

## 한국 남해 마산만의 표층퇴적물 특성과 부유퇴적물의 계절별 변화 양상

### Characteristics of Surface Sediment and Seasonal Variation of Suspended Sediment in the Masan Bay, South Coast of Korea

최재웅<sup>+</sup> / 우한준<sup>\*\*</sup> / 최동림<sup>\*\*\*</sup> / 이태희<sup>\*\*\*\*</sup>

Jae Ung Choi<sup>+</sup> / Han Jun Woo<sup>\*\*</sup> / Dong Lim Choi<sup>\*\*\*</sup> / Tae Hee Lee<sup>\*\*\*\*</sup>

---

#### :: Abstract ::

Sedimentological investigations on surface and suspended sediments were performed in Masan Bay of the South Sea in order to reveal recent changes in depositional environments concerning anthropogenic influence. Surface sediments had been classified as 3 sediment facies: mud, slightly gravelly mud, and gravelly mud. In general, mud facies with more than 60% of silt is predominant and slightly gravelly mud facies occurs at the watercourse of bay's central area. The silt-dominant mud facies appears to be predominant before and after dredging. Temperature and salinity changes during one tidal cycle for each season suggest that water columns were stratified without vertical mixing regardless of the season due to weak intensity of tide from the effect of geographical features. The effect of freshwater discharge from the land seems to be insignificant. The strongest current was observed during ebb tide in spring and autumn while observed during flood tide in summer and winter. Net sediment flux (fs) and net suspended sediment transport (Qs) for suspended sediment were determined by remaining drift developed here. Net suspended sediment transport loads were seaward with  $62.02 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $31.84 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$  in spring and fall, respectively, and landward with  $18.23 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $3.22 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$  in summer and winter, respectively.

**Keywords:** Masan Bay, Surface sediment, Suspended sediment

---

+ To whom corresponds should be addressed. jaeung@kordi.re.kr

\* 한국해양연구원 해저환경연구사업단 연구원

\*\* 한국해양연구원 해저환경연구사업단 책임연구원

\*\*\* 한국해양연구원 남해연구소 남해특성연구본부 책임연구원

\*\*\*\* 한국해양연구원 해양생태기능연구사업단 연구원

## :: 요 지 ::

한반도 남해안에 위치하는 마산만의 퇴적환경을 파악하기 위해 표층퇴적물과 부유퇴적물의 조사를 실시하였다. 마산만에서 채취된 표층입도 분석결과 표층퇴적물은 펄(Mud), 자갈이 약간 함유된 펄 (slightly gravelly Mud), 자갈펄(gravelly Mud) 등 총 3개의 퇴적상으로 구분되었다. 전반적으로 펄이 우세한 퇴적상이며 만 중앙부의 수로 지역에서 약간의 자갈이 함유된 펄이 나타났다. 준설전과 준설후의 퇴적상은 큰 차이가 없이 실트가 우세한 펄이 주로 분포한다. 계절별로 1조석 주기동안 관측된 자료에 의하면, 수온과 염분은 지형의 영향으로 약한 조류로 인하여 계절에 상관없이 성층을 이루고 있으며, 수직적인 혼합은 발생하지 않았다. 육상에서 유입되는 담수와 외해수의 영향은 작으므로 보여 진다. 최강유속은 봄과 가을에는 낙조시에 나타나며, 여름과 겨울에는 창조시에 나타난다. 그리고 여기에서 발생하는 잔류유속에 의해 부유물질의 순이동률과 순이동량의 방향이 결정되는 것으로 나타났다. 부유퇴적물의 순이동량은 봄과 가을에 각각  $62.02 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $31.84 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ 의 양이 외해쪽으로 향하며, 여름과 겨울에 각각  $18.23 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $3.22 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ 의 양이 내만쪽으로 향하였다.

**핵심용어:** 마산만, 표층퇴적물, 부유퇴적물

### 1. 서론

한반도 서해안과 남해안은 하구역을 제외하면 퇴적물을 해양으로 공급하는 수계가 거의 없는 반폐쇄형의 리아(ria)형 만(bay)들로 이루어져 있다. 이러한 만에서 부유퇴적물의 운반과 퇴적양상은 좁은 만 입구를 통하거나 만내에서 발생하는 조류와 파랑 그리고 육상에서 유입되는 담수에 크게 영향을 받는다(류상욱 등, 1999). 만내로 유출입되는 부유퇴적물의 특성은 또한 만내의 조간대와 조하대의 퇴적작용과 밀접히 관련된다. 따라서 만 입구에서 부유퇴적물의 농도와 유출입량을 파악하는 것은 만내의 현생퇴적작용을 이해하는데 있어 매우 중요하다. 한반도 남동쪽에 위치하는 마산만은 해안선의 굴곡이 심하며 폐쇄성이 강한 지형(Fig. 1)으로, 기존의 관측 자료로부터 해수유동 및 해수의 물리적 특성을 보면, 반일주조가 우세하며 평균조차는 130cm, 대조차는 191cm, 만내의 유속은 대조시 18cm/s, 소조시 5cm/s 미만이다(해양연구소, 1992, 1995). 만내에 퇴적된 세립질 퇴적물의 많은 양이 낙동강에서 기원된 퇴적물로, 연안류와 조류의 영향을 받아 남부해안에 니질대를 형성하는

것으로 알려져 있다(Park, 1985; Park et al., 1996). 마산만은 만내로 유입되는 담수의 양이

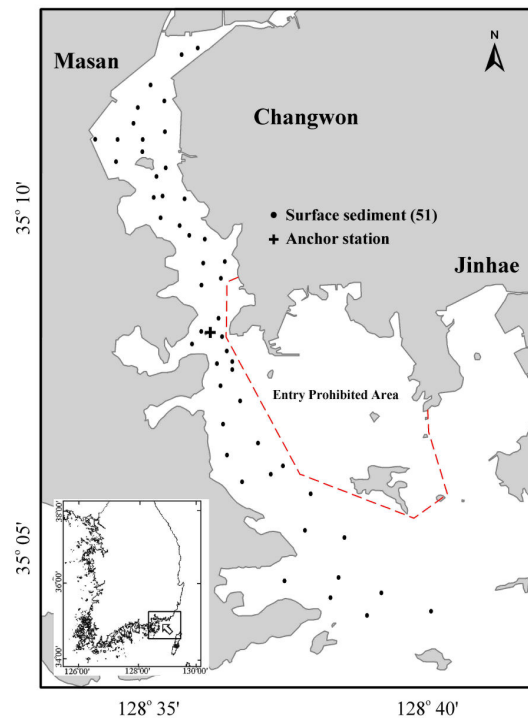


Fig. 1. Map showing 51 surface sediment sampling stations and anchor station in the study area.

적어 육상기원의 퇴적물이 외해로 유출되기 어렵고, 또한 거의 폐쇄된 지형의 영향으로 외해와의 해수 교환도 제한적이어서 부유물질이 만내에 축적되는 경향이 있다(안태영, 1985; 이찬원과 권영택, 1995). 이에 본 연구는 육상에서의 담수의 영향이 적은 폐쇄된 지형의 만 중앙부의 주수로(main channel)를 통해 만내부에서 이동하는 부유물질을 관측하여 마산만의 현생퇴적작용을 파악하며, 나아가 계절별 퇴적작용을 예측하는데 중점을 두었다.

## 2. 연구방법

### 2.1 표층퇴적물

마산만 표층퇴적물의 분포특성을 알아보기 위해 연구지역내 51개 정점에서 van Veen Grab Sampler를 이용하여 표층퇴적물을 채취하였다. 현장에서 채취된 시료는 실험실로 옮겨진 후 약 5g을 비커에 떨어내어 0.1N 염산(HCl)과 10% 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 넣어 탄산염과 유기물을 제거하였다. 이렇게 준비된 시료는 4 $\phi$ 체를 이용하여 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질과 세립질 퇴적물로 분리하였다. 4 $\phi$  이하의 조립질 시료는 Grandex 2000 입도분석기(Particle size analyzer)에서 0.5 $\phi$  간격으로 체질한 후 입도 등급별로 무게 백분율을 구하였다. 4 $\phi$  이상의 세립질 시료는 전체를 대표할 수 있는 시료 2g을 취해 X-선 자동입도 분석기인 Sedigraph 5100을 이용하여 입도 무게 백분율을 구하였다. 계산된 각 입도 등급별 무게 백분율을 이용하여 Inclusive Graphic Method(Folk and Ward, 1957)에 따라 평균

입도, 분급도, 왜도, 첨도 등의 통계학적 변수들을 구하였다.

### 2.2 부유퇴적물 유출입

마산만 부유퇴적물의 거동과 유출입량을 파악하기 위해 마산만 중앙부 1개 정점에서 2004년 10월과 12월, 그리고 2005년 6월과 8월 4차례에 걸쳐 1 조석주기 동안 정선관측을 실시하였다. 이 정점에서 유속, 유향, 수온, 염분은 30분 간격으로 음향 도플러 유속계의 일종인 RCM9(Anderaa Co.)를 이용하여 측정하였으며, 부유물질농도는 1시간 간격으로 각 수층에서 채수펌프(Jacob Co., Model Mini 200)를 이용하여 해수를 채수하여 측정하였다.

각 수층에서 얻어진 유속, 유향, 수심 그리고 부유퇴적물의 농도값을 이용하여 만 중앙부에서의 세립질 부유퇴적물의 유출입률을 다음과 같은 식 (1)에 의해 계산하였다(Gao et al., 1990).

여기서,  $f_s$ 는 각 층에서 부유퇴적물의 순이동률(net sediment flux;  $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$  단위를 붙여 쓸 것, 이하동일),  $C$ 는 부유퇴적물 농도( $\text{kgm}^{-3}$ ),  $V$ 는 유속( $\text{ms}^{-1}$ ),  $T$ 는 관측시간(12 h), 그리고 각각의 아래첨자는 시계열자료를 나타낸다.

1 조석주기 동안 순 부유 퇴적물 이동량(net suspended sediment transport;  $Q_s$ ,  $\times 10^3 \text{kgm}^{-1}$ )은 다음 식 (2)에 의해 계산되었다.

$$Q_s = (Q_1^2 + Q_2^2)^{1/2} \quad (2)$$

여기서,  $Q_1$ 과  $Q_2$ 는  $Q_s$  중에서 각각 동-서 방향과 남-북 방향의 성분을 말한다.

$$f_s = (1/T) \int_T CVdt \quad (1)$$

$$= (1/12) \left[ \sum_{i=2}^{12} C_i V_i + (1/2)(C_1 V_1 + C_{13} V_{13}) \right]$$

$$\begin{aligned}
Q_1 &= \int_T \int_H CV \sin \alpha dh dt \\
&= \left[ \sum_{i=2}^{13} H_i \langle C_i V_i \sin \alpha_i \rangle + (1/2)(H_1 \langle C_1 V_1 \sin \alpha_1 \rangle \right. \\
&\quad \left. + H_{13} \langle C_{13} V_{13} \sin \alpha_{13} \rangle \right] \times 12 \times 3600
\end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
Q_2 &= \int_T \int_H CV \cos \alpha dh dt \\
&= \left[ \sum_{i=2}^{13} H_i \langle C_i V_i \cos \alpha_i \rangle + (1/2)(H_1 \langle C_1 V_1 \cos \alpha_1 \rangle \right. \\
&\quad \left. + H_{13} \langle C_{13} V_{13} \cos \alpha_{13} \rangle \right] \times 12 \times 3600
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
\langle C_i V_i \sin \alpha_i \rangle &= (1/H_i) \left[ \sum_{j=1}^{n-1} D_j (C_{i,j} V_{i,j} \sin \alpha_{i,j} + C_{i,j+1} V_{i,j+1} \sin \alpha_{i,j+1}) \right. \\
&\quad \left. + 0.5 \times C_{i,1} V_{i,1} \sin \alpha_{i,1} + 1.5 \times C_{i,n} V_{i,n} \sin \alpha_{i,n} \right]
\end{aligned} \tag{5}$$

그리고

$$\begin{aligned}
\langle C_i V_i \cos \alpha_i \rangle &= (1/H_i) \left[ \sum_{j=1}^{n-1} D_j (C_{i,j} V_{i,j} \cos \alpha_{i,j} + C_{i,j+1} V_{i,j+1} \cos \alpha_{i,j+1}) \right. \\
&\quad \left. + 0.5 \times C_{i,1} V_{i,1} \cos \alpha_{i,1} + 1.5 \times C_{i,n} V_{i,n} \cos \alpha_{i,n} \right]
\end{aligned} \tag{6}$$

여기서,  $\alpha$ 는 진북에 대한 유향, H는 수심, 그리고  $\langle \rangle$ 는 수심평균값을 의미하며, 수심평균은 다음 식 (5), (6)과 같이 정의된다.

여기서,  $D_j$ 는 수직프로파일링에 있어 인접한 수층간의 수심차이며, n은 관측된 수층의 전체수이다.  $Q_s$ 의 최종적인 방향은  $Q_1$ 과  $Q_2$ 로부터 결정된다.  $Q_s$ 와  $f_s$ 간의 상호관계는 다음 식 (7)과 같다.

$$Q_s \sin \theta = T \int_H f_s dh \tag{7}$$

위 식에서  $\theta$ 는  $Q_s$  방향과 관측정점들이 위치한 측선방향간의 각도이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 표층퇴적물

마산만에서 51개의 표층퇴적물 시료를 채취하여 분석한 결과 펄(Mud), 자갈이 약간 함유된 펄(slightly gravelly Mud), 자갈펄(gravelly Mud)등의 총 3개의 퇴적상으로 구분되었다(Fig. 2a). 전체적으로 펄퇴적물이 우세하나 마산만 중앙의 수로 부근에서 자갈이 함유된 펄 퇴적상이 나타났다. 실트는 대부분의 정점에서 60%이상의 높은 함량비를 보이며 내만과 만입구에서 70%이상의 높은 함량비를 보인다(Fig. 2b). 표층퇴적물의 평균입도는 5.76-8.83 $\phi$  범위로 대부분의 지역이 7 $\phi$ 이상의 세립한 퇴적물로 구성되어있다(Fig. 2c). 표층퇴적물의 분급도는 1.06-4.22 $\phi$

의 범위로 변화폭은 크나 만 중앙부를 제외하면 대체적으로 양호하거나 불량한 분급을 나타낸다 (Fig. 2d). Hong(1983)과 우한준 등(1999)의 연구에서 나타난 마산만 내 표층퇴적물의 특성은 본 연구에서와 비슷하게 실트의 함량비율이 60% 이상으로 보고되고 있다. 1990년과 1994년 사이에 이루어진 마산만 준설공사가 있기 전과 후에도 거의 퇴적상이 변하지 않았다. 우한준 등(2003)의 연구에 의하면 마산만의 퇴적속도는

0.33 cm/yr으로 퇴적률이 매우 낮게 나타났다. 이는 낙동강에서 기원된 세립질 퇴적물이 연안류와 조류를 통해 계속적으로 진해만과 마산만으로 공급이 이루어지나(Park, 1985; Park et al., 1996), 마산만의 폐쇄된 지형 특성으로 인해 직접적인 퇴적물의 유입이나 저층에서 세립질 퇴적물의 재부유가 거의 발생하지 않기 때문으로 보여진다.

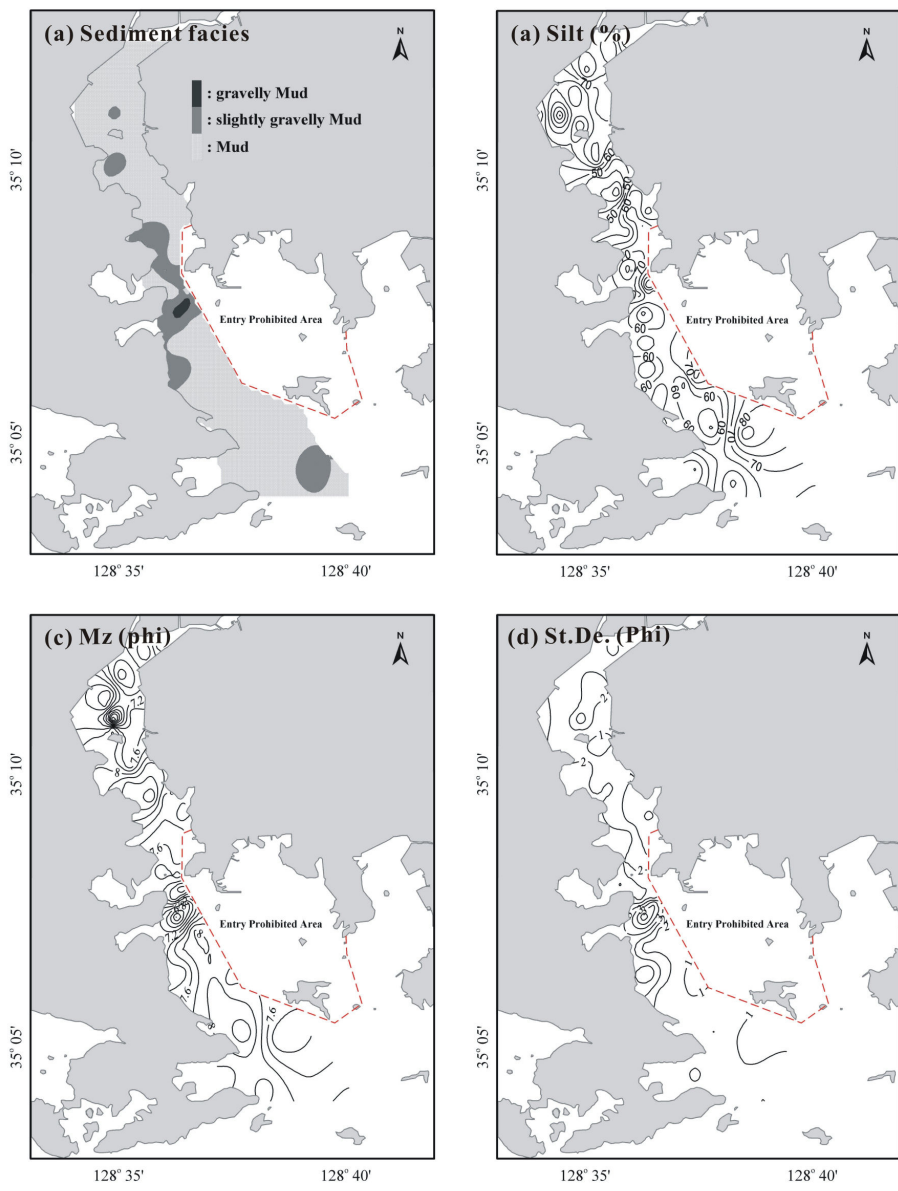


Fig. 2. Distribution of textural parameters on surface sediments.

### 3.2 수온과 염분

마산만의 중앙부에서 계절별로 1조석 주기동안 정선관측된 수온과 염분의 수층별 변화를 Fig. 3와 Fig. 4에 나타내었다.

수온은 가을(10월)과 겨울(12월)에 각각 18.41–18.96°C와 11.96–12.55°C의 범위로 조석별 온도차는 거의 나타나지 않았다. 수층별로 표층과 저층의 온도차가 0.4°C 내외로 미약한 성층이 형성되어 수직적 혼합은 나타나지 않았다.

봄(6월)과 여름(8월)에는 수온이 각각 18.13–24.17°C와 16.04–27.12°C의 범위로 조석별 온도차는 거의 나타나지 않았다. 표층과 저층의 수온차가 각각 6°C와 11°C로 성층이 형성되어 수직적 혼합은 나타나지 않았다(Fig. 3). 일반적으로 연안환경에서는 여름철 해수의 온도가 해안선에서 외해쪽으로 향하면서 낮아지는 경향을 보이지만(Amos et al., 1991), 마산만의 중앙에서 관측된 수온 변화는 이와는 반대로 모든 계절에서 창조시 수온이 상대적으로 약간 올라가는 경

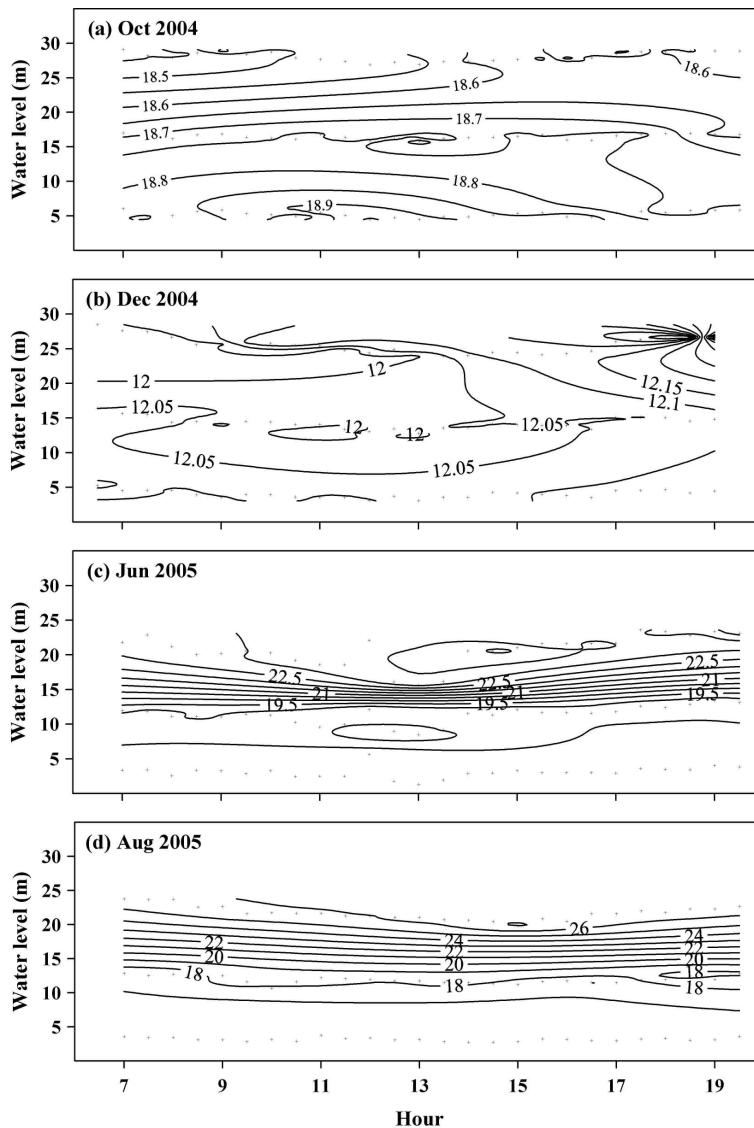


Fig. 3. Time-series of water temperature measurements at the anchor station.

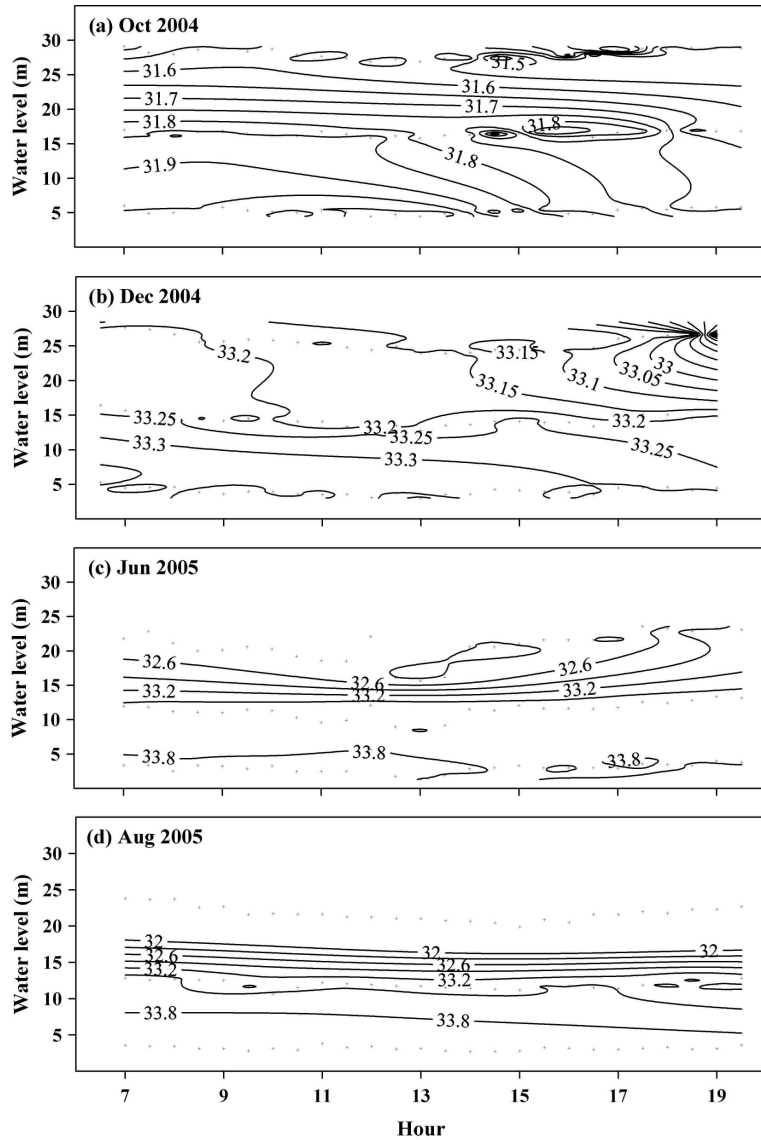


Fig. 4. Time-series of salinity measurements at the anchor station.

향을 보인다. 이는 지형 특성상 담수와 해수의 영향이 적고, 한낮의 기온 상승으로 표층의 수온이 약간의 영향을 받기 때문으로 보인다.

염분은 강우의 영향을 받는 가을(10월)을 제외한 나머지 계절에서 PSU로 32-34의 범위를 보이며, 조석별 염분의 변화도 나타나지 않았다. 수층별 염분은 수온과 비슷하게 성층이 형성되어 있다(Fig. 4). 해수의 밀도는 염분도에 많은 영향을 받기 때문에 연안에서 담수가 유입될 경우 수괴의 성층현상이 발생한다(Gordon and

Desplanque, 1983). 하지만 마산만은 연안에서의 담수유입이 적어 밀도차에 의한 성층으로는 보여 지지 않으며, 단지 마산만의 폐쇄된 환경특성으로 인해 발생하는 약한 조류의 영향으로 수괴의 혼합이 이루어 지지 않아 성층이 유지되는 것으로 보여 진다.

### 3.3 조류

계절별로 1조석 주기동안 정선관측된 유속과 유향의 수층별 변화를 Fig. 5에 나타내었다.

가을(10월)에 나타난 조류의 세기는 1.76–36.37  $\text{cm s}^{-1}$ 의 범위로, 창조시 최강유속은 29.04  $\text{cm s}^{-1}$ 이고 낙조시 최강유속은 36.37  $\text{cm s}^{-1}$ 였다. 조석별 각 수층의 평균유속은 창조시에 평균 13.15(표층), 15.41(중층), 16.88  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 그리고 낙조시에 22.34(표층), 13.27(중층), 11.75  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 분포를 보였다. 겨울(12월)에 나타난 조류의 세기는 2.05–24.64  $\text{cm s}^{-1}$ 의 범위의 분포를 보이며 최강유속은 창조시 29.80  $\text{cm s}^{-1}$ , 낙조시 27.02  $\text{cm s}^{-1}$ 로 창조시 최강유속이 우세하게 나타났다. 조석별 각 수층의 평균유속은 창조시에 평균 9.88(표층), 11.53(중층), 9.54  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 그리고 낙조시에 13.92(표층), 12.03(중층), 5.82  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 분포를 보였다. 봄철(6월)의 유속은 1.47–21.70  $\text{cm s}^{-1}$ 의 범위의 분포를 보이며, 최강유속은 창조시 21.70  $\text{cm s}^{-1}$ , 낙조시 25.22  $\text{cm s}^{-1}$ 로 낙조시 최강유속이 우세하게 나타났다.

조석별 각 수층의 평균유속은 창조시에 평균 12.79(표층), 8.41(중층), 6.36  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 그리고 낙조시에 15.36(표층), 5.98(중층), 6.84  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 분포를 보였다. 여름(8월)의 유속의 세기는 1.17–25.22  $\text{cm s}^{-1}$ 의 범위의 분포를 보이며, 최강유속은 창조시 25.22  $\text{cm s}^{-1}$ , 낙조시 12.30  $\text{cm s}^{-1}$ 로 창조시 최강유속이 우세하게 나타났다. 조석별 각 수층의 평균유속은 창조시에 평균 18.77(표층), 8.30(중층), 5.30  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 그리고 낙조시에 6.21(표층), 6.13(중층), 5.67  $\text{cm s}^{-1}$ (저층) 분포를 보였다.

봄과 가을에는 낙조시의 유속이 강하며, 여름과 겨울에는 창조시의 유속이 강하게 나타나, 창조와 낙조의 최강유속의 세기가 서로 다른 비대칭성을 보이고 있다(Fig. 5). 마산만에서 나타나는 유속의 세기는 강화도(우한준 등, 2004)와 광양만(김석윤과 이병관, 2004)과 비교했을 때 매우 낮은 값이다.

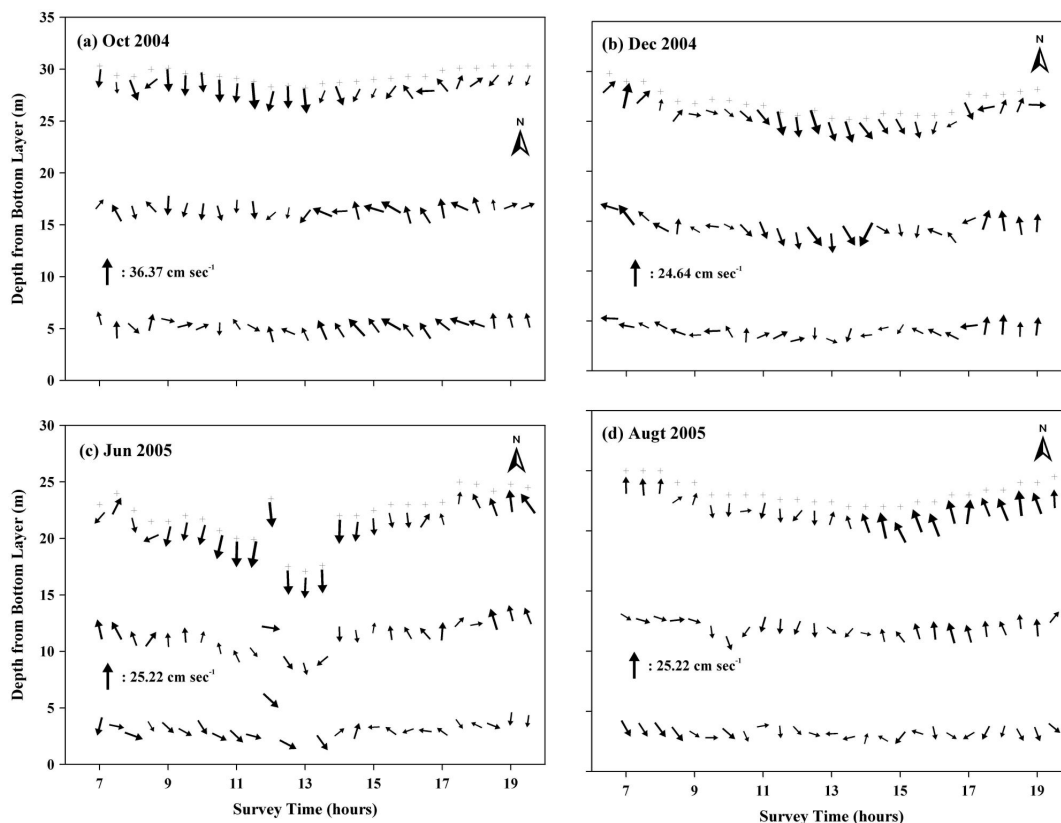


Fig. 5. Tidal current speeds and directions for one tidal cycle.



### 3.4 부유퇴적물의 순이동률과 순이동량

Table 1과 Fig. 6에 각 계절별로 관측된 조류의 유속과 유향, 부유퇴적물의 농도의 시계열 자료를 이용하여 수층별 부유퇴적물 순이동률(net suspended sediment flux)과 잔여유속(residual flow)을 나타내었다. 계산된 값들은 내만쪽으로 향하는 양(+)의 방향과 외해쪽으로 향하는 음(-)의 방향으로 표시하였다. 가을(10월)에는 잔여유속이 -12.47(표층), 0.03(중층), 7.27(저층)  $\text{cm s}^{-1}$ 이며, 부유퇴적물 순이동률은 -12.62(표층), -1.66(중층), 44.06(저층)  $\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 표층과 중층에 비해 저층으로 많이 유입되었다. 겨울(12월)에는 잔여유속이 -4.74(표층), -0.85(중층), 2.49(저층)  $\text{cm s}^{-1}$ 이며, 부유퇴적물 순이동률은 -6.72(표층), 6.47(중층), 5.44(저층)  $\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 중층과 저층을 통해 내만으로 유입되었다. 봄(6월)에는 잔여유속이 -8.86(표층), 3.60(중층), -3.95(저층)  $\text{cm s}^{-1}$ 이며, 부유퇴적물 순이동률은 -36.54(표층), 15.20(중층), -5.50(저층)  $\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 중층과 저층에 비해 표층을

통해 외해로 많이 유출되었다. 여름(8월)에는 잔여유속이 -12.47(표층), 0.03(중층), 7.27(저층)  $\text{cm s}^{-1}$ 이며, 부유퇴적물 순이동률은 -12.62(표층), -1.66(중층), 44.06(저층)  $\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 으로 표층과 중층에 비해 저층으로 많이 유입되었다.

Fig. 6에서 보이듯이 마산만 중앙부에서 계산된 잔여유속 분포는 부유퇴적물의 순이동률과 일치되게 나타나고 있다. 이는 부유세립질 퇴적물의 이동량은 부유퇴적물의 농도가 조석에 따라 크게 영향을 받더라도 조석의 영향이 제거된 잔여유속 분포에 의해 좌우된다는 Nichols(1977)의 연구에서 적용조건이 되는 것과 같이 마산만에서도 잔여유속에 의해 부유물질의 순이동률이 조절되는 것으로 나타났다.

유속과 부유퇴적물의 농도를 고려하여 수심 적분한 부유퇴적물의 순이동량(net suspended sediment transport load)은 가을에  $31.84 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ , 겨울에  $3.22 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ , 봄에  $62.02 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ , 여름에  $18.23 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ 으로 계산되었다.

Table 1. Summary of residual flow, net sediment flux and net suspended sediment transport load of one tidal cycle at anchor station.

Date	Layer	$R_f^*$ ( $\text{cm s}^{-1}$ )	$f_s^*$ ( $\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Net sediment transport $Q_s^*(\times 10^{-3} \text{ kgm}^{-1})$ Dir.(deg.)	
2004.12.26	Surface	-12.47	-12.62	31.84	191
	Middle	0.03	-1.66		
	Bottom	7.27	44.06		
2004.12.14	Surface	-4.74	-6.72	3.22	347
	Middle	-0.85	6.47		
	Bottom	2.49	5.44		
2005.06.25	Surface	-8.86	-36.54	62.02	179
	Middle	3.60	15.20		
	Bottom	-3.95	-5.50		
2005.08.18	Surface	9.24	8.63	18.23	0
	Middle	1.57	5.96		
	Bottom	-4.05	-9.37		

\*  $R_f$  denotes residual flow,  $f_s$  net suspended sediment flux and  $Q_s$  net suspended sediment transport load. Negative value indicates seaward movement.

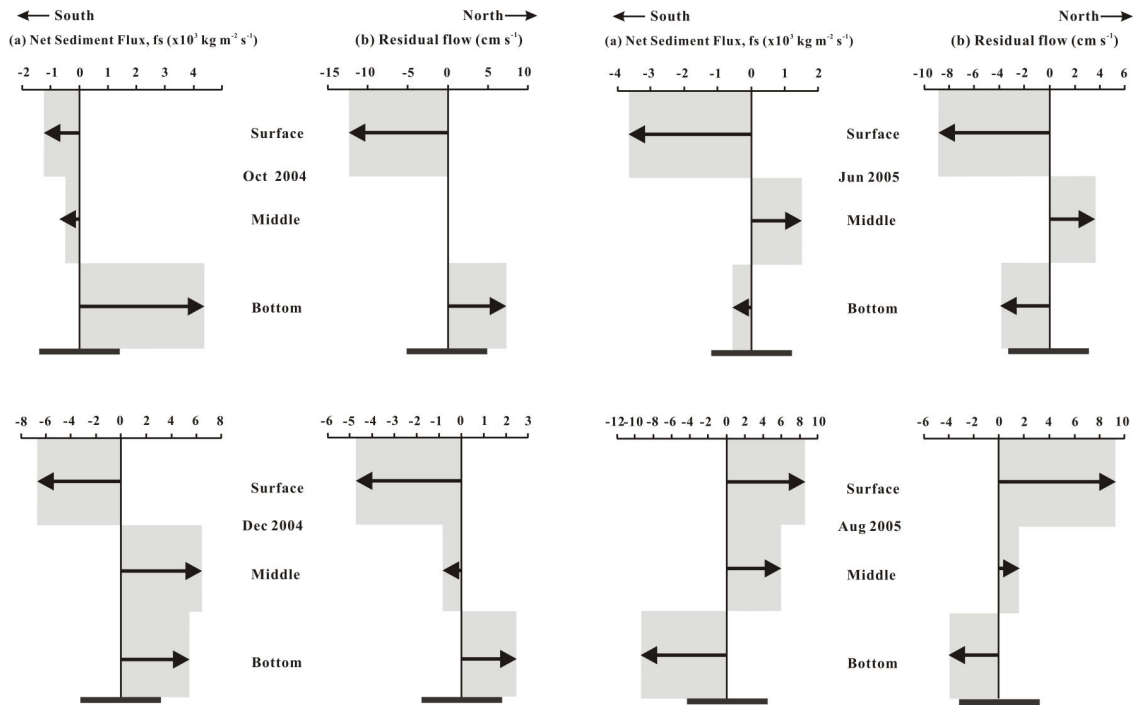


Fig. 6. Calculated net sediment flux (a) and residual flow (b) throughout water column for one tidal cycle at anchor station.

마산만과 같은 반폐쇄형 형태의 만에서의 현생 퇴적작용은 만입구를 통해 유출입되는 부유퇴적물의 이동양상에 따라 결정된다. 따라서 만내에서 발생하는 전체적인 퇴적양상을 파악하기 위해서는 만에 유출입되는 부유퇴적물의 조석별 그리고 계절별 이동양상을 밝혀야 한다. 계절별로 관측된 자료에 의하면 낙조류가 강하게 나타나는 봄과 가을에 외해쪽으로 유출이 발생하고, 창조류가 강하게 나타나는 겨울과 여름에 내만쪽으로 유입이 발생하였다(Table 1). 이에따라 마산항을 중심으로 하는 만 상부지역에서는 봄과 가을에 상대적으로 많은 침식이 발생하고, 여름과 겨울에는 미약하지만 퇴적이 발생하는 것으로 보여진다.

#### 4. 결론

마산만에서 채취된 표층입도 분석결과 표층퇴적물은 펄(Mud), 자갈이 약간 함유된 펄 (slightly gravelly Mud), 자갈펄(gravelly

Mud)등 총 3개의 퇴적상으로 구분되었다. 전반적으로 펄이 우세한 퇴적상이며 만 중앙부의 수로 지역에서 약간의 자갈이 함유된 펄이 나타났다. 준설전과 준설후의 퇴적상은 큰 차이가 없이 실트가 우세한 펄이 주로 분포한다.

계절별로 1조석 주기동안 관측된 자료에 의하면, 수온과 염분은 지형의 영향으로 약한 조류로 인하여 계절에 상관없이 성층을 이루고 있으며, 수직적인 혼합은 발생하지 않았다. 육상에서 유입되는 담수와 외해수의 영향은 작은 것으로 보여진다. 최강유속은 봄과 가을에는 낙조시에 나타나며, 여름과 겨울에는 창조시에 나타난다. 그리고 여기에서 발생하는 잔류유속에 의해 부유물질의 순이동률과 순이동량의 방향이 결정되는 것으로 나타났다. 부유퇴적물의 순이동량은 봄과 가을에 각각  $62.02 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $31.84 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ 의 양이 외해쪽으로 향하며, 여름과 겨울에 각각  $18.23 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ ,  $3.22 \times 10^3 \text{ kgm}^{-1}$ 의 양이 내만쪽으로 향하였다.

## 사 사

본연구는 한국해양연구원 기관고유사업인 “남해 특별관리해역의 환경위해성 평가 연구: 마산 연안 중심 연구 (PE 91800)”의 일환으로 수행되었습니다. 논문을 심사하여 주시고 좋은 의견을 주신 박장준 박사님과 이연규 교수님께 진심으로 감사드립니다.

## 참고문헌

김석윤, 이병관 (2004). 2003년 3월 대조기 광양만 부유퇴적물의 유출입에 관한 연구. 한국수산학회지, 37(6), pp. 511-516.

류상욱, 유환수, 김주용, 이인근, 김민지 (1999). 한국 서남부 탄도만의 표층퇴적물 분포와 동계 동안 부유물질의 운반양상. 한국지구과학회지, 20, pp. 486-496.

안태영 (1985). 진해만 생태계에 있어서 미생물 분포에 영향을 미치는 환경요인의 분석. 서울대학교 박사학위논문, 서울대학교, pp. 253

우한준, 김효영, 정갑식, 천중화, 김성은, 추용식 (1999). 마산만 퇴적환경 오염에 따른 저서성 유공충 분포 변화. 한국해양학회지 바다, 4, pp. 144-154.

우한준, 박장준, 이연규, 제종길, 최재웅 (2004). 한국 서해 강화 갯벌의 퇴적물 특성. 한국습지학회지, 6, pp. 167-178.

우한준, 조진형, 정갑식, 정창수, 권수재, 박성민 (2003). 중금속 원소와 유공충을 이용한 마산만 퇴적물의 오염 역사에 관한 연구. 한국지구과학회지, 24, pp. 635-649.

이찬원, 권영택 (1995). 퇴적오니 준설과 해양환경변화. 경남대학교 출판부, pp. 215

한국해양연구소 (1992). 진해만 해양관측 자료집 (I). pp. 50

한국해양연구소 (1995). 연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구(I). BSPN 00260-807-6, pp. 865

Amos, C.L., Tee, K.T. and Zaitlin, B.A. (1991). The post-glacial evolution of Chignecto Bay, Bay of Fundy, and its modern environment of deposition. in: Clastic Tidal Sedimentology. edited by Smith, D.G., G.E. Reinson. B.A. Zaitlin and R.A. Rahmni, Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, Canada. pp. 59-89.

Flok, R.L. and W.C. Ward (1957). Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J. Sediment. Petrol., 27: pp. 3-26.

Gao, S., Q.C. Xie and Y.J. Feng. (1990). Fine-grained sediment transport and sorting by tidal exchange in Xiangshan Bay, Zhejiang, China, Est., Coast. Shelf Sci., 31: pp. 397-409.

Gordon, D.C. and Desplanque, C. (1983). Dynamics and environmental effects of ice in the Cumberland Basin of the Bay of Fundy. Canadian Jour. of Fisheries and Aquatic Sci., 40: pp. 1331-1342.

Hong, J.S. and J.H. Lee. (1983). Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 18: pp. 169-179.

Nichols, M.M. (1977). Response and recovery of an estuary following a river flood. Journal of Sedimentary Petroleum, Vol. 47, pp. 1171-1186.

Park, S.C., S.K. Hong and D.C. Kim (1996). Evolution of late Quaternary deposits on the inner shelf of the South Sea of Korea. Mar. Geol., 131: pp. 219-232.

Park, Y.A. (1985). Late Quaternary sediment on the continental shelf off the southeast coast of Korea, a further evidence of relict sediment. J. Oceanol. Soc. Korea, 20: pp. 55-61.