

## 광양만내의 현장 부유입자물질 분포와 거동

이병관\* · 김석윤\*\* · 조현민\*\*\*

\*(주)오션이엔지

\*\*부경대학교 해양학과

\*\*\*부경대학교 해양공학과

## Distribution and Behaviors of In-Situ Suspended Particulate Matters of Gwangyang Bay

Byoung-Kwan Lee\*, Seok-Yun Kim\*\* and Hyun-Man Cho\*\*\*

\*Oceaneng Co., LTD., Gwangju, Gyeonggi-do, Korea

\*\*Dept of Oceanography, Pukyong National University, Busan, Korea

\*\*\*Dept of Ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

**KEY WORDS:** Seomjin river estuary 섬진강하구, Gwangyang bay 광양만, In-situ particle size 현장입도, Suspended particulate matters 부유입자물질, LISST-100 수중입도분석기

**ABSTRACT:** The concentration and size analysis of in-situ suspended particulate material were measured using an optical instrument, LISST-100, in the bottom layer at the three inlets of the Seomjin River Estuary, mouth of Gwangyang bay, and Gwangyang bay-side of the Namhae Bridge. In the Seomjin river estuary and mouth of Gwangyang bay-side of the Namhae Bridge, the in-situ mean grain size of the suspended material changed from a uni-modal distribution with a dominant peak at a coarse fraction to a bi-modal distribution with a secondary peak at the finer particles. Seomjin River. The interactions between suspended particulate concentration and beam attenuation coefficient of suspended particulate matters depended on the supply of finer and coarser particles in the mouth of Gwangyang Bay and Seomjin River. So, interactions reflected difference of the concentration, mean size and sorting of suspended particulate matters. The difference of interaction showed dynamic behaviors to the resuspension and deflocculation processes increased river discharge. This showed that it may be possible to use the interactions between the suspended particle concentration and beam attenuation coefficient to monitor the temporal and spatial distributions of in-situ particles.

### 1. 서 론

한반도의 남해안은 마지막 최대빙하기(Last glacial maximum) 이후 해수면 상승에 의해 침수된 리아형 해안으로 복잡한 해안선을 따라 크고 작은 만과 하구가 발달되어 있다. 광양만의 북측에 위치하는 섬진강은 한강, 낙동강, 금강과 비교하여 인위적인 환경 변화가 작으며 자연적인 상태를 유지한 채, 광양만과 자유롭게 교환되는 해역이다. 특히, 남해의 중앙부에 위치한 광양만은 남쪽의 여수반도 및 남동부의 남해도로 둘러싸인 반 폐쇄적 만으로 여수해만을 통해 남해와 연결되고, 노량 수로를 통해 진주만과 연결된다. 연안 부유퇴적물은 육성 기원의 무기 물질, 생물 기원의 유기 물질과 생물의 활동에 의한 영향과 인간의 인위적인 영향으로 형성된다. 연안 부유퇴적물은 오염물질과 흡착되어 해저에 퇴적되면서 연안퇴적환경에 영향을 미치게 되며 여름철 집중호우로 많은 담수가 유입될 경우에 저층 퇴적물의 재동 및 재분포 작용이 발생된다. 국내에서는 부유물질을 분석하여 조석에 따른 담수와 해수의 왕복, 혼합 및 순환 등의 수리역학적인 특성에 관한 연구가 지난 20년 동안, 한반도 주변

하구지역인 금강 하구(Lee and Kim, 1987; Choi, 1993; Choi et al., 1995; Lee et al., 1999), 낙동강 하구(Lee et al., 1990; Kim and Ha, 2001), 한강 하구(Chang and Oh, 1991; Park and Oh, 1991) 및 섬진강 하구역(Kang, 2004; Kim and Kang, 1991; Park et al., 1984; Kim and Lee, 2004a; b)에서 연구가 수행되어 왔다. 광양만 해역의 퇴적환경은 고 에너지의 광양만 동측에서는 침식환경이, 저 에너지의 서측에서는 퇴적환경이 이루어지고 있는 것으로 파악되며(Park et al., 1984; Lee et al., 1996), 퇴적물의 물성변화와 유공층 연구(Kim et al., 1996)를 포함하여, 광양만의 퇴적물 분포, 퇴적층의 발달양상(Choi et al., 2002)과 여수해만을 통한 광양만의 부유퇴적물의 수지균형에 대한 연구(Kim and Kang, 1991), 섬진강하구 부유퇴적물의 현장입도분석기의 적용가능성에 대한 연구(Kim and Lee, 2004a)와 2003년 3월 광양만 세 입구의 부유퇴적물 유출입에 대한 연구(Kim and Lee, 2004b)가 이루어 졌으며, 하계에 담수 유입 기간 동안의 부유퇴적물 분포와 변화에 대한 연구는 부족한 편이다.

부유퇴적물의 분석은 일정한 부피의 해수를 건조하여 남은 잔류물질의 총량을 측정하는 방법이 가장 일반적이다. 해수 중

부유 상태에 있는 물질을 정량 또는, 정성적으로 분석하기 위해서는 현장에서 간접적인 방법으로 모니터링 하는 기술이 요구된다. 하지만 지금까지는 채수한 후, 실험실에서 분석하기 때문에 운반 과정에서 시료가 변질될 수 있으며, 지속적 또는, 정밀한 관측을 수행하기 어려운 문제점이 있었다. 최근까지 부유물질을 이용하여 수괴의 시·공간적인 분포와 물질 거동을 파악하기가 어려웠기 때문에 간편하고 신속히 현장에서 측정할 수 있는 간접적인 방법이 자주 사용되었다. 부유퇴적물의 현장입도분석기로 'LISST-100(Sequoia Scientific Inc.)'은 부유퇴적물의 광 투과도뿐 아니라, Laser diffraction의 원리를 이용하여 현장 입도를 동시에 측정하고, 입도 구간별 체적농도를 파악할 수 있는 장비이다 (Agrawal and Pottsmith, 1994; 2000). 국내에서 현장 입도분석기의 적용은 Kim and Lee(2004)가 2001년 2월에 섬진강 하구에서 조석주기별로 관측하여 부유물질의 조성이 섬진강 상류지역보다 복잡하고 다양함으로 보였다. 또한, 2003년 3월 대조기에 한 조석주기 동안이지만, 섬진강과 인접한 광양만의 세 입구를 통한 부유물질의 이동을 연구하였다. 그러나, 풍수기에 광양만내 현장부유물질의 조성이 변화되고, 저층 부유물질의 분포와 거동에 따른 부유입자물질의 정량 및 정성적인 연구는 많이 이루어지지 않았다. 본 연구는 여름철 담수유출이 강할 때, 광양만의 세 입구 해저 바닥 0.5m 상부 수층에서 섬진강 기원 부유입자와 광양만 입구 또는, 남해대교 부근의 저층 부유입자 분포 특성을 파악하여 광양만과 인접한 입구에서 부유입자의 특성과 조류 변화에 의한 부유입자의 시공간별 분포특성을 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구지역

섬진강 유역분지의 유역면적은 4,959.79km<sup>2</sup>이고, 섬진강의 유로연장은 223.86km에 달한다. 섬진강 유역은 북위 34° 57' 5"와 북위 35° 49' 60" 사이와 동경 126° 51' 41"와 동경 127° 52' 56" 사이로 한반도의 남부지역 중서부를 차지한다. 섬진강은 전라북도 진안군 백운면 신암리 팔공산(1,151m)에서 발원하여 남서로 흘러내려가다 약 82km에 섬진강 댐을 거쳐 남해 광양만으로 유입하는 한반도에서는 9번째로 큰 강이며, 남한에서는 4 번째로 큰 강이다. 섬진강이 흘러 들어오는 광양만은 여수만도와 남해도 사이에 위치해 있는 동서간의 길이가 27km, 남북의 폭은 15km인 타원형의 반폐쇄형 내만으로서 중앙에는 묘도가 위치하고, 북쪽에는 섬진강, 북서쪽에는 광양 서천·동천으로 담수가 유입되고 있다. 광양만은 북측해안에 1978년도에 착공한 광양제철소와 북동측의 하동 화력발전소가 입지해 있다. 섬진강 유역은 남해안 쪽이 급경사, 섬진강 유역 쪽이 완경사를 이루는 특징이 있으며 (Kang, 2004), 섬진강을 통해 만으로 유입되는 담수의 양은 5.887 × 10<sup>8</sup>톤에 이르며, 이 중에서 약 80만 톤의 부유 퇴적물이 광양만으로 공급되는 것으로 알려져 있다(Park et al., 1984).

광양만의 남동방향 입구로부터 북동방향의 노랑해협으로 이어지는 수심 30m 이상의 노랑수로와 묘도 북쪽으로 이어지는 묘도 북수로 및 남쪽으로 이어지는 묘도 남수로의 깊은 해저지형은 일반적인 만에서의 수심 분포와 좋은 대조를 보이고 있다.

광양만 해역의 퇴적환경과 해수순환적인 관점에서 보면, 광양만의 동쪽은 고에너지지역이며, 광양만의 서쪽은 저에너지 지역으로 구분될 수 있으며 만내에 광범위하게 분포하는 니질퇴적물은 부분적으로 섬진강 및 수어천을 통하여 운반되거나, 광양만과 인접한 남쪽의 여수해만을 통해 공급되었을 것으로 추론되고 있다(Park et al., 1984; Kim and Kang, 1991). 밀물 우세 조류로 인하여 광양만의 내부 특히 서쪽 부분의 퇴적물 이동과 확산은 세립 퇴적물의 순수 퇴적을 보이고, 이 지역은 저층을 통한 이동이 큰 중요성을 갖는 것으로 알려져 왔다(Kim and Kang, 1991).

### 2.2 연구 방법

#### 2.2.1 분석 방법

광양만의 세 입구 저층 50cm 상부 수층에 대해서 조석주기 동안 부유입자농도 및 입도를 연속 관측하였다(Fig. 1). 광원의 투과와 회절의 원리를 이용한 현장입도분석기(LISST-100)를, 연속적으로 관측하였다. 부유퇴적물농도를 분석하기 위해서 정점별로 표층, 중층과 저층에서 해수 1리터씩 채수하여 실험실에서 부유퇴적물농도를 분석하였다. 부유물질농도는 해수를 충분히 혼합 시킨 후 정확히 1L를 취하여 미리 무게를 측정된 여과지(직경 47mm, 공경 0.45μm, Millipore filter paper HA type)를 진공여과방식으로 여과하였으며, 여과가 끝날 시점에 증류수로 3회 이상 세척하여 여과지 위에 남은 염분을 제거하였다.

#### 2.2.2 현장입도분석기(LISST-100)

LISST-100은 총 길이 81cm, 직경 13cm, 투과거리(Path length) 5cm로 수중에 부유 상태로 존재하는 다양한 부유입자물질에

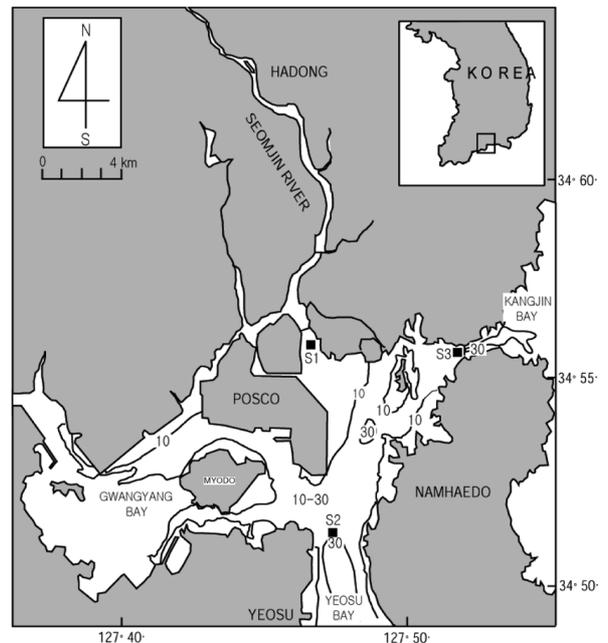


Fig. 1 Map showing water depths and sampling sites of in situ suspended particulate material at the bottom layer of S1, S2 and S3 of Gwangyang bay, during tide cycle (bathymetry in meters).

대해서 레이저의 Beam이 방사(0.05°)되고, 회절 되어 1.25~250.34μm의 입경 범위를 갖는 동심원의 센서에서 대수적으로 32분할하여 입자 크기별로 자동적으로 측정한다(Agrawal and Pottsmith, 1994; 2000). 일반적으로, 670nm 광원에서 투과도(Beam transmission)는 용존 물질이나, 물 자체에 의해서는 영향을 거의 받지 않으므로, 부유물질에 의한 감쇠만을 반영한다고 볼 수 있다. LISST-100에서 부유물질의 광 감쇠계수는 광원에서 발사되는 레이저가 해수(매질)를 통과하는 투과거리에 반비례하고, 부유물질을 통과한 뒤, 동심원의 센서에 도달하는 투과도에 비례하며, 매질의 특성에 따라서 광 감쇠계수가 다르게 나타난다. 매질의 특성은 매질의 농도, 입도, 분산, 유기물 함량에 따라서 달라지기 때문에, 매질의 농도와 광 감쇠계수의 상관분석(Regression correlation)으로 매질의 광학적인 굴절지수와 분포특성을 이해할 수 있다(Kim, 1994). 부유물질의 크기에 따라서 32개 입도구간별 체적농도(VC; Volume concentration, μL/L)와 전체 부유물질의 투과도(Transmission)를 이용하여 부유물질의 평균입도(Md; Mean diameter, μm), 분급도(Sc; sorting, μm)와 광 감쇠계수(c(670); Beam attenuation coefficient, m<sup>-1</sup>)는 아래의 계산식으로 처리하였다(LISST-100 manual).

$$S(\text{평균입도}) = \frac{Fi \times Si}{100}, \text{ sdev}(\text{표준편차}) = \frac{\sqrt{Fi \times (Si - S)^2}}{100}$$

(Fi = Vi × 100/Vt: Vi 입자 체적 농도, Vt 구간별 체적농도 합, Si 구간별 중앙값)

광 감쇠계수(Beam attenuation coefficient, c)는 다음 식에 의해 계산된다.

$$I(r) = I(0) \cdot e^{-cr}$$

(I(0)는 광원의 광량, I(r)은 광원에서 r m 떨어진 Receiver에 도달한 광량)

$$\text{Beam transmission, } T = I(r)/I(0) = e^{-cr}$$

### 3. 분석 결과

광양만 세 입구, 즉 섬진강 하구, 광양만 남측과 동측의 해저면 0.5m 상부에서 현장 부유입자 농도와 입도를 조석주기별로 관측하여 광양만과 교환되는 저층 부유입자의 분포와 거동특성을 연구하였다. 섬진강하구(St. S1) 정점(Fig. 2A)에서 부유입자의 평균입도를 관측한 결과, 저층 부유입자의 평균입도는 62μm에서 114μm 사이의 변화를 보이며, 수심이 감소하는 시기에 조립한 부유입자를 보이고, 수심이 증가하는 시기는 세립한 부유입자가 관측되었다. 광양만의 남측 입구 정점에서는 수심이 감소하는 시기에 조립한 부유입자를 보이고, 유속이 강한 시기에는 세립한 부유입자를 보인다. 광양만의 남측(St. S2) 입구 보다 수심이 깊은 동측(St. S3) 입구에서 부유입자의 변화폭이 더 크게 관측되었으며(Fig. 2B, Fig. 2C), 고조 이후에 조립한 부유입자가 관측되었고, 유속이 강한 시기에는 세립한 부유입자를 보였다.

광양만 세 입구 저층에서 현장부유입자의 평균입도와 분급도

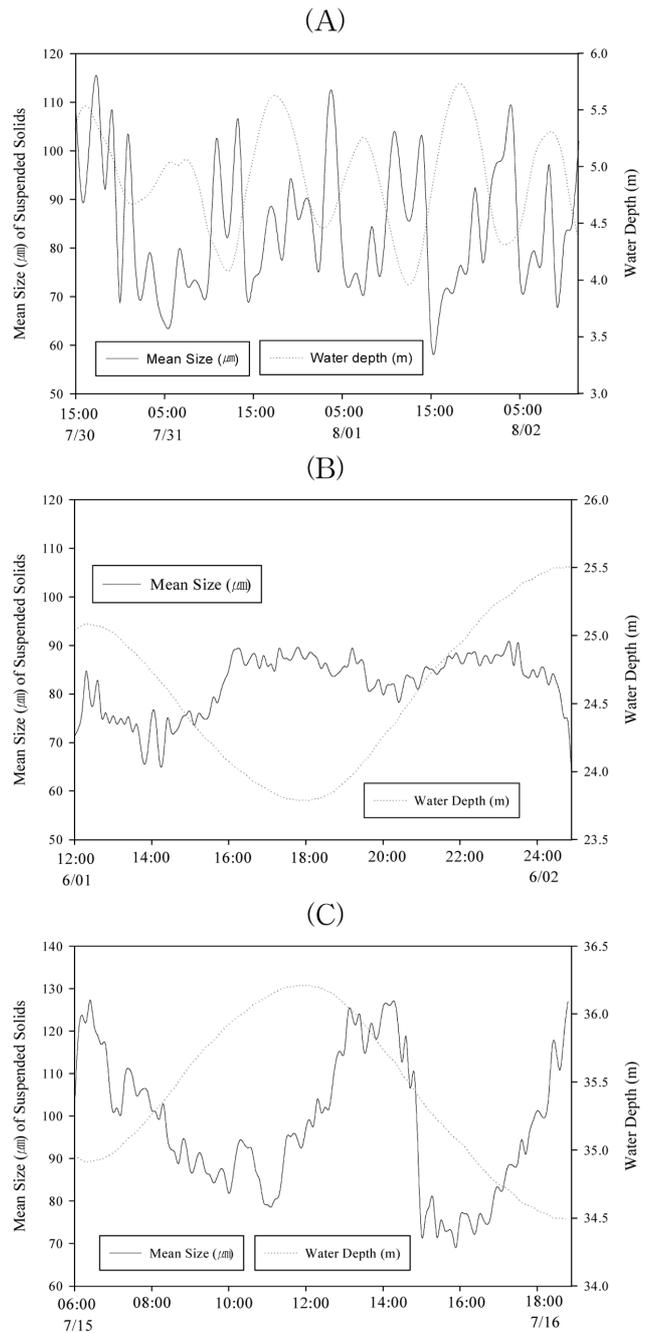
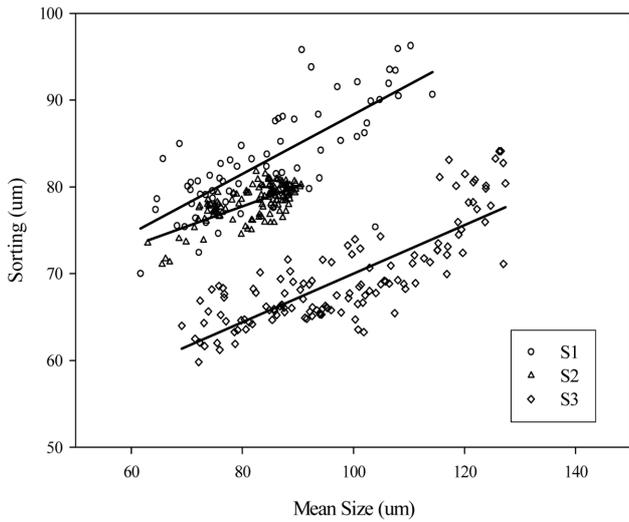


Fig. 2 Time variation of mean size of suspended particles and water depth at St. S1(A), S2(B) and S3(C) of Gwangyang bay, during tide cycle

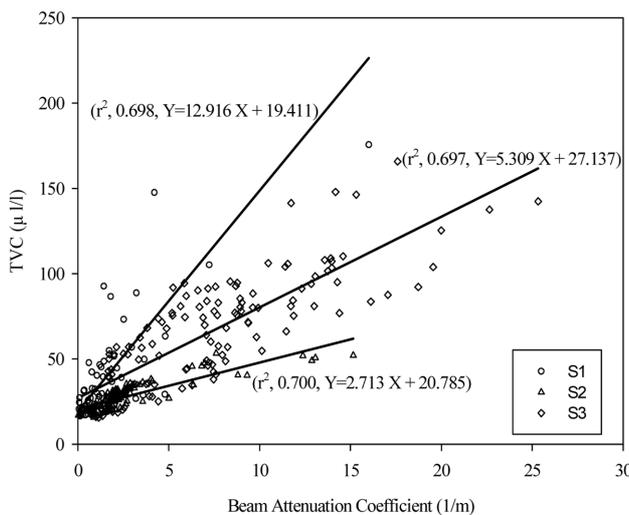
사이의 관계는 양의 관계를 보이며 부유입자의 평균입도가 커질수록 분급도는 불량하고, 평균입도가 작을수록 분급도는 양호한 것으로 나타났다(Fig. 3). 저층 부유입자의 평균입도 변동은 세 입구에서 유사한 양상을 보이지만, 분급도는 섬진강하구 정점이 가장 불량하고, 남해대교 정점이 가장 양호하며, 광양만 입구 정점은 이 두 정점보다 중간값을 갖지만, 섬진강하구 정점과 더 유사하였다. 섬진강하구(St. S1)보다 남해대교(St. S3)의 부유입자가 더 조립하고, 분급도가 더 낮은 경향을 보였다. 부



**Fig. 3** Correlation mean size and sorting of in situ suspended particulate material at the bottom layer of S1, S2 and S3 of Gwangyang bay

유입자의 입도가 증가하는 시기는 조립한 부유물질 공급 또는, 입자 사이에 Flocc 또는, Aggregation에 의한 집적작용이 우세한 것이고, 부유입자의 입도가 감소하는 시기는 해저 퇴적물의 재동작용으로 입자 사이에 Deflocs 또는, Disaggregation에 의한 입자의 Break-up 에 의한 영향으로 파악되었다.

광양만의 세 입구 저층 부유물질 농도와 광 감쇄계수 사이의 관계를 비교하였다(Fig. 4). 일반적으로 부유물질 농도가 증가할수록 광 감쇄계수는 높아지는 것으로 알려져 있다. 부유입자 농도와 광 감쇄계수 사이의 관계가 양의 관계를 보이며, 해역별로 뚜렷한 차이를 보였다. 각 해역별로 교환되는 부유입자물질의 분포와 거동양상을 반영한 것으로 판단되었다. 광양만의 세 입구 저층 부유물질 농도는 비슷한 부유입자물질 농도에서 광 감



**Fig. 4** Correlation beam attenuation coefficient and total volume concentration of in situ suspended particulate material at the bottom layer of S1, S2 and S3 of Gwangyang bay

쇄계수는 S2, S3, S1 정점 순서로 낮았다. 또한, 비슷한 부유입자의 광 감쇄계수에서도 부유입자물질 농도가 S2, S3, S1 정점 순서로 높았다. 즉, S2 정점은 낮은 농도에서도 높은 광 감쇄 특성을 갖는 부유입자로, S1 정점은 높은 농도에서도 낮은 광 감쇄 특성을 갖는 부유입자로 구분되고, S3 정점은 이 두 정점의 중간적인 특성을 동시에 보이는 것으로 구분되었다.

광양만의 세 입구 저층 부유물질 농도는 남쪽의 광양만 입구 (St. S2)정점이 북쪽의 섬진강하구(St. S1)와 남해대교 부근(St. S3) 보다 부유입자농도가 낮지만, 광 감쇄계수의 변화가 크게 관측되었다. 이는 섬진강 및 진주만과 교환되던 부유입자물질이 광양만의 남쪽 입구와 여수해만 사이에 혼합, 교환되면서 부유입자물질농도와 광 감쇄계수의 변화폭이 증가하는 것으로 판단된다. 반면에, 섬진강하구와 남해대교 부근(St. S1, S3)에서 농도 변화를 뚜렷하게 보였다. 이는 부유물질의 기원지와 가까운 해역에서 저층 부유물질 농도 변동이 더 증가한 것으로 나타났다.

부유입자농도와 광 감쇄계수의 관계에서 광 감쇄변화와 비교해서 농도변화가 심한 경우 즉, 회귀직선의 기울기가 커질수록 해양환경의 변동이 심한 것을 지시하며, 세 입구 부유입자의 Background 농도(회귀직선의 절편)는 S2와 S1 정점은 비슷하나, S3 정점은 S1 정점보다 약 7 또는 8mg/L 정도가 더 높은 것으로 분석되었다. 섬진강 하구 정점(St. S1)보다 광양만 입구 정점이 약간 높은 Background 농도를 보였다. 남해 대교 정점 (St. S3)에서 광 감쇄계수 변화가 가장 큰 것은 섬진강과 광양만을 통한 부유입자의 공급보다 진주만에서 재 유입되는 부유입자물질 농도가 높았기 때문으로 예상된다.

광양만의 각 입구에서 관측된 저층 부유입자물질의 전체적농도(TVC)에 따라서 부유입자의 광 감쇄계수가 차이나는 것은 부유물질 농도 뿐 아니라, 부유물질의 입도특성(평균입도와 분급도) 차이에 의한 영향도 포함되어 있다. 일반적으로 같은 농도에서도 입도가 세립해질수록 광 감쇄가 증가하는 것으로 알려져 있으며, 부유물질 농도가 증가할수록 광 감쇄계수가 증가하였다. 실험실 분석을 통하여 Baker and Lavelle(1984)는 부유입자의 크기에 따라 광 감쇄(Beam attenuation)가 10배 이상 달라지며, 직경 8.5µm 입자들은 같은 농도의 직경 48.0µm 입자들보다 파장 660nm의 광원을 약 15배 더 효과적으로 산란시키는 것을 보였다.

광양만의 세 입구 저층 부유입자물질의 입도분포를 조석주기별로 비교하여 창조와 낙조동안에 우세한 입도분포곡선을 나타냈다(Fig. 5). 각 정점별로 진한 검은 선들을 표시한 위의 그림은 관측시기 동안에 획득한 부유입자의 입도분포를 모두 표시한 것이며, 아래의 그림은 창조와 낙조의 대표적인 입도분포곡선으로 나타낸 결과이다.

섬진강하구(St. S1) 정점에서 부유입자의 입도분포는 작은 47µm에서 피크를 보이고, 다음에 95µm에서 다른 피크를 보였다. 또한, 150µm 보다 큰 입자의 함량이 매우 높게 나타났다. 창조류와 낙조류에 관측된 부유입자는 뚜렷하게 차이를 보였다. 100µm 보다 작은 부유입자들은 창조류에 매우 증가한 반면에, 100µm 보다 큰 부유입자들은 창조류에 감소하였다. 따라서 낙조류보다 창조류에 부유입자의 평균입도가 세립해지는 것으로

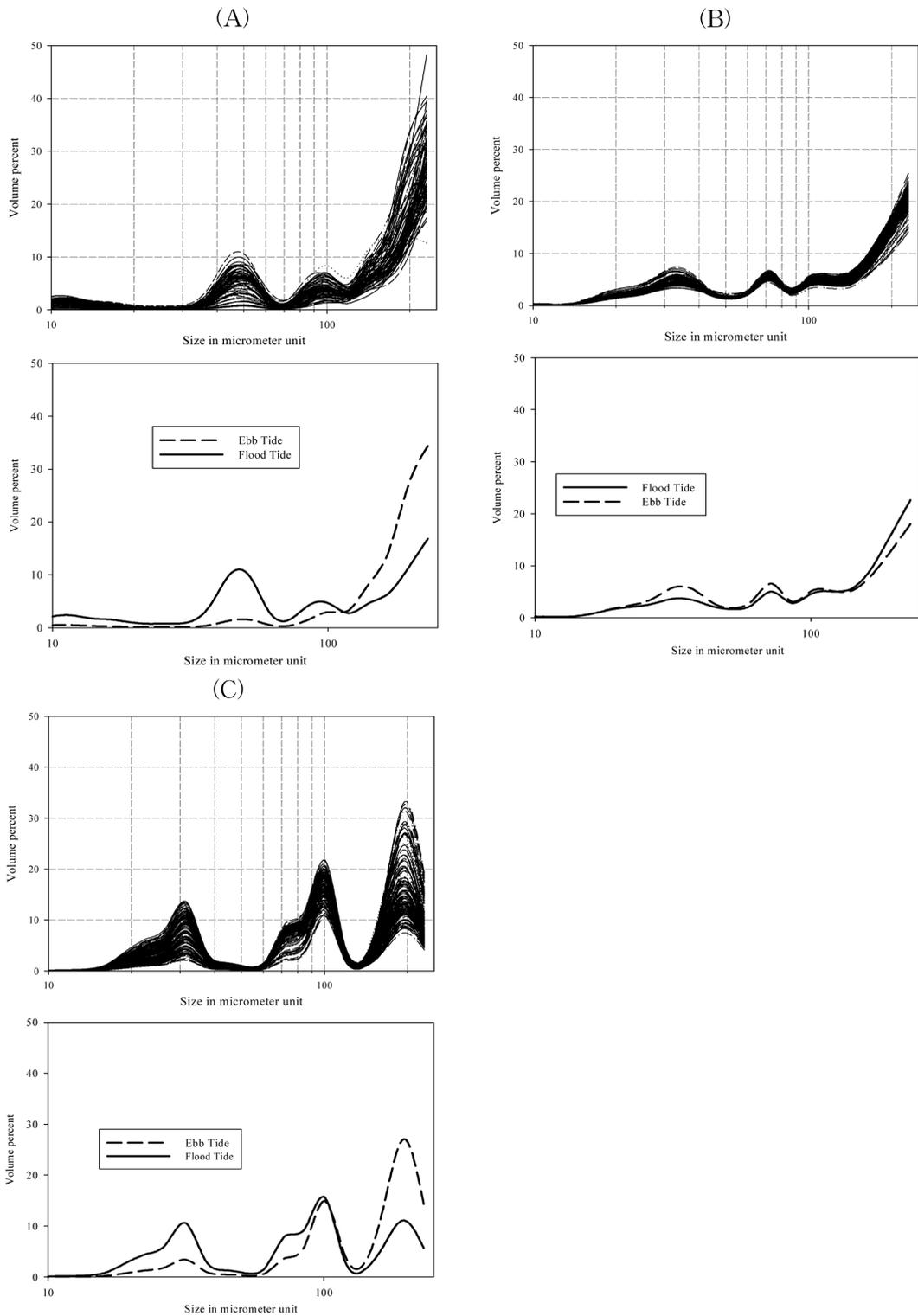


Fig. 5 Size volume distribution of in situ suspended particulate material at the bottom layer of S1(A), S2(B) and S3(C) of Gwangyang bay

관측되었다. 남해대교 부근(St. S3) 정점에서 부유입자의 입도분포는 섬진강하구와 달리 3개의 뚜렷한 피크를 보였다. 즉, 작은 30 $\mu\text{m}$ 에서 피크를 보이고, 다소 큰 100 $\mu\text{m}$ 와 200 $\mu\text{m}$  부근으로

갈수록 피크가 최빈값을 보였다. 창조류와 낙조류에 관측된 부유입자의 입도분포를 비교한 결과, 섬진강하구와 비슷한 양상을 나타냈다. 결과적으로 광양만의 북쪽인 섬진강과 동쪽의 진

주만과 교환되는 광양만 부유입자는 낙조류에 조립한 부유입자 공급이 되거나 또는, 창조류에 세립한 부유입자가 유출되기 때문에 두 해역보다 광양만 동측의 부유입자는 조립해질 것으로 예상된다. 광양만 중앙부 입구(St. S2) 정점에서 부유입자의 입도분포는 이전의 두 입구보다 입도분포가 다양하며 분산이 심한 분포를 보였다. 부유입자의 크기가 작은  $35\mu\text{m}$ 에서 피크를 갖고,  $70\mu\text{m}$ 에서도 다른 피크가 나타났다. 광양만 세 입구 저층 부유입자 입도분포곡선에서 약  $100\mu\text{m}$ 의 부유입자를 기준으로 인접 해역(섬진강, 여수해만, 진주만)으로 유출되는 시기(즉, S1은 창조, S2는 낙조, S3는 창조)에, 이 기준보다 크기가 작은 부유입자는 상대적인 농도가 증가되지만, 이 보다 큰 부유입자들에서는 농도가 감소하였다.

광양만 세 입구에서 조석주기별로 부유입자의 크기별 농도함량 변화가 가장 뚜렷한 해역별로 구분하면, S2, S3, S1 순서로 변화가 커졌다. 또한 비슷한 표현으로 약  $100\mu\text{m}$ 의 부유입자보다 큰 크기를 보이는 부유입자들의 상대적인 농도함량이 증가하는 시기는 광양만으로 유입되는 시기(즉, S1은 낙조, S2는 창조, S3는 낙조)에 조립부 부유입자가 증가되며 해역별로 구분하면, S2, S3, S1 순서로 변화가 커지는 것으로 분석되었다. 이는 관측 시기가 6월(S2), 7월(S3), 8월(S1)로 갈수록 세립 및 조립한 부유입자의 변동 즉, 부유입자의 재부유 및 집적작용이 활발해지는 것으로 판단되었다.

광양만 세 입구에서 현장 부유입자의 입도특성이 조립한 단모드와 세립한 이중모드의 특성을 갖는 부유입자로 관측되었다. 특히, 창조 동안에 세립과 조립한 이중모드형태의 입도분포곡선을 나타냈다. 이는 퇴적물의 재부유작용에 의한 영향으로 판단되었다. 부유입자의 입도 변화는 광양만 남측 입구와 남해대교(광양만 동측 입구) 보다 섬진강 하구에서 뚜렷하였다. 이는 부유퇴적물의 직접적인 공급과 재 부유 작용에 의한 거동이 강하기 때문이다. 또한, LISST-100 기기에서 측정된 광 감쇄계수의 변화가 세립한 부유입자가 증가한 시기에 증가되었다.

## 5. 결 론

본 연구는 광양만의 세 입구 즉, 섬진강 하구, 광양만 입구, 남해대교 부근에서 광양만과 교환되는 저층 부유입자 분포 특성을 파악하고자, 세 입구의 해저 바닥 0.5m 상부 수층에서 조석주기별로 현장 부유입자농도와 크기를 연속 관측한 결과, 아래와 같이 광양만 부유입자의 분포와 거동특성을 요약하였다.

(1) 섬진강하구(St. S1) 정점(Fig. 2A)에서 수심이 감소하는 시기에 조립한 부유입자를 보이고, 수심이 증가하는 시기는 세립한 부유입자가 관측되었다. 광양만의 남측 입구 정점에서는 수심이 감소하는 시기에 조립한 부유입자를 보이고, 유속이 강한 시기에는 세립한 부유입자를 보인다. 광양만의 동측(St. S3) 입구에서 부유입자의 변화폭이 더 크게 관측되며, 고조 이후에 조립한 부유입자가 관측되었고, 유속이 강한 시기에는 세립한 부유입자를 보였다.

(2) 광양만 세 입구 저층에서 현장부유입자의 평균입도와 분급도 사이의 관계는 양의 관계를 보이며 부유입자의 입도가 증

가하는 시기는 조립한 부유물질 공급 또는, 입자 사이에 뭉침(Flocs) 또는, 응집(Aggregation)에 의한 영향으로 분급이 불량하고 부유입자의 입도가 감소하는 시기는 해저 퇴적물의 재동작용으로 입자 사이에 결합이 느슨한 상태(Deflocs, Disaggregation)에서 입자의 깨어짐(Break-up)에 의한 영향으로 분급이 양호하였다.

(3) 섬진강하구와 광양만 입구 정점의 부유물질농도와 광 감쇄계수 변화가 뚜렷하게 차이나는 것은 농도보다 부유입자의 입도 특성(평균입도와 분급도) 차이가 뚜렷하였기 때문으로 해석되었다. 섬진강하구와 남해대교 부근 정점은 비교적 단조로운 형태의 부유입자들로 구성되어 농도변화가 크며, 광 감쇄계수 변화는 적은 반면에 광양만입구 정점은 복잡한 형태 또는 분급이 불량한 부유입자들로 구성되어 있어 농도변화가 적으며, 광 감쇄계수 변화가 크게 나타났다. 이는 광양만입구 정점 부유입자물질이 생물기원 입자들과 다양한 기원 물질들의 공급으로 플럭(Flocs)의 형성이 활발한 환경으로 해석되고, 섬진강하구와 남해대교정점의 경우에 조립한 부유입자와 광양만입구의 세립한 부유입자가 반복적으로 공급되면서 부유입자의 재부유(Resuspension)와 깨어짐(Break-up)이 활발한 환경으로 판단되었다.

(4) 섬진강하구와 남해대교 부근 저층에서 현장 부유입자의 입도분포곡선은 조류에 따라서 조립한 단모드와 세립한 이중모드의 특성을 갖는 부유입자로서, 광양만 중앙부 입구 저층 부유입자와 뚜렷한 차이를 보였다. 하계에 담수유출량이 증가되면서 인접 주변 하천으로부터 부유물질의 공급이 증가되고, 저층 부유입자의 거동이 증가되었을 것으로 추측한다면, LISST-100 기기에서 측정된 광 감쇄계수는 저층 부유물질의 재동작용으로 부유입자의 Deflocs 또는 break-up 작용이 활발한 환경을 반영하기 때문에 부유입자의 체적농도가 낮아지고, 광 감쇄계수가 감소된 것으로 생각된다. 이러한 부유입자농도와 광 감쇄계수 사이의 관계를 이용한다면, 복잡, 활발한 광양만의 해양환경을 모니터링하는 지시자로서 사용할 수 있을 것이다.

## 후 기

이 논문은 2004학년도 부경대학교 동원 학술연구재단의 지원을 받아 수행된 결과로서 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Agrawal, Y.C. and Pottsmith, H.C. (2000). "Instruments for Particle Size and Settling Velocity Observations in Sediment Transport", *Mar. Geol.*, Vol 168, pp 89-114.
- Agrawal, Y.C. and Pottsmith, H.C. (1994). "Laser Diffraction Particle Sizing in STRESS", *Continental Shelf Research*, Vol 14, pp 1101-1121.
- Baker, E.T. and Lavelle, J.W. (1984). "The Effect of Particle Size on the Light Attenuation Coefficient of Natural Suspension", *Journal of Geophysical Research*, Vol 89, pp 8197-8203.

- Chang, H.D. and Oh, J.K. (1991). "Depositional Sedimentary Environments in the Han River Estuary and Around the Kyunggi Bay Posterior to the Han River's Developments", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 26, pp 13-23.
- Choi, D.L., Hyun, S.M. and Lee, T.H. (2002). "Recent Geomorphological Changes and Late Quaternary Depositional Sequence of Gwangyang Bay, Southern Coast of Korea", J. Oceanol. Soc. Korea, The Sea, Vol 8, pp 35-43.
- Choi, J.Y. (1993). "Seasonal Variations of Suspended Matters in the Keum Estuary and its Adjacent Coastal Area", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 28, pp 272-280.
- Choi, J.Y., Choi, H.Y. and Seo, M.S. (1995). "Physical and Sedimentological Changes in the Keum Estuary After the Gate-close of Keum River Weir", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 30, pp 262-270.
- Kang, S.Y. (2004). "Geomorphic Characteristics of Seumjin Drainage Divide", Jour. Kor. Geomorphological Association, Vol 11, pp 11-28.
- Kim, D.C. and Kang, H.J. (1991). "Suspended Sediment Budget in Gwangyang Bay through the Yeosu Sound", Bull. Kor. Fish. Soc., Vol 24, pp 31-38.
- Kim, S.J., Kim, D.C., Yi, H.I. and Shin, I.C. (1996). "Changes in Sedimentary Process and Distribution of Benthic Foraminifera in the Eastern Part of Kwangyang Bay", South Sea of Korea. J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 1, pp 32-45.
- Kim, S.Y. and Ha, J.S. (2001). "Sedimentary Facies and Environmental Changes of the Nakdong River Estuary and Adjacent Coastal Area", J. Korean Fish. Soc., Vol 34, pp 268-278.
- Kim, S.Y. and Lee, B.K. (2004a). "In Situ Particle Size and Volume Concentration of Suspended Sediment in Seomjin River Estuary", J. Korean Fish. Soc., Vol 37, pp 323-329.
- Kim, S.Y. and Lee, B.K. (2004b). "A Study on the Sediment Flux in Gwangyang Bay: During Spring Tide, March 2003", J. Korean Fish. Soc., Vol 37, pp 511-516.
- Lee, S.H., Kwon, H.K., Choi, H.Y., Yang, J.S. and Choi, J.Y. (1999). "Physical Environment Changes in the Keum River Estuary by the Dyke Gate Operation II. Salinity Structure and Estuary Type", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 4, pp 253-265 (in Korean).
- Lee, Y.D., Kim, C.W., Kim, D.Y., Park, B.N. and Lee, K.J. (1990). "A Study of Marine Environment in the Estuary of Nakdong River: Sedimentation Processes and Heavy Metal Distribution", J. KSWPRC June, pp 1-7.
- Lee, Y.G., Hwang, J.Y., Jung, K.K. and Choi, J.M. (1996). "Sedimentary Environment Change in Kwangyang Bay and Yosu Sound - Based on Sediment Characteristics and Clay Mineral", J. Kor. Earth Sci. Soc., Vol 17, pp 407-416.
- Lee, C.B. and Kim, T.I. (1987). "Formation and Evolution of Turbidity Maximum in the Keum Estuary, West Coast of Korea", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 22, pp 105-118.
- Park, C.K. and Oh, J.K. (1991). "A Study on the Clay Minerals in the Han River Estuary and the Kyonggi Bay Areas", Oceanol. Soc. Kor., Vol 26, pp 313-323.
- Park, Y.A., Lee, C.B. and Choi, J.H. (1984). "Sedimentary Environments of the Gwangyang Bay, Southern Coast of Korea", J. Oceanol. Soc. Kor., Vol 19, pp 82-88.
- You, H.S., Cho, S.H. and Koh, Y.K. (2000). "Fluvial Deposits Distributed Along the Seomjin River", J. Kor. Earth Sci. Soc., Vol 21, pp 174-187.

2009년 11월 3일 원고 접수

2010년 2월 1일 심사 완료

2010년 2월 8일 게재 확정