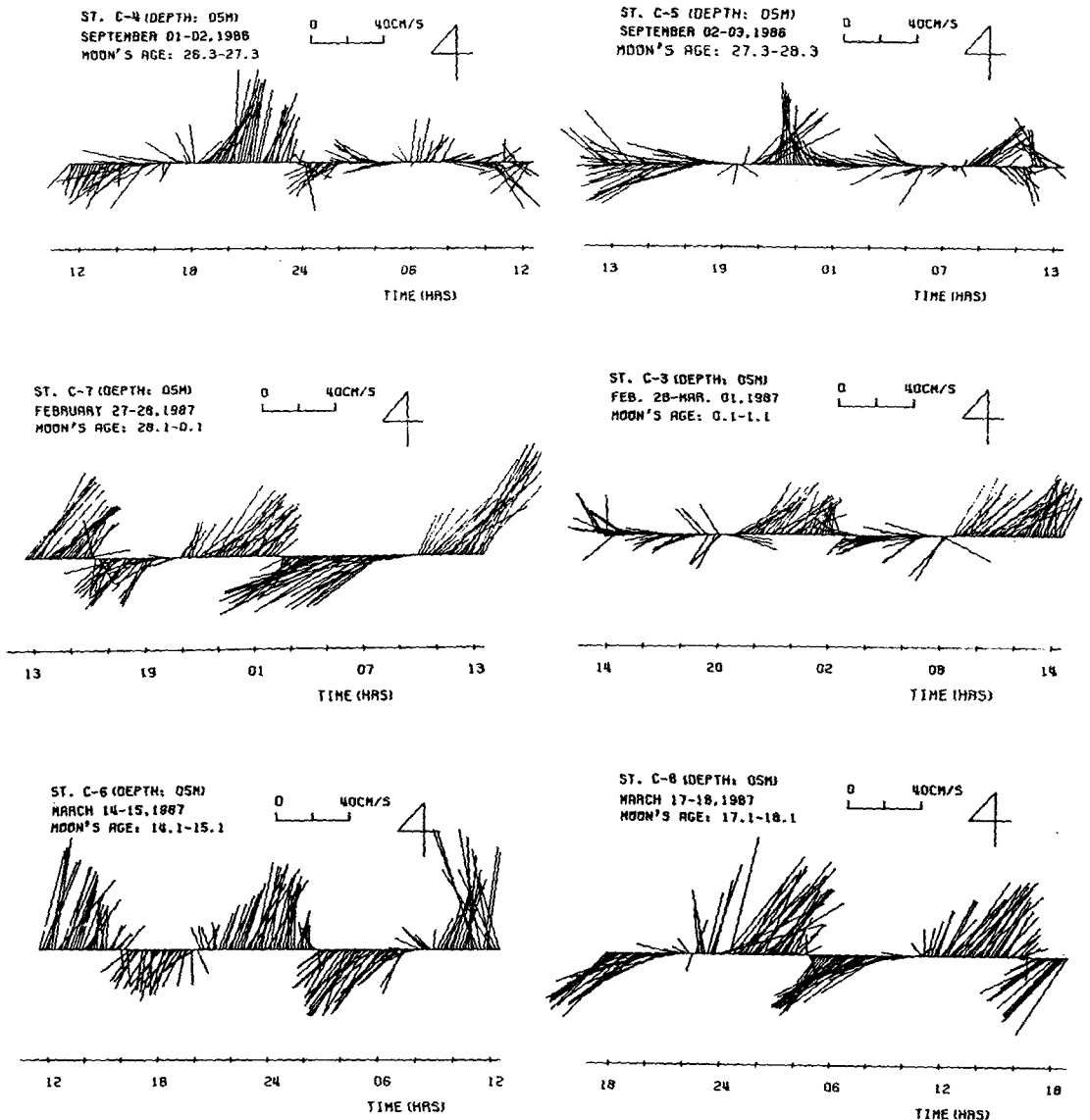


Fig. 2. Stick diagrams of observed velocities in Suyoung Bay.

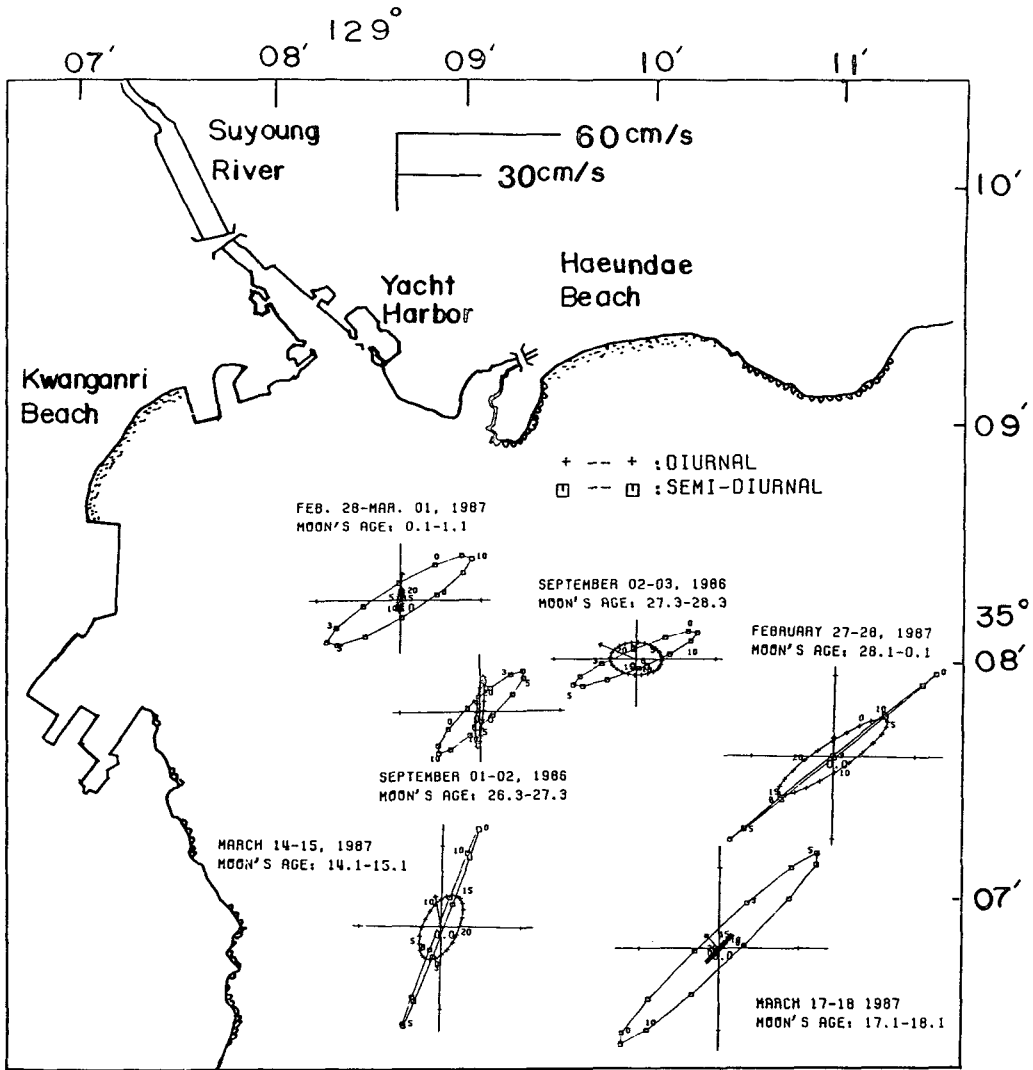


Fig. 3. Tidal current ellipses in Suyoung Bay.

Table 1. The harmonic constants of tidal current at St. C-3 to C-8

St. No.	East component					North component				
	Amplitude (cm/s)			Phase( °)		Amplitude (cm/s)			Phase( °)	
	$U_0$	$U_1$	$U_2$	$\mu_1$	$\mu_2$	$V_0$	$V_1$	$V_2$	$\nu_1$	$\nu_2$
C-3	0.6	1.0	26.5	285.3	114.2	9.4	4.1	16.4	345.9	317.9
C-4	-2.1	1.7	16.4	47.0	132.0	3.6	13.0	15.0	359.6	109.9
C-5	-12.6	9.4	22.8	98.5	142.7	5.0	6.1	10.3	6.5	345.1
C-6	-2.3	7.9	13.7	254.4	342.7	11.1	12.0	37.6	194.3	338.2
C-7	-0.1	19.8	37.3	59.2	355.7	6.9	14.2	30.7	33.6	354.4
C-8	-4.7	4.6	37.7	204.8	159.5	4.5	4.8	35.4	197.1	146.9

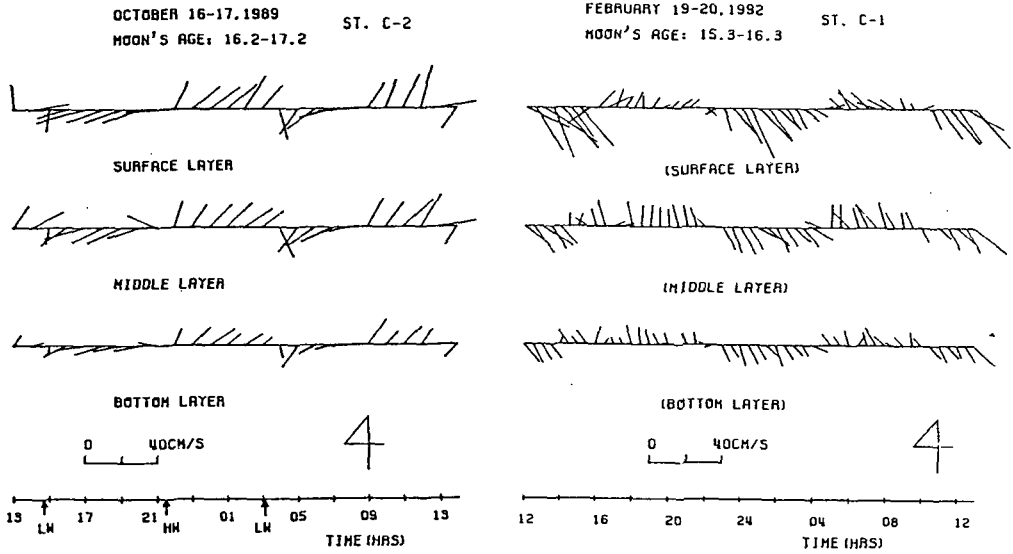


Fig. 4. Stick diagrams of observed velocities at surface, middle and bottom layers of St. C-1 and C-2 in Suyoung Bay.

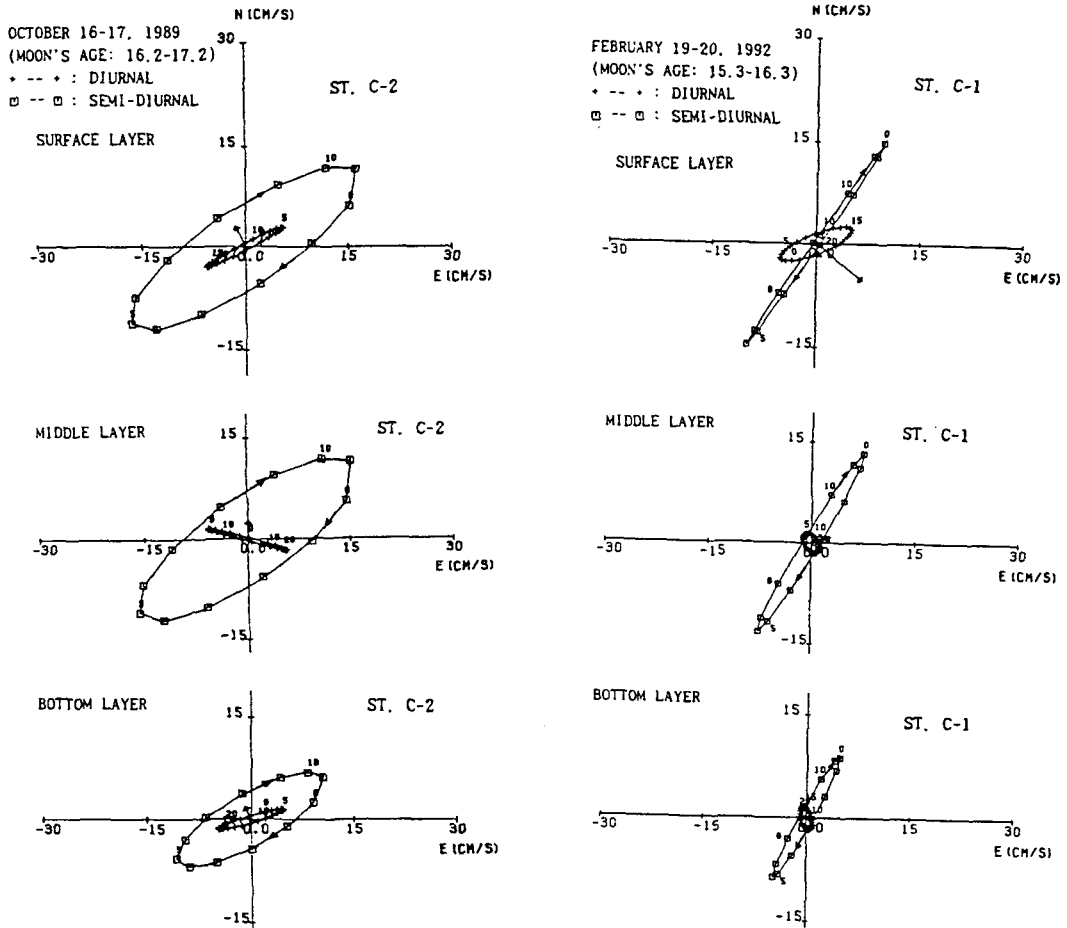


Fig. 5. Tidal current ellipses at surface, middle and bottom layers of St. C-1 and C-2 in Suyoung Bay.

Table 2. Horizontal diffusion coefficients deduced from Eulerian velocities

Station	Raw data		Filtered data	
	$k_x(cm^2/s)$	$k_y(cm^2/s)$	$k_x(cm^2/s)$	$k_y(cm^2/s)$
C-3	$5.4 \times 10^6$	$1.1 \times 10^6$	$9.2 \times 10^5$	$6.8 \times 10^5$
C-4	$1.6 \times 10^6$	$1.1 \times 10^5$	$5.3 \times 10^5$	$6.2 \times 10^4$
C-5	$8.1 \times 10^5$	$4.3 \times 10^6$	$1.7 \times 10^5$	$6.4 \times 10^5$
C-6	$2.3 \times 10^5$	$5.5 \times 10^6$	$7.1 \times 10^4$	$7.9 \times 10^5$
C-7	$1.1 \times 10^7$	$5.1 \times 10^5$	$3.5 \times 10^6$	$9.4 \times 10^4$
C-8	$1.0 \times 10^7$	$1.9 \times 10^5$	$4.2 \times 10^6$	$6.7 \times 10^4$

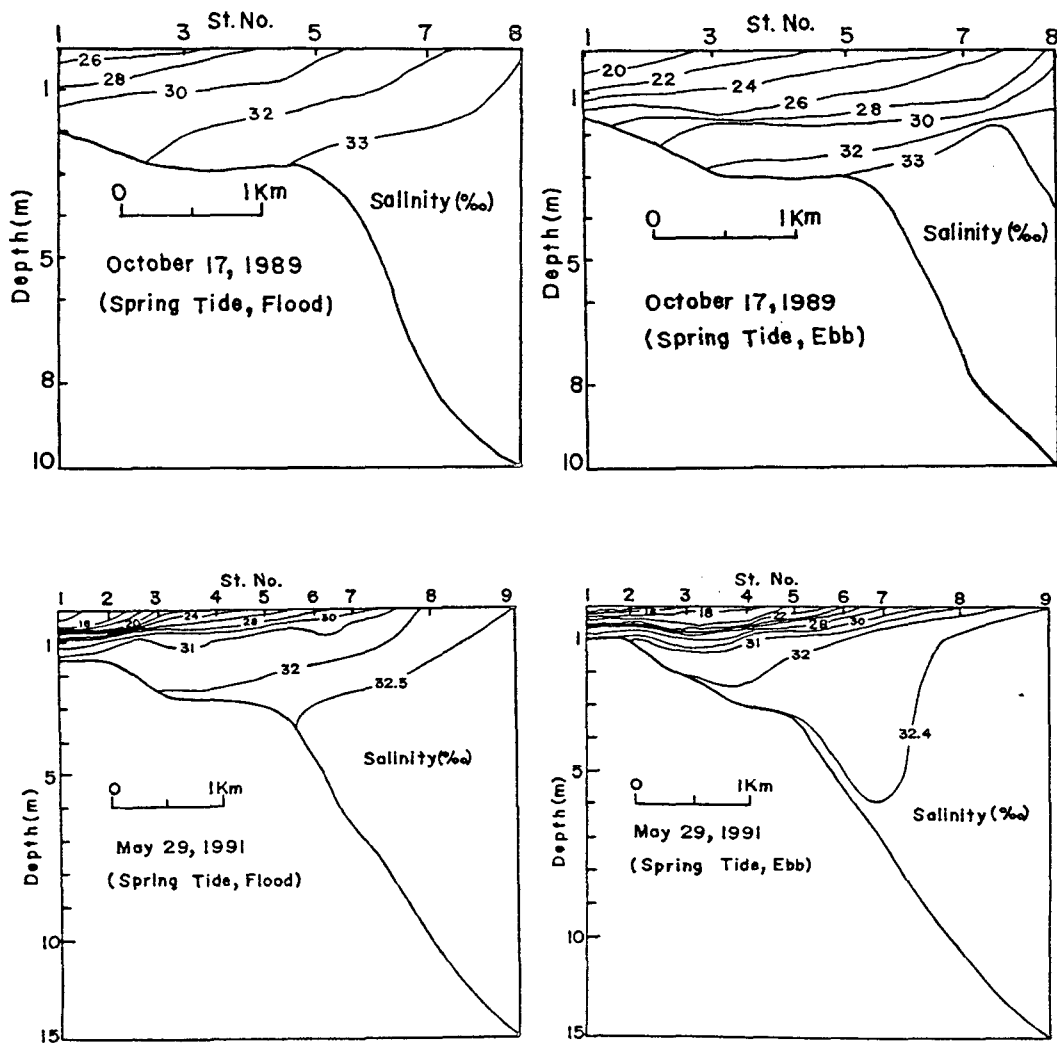


Fig. 6. Vertical distributions of salinity in Suyoung Bay on October 17, 1989 and May 29, 1991.

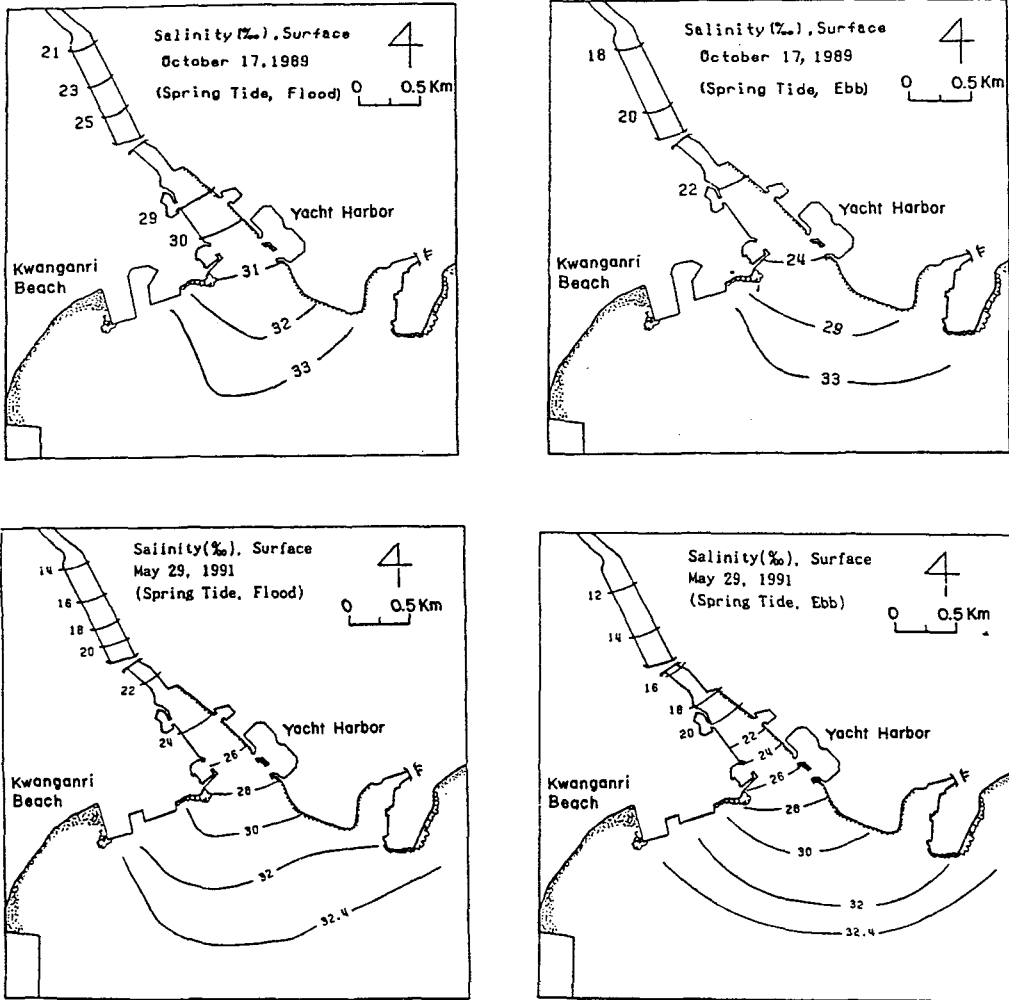


Fig. 7. Horizontal distributions of salinity at the surface of Suyoung Bay on October 17, 1989 and May 29, 1991.

월 17일 漲潮流時에는 해수의 유입으로 인해 河口域에서 高鹽分 分布를 형성하고 있고, 鹽分 33‰의 等值線은 河口의 서쪽인 廣安里 海水욕장 方向으로 뻗어 있다. 落潮流時에는 하천수의 유출로 인해 河口域에서 低鹽分 分布를 형성하고 있고, 鹽分 33‰의 等值線은 南東으로 뻗어 있다. 이와 같이 潮時에 따른 하구역에서의 염분분포도는 流出流 및 潮流의 이동에 따라 지배된다고 볼 수 있다. 강우 후(1991년 5월 29일) 河口域에서 鹽分은 漲潮流時가 落潮流時보다 다소 높고, 漲潮流時와 落潮流時 鹽分의 등치선 분포도는 각각 같수기(1989년 10월 17일) 때 漲·落潮流時 鹽分 分布圖와 유사하다. 그리고, 강우 후 하구에서 鹽分은 하천수 유출량의 증가로 인해 같수기(1989년 10월 17일) 때보

다 낮게 나타났다.

Fig. 8은 1992년 2월 19~20일(월령 15.3~16.3)에 St. 5에서 26시간 연속 관측한 鹽分과 SS의 變動特性을 나타낸다. 표층과 중층에서의 鹽分은 조위곡선에 대응하여 각각 20~30‰, 26.5~30.5‰ 사이에서 주기적으로 변하고, 저층에서는 거의 일정한 값을 보여주고 있다. 이것은 표층에서는 流出水의 영향을 크게 받아 鹽分의 변화폭이 크고, 저층으로 갈수록 流出水의 영향을 적게 받아 鹽分의 변화폭이 작기 때문이다. Fig. 8에서 조위곡선과 鹽分 曲線 사이에 약간의 위상차가 나타나는 것은 水營灣이 釜山港보다 평균만조간격이 빠르고, 또한 전류 후에도 담·염수의 혼합과 확산이 어느정도 진행되기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 이러한



현상은 전류시에 회전성 조류에 의해 형성되는 규모가 큰 渦(Large eddy)의 거동과도 밀접한 관계가 있을 것으로 생각되며, 이를 밝히기 위해서는 해수 유동의 Lagrange적 추적이 필요하다.

3. 浮遊物質의 鉛直 및 水平 分布特性

水營江에서 流出되는 汚濁水의 分布特性을 조사하기 위해 鹽分과 동일한 시간에 SS를 관측하여 각각 Fig. 9와 Fig. 10에 나타냈다. Fig. 9는 SS의 鉛直分포를 나타내고, Fig. 10은 표층에서 SS의 수평分포를 나타낸다. 갈수기(1989년 10월 17일) 때의 관측결과에 의하면, 河口域에서 SS값은 대체로 漲潮流時가 落潮流時보다 낮게 나타났다. 漲潮流時가 落潮流時보다 SS값이 낮은 이유는 외해수의 유입으로 인해 汚濁水가 희석되기 때문인 것으로 생각된다.

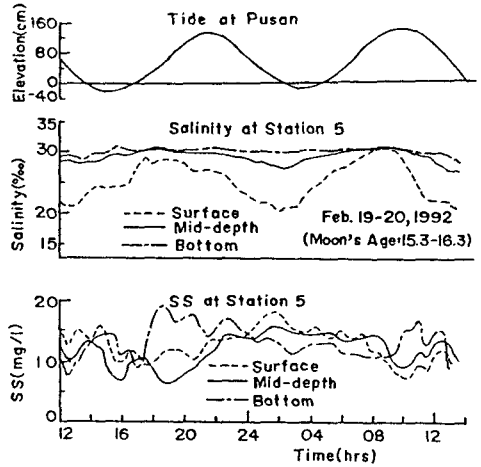


Fig. 8. Time variations of salinity and suspended sediment at St. 5 during February 19~20, 1992.

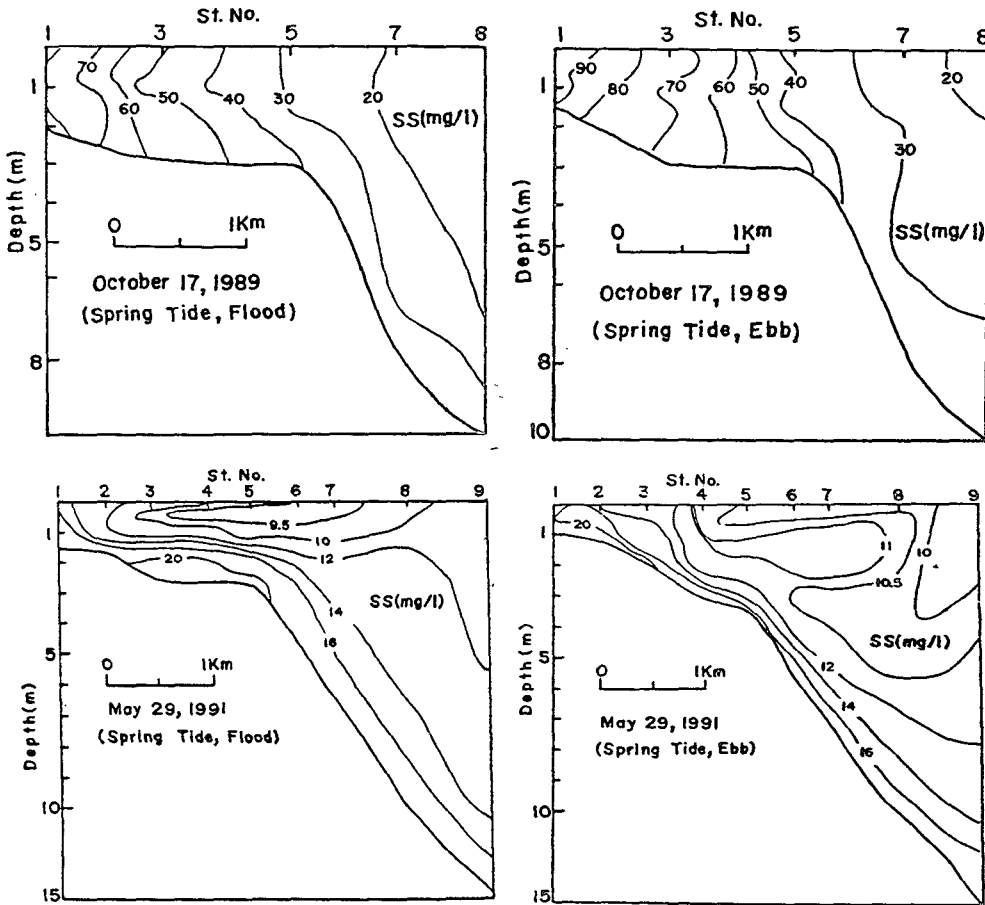


Fig. 9. Vertical distributions of suspended sediment in Suyoung Bay on October 17, 1989 and May 29, 1991.

漲潮流時의 SS 분포특성을 살펴보면, SS 극대치는 주로 저층에서 나타났고, SS 극소치는 주로 중층에서 나타났다. SS 극소치가 중층에서 나타난 것은 중층에서 河川水와 海水의 혼합이 잘 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 落潮流時의 SS 분포는 St. 2와 St. 3의 중간을 기준으로 하여 上流部에서는 표층에서 SS 극대치가 나타났고, 下流部에서는 저층에서 SS 극대치가 나타났다.

강우 후(1991년 5월 29일)의 관측결과에 의하면, SS 농도는 표층에서 낮고, 저층에서 높게 나타났으며, 상류단 부근을 제외하고는 漲潮流時와 落潮流時의 값이 서로 비슷하다. 수영강하구에서 SS는 강우 후(1991. 5. 29)가 갈수기(1989. 10. 17)보다 높아야 함에도 불구하고 훨씬 낮게 나타났다. 이와

같은 현상은 水營江河口의 SS는 주로 육지에서 수송된 토사보다는 생활배수 및 공장폐수로 인한 유기성 물질로 구성되어 있어서 강우 후에는 유출수의 증대로 인해 SS 농도가 희석되기 때문에 강우 후의 SS 농도가 갈수기 때의 SS 농도보다 낮게 나타난 것으로 생각된다. 강우량이 적은 경우에는 수영강하구에서 오탁물질로 구성된 SS 농도가 희석되어 이와 같은 현상이 일어날 수 있지만, 홍수시와 같이 유출량이 많은 경우에는 육지에서 수송되는 토사량이 많기 때문에 하구에서 SS 농도도 높게 나타날 것으로 생각된다. 또한, 수영강하구의 SS 농도는 수영강 상류에 설치된 하수종말처리장의 작동 여부와도 큰 관계가 있을 것으로 생각된다.

표층에서 SS의 수평分佈에 의하면, SS의 等値線

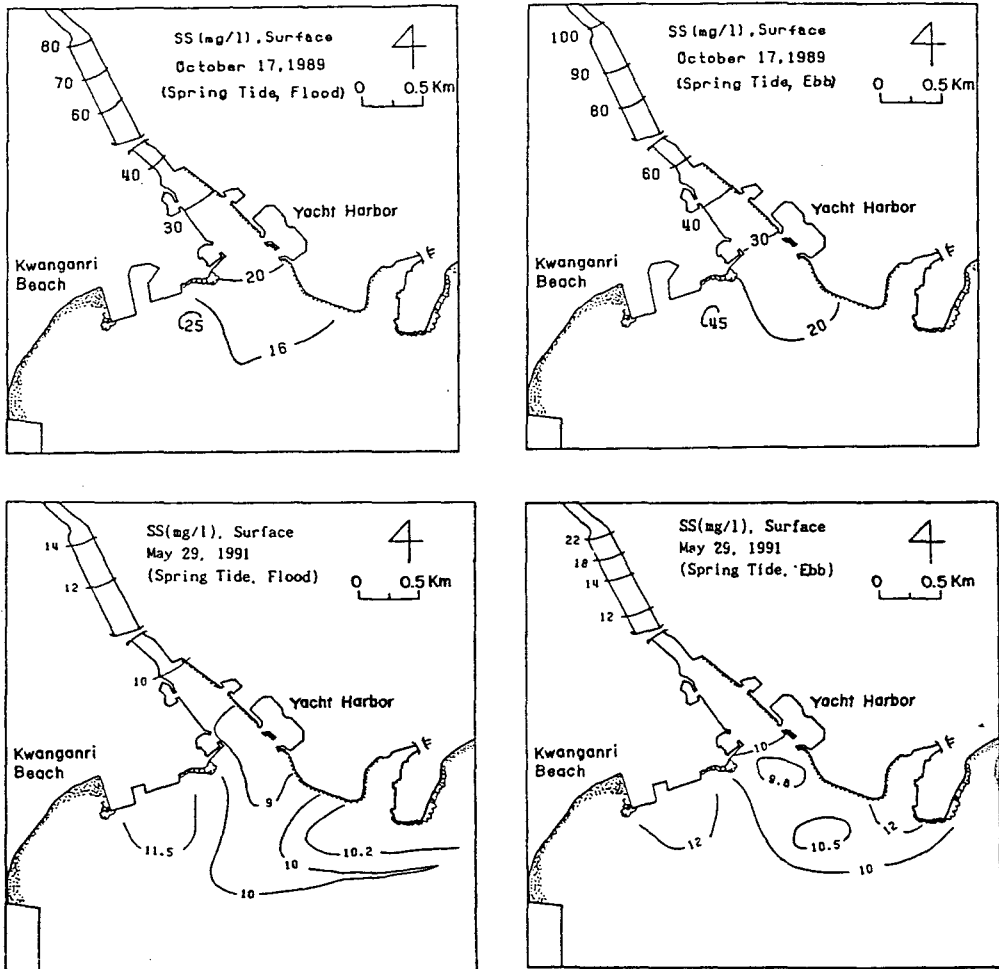


Fig. 10. Horizontal distributions of suspended sediment at the surface of Suyoung Bay on October 17, 1989 and May 29, 1991.

은 鹽分分布와 유사하게 落潮流時에는 남동쪽으로, 漲潮流時에는 서쪽으로 뻗어 있다. 河口域에서 SS의 濃度分布는 落潮流時에는 하천에서 유출되는 汚濁水의 영향으로 인해 高濃度分布를 나타내고, 漲潮流時에는 외해수의 유입으로 인해 低濃度分布를 형성하고 있다.

1992년 2월 19~20일 St. 5에서 26시간 연속관측 결과(Fig. 8)에 의하면, SS의 변동은 불규칙하게 나타났으나, 그 변동양상은 대체로 鹽分의 변동과는 상반되게 고조시에 SS 값이 낮고, 저조시에 SS 값이 높게 나타났다. 이것은 水營江河口의 SS는 해양에서 발생한 것이 아니라, 주로 육지에서 수송되었기 때문에 落潮流時에는 하천수의 유출로 인해 SS의 농도가 높고, 漲潮流時에는 SS 농도가 낮은 외해수의 유입으로 인해 희석되어 SS 농도가 낮은 것으로 생각된다.

그리고, 流出水의 擴散을 보다 시각적으로 선명하게 알아보기 위해 1989년 12월 15일 부산시에서 항공촬영한 사진을 Fig. 11에 나타냈다. 중앙기상대 부산측후소에서 측정한 강우량 기록표에 의하면, 1989년 12월 13일 13.0mm의 降水量을 기록하고 있다. Fig. 11에 나타나 있듯이 하구역에서 전선이 해운대 해수욕장 방향으로 형성되어 있다. 이와 같은 현상은 現地觀測에 의한 落潮流時 염분 및 SS의 확산패턴과 유사하다.

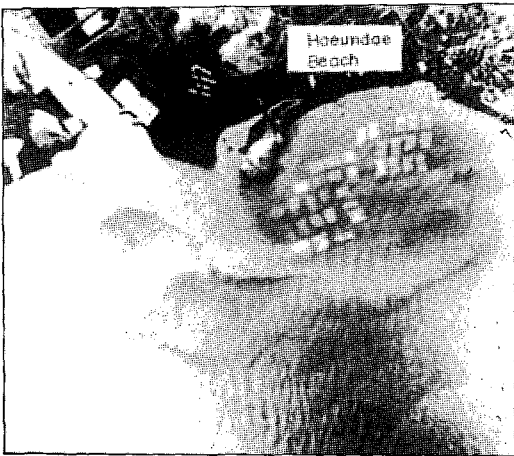


Fig. 11. Effluent pattern from Suyoung River on December 15, 1989 (Pusan City, unpublished).

要約 및 結論

현지관측에 근거하여 수영만의 조류, 염분 및 부유물질의 분포에 대한 연구를 하였으며, 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 수영만의 해수유동은 낙조류가 창조류보다 강하며, 또한 지속시간도 길다. 반일주조가 탁월하고, 만 중앙부에서는 시계방향으로 회전하는 환류가 나타났다. 만의 중앙부와 외해부근에서 항류는 대부분 N~WNW 방향으로 흐르고, 그 크기는 4~14cm/s 정도이다.

(2) 24시간 이상의 주기성분을 제거한 유속자료를 사용하여 산정한 Eulerian 확산계수는  $6.2 \times 10^4 \sim 4.2 \times 10^6 \text{cm}^2/\text{s}$  범위로서, 일반적으로 연안해역에서의 확산계수와 비슷한 크기를 보였다.

(3) 수영강하구의 염분분포는 창조류시에는 약 혼합형을 나타내고, 낙조류시에는 성층화된 현상을 보여주고 있다. 하구의 표층에서는 유출수의 영향으로 인해 염분의 변화폭이 크게 나타났으나, 저층으로 갈수록 염분의 변화폭이 작게 나타났다.

(4) 수영강하구의 SS 분포는 낙조류시에는 고농도 값을 나타내고, 창조류시에는 저농도 값을 나타냈으며, 하구에서 SS는 육지에서 수송된 생활폐수 및 공장배수로 인한 유기성 물질로 구성되어 있는 것으로 판단되었다. 또한, 하구에서 염분 및 SS는 하천유량이라고 하는 하구조건의 변화에 대단히 민감한 것으로 나타났다.

參考文獻

Hay, G.I. and Pasquill, F.. 1959. Diffusion from a continuous source in relation to the spectrum and scale of turbulence. *Advances in Geophysics*, 6, 345~365.

Taylor, G.I. 1921. Diffusion by continuous movements. *Proc. London Math. Soc.*, 20(196), 1~7.

김동선·조규대·이병걸. 1991. 수영만 해황의 계절적 변동 특성. *한국어업기술학회지*, 27(2), 105~119.

金次謙. 1992. 粘性土砂의 輸送機構와 3次元 輸送 모델. 釜山水產大學校 海洋工學科 工學博士學位論文, 184 pp.

金次謙·李宗燮. 1991. 河口에서 Two-level 모델에 의한 海水流動 및 擴散에 관한 數值實驗. *한국수산학회지*, 24(1), 59~69.

朴哲析. 1988. 水營灣口의 淡水·鹽水의 混合에 관한 研究. 釜山水產大學校 海洋工學科 工學碩士

