

한국 남해안 여자만 조간대 퇴적물의 시공간적 변화

최정민^{1,*} · 이연규¹ · 우한준²

¹여수대학교 해양시스템학부, 550-749, 전라남도 여수시 둔덕동 산 96-1

²한국해양연구원 해저환경자원연구본부, 425-600, 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29호

Seasonal and Spatial Variations of Tidal Flat Sediments in Yeoja Bay, South Coast of Korea

Jeong Min Choi^{1,*} Yeon Gyu Lee¹ and Han Jun Woo²

¹Division of Ocean System, San 96-1, Dundok-Dong, Yeosu 550-749

²Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract: Seasonal and spatial variations of tidal flat sediments were studied in Yeoja Bay. Results of the yearly observation of tidal flat transect lines indicated that the monthly change of grain size composition was not distinct from each tidal flat transect line, but it was quite clear that clay covered 40-70% of the sediment composition. Clay composed most highest in the northern part of the bay, and lowest in the western. As clay content increased, water and organic matter showed a tendency of increase, while the mean grain size was fixed per clay amount. Shear strength came out as 0 kPa as a whole. Seasonal variations of clay contents in each tidal flat were higher in winter and spring, but lower in summer and autumn. The fine sediments were likely to be accumulated in the winter and spring. The average accumulation rate of each tidal flat was $-14.62\sim 38.57 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$. The numbers showed $32.13 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ in the northern, $-14.62 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ in the western, and $6.46 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ in the eastern part. During the course of this study sediment accumulation rates indicated that the sediments deposited continuously in the northern part of tidal flat, whereas erosion occurred in the western part. However, there was no distinct change in the eastern part. It was due to the clockwise lateral circulation in Yeoja Bay. Seasonally, sedimentation happened during the dry season (winter and spring) and erosion during the wet season (summer and autumn).

Keywords: Yeoja Bay, Tidal flat, Seasonal and spatial variations

요약: 반폐쇄성 만인 여자만 조간대 퇴적물의 물성 및 집적률의 시공간적 분포 및 변화를 밝히고자 조간대 표층퇴적물을 분석하였다. 연중 관측결과 각 측선별 월별 입도조성 변화는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 퇴적물 조성에서 점토가 약 40-70%로서 매우 두드러지게 나타났다. 점토의 함량은 만 북측에서 가장 높게 나타났고, 서측에서 가장 낮은 경향으로 나타났으며, 점토의 함량변화에 따라 함수율과 유기물함량도 상대적으로 높은 경향을 보이며, 평균입도도 세립화되었다. 전단응력은 전체적으로 0 kPa로 나타났으며, 계절별 변화는 각 조간대에서 거의 동일하게 겨울과 봄에는 점토 함량이 높고 여름과 가을에는 낮은 함량분포를 보였으며, 겨울과 봄에 퇴적경향을 나타내었다. 각 조간대 집적률 측정결과 평균 $-14.62\sim 38.57 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ 로써 북측이 $32.13 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$, 서측이 $-14.62 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ 그리고 동측이 $6.46 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ 로 나타났다. 연구 기간 중 퇴적물의 퇴적은 북측 조간대에서 퇴적이 일어났으며, 서측 조간대에서는 침식이 일어난 것으로 나타났다. 그러나 동측 조간대에서는 북서측 조간대와는 다른 형태로 나타났으며, 이러한 현상은 여자만 해수 흐름이 시계방향 흐름에 기인하는 것으로 사료된다. 계절별로는 건기(겨울과 봄)에 퇴적되었으며, 우기(여름과 가을)에 침식되는 경향으로 나타났다.

주요어: 여자만, 조간대, 시공간적 변화

*Corresponding author: haema@yosu.ac.kr

Tel: 82-61-659-3140

Fax: 82-61-652-1708

서론

한국 남해안은 약 15,000년 전 최후빙하기(the Last Glacial Age) 이후 해수면 상승에 따른 해침(transgression)에 의해 형성된 리아식 해안으로써, 연안을 따라 크고 작은 내만이 발달하고 있으며, 지형적으로 매우 복잡하고 다양한 환경을 가지고 있다. 만 내 조간대는 경사가 완만한 경우, 조차에 따라 넓게 발달되며, 세립질 퇴적물의 공급, 기후, 해안지형, 조석, 파랑 그리고 해수면 변화 등 지역적인 환경특성에 의해 계절에 따라 침식과 퇴적이 되나, 퇴적작용에 있어서는 지역적으로 많은 차이를 보인다(Evans and Collins, 1976; Klein and Sanders, 1964; Larsonneur, 1994; Oost and deBoer, 1994). 조간대는 형태에 따라 개방형 조간대와 반폐쇄형 조간대로 구분되며, 개방형 조간대에서는 몬순계절풍의 영향에 따라 파랑에너지가 강화되는 겨울에 침식되고 파랑에너지가 약화되는 여름에 퇴적되는 이원적 계절변화를 보인다(Lee et al., 1994; 1999; Yang and Chun, 2001). 반면 반폐쇄형 조간대에서는 파랑의 영향을 강하게 받는 곳에서는 개방형 조간대와 동일한 계절변화를 보이지만, 파랑의 영향을 약하게 받는 조간대에서는 비정상적으로 여름에 침식되고 겨울에 퇴적되어 개방형 조간대와 상반된 경향을 보인다(류 등, 1999, 2001; Ryu, 2003). 또한 조간대는 하천과 조류에 의해서 많은 퇴적물이 부유물질 형태로 공급되고, 운반된 부유물질은 응집현상에 의해 빠른 속도로 퇴적된다(Viles and Spencer, 1995). 조류와 하천에 의한 퇴적작용은 조간대에서 나타나는 가장 중요한 요소이기 때문에(Dyer, 1979), 조간대 환경을 올바르게 이해하기 위해서는 조간대 퇴적과정에 대한 정확한 분석이 선행되어야 한다. 따라서 조간대 퇴적물의 시·공간적 특성을 연구하는 것은 지금까지 조간대의 변화와 예측에 있어서 중요한 자료를 제공한다. 그러나 이러한 연구는 주로 유럽의 북해와 북미의 대서

양을 중심으로 진행되어 왔으며(Evans, 1965; Reineck, 1967; van Straaten and Kuenen, 1957, 1958; Postma, 1961; Groen, 1967), 우리나라 남해안을 대상으로 조간대 퇴적물의 시·공간적 분포특성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 여자만 조간대 표층 퇴적물의 퇴적환경을 조사하여 반폐쇄성 만인 여자만 조간대 퇴적물의 물성 및 집적률의 시·공간적 분포 및 변화를 밝히고자 한다.

지역개관

한반도 남해 중앙부에 위치한 여자만은 순천시를 중심으로 동쪽에 여수반도와 고돌산반도, 서쪽으로 고흥반도로 둘러 쌓여 있으며 만 입구는 약 7.4 km로 나타나고 있다. 남도와 조발도 등에 의해서 만 입구가 좁게 형성되어 있으며, 만 내부로 향하면서 점차 넓어지며(Fig. 1), 만의 최대 폭은 약 21.6 km, 평균수심은 약 5.4 m인 전형적인 반폐쇄성 천해이다(이, 1983). 조석은 반일주조가 우세한 조석형태로써 일조부등이 심하고, 대조승은 3.6 m 소조승은 2.3 m이며 최대조차는 만 중앙의 여자도 부근에서 422 cm, 만 입구인 남도 부근에서는 388 cm로써(국립해양조사원, 2001), Davis(1964)의 분류에 의하면 중조차 환경에 속한다. 만 중앙부인 여자도 부근의 창조류와 낙조류의 유속은 최대 $54 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 $63 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로써 낙조우세 환경이다(임 등, 1991).

1998년부터 2002년까지 최근 5년간 여수기상대에서 관측된 기상자료에 의하면 연평균 기온은 14.96°C 이며 연평균강수량은 127.42 mm 로써 주로 여름에 집중되고, 바람은 평균 $4.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 겨울에는 한랭 건조한 북서풍이, 여름에는 고온 다습한 남풍 계열이 우세하게 나타난다. 풍속 $13.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 이상의 폭풍일수는 연평균 29.2일로써 겨울에 집중되어 나타난다(Table 1).

Table 1. Average meteorological data of Yeosu area during 1998-2002 year

Year	Air. Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Precipitation (mm)	Wind speed ($\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$)	Stom (days)
1998	16.18	141.33	4.33	27
1999	14.62	173.18	4.17	27
2000	14.30	103.14	4.54	39
2001	14.81	85.28	4.57	15
2002	14.89	134.19	4.62	38
Average	14.96	127.42	4.45	29.2

재료 및 방법

조간대 퇴적퇴적물의 시·공간적 변화를 알아보기 위하여 저지대 조간대의 5개 축선상에서 2001년 8월부터 2002년 7월까지 약 1개월 간격으로 현장에서 조간대 퇴적퇴적물을 100 m 간격으로 반복적으로 채취하여 퇴적물의 입도구성, 함수율, 유기물 및 전단 응력 값을 조사하였다. 조간대 퇴적퇴적물은 표층 2 cm 이내에서 시약스폰을 이용하여 퇴적물을 채취하였으며, 각각의 시료에 대하여 입도분석을 실시하였다. 침적물 조사에서 축선 YJ-1은 해안선에서 100, 300, 500와 600 m에 침적물권이 설치되었고, YJ-2와 3은 100, 300, 500, 700와 900 m에 침적물권이 설치되었으며, YJ-4와 5는 100, 300와 500 m에 침적물권이 설치되었다.

각 축선에 대한 수중측량은 정밀평파거리측정기 (Powerset Series 100, Sokkia Co. Ltd, Japan)를 사용하여 조간대의 고도를 측정하였으며, 축선의 출발 기준점 및 각 측정의 해면고도는 국립지리원에서 설치한 수문점의 해발 고도값에 기초하였다.

퇴적물 입도분석은 Ingram(1971)분석법에 의하였으며, 측정된 자료는 조립질과 세립질퇴적물은 입도 등급별 무게백분율을 이용하여 모멘트방법에 따라 퇴적물의 통계학적 변수값을 구하였다. 함수율 시료는 110°C에서 24시간 동안 건조 후 무게를 정량하여 수분증발량을 원래무게에 대한 백분비로 계산하였고, 유기물시료는 건조 후 무게 유실량을 원래 무게에 대한 백분율로 표시하였다. 전단응력은 Hand Vane (FTD20CN-S, TOHINCHI)의 날개부분을 퇴적물 안으로 완전히 집어넣어 일정한 속도로 천천히 돌리면서 퇴적물의 형태가 붕괴되는 순간 토크(torque)값을 기계하여 측정하였다.

결 과

조간대 지형 특성

YJ-1의 축선 길이는 600 m로 중부조간대에 속하며, 기울기는 0.18°이며, 약 400 m 지점에 깊이 약 1 m의 굴절과 이사선의 지류가 형성되어 있다. YJ-2의 축선 길이는 900 m로 상부조간대에서 하부조간대에 속하며, 기울기는 0.15°로 나타났다. YJ-3의 축선 길이는 900 m로 중부조간대와 하부조간대에 속하며, 기울기는 0.19°로 나타났다. YJ-4의 축선 길이는 500 m로

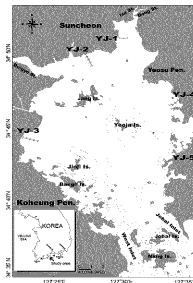


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the study area. Five transect lines across the tidal flat are subject to precise leveling at regular intervals of 100 m.

중부조간대에 속하며, 기울기는 0.17°로 나타났다. YJ-5의 축선 길이는 500 m로 하부조간대와 하부조간대 이하의 깊이에 속하며, 기울기는 0.37°로 나타났다. 조간대 주변지형 형태는 동측 조간대에서는 작은 섬으로 둘러싸여 빈껍질 형태로 나타나며, 북·서측 조간대는 열린 형태로 나타났다(Fig. 1 and 2).

축선의 퇴적물 함량변화

모래 함량변화: 축선 YJ-1의 함량변화는 1% 전후로 나타났다. 계절별로 살펴보면 가을에는 큰 변화 없었으며 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하는 경향으로 나타났다. YJ-2의 함량변화는 0.5% 전후로 나타났다. 조간대로 살펴보면 상부조간대에서 중부조간대로 향하여 감소하였고, 중부조간대에서 증가, 하부조간대에서 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을에는 큰 변화가 없었으며, 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하였다. YJ-3의 함량변화는 1% 전후의 함량으로 나타났다. 조간대로 보

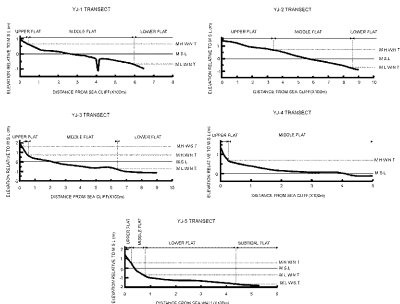


Fig. 2. Elevation feature of YJ-1-5 transecting the tidal flat of Yooja Bay. MSL (mean sea level), MHWNT (mean high water neap tide), MHWST (mean high water spring tide), MLWNT (mean low water neap tide), MLWST (mean low water spring tide).

면 중부조간대에서는 증가, 하부조간대에서는 감소하는 경향으로 관찰된다. 계절별로 살펴보면 가을에는 큰 변화 없었으며, 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하였다. YJ-4의 함량변화는 0.5~1%의 함량 범위로 나타났다. 계절별로 살펴보면 가을에는 큰 변화 없었으며, 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하였다. YJ-5의 함량변화는 0.5~1%의 함량 범위로, 조간대별로는 하부조간대에서 증가, 하부조간대 이하의 깊이에서 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을에 큰 변화 없었으며, 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하였다(Fig. 3).

축선별 모래의 함량변화는 긴조선을 향하여 서측 조간대에서는 증가하였고, 북측과 동측 조간대에서는 감소하는 경향으로 관찰되었다. 계절별로는 전 조간대에서 가을에 큰 변화 없었으며, 겨울과 봄에 증가하였으나 함량변화는 미약하게 나타났다.

실트 함량 변화: 축선 YJ-1의 함량변화는 30~40%

로 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을과 겨울에 감소, 봄과 여름에 증가하는 경향으로 나타났다. YJ-2의 함량변화는 30~40%로 상부와 중부조간대에서 증가, 하부조간대에서 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을과 겨울에 감소, 봄과 여름에 증가하는 경향으로 나타났다. YJ-3의 함량변화는 다른 축선보다 높은 40~60%로 중부와 하부조간대에서 증가하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울에 감소, 가을, 봄과 여름에 증가하는 경향으로 나타났다. YJ-4의 함량변화는 40~50%로 긴조선을 향하여 증가하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울에 감소, 가을, 봄과 여름에 증가하는 경향으로 나타났다. YJ-5의 함량변화는 다른 축선에 비해서 큰 변화는 없었으나 하부조간대에서 감소, 하부조간대 이하의 깊이에서 증가하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을에 큰 변화 없었으며 겨울에 증가, 봄에 감소, 여름에 다시 증가하는 경향으로 나타났다(Fig. 4).

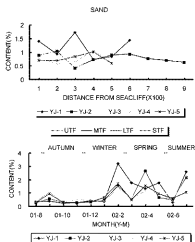


Fig. 3. Distance and monthly variations of sand content at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

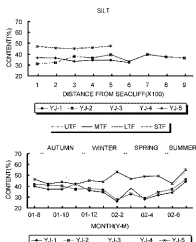


Fig. 4. Distance and monthly variation of silt content at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

측선별 실트의 함량변화는 건조선으로 향하여 북측 조간대 측선 YJ-1과 동측 조간대 측선 YJ-5에서 감소하는 경향으로 나타났으며, 나머지 측선에서는 증가하는 경향으로 보여진다. 계절별 함량변화는 동측 조간대 측선 YJ-5를 제외하고 가을과 겨울에 전체적으로 감소하는 경향이고, 봄과 여름에 증가하는 경향으로 보여졌으며, 서측 조간대 측선 YJ-3에서 가장 높은 함량으로 나타났다.

점토 함량변화: 측선 YJ-1의 함량 변화는 60%이 상의 함량 값으로 하부조간대로 향하여 증가하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울과 봄에 높고, 여름과 가을에 낮은 경향으로 나타났다. YJ-2의 함량 변화는 65%전후로 상부조간대에서 감소, 중부와 하부조간대에서 증가하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울과 봄에 상대적으로 높게, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 함량으로 나타났다. YJ-3의 함량은 45%전후로 측선 중 가장 낮은 점토함량의 분포로써, 중부에서 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로 살펴보면 겨울과 봄에 상대적으로 높게, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 함량으로 나타

났다. YJ-4의 함량 변화는 55% 전후로 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울과 봄에 상대적으로 높은 함량, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 함량으로 나타났다. YJ-5의 함량 변화는 55% 전후로 다른 측선에 비해서 큰 변화는 없었으나 하부조간대에서 증가, 하부조간대 이하의 깊이에서 감소하는 경향으로 관측되었다. 계절별로는 가을에 큰 변화 없었으며, 겨울에 감소 봄에 증가 여름에 감소하는 경향으로 나타났다(Fig. 5).

측선별 점토의 함량변화는 건조선을 향하여 동천과 이사천이 유입되는 북측 조간대 측선 YJ-1에서는 증가하였으나, 다른 조간대 측선에서는 감소하는 경향으로 관측되었으며, 서측 조간대 측선 YJ-3에서 가장 낮은 함량범위로 나타났다. 계절별로는 동측 조간대 측선 YJ-5를 제외하고 겨울과 봄에 상대적으로 높은 함량으로, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 함량분포로 나타났다.

평균입도 변화: 측선 YJ-1의 평균입도 변화는 9-9.56 범위, 하부조간대로 향하여 조밀해지는 경향으로 나타났다. 계절별로는 봄과 겨울에 상대적으로

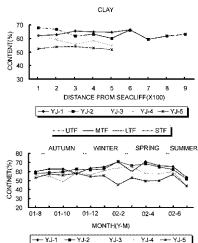


Fig. 5. Distance and monthly variation of clay content at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

세립, 여름과 가을에 상대적으로 조립하였다. YJ-2의 평균입도 변화는 9~9.5φ 범위로, 상부의 중부조간대에서 조립해지는 경향, 하부조간대에서 세립해지는 경향으로 관찰되었다. 계절별로는 봄과 겨울에 상대적으로 세립, 여름과 가을에 상대적으로 조립하였다. YJ-3의 평균입도 변화는 8.5φ를 전후로 다른 축선에 비해서 가장 조립한 값으로 나타났다. 중부에서 하부조간대로 향하여 조립해지는 경향으로 나타났다. 계절별로는 봄과 여름에 상대적으로 세립, 여름과 가을에 상대적으로 조립하였다. YJ-4의 평균입도 변화는 9φ를 전후로 하부조간대로 향하여 조립해 지는 경향으로 나타났다. 계절별로는 봄과 겨울에 상대적으로 세립, 여름과 가을에 상대적으로 조립하였다. YJ-5의 평균입도 변화는 9φ를 전후로 다른 축선에 비해서 큰 변화는 없었으나 하부조간대에서 조립화, 하부조간대 이하에서 세립화 경향으로 보였다. 계절별로는 가을에는 큰 변화 없었으며 겨울에 상대적으로 조립, 봄에 상대적으로 세립 하였고 여름에 상대적으로 조립하였다(Fig. 6).

축선별 평균입도 함량변화는 전 조간대에서 간조선을 향하여 조립화 경향으로 보였으며, 계절변화는 전

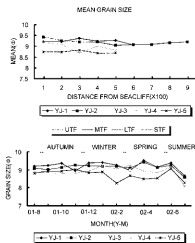


Fig. 6. Distance and monthly variation of mean grain size at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

조간대에서 큰 변화 없었으나 여름에 조립화 경향으로 나타났다.

분급도 변화: 축선 YJ-1의 분급도 변화는 2.30φ를 전후로 매우 불량한 분급의 범주로서 하부조간대로 향하여 불량하게 나타났다. 계절별로는 여름과 겨울에 상대적으로 양호, 봄과 가을에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다. YJ-2의 분급도 변화는 2.30φ를 전후로 매우 불량한 분급의 범주로서, 상부에서 중부조간대까지 상대적으로 불량, 하부조간대에서 상대적으로 양호해지는 경향으로 보였다. 계절별로는 가을과 겨울에 분급이 상대적으로 양호, 봄과 여름에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다. YJ-3의 분급도 변화는 2.50φ를 전후로 매우 불량한 분급의 범주로서, 다른 축선에 비해서 분급이 더 불량하게 나타났다. 중부조간대에서 상대적으로 불량, 하부조간대에서 상대적으로 양호해지는 경향으로 보였다. 계절별로는 가을과 겨울에 상대적으로 양호, 봄과 여름에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다. YJ-4의 분급도 변화는 2.30φ를 전후로 매우 불량한 분급의 범주로 나타났다. 하부조간대로 향하여 불량하지

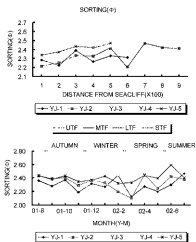


Fig. 7. Distance and monthly variation of standard deviation at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

며, 계절별로는 가을과 겨울에 상대적으로 양호, 봄과 여름에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다. YJ-5의 분급도 변화는 2.46급 전후로 매우 불량한 분급의 범주로 나타났다. 하부조간대에서 조하대를 향하여 불량해지는 경향으로 보이며, 계절별로는 가을과 겨울에 상대적으로 양호, 봄과 여름에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다(Fig. 7).

축선별 분급도 분포변화는 간조선을 향하여 전 축선에서 불량해지는 경향으로 관찰되었으며, 계절별 변화는 가을과 겨울에 상대적으로 양호해지는 경향, 봄과 여름에 상대적으로 불량해지는 경향으로 나타났다.

함수율 함량변화: 축선 YJ-1에서 함수율 함량변화는 60%전후의 함량으로 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을에 감소, 겨울에 증가하였으며, 봄과 여름에 감소하는 경향으로 나타났다. YJ-2의 함량변화는 60%전후의 함량으로 상부조간대에서 감소, 중부와 하부조간대에서 증가하는 경향을 나타내었다. 계절별로는 가을에 감소, 겨울에 증가하였으며, 봄과 여름에 다시 감소하는 경향으로 나타났다. YJ-3의 함량변화는 50%급 전후로 다른 축선에 비해서 함수율이 가장 낮은 함량 값으로

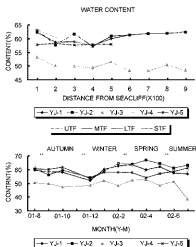


Fig. 8. Distance and monthly variation of water content at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

서, 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을 겨울과 봄에 큰 변화 없었으며, 여름에 감소하는 경향으로 나타났다. YJ-4의 함량변화는 60%전후로 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을에 감소, 겨울에 증가, 봄과 여름에 다시 감소하는 경향으로 나타났다. YJ-5의 함량변화는 55%급 전후로, 하부조간대에서 감소, 하부조간대 이하에서 증가하는 경향으로 관찰되었다. 계절별로는 가을과 봄에 감소, 겨울과 여름에 증가하는 경향으로 나타났다(Fig. 8).

축선별 함수율 함량변화는 간조선으로 향하여 큰 변화 없었으며, 계절별로는 가을에 감소, 겨울에 증가하는 경향으로 나타났으며, 봄과 여름에 큰 변화는 나타나지 않았다. 서측 조간대 YJ-3에서는 가을, 겨울과 봄에 큰 변화 없었으나 여름에 감소하는 경향으로 나타났다.

유기물 함량 변화: 축선 YJ-1의 유기물 함량변화는 8%급 전후로 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로 살펴보면 겨울과 봄에 상대적으로 높고, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 경향으로

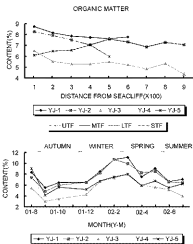


Fig. 9. Distance and monthly variation of organic matter content at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: sub tidal flat).

로 나타났다. YJ-2의 유기물 함량변화는 7%를 전후로 상부에서 하부조간대로 향하여 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 겨울과 봄에 상대적으로 높고, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 경향으로 나타났다. YJ-3의 유기물 함량변화는 5%를 전후로 가장 낮은 유기물 함량으로 나타났다. 중부에서 하부조간대로 향하여 유기물 함량이 감소하는 경향으로 보여진다. 계절별로는 겨울과 봄에 상대적으로 높고, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 경향으로 나타났다. YJ-4의 유기물 함량변화는 7%를 전후로 하부조간대로 향하여 감소 경향을 보인다. 계절별로는 겨울과 봄에 상대적으로 높고, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 경향으로 나타났다. YJ-5의 유기물 함량변화는 8%함량을 전후로 하부조간대에서 증가, 하부조간대 이하에서 감소하는 경향으로 나타났다. 계절별로는 가을과 겨울에 상대적으로 증가, 봄과 여름에 상대적으로 감소하는 경향으로 보여진다(Fig. 9).

유기물 함량변화는 간조선으로 향하여 전체적으로 감소하는 경향으로서 계절별로 살펴보면 겨울과 봄에 상대적으로 높고, 여름과 가을에 상대적으로 낮은 경향으로 나타났다.

전단응력 변화: 본 연구지역에서 전단응력은 전 조간대에서 지리와 계절에 관계없이 모두 0 kPa로 나타났다.

각 축선별 집적을 변화

북측 조간대 축선 YJ-1은 전체적으로 중부조간대에 속하며, 100 m 지점에서 월별변화는 2001년 9-12월까지 퇴적, 2002년 3월까지 침식, 7월로 향해서 퇴적되는 경향으로 나타났다. 300 m 지점에서는 2001년 11월까지 침식, 2002년 6월까지 퇴적, 7월에 침식되었다. 500 m 지점에서는 2002년 5월까지 퇴적, 6월에 침식경향으로 관측되었다. 600 m 지점에서는 2002년 4월까지 퇴적, 6월로 향해 침식경향으로 나타났다. 순 집적률 결과 모든 정점에서 퇴적되었으며, 500 m 지점에서 최소 21.50 mm·yr⁻¹, 600 m 지점에서 최대 61.66 mm·yr⁻¹로 측정되었으며, 계절별로는 가을, 겨울과 봄을 통해 퇴적되었으며, 여름에 침식되는 경향으로 보여졌다(Fig. 10). 연평균 집적률은 38.57 mm·yr⁻¹로 측정되었다(Table 2).

북측 조간대 축선 YJ-2는 집적률의 최솥 및 방설로 인하여 100m지점을 제외한 다른 지점에서는 2001년 9-12월 자료를 취득하지 못하였으며, 2002년 1월 자료부터 취득 할 수 있었다. 축선 YJ-2에서 상부조간대에 속하는 100-300 m 정점의 월별변화는 100 m에서는 2002년 7월까지 계속해서 퇴적되는 경향으로 나타났다. 300 m에서는 2002년 5월까지 퇴적, 7월로 향해서 침식되는 경향으로 보여졌다. 중부조간대에 속하는 500-700 m 정점의 월별 변화는 500 m 지점에서 2002년 2월까지 퇴적, 6월로 향하여 침식, 7월에 퇴적되었다. 700 m 지점에서는 2002년 3월까지 퇴적, 6월까지 침식, 7월에 다시 퇴적되는 경향으로 나타났다. 하부조간대에 속하는 900 m 정점에서는 2002년 3월까지 퇴적, 6월까지 침식, 7월에 퇴적되었다(Fig. 10). 순 집적률 결과 모든 정점에서 퇴적되었으며, 500 m 지점에서 최소 15.94 mm·yr⁻¹, 700 m 지점에서 최대 34.37 mm·yr⁻¹ 퇴적되었으며, 계절별로는 겨울에 퇴적, 봄에 침식, 여름에 약하게 퇴적되는 경향으로 나타났다(Fig. 11). 연평균 집적률은 25.69 mm·yr⁻¹로 측정되었다(Table 2).

서측 조간대 축선 YJ-3에서 중부조간대에 속하는 100-500 m 정점의 월별변화는 100 m 정점에서 2001년 9-11월까지 침식, 2002년 2월까지 퇴적, 7월까지 침식되는 경향으로 나타났다. 300 m 정점에서는

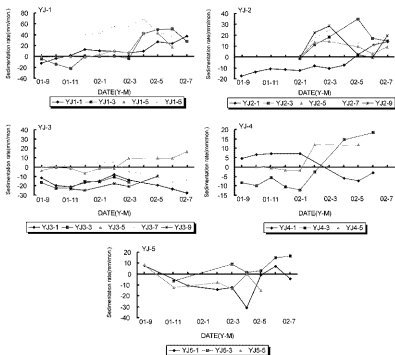


Fig. 10. Sedimentation rate (mm/month) on transect line YJ-1, 2, 3, 4 and 5 during 2001-2002.

2001년 9~10월까지 침식, 2002년 2월까지 퇴적, 3월에는 침식되는 경향으로 나타났다. 500 m 지점에서는 2001년 9~2002년 2월까지 큰 변화 없이 나타나고, 7월로 향하여 퇴적되는 경향으로 보여진다. 하부조간대에 속하는 700~900 m 정점의 월별변화는 700 m 정점에서 2001년 9~2002년 2월까지 퇴적, 7월로 향하여 침식되었다. 900 m 정점에서는 2001년 11~2002년 5월까지 퇴적되는 경향으로 나타났다(Fig. 10). 순 검적률 결과 5개 정점 중 500 m 정점에서만 퇴적이 있어났고 4개 정점에서는 침식이 있어났으며, 100 m 정점에서 최소 $-31.06 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 침식, 500 m 정점에서 최대 $18.22 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 퇴적되었다. 재질별로는 가을에 침식, 겨울에 퇴적, 봄과 여름에 미약하게 퇴적되는 경향으로 나타났다(Fig. 11). 연평균 검적률은 $-14.62 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 추정되었다(Table 2).

동측 조간대 측선 YJ-4에서 중부조간대에 속하는 100~500 m 정점의 월별변화는 100 m 정점에서 2002년 1월까지 큰 변화 없이 미약하게 퇴적, 5월로 향해 침식되었으며, 6월에 퇴적되는 경향으로 나타났다. 300 m 정점에서는 2001년 11월까지 퇴적, 2002년 1월까지 침식, 2002년 6월로 향해 퇴적되는 경향으로 나타났다. 500 m 정점에서는 2002년 1월까지 미약하게 침식, 2월에 퇴적, 5월로 향해 큰 변화 없었다(Fig. 10). 정점별 퇴적양상은 100 m에서 침식, 300 m와 500 m에서 퇴적되었으며, 재질별로는 가을과 겨울에 큰 변화 없었으며, 봄과 여름에 퇴적되는 경향으로 나타났다(Fig. 11). 순 검적률 결과 총 3개 정점 중 2개 정점에서 퇴적되었고, 100 m에서 최소 $-3.68 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 침식, 500 m에서 최대 $17.85 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 퇴적되었다. 연평균 검적률은 $7.45 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 추정되

Table 2. Average accumulation rates on the YJ-1, 2, 3, 4 and 5 over the 11month (September 2001-July 2002). Positive values indicate deposition and negative value indicated erosion

St.	Net accumulation ΔD (mm)	Duration (month)	Annual accumulation rate (mm · yr ⁻¹)	Average accumulation rate (mm · yr ⁻¹)
YJ1-1	37.30	11	40.69	38.57
YJ1-3	27.88	11	30.41	
YJ1-5	17.92	10	21.50	
YJ1-6	35.97	7	61.66	
YJ2-1	17.80	11	19.42	25.69
YJ2-3	14.83	7	25.42	
YJ2-5	9.30	7	15.94	
YJ2-7	20.05	7	34.37	
YJ2-9	19.43	7	33.31	
YJ3-1	-28.47	11	-31.06	-14.62
YJ3-3	-16.20	7	-27.77	
YJ3-5	16.70	11	18.22	
YJ3-7	-14.45	11	-15.76	
YJ3-9	-9.75	7	-16.71	
YJ4-1	-3.07	10	-3.68	7.45
YJ4-3	7.51	11	8.19	
YJ4-5	11.90	8	17.85	
YJ5-1	-4.33	11	-4.72	-0.99
YJ5-3	16.60	9	22.13	
YJ5-5	-15.29	9	-20.39	

었다(Table 2).

동측 조간대 측선 YJ-5에서 하부조간대에 속하는 100~300 m 정점의 월별변화는 100m정점에서 2002년 4월까지 침식, 6월을 향하여 퇴적, 7월로 향해 침식되는 경향으로 나타났다. 300 m 정점에서는 2002년 3월로 향하여 퇴적, 4월에 침식, 7월로 향하여 퇴적되는 경향을 보였다. 500 m에서는 2001년 11월까지 침식, 2002년 2월까지 퇴적되었으며, 3월에 침식, 4월에 퇴적, 5월에 다시 침식되었다(Fig. 10). 순 집적률 결과 총 3개 정점중 1개 정점만 퇴적되고 2개 정점에서 침식되었으며, 500 m 정점에서 최소 $-20.39 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 침식, 300 m 정점에서 최대 $22.13 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 퇴적되었다. 계절별로는 가을과 겨울에 침식, 봄과 여름에 퇴적되는 경향으로 나타났다(Fig. 11). 연평균 집적률은 $-0.99 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 측정되었다(Table 2).

북측 조간대에서 연평균 집적률은 $32.13 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$, 서측 조간대에서 $-14.62 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$, 동측 조간대에서는 $3.23 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 나타났으며, 북측 조간대에서 가장 높은 집적률이 보여졌으며, 서측 조간대에서는 음의 집적률(침식)을 나타내었다. 계절별로는 북측 조간대(YJ-1과 2)와 서측 조간대(YJ-3)에서 겨울과 봄에 퇴적경향으로 나타났으며, 여름과 가을에 침식경향으

로 나타났다. 동측 조간대(YJ-4와 5)는 큰 경향성을 나타내지 않았으며 주변의 지형적 요인이 크게 작용하는 것으로 사료된다.

고 찰

조간대 퇴적물의 시·공간적 변화

본 연구지역의 조간대 퇴적물 주 구성 물질은 실트(42.79%)와 점토(56.28%)로 나타났다. 실트의 함량 변화는 간조선으로 향하여 북측 조간대 YJ-1과 동측 조간대 YJ-5에서 감소하는 경향, 나머지 측선에서는 증가하는 경향으로 나타났다. 북측 조간대 YJ-1에서 실트가 간조선을 향하여 감소하는 것은 조간대 전면 에 동천과 이사천이 통과하면서 조석과 하천의 복합적인 영향에 의해서 실트의 함량이 감소하는 것으로 보여지며, 측선 YJ-5에서는 조간대 고도에 따른 영향으로 사료된다. 서측 조간대에서 실트의 함량이 높게 나타나는 것은 상대적으로 강한 조류의 영향을 받으며 세립질 퇴적물인 점토보다 실트가 퇴적되는 것으로 사료되며, 여름과 가을에 높게 나타나는 것은 우기때 하천수의 유입에 의한 퇴적물로 사료된다. 점토의 함량변화는 간조선을 향하여 동천과 이사천이 유

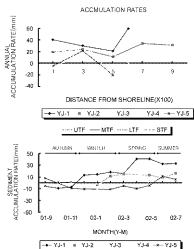


Fig. 11. Distance and monthly variation of net sediment accumulation rate at each transect line (UTF: upper tidal flat, MTF: middle tidal flat, LTF: lower tidal flat, STF: subtidal flat).

입되는 복측 조간대 YJ-1에서는 증가하였으나, 다른 조간대 축선에서는 감소하는 경향으로 나타났다. 축선 YJ-1에서 점도가 건조선을 향하여 증가하는 것은 조간대 전면에 동천과 이사천이 통과하면서 조석과 하천의 복합적인 영향에 의해서 점도의 함량이 증가하는 것으로 보이며, 복측 조간대에서 점도의 함량이 높게 나타나는 것은 조류의 영향을 받으며 실트보다 세립질 퇴적물이 높게 부유물질 형태로 이동되어 복측에 퇴적되는 것으로 보여진다. 여름과 가을에 낮게 나타나는 것은 우기때 하천에서 점토보다 조립한 실트의 유입으로 사료된다.

공간적 분포는 반 복측 조간대가 동·서측 조간대에 비해 점토질 퇴적물이 높은 함량의 경향을 보이며, 서해안 감소반 조간대에서 평균 6%(장 1995), 황량반 조간대 10.35-48.50%(해양수산부, 1999), 경기만 조간대 30%(홍, 1992), 평양반 조간대 20%(홍, 2003)보다는 상대적으로 높게 나타났다. 점토의 함량은 지역적으로 조간대와 조류의 부식에 따라 각각 물리게 나타나는 것으로 보이며, 저지대 조간대의 점토 함량은 45.77-62.66%로 서해안 조간대에 비해

서 높게 나타났으며, 남해안의 반계쇄적인 만으로 알려진 광양반 조간대에 비해서도 월등히 높은 것으로 나타났다.

평균일도는 건조선을 향하여 전 조간대에서 조립화 경향으로 보였으며, 점도가 건조선으로 향하여 감소하는 경향으로 나타나고 있다. 이를 공간적으로 구분해보면, 서측 조간대에서 복측과 동측 조간대에 비해서 상대적으로 조립하게 나타났다. 계절별로는 큰 경향은 나타나지 않았으나 여름에 조립화 되었다. 기존의 다른 연구와 비교하였을 때 건조선 부근에 조립질 퇴적물이 분포하고, 만조선 부근에 세립질 퇴적물이 분포하는 조석이 우세한 조간대 환경에서의 퇴적물 분포의 경향으로 나타나고 있으며(Reineck, 1967; Evans, 1965; 정과 박, 1978; Yeo and Risk, 1981; Kim and Park, 1985; 이, 1986), 서측 조간대에서 상대적으로 조립한 퇴적물이 나타나는 것은 점토보다 조립한 실트 퇴적물이 우세하게 나타나기 때문으로 보인다. 여름에 조립화 되는 것은 우기때 하천에 의해 조립한 퇴적물의 유입으로 보여진다.

분급도는 건조선을 향하여 전 축선에서 매우 불량한 분급의 비주(2.38)로 건조선으로 향해 불량해지는 경향으로 나타났으며, 이를 지역적으로 구분해보면 서측 조간대가 복측과 동측 조간대에 비해서 더 불량한 분급의 형태로 나타났다. 계절별로는 큰 경향은 나타나지 않았으나 여름에 불량해졌다. 이렇게 불량한 분급도를 보이는 것은 만대에서 리파에너지를 의한 퇴적물의 분급작용이 거의 일어나지 않는 것으로 보이며, 건조선으로 향해 불량해 지는 것은 입도가 하향 조립화 하면서 특정 퇴적물이 우점하지 못하고 조류에 의한 재분포에 의한 것으로 보여진다. 여름에 불량해 지는 것은 우기때 하천에서 유입된 퇴적물의 결과로 사료된다.

함수율은 전 조간대에서 약 50% 이상으로 매우 높은 함량분포로, 건조선으로 향하여 전 축선에서 큰 변화 없이 나타났으며, 이를 지역적으로 구분해보면 서측 조간대가 복측과 동측 조간대보다 함수율이 낮게 나타났다. 계절별로는 큰 경향은 나타나지 않았다. 이렇게 함수율이 높은 것은 퇴적물 입자의 무수율과 관련되어 가장 세립질 점토의 함량과 비례하여 높게 나타나는 것으로 보이며, 서측 조간대에서 상대적으로 낮게 나타나는 것은 점토보다 실트가 우점하기 때문으로 사료된다.

유기물은 건조선으로 향하여 전 축선에서 감소하는

Table 3. Sediment parameters and accumulation rates on the lines

St. No.	Silt (%)	Clay (%)	Mz ϕ	Sorting (ϕ) Water	Con. (%)	Org. Mat. (%)	Shear St. (kPa)	Accmu. (mm)
YJ-1	34.58	64.29	9.23	2.30	59.77	7.98	0	38.57
YJ-2	35.96	63.25	9.18	2.34	60.87	7.43	0	25.69
YJ-3	51.93	47.25	8.34	2.56	50.01	5.32	0	-14.62
YJ-4	41.38	57.89	8.96	2.32	59.57	6.80	0	7.45
YJ-5	46.27	52.89	8.73	2.41	57.92	6.44	0	-0.99

경향으로 나타났으며, 이를 지역적으로 구분해보면 서측 조간대에서 북측과 동측 조간대에 비해서 낮은 함량으로 나타났다. 계절별로는 봄과 겨울에 높게, 여름과 가을에 낮게 나타났다.

함평만 조간대의 유기물 함량은 3.1~5.5%로써 다른 지역의 조간대들에 비해 비교적 높게 나타나며, 특히 점토함량이 우세한 정점에서는 5.5% 정도의 높은 값을 보인다 하였으나(해양수산부, 1999), 본 연구 지역에서는 함평만보다 더 높은 유기물 함량으로, 퇴적물 입자의 점착성과 관련되어 가장 세립질 점토의 함량과 비례하여 높은 함량값이 보여지며, 계절별 변화는 생물활동과 밀접하게 관련된 것으로 여름철 생물들의 활발한 대사활동에 의해 유기물이 낮은 함량 분포로 보여지는 것으로 사료된다.

전단응력은 전 조간대에서 0 kPa로 측정되었으며, 이것은 여자만 조간대 표층퇴적물에서 다짐작용은 거의 일어나지 않고 있으며, 높은 함수율과 세립질 퇴적물로 주로 구성된 퇴적물 조성에 기인한 것으로 사료된다(Christie and Dyer, 1998).

조간대 퇴적물의 시·공간적 변화

본 연구지역에서 퇴적물은 만 북측 조간대에서는 퇴적, 서측 조간대에서는 침식현상, 그리고 동측 조간대에서는 약한 퇴적현상이 나타났다(Table 3). 이러한 만 내 퇴적물의 퇴적현상 차이는 세립질 퇴적물을 함유한 해수흐름과 매우 밀접한 관련성을 갖는 것으로서, Lee et al.(2000)에 의하면 여자만 해수흐름은 서측에서 북, 동측으로 시계방향 흐름에 기인하는 것으로 사료된다. 서측 조간대 측선 YJ-3에서는 상대적으로 강한 조류에너지에 의해서 침식이 우세한 환경으로 나타나는 것으로 사료되며, 조류가 북진하며 시간이 경과하면서 조류에너지가 약화되어 측선 YJ-2에 퇴적을 시키기 시작한다. 가장 낮은 에너지환경인 정조때 동천과 이사천에서 유입되는 많은 세립질 퇴적물을 함유한 하천수와 해수의 혼합에 의해

응집현상을 일으키며(Viles and Spencer, 1995), 측선 YJ-1에서 가장 우세한 퇴적환경을 조성하는 것으로 판단된다. 측선 YJ-4에서는 주변의 섬들에 의해서 지형적인 영향이 큰 것으로 보여지며, 측선 YJ-5에서는 지형단면 결과 하부조간대가 다른 조간대에 비해서 넓게 나타나고 있으며 이로 인해 침식현상이 나타나는 것으로 판단된다.

서해 연안의 퇴적률에 관한 연구에 의하면, 서해 남부 연안역의 퇴적률은 연평균 약 $6 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ (한국해양연구소, 1991), 남양만 조간대의 퇴적률은 연평균 $2.0 \sim 8.6 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ (지역적으로 $20 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 이상도 존재)(Alexander et al., 1991), 서해 곰소만 조간대의 퇴적률은 연평균 $41 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로써(장, 1995) 서해조간대가 전반적으로 퇴적우세 환경을 나타내었다. 그러나 서해안 함평만 조간대의 연평균 퇴적률은 $-23.5 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ (류, 1998), 무안만 에서는 $-8.9 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 와 $-48.9 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 침식이 우세한 조간대 환경(류 등, 2001)으로 나타났다. 이와 같은 서해안 조간대의 연구 결과와 비교해볼 때 여자만 조간대의 퇴적양상은 만 내 조간대의 여러 특성과 복합적으로 관련되어 나타나는 것으로 판단되며, 북측 조간대의 퇴적률이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 점토의 함량과 깊은 연관성이 있는 것으로 보이며, 퇴적이 우세할 때 퇴적물은 점토의 함량이 높게 나타났으며, 퇴적물은 세립화 되었고, 유기물과 함수율 함량이 높게 나타났다. 침식이 우세할 때 퇴적물은 점토의 함량이 낮아지며, 퇴적물은 조립화 되었고, 유기물과 함수율 함량이 낮게 나타나는 경향을 나타내는 것으로 보아 여자만내 퇴적물의 침식과 퇴적은 점토의 유입과 유출에 의해서 조절되는 것으로 사료된다.

조간대 퇴적률을 계절적으로 살펴보면 북측 조간대는 겨울과 봄에 퇴적, 여름과 가을에 침식되는 경향으로 나타나며, 서측 조간대에 비해서 조류·파랑에너지가 상대적으로 저에너지 환경에 속하며, 겨울과 봄(건기)에 하천수의 유입이 적어 우기에 비해서 세립

한 퇴적물의 유입으로 퇴적현상이 일어나는 것으로 사료되며, 여름과 가을(우기)에는 강우에 의한 하천수의 유입이 증가하며, 그에 따른 유속이 증가하면서 침식현상이 나타나는 것으로 사료된다. 북측 조간대에 비하여 상대적으로 조류·파랑에너지를 강하게 받는 서측 조간대는 겨울철에 약하게 퇴적이 일어날 뿐 침식이 우세하게 나타났다.

혼합조간대가 우세한 서해안의 함평만 조간대에서 여름에는 세립퇴적물이 상대적으로 증가하여 세립해지는 경향을 보이며, 겨울에는 조립퇴적물의 함량이 상대적으로 증가하여 조립해지는 경향으로 나타나며(류, 1998), 남양만(Wells et al., 1990)과 곰소만(장과 최 1998)에서도 퇴적물이 겨울동안은 침식이 우세하고, 여름 동안은 퇴적이 우세한 계절적인 변화가 나타나며, 강화남부 흥왕리, 여차리와 장화리 갯벌(우와 제, 2002)에서도 겨울동안은 침식이 우세하고, 여름 동안은 퇴적이 우세한 계절적인 변화가 나타난다고 하였다. 니질 조간대가 우세한 여자만 부근의 광양만 조간대에서는 가을과 겨울, 봄에는 뚜렷한 계절 변화를 보이지 않지만 겨울을 중심으로 세립해지고 여름을 중심으로 다소 조립해지는 경향으로 나타난다(류, 2003).

본 연구지역에서 퇴적물의 계절적인 변화는 가을과 겨울에 퇴적되었고, 여름에는 조립해지며 침식되는 경향을 보였으며, 겨울을 중심으로 세립해지고 여름에 조립화 경향을 나타내는 사질 조간대와는 상반된 경향으로 나타나고 있다. 이는 겨울철 만 입구가 서측내지 북서측으로 열려있는 서해안 조간대는 강한 몬순계절풍의 영향을 받아 상대적으로 저에너지 환경인 여름철에 비해서 침식이 우세한 것으로 보여지며, 본 연구지역인 여자만에서는 만 입구가 남측으로 열려있으며, 여러 섬들에 의해 강한 파랑과 겨울철 몬순계절풍의 영향을 상대적으로 작게 받으며 퇴적되는 것으로 사료되며, 여름철 강수에 의한 상대적으로 조립한 퇴적물의 하천유입에 의해서 침식이 되는 것으로 사료된다.

조간대 퇴적물 물성 및 집적률과의 상관성

본 연구지역 조간대 퇴적물에서 퇴적물 입도, 함수율함량, 유기물함량 및 전단응력 등 물성간의 상관관계 및 집적률과의 관련성을 파악하는 것은 퇴적물 거동을 이해하는데 중요한 요소로 생각된다.

집적률과 점토의 상관관계는 집적률이 증가할 때

퇴적물내의 점토 함량이 증가하며, 집적률이 감소하여 침식이 일어날 때, 점토의 함량도 퇴적물 내에서 감소하는 경향으로 나타났다. 반면 집적률과 실트함량과의 상관관계는 반대 경향으로 나타났다. 집적률과 평균입도와의 상관관계는 집적률이 증가할 때 퇴적물이 세립화 되고, 집적률이 감소하여 침식이 일어날 때 퇴적물이 조립화 되는 경향으로 나타났으며, 집적률과 분급도와의 상관관계는 집적률이 증가할 때 분급도가 양호해지고 집적률이 감소하여 침식이 일어날 때 분급도가 불량해지는 경향으로 나타났다. 점토와 함수율과의 상관관계는 집적률이 증가하면 함수율이 증가하는 경향으로 나타났으며, 집적률이 감소하여 침식이 일어날 때 함수율이 감소하는 경향으로 나타났다. 점토와 유기물과의 상관관계는 퇴적이 일어날 때 유기물의 함량은 증가하는 경향으로 나타나고, 퇴적이 감소하여 침식이 일어날때는 유기물의 함량이 감소하는 경향으로 나타났다(Table 3).

이들 결과로부터 조간대 퇴적물 물성간의 관계는 점토의 집적과 상당한 관련성을 가지는 것으로 보인다. 점토가 집적되면 함수율 및 유기물 함량이 증가하고 퇴적현상이 일어나나 점토함량이 줄어들고 실트가 우세한 지역에서는 반대되는 경향을 보인다. 본 연구지역의 주구성 퇴적물은 실트(42.02%)와 점토(57.11%)로써 점토가 우세하게 분포하고 있다. 이들 점토는 만내 중앙부에 높게 분포하고 있으나 계절적으로 함량분포가 4월과 8월자료의 비교결과 다르게 나타나고 있다. 또한 조간대에서도 겨울과 봄에 집적되고 여름과 가을에 침식되는 경향을 보이고 있다. 즉 여자만 내의 점토함량은 시·공간적으로 다르게 변하고 있으며 이런 변화 양상이 만 내 퇴적 및 침식 현상을 주도하고 있는 것으로 생각된다.

결 론

조간대 측선에 대한 년 중 관측결과 각 측선별 월별 입도조성 변화는 뚜렷하게 나타나지 않았으나 퇴적물 조성에서 점토가 약 40~70%로서 매우 두드러지게 나타나고 있다. 만 북측에서 점토의 함량이 가장 높고, 서측이 가장 낮은 경향을 보인다. 점토의 함량변화에 따라 함수율과 유기물함량도 상대적으로 높게 나타났으며, 평균입도도 세립화 되었다. 전단응력은 전체적으로 0 kPa로 나타났으며, 계절별 변화는 각 조간대에서 거의 유사하게 겨울과 봄에 점토함량

이 높고 여름과 가을에 상대적으로 낮은 함량분포를 보였으며, 겨울과 봄에 퇴적경향을 나타내었다.

각 조간대 집적률은 평균 $-14.62 \sim -38.57 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로써 북측이 $32.13 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$, 서측이 $-14.62 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 그리고 동측이 $6.46 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 나타났다. 이러한 만내 퇴적물의 퇴적현상 차이는 세립질 퇴적물을 함유한 해수흐름과 매우 밀접한 관련성을 갖는 것으로써 여자만 해수흐름이 북서측으로 유입되어 시계방향 흐름에 기인하는 것으로 사료된다. 침식이 우세한 서측 조간대 축선 YJ-3에서는 상대적으로 강한 조류에너지에 의해서 침식이 우세한 환경으로 나타나며, 조류가 점차적으로 북진하면서 에너지가 약화되어 북측 조간대 축선 YJ-2에 퇴적된 후, 가장 낮은 에너지환경인 정조를 전후로 동천과 이사천에서 유입되는 다량의 세립질 퇴적물을 함유한 하천수와 혼합되어 응집현상을 일으키며 축선 YJ-1에서 가장 우세한 퇴적환경을 조성하는 것으로 사료된다. 계절별로는 겨울과 봄에 퇴적되는 경향을 보이며 여름과 가을에 침식되는 경향으로 나타났다.

사 사

본 연구의 조사 및 실내분석을 도와준 여수대학교 해양시스템 학부 지질해양학실협실 학생 여러분께 감사하며, 본 연구는 여수대학교 2003년 '한국 남해안 여자만 조간대의 시·공간적 변화' 연구비의 일부가 사용되었으며, 본 논문을 심사해주신 김 여상 교수님과 신 인현 교수님께 감사를 드립니다.

참고문헌

국립해양조사원, 2001. 2001년 조석표 (한국연안), 서지 제 510호, p 262.
 류상욱, 1998. 한국 서남해안 합평만의 퇴적환경과 층서. 전남대학교 박사학위 논문, 192 p.
 류상욱, 2003. 한반도 서해안과 남해안의 반폐쇄된 만에서 조간대 퇴적물의 계절변화에 관한 비교연구: 서해안의 합평만과 남해안의 광양만. 한국지구과학회지, 24 (6), 578-591.
 류상욱, 유환수, 이종덕, 1999. 합평만 조간대의 표층퇴적물과 집적률의 계절변화. 한국해양학회지, 바다, 4 (2): pp. 127-135.
 류상욱, 김주용, 장진호, 2001. 서해남부 무안만의 표층퇴적물의 분포와 조간대 퇴적률. 한국지구과학회지, 22 (1): pp. 30-39.
 우한준, 제종길, 2002. 강화 남부 갯벌의 퇴적환경 변화.

Ocean and Polar Reserach, 24 (4), 331-343.
 이명철, 1983. 여자만의 해수교환, 어업기술학회지, 19 (1), 33-38.
 이일상, 1986. 서산만 조간대 퇴적상 및 퇴적구조에 관한 연구. 석사학위논문, 서울대학교, p. 55.
 이창복, 유홍룡, 박경수, 1992. 경기만 조간대 표층퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지, 27 (4), 277-289.
 임현식, 제종길, 최진우, 이재학, 1991. 여자만에서의 여름철 저서동물의 분포, 한국해양연구소, 13 (2), 31-46.
 장진호, 1995. 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적작용. 서울대학교 박사학위 논문, 192 p.
 장진호, 최진우, 1998. 조간대 퇴적물의 계절적 집적양상과 보존; 한국서해안의 곰소만. 한국해양학회지 바다, 3 (3), 149-157.
 정공수, 박용안, 1978. 남양만 남부 조간대 퇴적환경의 퇴적학적 특성에 관하여. 한국해양학회지, 13 (1): pp. 9-18.
 한국해양연구소, 1991. 한국 서남해안 조간대의 종합조사연구(III). p. 162.
 해양수산부, 1999. 갯벌 생태계조사 및 지속 가능한 이용방안 연구. 875 p.
 Alexander, C.R., Nitrouer, C.A., DeMaster, D.J., Park, Y.A. and Park, S.C., 1991. Macrotidal mudflats of the southwestern Korea coast: a model for interpretation of intertidal deposits. Journal of Sedimentary Petrology, 61. pp. 805-824
 Christie M.C. and Dyer, K.R., 1998. Observation of the long term and short term change in bed elevation of a macro-tidal mudflat. In: Abstracts of Papers for The Fifth International Conference on Cohesive Sediment Transport. May 26-30, 1998, Seoul, Korea, 29-30.
 Davies, J.S., 1964. A morphogenic approach to world shorelines. Z. Geomorph, 8, 127-142.
 Dyer, K.R., 1979. Estuarine Hydrography and Sedimentation, Cambridge Univesity press. 160 p.
 Evans, G., 1965. Tidal flat sediments and their environments of deposition in the Wash. Quat. Jour. Soc., London, 121, 209-241.
 Evans, G and Collins, M.B., 1976. The transportation and deposition of suspended sediment over the intertidal flats of the Walsh. In: J. Hails and A. Carr (Eds), Near-shore Sediment Dynamics and Sedimentation. John Wiley, 273-306.
 Green, P., 1967. On the residual transport of suspended matter by an alternating tidal current. Netherlands Journal of Sea Research, 3, 364-374.
 Ingram, R.L. 1971. Sieve analysis: In Carver. R.E. (ed.). Process in Sedimentary Petrology. Willey-Inter Science. 49-67.
 Kim, J.L. and Park, S.C., 1985. Intertidal flat sediments and characteristic sedimentary structures in the Changgu Bay, west coast of Korea. Journal of the Korean Society of Oceanography, 20. pp. 43-49.

- Klein, G. deV. and Sanders, J.E., 1964. Comparison of sediments from Bay of Fundy and Dutch Wadden Sea tidal flat. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 19-24.
- Larsonneur, C., 1994. The bay of Mont-Saint-Michel: A sedimentation model in a temperate macrotidal environment. *Senckenbergiana marit.*, b.24, Frankfurt a. M., pp. 3-63.
- Lee, H.J., Chu, Y.S., and Park, Y.A., 1999. Sedimentary process of fine-grained material and the effect of seawall construction in the Daeho macrotidal flat-near-shore area, northern west coast of Korea. *Marine Geology*, 157: 171-184.
- Lee, H.J., Shun, S.S., Chang, J.H. and Han, S.J., 1994. Landward migration of isolated shelly sand ridge(che-nier) on the macrotidal flat of Gomso Bay, west coast of Korea: controls of storms and typhoon. *Journal of Sedimentary Research*, 64, 886-893.
- Lee, Y.G., Chu, Y.S., Jung, K.K., Woo, H.J. and Lee, H.J., 2000. Depositional Processes of Fine-Grained Sediments and Foraminiferal Imprint of Estuarine Circulation by Summer Floods in Yoja Bay, Southern Coast of Korea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 35. pp. 109-123.
- Oost, A.P. and deBoer, P.L., 1994. Sedimentology and development of barrier islands, ebb-tidal deltas, Inlets and backbarrier areas of the Dutch Wadden sea. *Senckenbergiana marit.*, b.24, Frankfurt a. M., pp. 65-115.
- Postama, H., 1961, Transport and accumulation of suspended matters in the Dutch Waden Sea, Netherlands. *Journal of Sea Research*, 1, 148-196.
- Reineck, H.E., 1967. Layered sediments of tidal flats, beaches, and shelf bottoms of the North Sea. In: Lauff, G.H. (Ed.), *Estuaries*. Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ. 83, Washington, D.C., pp. 191-206.
- Ryu, S.O., 2003, Seasonal variation of sedimentary process in semi-enclosed bay: Hampyong Bay, Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 481-492.
- van Straaten, L.M.J.U. and Kuenen, P.H., 1957. Accumulation of fine grained sediments in the Dutch Wadden Sea. *Geol. Mijnbouw*, 19, 319-324.
- van Straaten, L.M.J.U. and Kuenen, P.H., 1958. Tidal action as a cause of clay accumulation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 28, 406-413.
- Viles, Heather and Tom Spencer, 1995. *Coastal Problems: Geomorphology, Ecology and Society at the Coast*. John Wiley & Sons, 360 p.
- Wells, J.T. Adams Jr., C.E., Park, Y.A. and Frankenberg, E.W., 1990. Morphology, sedimentology and tidal channel process on a high-tide-range mudflat, west coast of South Korea. *Marine Geology*, 95, 111-130.
- Yang, B.C. and Chun, S.S., 2001. A seasonal model of surface sedimentation on the Baeksu open-coast intertidal flat, southwestern coast of Korea. *Geosciences Journal*, 5, 251-262.
- Yeo, R.K. and Risk, M.J., 1981. The sedimentology, stratigraphy and preservation of intertidal deposits in the Minas Basin system, Bay of Fundy, *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 51. p. 245-260.

2005년 1월 10일 원고 접수
 2005년 3월 23일 수정원고 접수
 2005년 3월 23일 원고 채택