

연안 개발에 의한 동해 해변 퇴적물의 입자 조직 특성의 변화

오재경^{1,*} · 정선미² · 조용구¹

¹인하대학교 해양학과, 402-751 인천광역시 남구 용현동 253

²극지연구소, 406-840 인천광역시 연수구 송도동 7-50

Variations of Grain Textural Parameters of Beaches by Coast Development at East Coast, Korea Peninsula

Jea-kyung Oh^{1,*} Sun Mi Jeong², and Yong Goo Cho¹

¹Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

²Korea Polar Research Institute, Incheon 406-840, Korea

Abstract: This study is to compare differences in the depositional environments of natural beaches with those of beaches developed with artificial structures in the East Coast of Korea. Naksan-Osan beaches were selected for the examination of natural beaches and Anmok-Yumjun beaches for that of developed beaches. The study was performed on the foreshores and backshores of the selected beaches, and was based on the field research during the flood period of year 2004 and the dry period of year 2005. In Naksan-Osan beaches, grain size is finer and sorting is better from northern coast to southern coast. Furthermore, sediment undergoes changes regularly and seasonal variations are small. But in Anmok-Yumjun beaches, grain size is coarser and sorting is worse than in Naksan-Osan beaches, showing irregular tendencies. The characteristic features of the two beaches would be effected by longshore currents which change along the type of coast line and have an effect on sediment. Especially, long shore currents interrupted by artificial structures in Anmok-Yumjun beaches may cause sedimental environment changes. In Anmok-Yumjun beaches, harbor expansions will be continued, and thus more changes are expected to occur in the beaches.

Keywords: East Coast, Beach, Depositional Environment, erosion/deposition

요약: 한반도 동해에서 자연 상태의 해변(낙산-오산 해변)과 인공구조물이 설치된 해변(안목-염전 해변)의 퇴적물을 조사하고 두 해변간의 차이를 확인하기 위하여 2004년 홍수기와 2005년 갈수기에 해변의 후안 및 전안에 대해 걸쳐 조사를 실시하였다. 낙산-오산 해변의 후안 및 전안에서는 해변 남측으로 가면서 평균입도가 세립해지고 분급이 양호해지는 등 퇴적상과 조직변수가 일정하게 변화하였으며 계절간의 변화가 크지 않았다. 그러나 안목-염전 해변은 낙산-오산 해변에 비해 후안 및 전안의 평균입도가 조립하고 분급이 불량하며 양의 왜도 값이 많았고 연근해를 포함하여 조직변수의 전체적인 변화 경향성을 찾기가 어려웠다. 이러한 두 해변의 특징은 해안을 따라 흐르는 연안류가 해안선의 형태에 따라 변화하고 이로 인해 퇴적물의 특성에 영향을 주었기 때문으로 생각된다. 특히 안목-염전 해변은 인공구조물(안목항)이 연안류의 흐름을 막아 자연 상태와는 다른 퇴적환경의 변화를 일으키는 것으로 생각된다. 또한, 안목-염전 지역은 항만의 공사가 추가로 계획되어 있어 향후 지속적인 변화가 있을 것으로 예상된다.

주요어: 동해, 해변, 퇴적환경, 침식/퇴적

*Corresponding author: Jea-Kyung Oh

Tel: 82-32-860-7702

Fax: 82-32-862-5236

서 론

연안(Coast)은 바다와 육지를 연결하는 전이지역으로 크게 조간대, 해빈, 해안절벽으로 구분된다. 이러한 연안은 외부의 환경변화에 민감하게 반응하여 해안선의 변화를 발생시킨다. 그 중 해빈 지역은 미고결 퇴적물로 구성되어 있으며(Davies, 1985) 외부의 수리적 에너지의 조건 변화에 따라 지속적인 침식과 퇴적작용이 일어나는 불안정한 퇴적환경을 보인다.(Shepard, 1963; Komar, 1976) 특히 조간대 및 해빈 퇴적환경에서 발생하는 침식과 퇴적작용은 연안 개발에 있어 주요한 문제로 떠오르는 중요한 환경지수이다.

연안에 영향을 주는 요소는 크게 장기적 요소와 단기적 요소로 나눌 수 있다. 그 중 장기적 요소에는 빙하의 생성과 제거에 따라 해수면이 하강 및 상승하고 있음을 나타내는 해수면 운동(eustatic change)과 지각판의 상승과 침강에 따른 지구조적 작용(tectonism)이 속하며, 단기적 요소에는 국소적인 지역에 미치는 침식 및 퇴적을 일으키는 퇴적작용(sedimentary process)과 퇴적작용에 영향을 주는 연안개발 등이 포함된다. 이 중에서 최근 지역적으로 연안개발이 잦아지고 있어 해빈 환경 변화에 심각한 영향을 주고 있다.

근래에 해안개발은 충분한 검토 없이 이뤄지는 경우가 많아 단기적 요소인 퇴적작용에 영향을 주게 되고, 결과적으로 개발지 인근 연안에서 침식/퇴적 작용이 빠르게 변화하는 결과를 초래할 수 있다. 이러한 이유로 해안 구조물 건설 후의 급격한 변화에 대해 침식/퇴적작용을 수치모델을 통해 분석하고 대안을 제시하거나(신승호와 이증우, 2000; 김규한과 백종대, 2002; 함계운 외, 2002; 김인호와 이정렬, 2004), 표층 퇴적물의 조직특성과 주변 지형을 조사하여 변화양상을 확인하고자 하는 연구(장진호 외, 1999; 오재경과 금병철, 2002; 류상욱 외, 2006; 류상욱과 신용식, 2006)가 주로 수행되었다. 이 외에도 수치모델과 현장 조사를 병행하거나(함계운 외, 2002), 반 폐쇄적인 지형에 발생하는 자연적인 침식 작용에 대한 연구도 이뤄졌다(장진호 외, 1999). 그러나 선행 연구들은 대체로 서·남해안 지역의 해빈 및 조간대 지역을 대상으로 한 퇴적 특성에 관해 이뤄져 있는 반면, 동해안 지역에서는 파랑 및 연안류에 대한 수치 모델에 대한 연구가 주로 수행되어 있어 구조물 건설 후의 퇴적물 변화에 대한 자료는 부족한 편이다.

따라서 본 연구는 동해안에서 두 곳의 해빈을 선정하여 표층 퇴적물과 해빈의 변화에 대한 조사를 수행하고 해양 구조물의 유무에 따른 퇴적물의 특성을 비교하여 차이점을 확인하는데 목적을 두었다. 이를 위하여 해안 구조물 건설 후 급격한 변화를 겪고 있는 지역(안목-염전 해빈)과 상대적으로 변화가 적은 자연 상태의 지역(낙산-오산 해빈)을 연구지역으로 선정하여 조사하였다.

지역개관

연구지역은 동경 128.63°~128.66°, 북위 38.09°~38.13°에는 낙산-오산 해빈이, 동경 128.93°~129°, 북위 37.74°~37.79°에는 염전-안목 해빈이 속하는 동해안 지역이다(Fig. 1). 이 지역의 지질은 모두 제4기 후기 충적층으로 구성되어 있고 인접한 곳 일부에 고생대 페름기의 평안군 층이 존재한다(한국지질자원연구원, 2001). 조석은 최대조차가 0.3 m 이내의 소조차 연안으로 다른 지역에 비해 수심이 급격히 깊어지며 조석보다는 파랑의 영향을 많이 받는 파랑우세 환경임을 시사한다(오재경과 유규철, 1997). 이러한 파랑 우세환경에서는 해안류(nearshore current)가 퇴적물의 이동에 가장 큰 영향을 주며(Heward, 1981; 유규철과 오재경, 1998), 조석의 영향은 매우 미약한 편이다. 또한 지형은 돌출된 암반 지역과 다수의 해빈으로 이루어져 있으며, 선택된 두 연구지역 모두 하천이 존재한다.

낙산-오산 해빈은 양 끝단에 암반돌출부가 존재한다. 또한 해빈의 가운데에는 양양-남대천이 흘러 하천의 입구에는 사취(sand spit)가 길게 발달하고 있다. 이 지역은 낙산 해빈에 일부 개발된 해수욕장 외에는 모두 군사 지역으로 출입이 통제되어 있고 후안 지역의 철책과 전신주를 제외하면 다른 지역과 비교할 때 인공구조물의 영향을 거의 받지 않는다고 볼 수 있어 자연 해빈지역으로 선정하였다.

안목-염전 해빈은 염전, 남향진 및 안목 해빈을 포함한다. 염전 해빈의 남단에 작은 하천이 존재하며, 남향진과 안목 해빈의 경계에는 강릉-남대천이 흐르고 그 북단의 암반 돌출부에 안목항이 위치한다.

안목항 건설 이전의 안목 해빈은 오산 해빈의 퇴적물 이동 경향이 유사하게 나타났으나(유규철과 오재경, 1998; 김인호와 이정렬, 2004), 항만 확장공사가 시작된 91년 이후부터 이 지역의 해안선이 변화

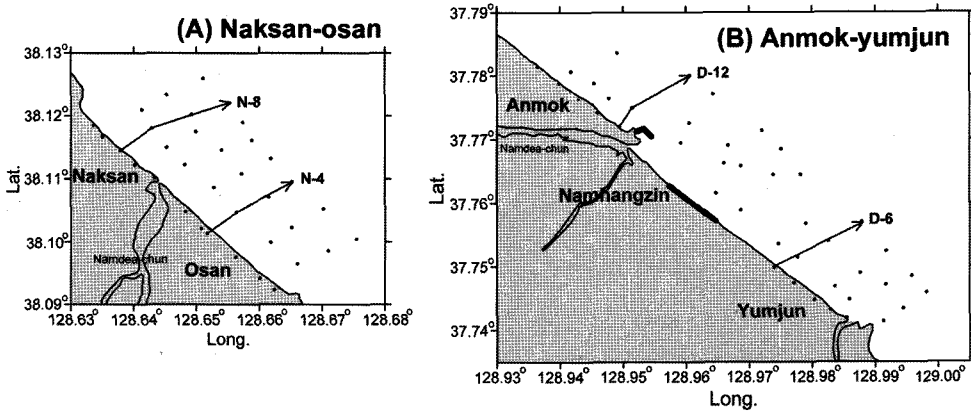


Fig. 1. Location of the study area; a) Naksan-Osan beach and b) Anmok-Yumjun beach. The black box indicates artificial structures (Anmok harbour and sea wall).

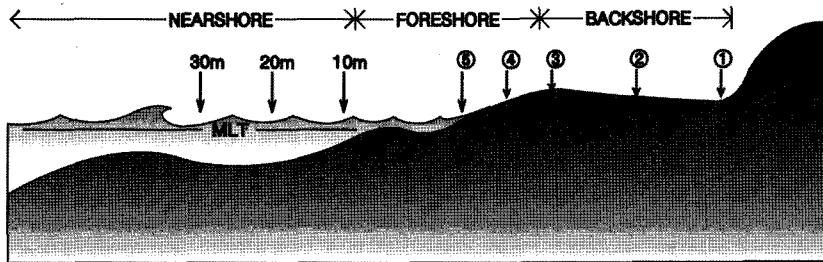


Fig. 2. Sampling station along beach profile (ex. N4).

하는 등 해안 침식이 발생하는 것으로 판단되고 있는데(정승진 등, 2003), 이러한 변화는 전적으로 안목항의 확장으로 인해 발생하는 현상으로 보고 있다(김인호와 이정렬, 2004). 따라서 이 지역은 인공구조물 설치 이후 퇴적작용의 변화를 엿볼 수 있는 연구지역으로 적합하다.

재료 및 방법

동해 연안의 해변 퇴적물의 계절 변화를 확인하기 위해 낙산-오산 해변과 안목-염전 해변에서 2004년 9월 홍수기(flood period)에는 20개 단면에서, 2005년 3월 갈수기(dry period)에는 25개 단면에서 해변 표층 퇴적물을 채취하였다.

한 측선에 포함된 정점은 평균 해수면 위 5개 정점과 해수면 아래 3개 정점으로 총 8개의 정점이 포함된다(Fig. 2). 홍수기에는 후안 및 전안의 시료만을 채취하였으며, 갈수기에는 전안 및 후안과 연근해 모두 시료를 채취하였다. 연근해의 시료는 2005년 3월

선박에 승선하여 그랩 샘플러를 사용, 일정한 간격으로 수심별(10, 20, 30 m) 표층 시료를 채취하였으나, 안목-염전 해변은 암반이 위치한 곳이 많아 등 간격으로 퇴적물 시료를 채취하기가 어려웠다.

채취한 시료는 입도분석을 위해 약 100g 정도를 취해 10% HCl과 10%, 30% H₂O₂를 사용하여 각각 탄산염과 유기물을 제거한 후 회석방법을 통해 염분을 제거하였다. 이와 같이 처리한 시료를 4φ(62.5 μm) 체를 사용하여 조립질과 세립질로 분리한 뒤, 조립질은 0.5 φ 간격으로 건식체질을, 세립질은 전체 무게의 7% 미만으로 5 φ에 해당하는 무게로 계산하였다(Folk, 1968). 분석된 입도 자료의 조직변수는 Folk and ward(1957)의 Graphic Method를 사용하였다.

결 과

표층퇴적물의 입도 및 특성

낙산-오산 해변: 후안 및 전안의 퇴적물은 95% 이상이 모래로 이 지역에서 홍수기의 평균 입도는 0.18

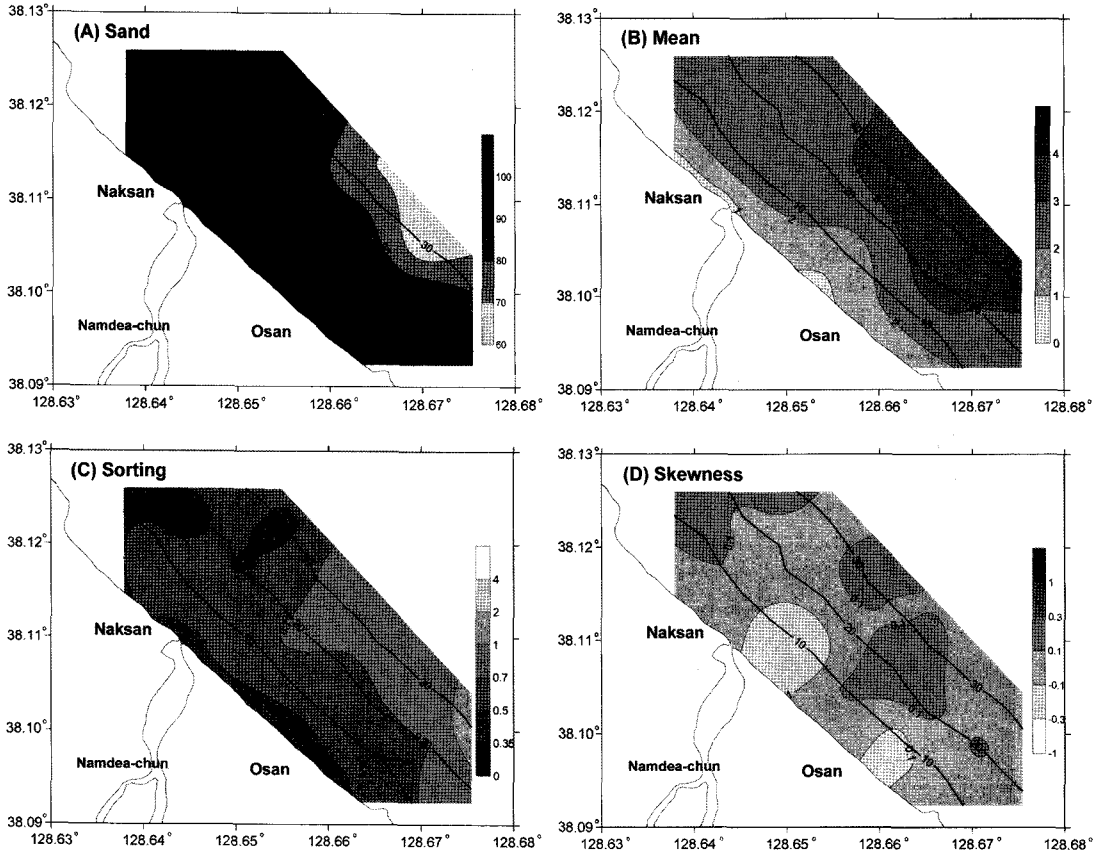


Fig. 3. Distribution of foreshore surface sediment facies and textural parameter in Naksan-Osan beach in the dry period (March 2005); a) sand (%), b) mean (%), c) sorting (ϕ), and d) skewness (ϕ).

~1.5 ϕ 까지 조립한 모래에 속하였고 갈수기에 자갈이 약간 증가하였다. 분급도는 0.23~0.83으로 well sorted~moderately well sorted의 분포를 보였고 왜도는 -0.18~0.20로 대체로 음의 값이 많았다. 해빈의 북측은 갈수기에 분급도가 불량해지는 경향을 보였으며 홍수기보다 갈수기의 입도가 더 조립하고 분급이 불량해지고, 왜도값은 0에 근접하게 나타난다. 또한 해빈의 북측에서 남측으로 가면서 평균입도가 세립해지고 분급이 좋아지는 경향을 보인다.

연근해 지역은 후안 및 전안지역에 비해 실트의 성분이 높으며 해안선에서 외해방향으로 갈수록 실트의 분포가 증가한다. 평균 입도는 1.17~3.37 ϕ 로 후안에 비해 세립한 모래(very fine sand)로 나타나며 분급은 0.41~1.22 ϕ , 왜도는 -0.20~-0.23 ϕ 로 범위 내에서 다양한 값의 분포를 보인다. 평균입도의 분포는 해안선에서 외해 쪽으로 갈수록 세립하며 수심 10 m 정점들은 남측 보다 북측 연안이 더 세립하고,

수심 20 m와 30 m 정점은 그와는 반대로 북측 연안이 남측보다 조립해진다. 분급도는 육지 쪽에서 외해로 갈수록 불량해지며 북측 연안이 남측보다 좋은 분급을 보인다(Fig. 3).

안목-염전 해빈: 염전-안목 지역의 후안 및 전안의 퇴적물 조성에서 실트는 거의 없으며, 자갈은 0~24.82%, 모래가 75.18~100%로 높은 모래 함량을 보인다. 자갈은 홍수기보다 갈수기에 양이 증가하고 오산 해빈에 비해 높게 나타난다. 평균 입도는 홍수기에 -0.67~0.90 ϕ , 갈수기에는 약간 조립한 -0.67~0.61 ϕ 로 큰 차이를 보이지 않으며 해빈의 북측보다 남측이 더 세립하게 나타난다. 분급도는 0.37~0.78 ϕ 로 대체로 양호한 편이며 홍수기보다 갈수기의 분급이 양호하게 나타난다. 왜도는 홍수기에 -0.294~0.217 ϕ 로 갈수기와 큰 차이를 보이지 않는다(Fig. 4).

연근해 지역은 낙산-오산 해빈 지역과 마찬가지로

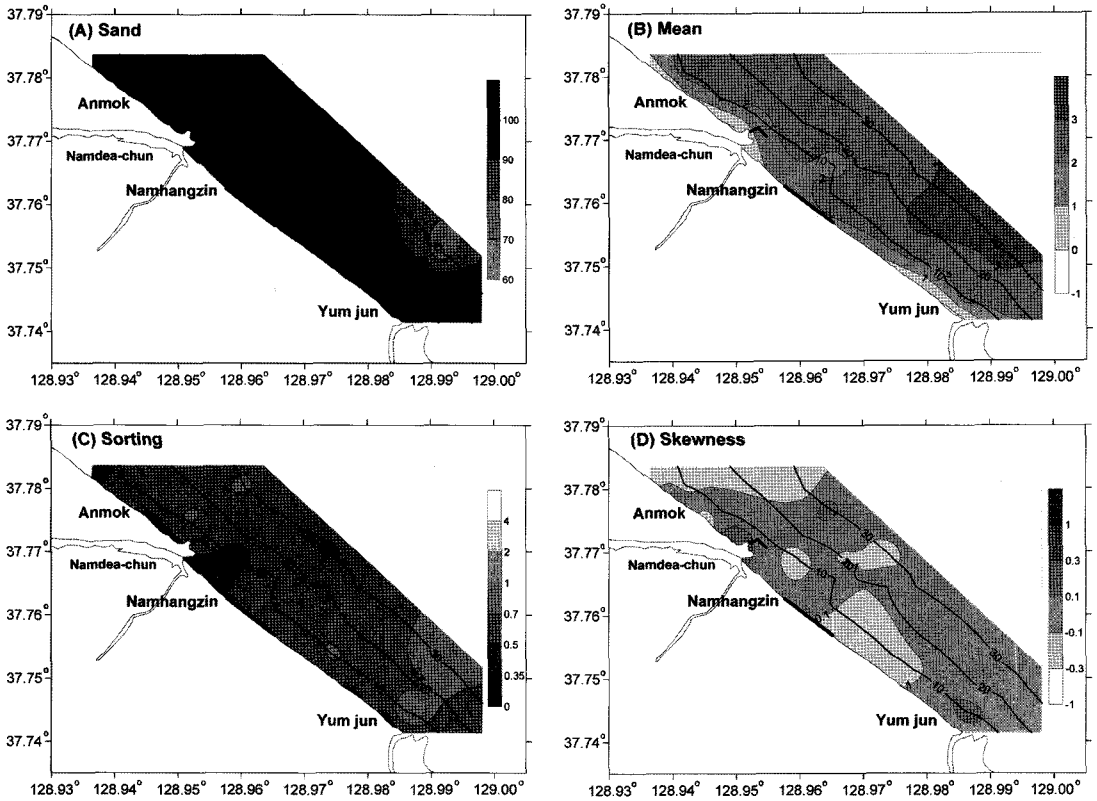


Fig. 4. Distribution of foreshore surface sediment facies and textural parameter in Anmok-Yumjun beach in dry period (March 2005); a) sand (%), b) mean (%), c) sorting (ϕ), and d) skewness (ϕ).

후안 및 전안보다 세립한 퇴적상을 보이며, 주된 퇴적물은 모래이지만 해변의 남측에서는 외해 쪽으로 실트의 양이 증가한다. 평균입도는 1.22~3.56 ϕ 로 외해방향으로 평균입도는 세립해지며 해변의 북측보다 남측이 세립한 양상을 보인다. 분급도는 0.42 ϕ ~1.01 ϕ , 왜도는 -0.30~0.22 ϕ 로 나타났으나 특징적인 공간 분포는 나타나지 않는다(Fig.4).

낙산-오산 해변과 안목-염전 해변의 비교

연근해 지역의 퇴적물 조성 and 평균입도의 분포는 두 지역 모두 전반적으로 해안선에서 바다쪽으로 갈수록 모래 퇴적물이 감소하고 따라서 평균입도가 세립해지는 양상을 보인다. 그러나 낙산-오산 해변에서는 해변의 중앙을 기준으로 바다쪽으로 모래의 성분이 감소하고 평균입도가 세립해지나, 안목-염전 해변에서는 연근해 대부분이 90% 이상의 모래로 해변의 남단에 위치한 작은 하천 앞 인근에서만 실트의 구성이 증가하고 평균입도는 바다쪽으로 갈수록 점차

세립해지는 양상을 보인다. 또한 안목-염전 해변은 해변 중앙에 안목항 인근에서 가장 조립한 분포를 보인다. 분급도는 낙산-오산 해변에서 해안선과 멀어질수록 불량해지며, 안목-염전 해변에서는 중앙의 위치한 하천 입구에서 가장 양호하고 남단에 위치한 하천 앞에서 가장 불량한 분급을 보인다. 낙산-오산 해변은 연근해지역에서 해안선과 멀어질수록 왜도를 제외한 조직변수의 값이 일정하게 변하지만, 안목-염전 해변 지역에서는 중앙과 남단에 위치한 하천의 입구에서만 변화가 있을 뿐 전체적인 값이 거의 일정하게 나타난다.

표층퇴적물의 조직변수 및 상관관계

각 해변의 남측과 북측 간의 조직변수의 차이를 비교해 보고자 해변 중앙에 위치한 하천을 기준으로 북쪽과 남쪽 해변을 대표하는 측선을 하나씩 선정하였다.

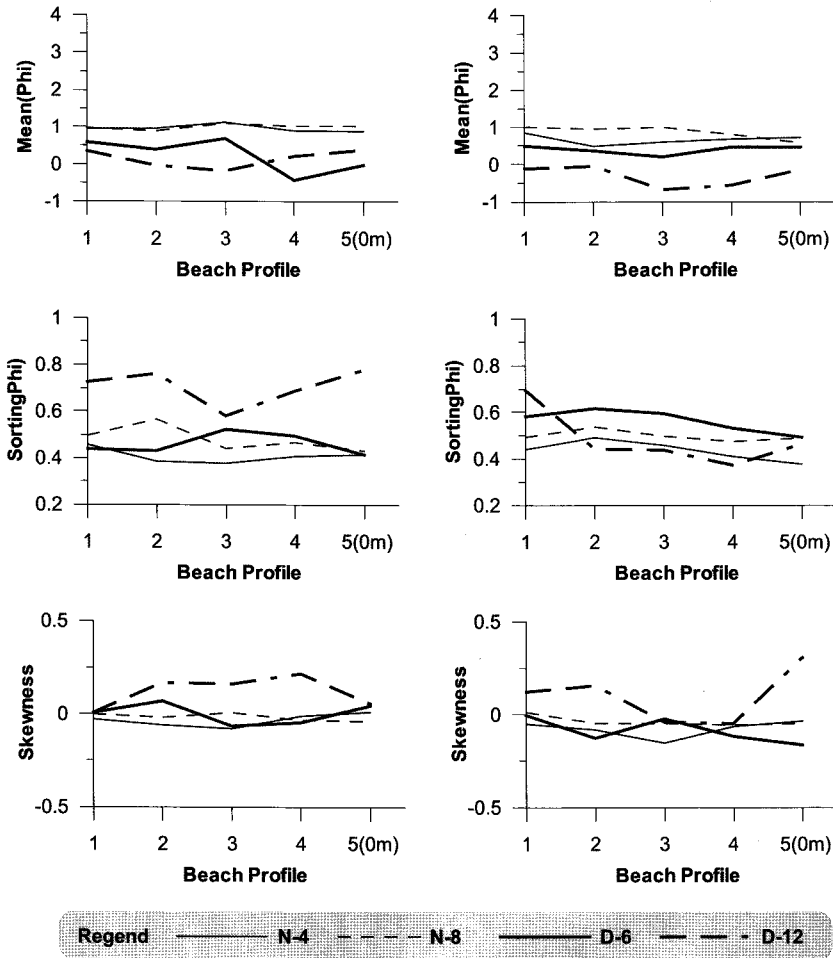


Fig. 5. Variation of textural parameters along backshore and foreshore profile in flood and dry periods (left: flood period, Right: dry period).

낙산-오산 해변: 오산 해변에서는 두 측선(N-4와 N-8)을 선정하여 평균입도, 분급도, 왜도 값을 비교하였다. 후안 및 전안 지역은 홍수기에 평균입도와 왜도 값이 거의 일정한 값을 보이며, 분급도의 경우 특정한 경향성이 나타나지 않는다. 갈수기의 평균입도와 왜도 값 역시 일정하나 측선 N-4가 평균입도에서 약간 더 조립하고 분급도는 모두 후안에서 전안쪽으로 가면서 양호해진다(Fig. 5). 연근해의 경우 두 측선 모두 평균입도가 세립해졌으나 측선 N-4에서는 분급이 점차 불량해지고 양의 왜도값을 보인 반면, 측선 N-8에서는 분급이 양호해지고 음의 왜도를 보인다(Fig. 6).

이 지역 후안 및 전안의 왜도는 평균입도와 비례 관계의 경향이, 분급과는 반비례의 경향이 나타난다

(Fig. 7). 가장 분급이 불량하고 조립하게 나타나는 하천 인근의 정점을 제외하면, 평균입도와 분급은 홍수기보다 갈수기에 대체로 일정한 값 사이에 집중되는 경향을 보였다. 이는 갈수기에 강해지는 파랑 에너지와 함께 바람에너지로 인해 분급을 받으면서 입도가 조립해지고 분급이 양호해지는 것으로 생각된다. 또한 연근해 지역에서는 평균입도, 분급도, 왜도 모두가 양의 상관관계를 보인다(Fig. 8).

안목-염전 해변: 선정된 두 측선(D-6와 D-12)의 후안 및 전안지역에서 평균입도는 시기에 상관없이 대체로 1φ 이상의 조립한 모래인 것으로 나타나며 측선 D-6 보다 측선 D-12이 좀 더 조립하게 나타난다. 또한 측선 D-6은 홍수기의 분급과 왜도, 갈수기의 왜

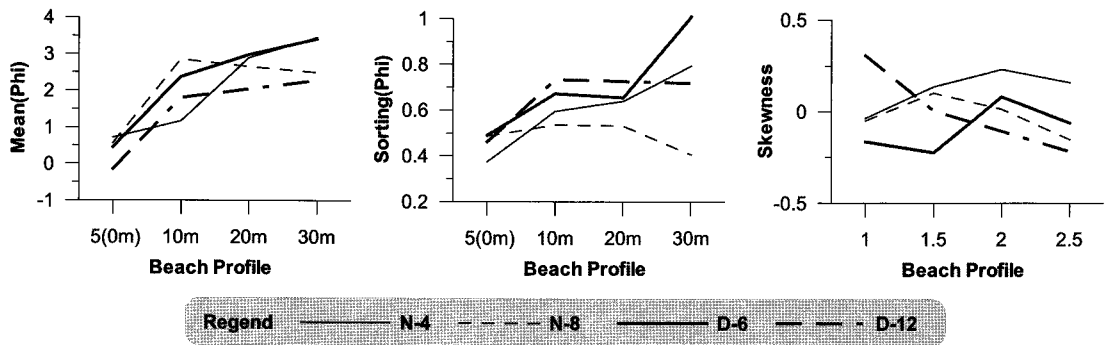


Fig. 6. Variation of textural parameters along the nearshore profile in dry period.

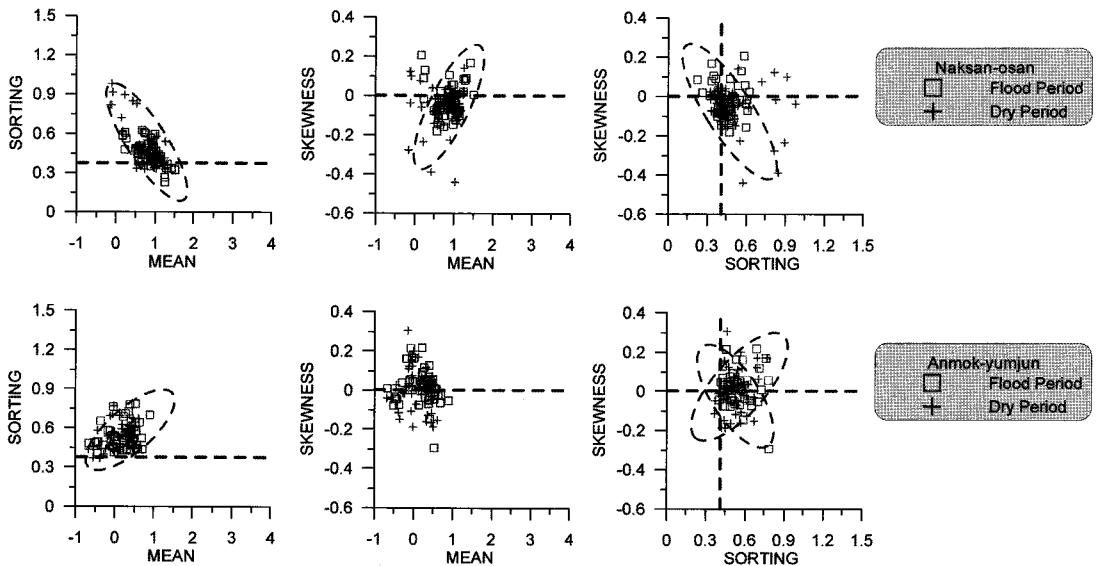


Fig. 7. Bivariate scatter plots of textural parameters of backshore and foreshore surface sediments in flood and dry periods (mean vs. sorting, mean vs. skewness and sorting vs. skewness).

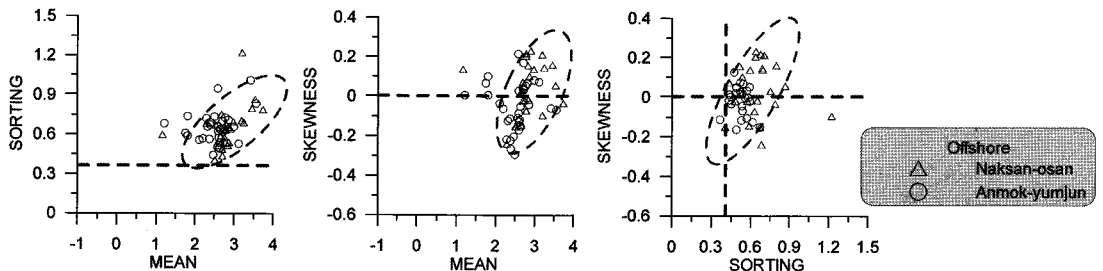


Fig. 8. Bivariate scatter plots of textural parameters of nearshore surface sediments in the dry period (mean vs. sorting, mean vs. skewness and sorting vs. skewness).

도는 낙산-오산 해변과 거의 비슷하나 갈수기의 분급은 가장 불량하게 나타난다. 측선 D-12는 홍수기에 불량한 분급을 보이지만 갈수기에 양호해지며, 왜

는 두 시기 모두 양의 값이 나타난다. 홍수기에 비해 갈수기에는 약간 평균입도가 세립해지고 분급이 양호해진다(Fig. 5). 연근해에서는 외해방향으로 평균입도

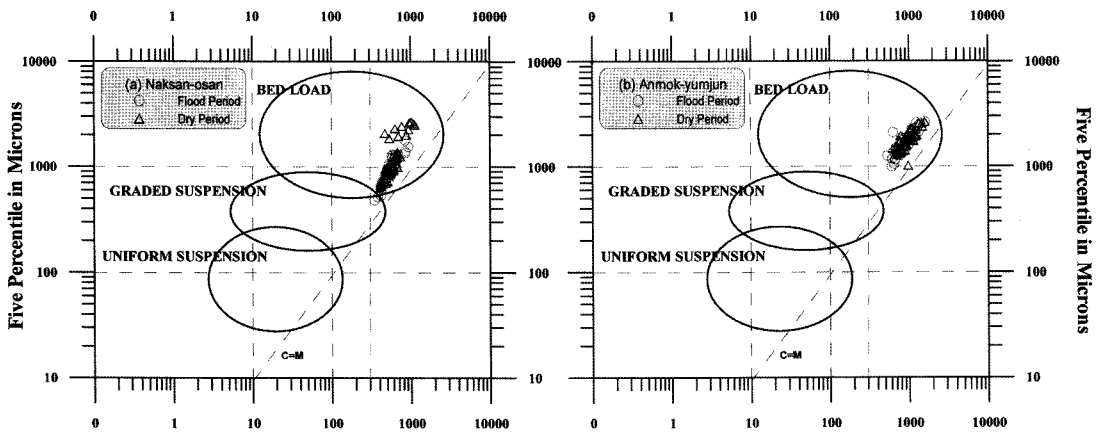


Fig. 9. C-M (coarse five percentile vs. median) diagram showing three patterns of backshore and foreshore surface sediment transport mode.

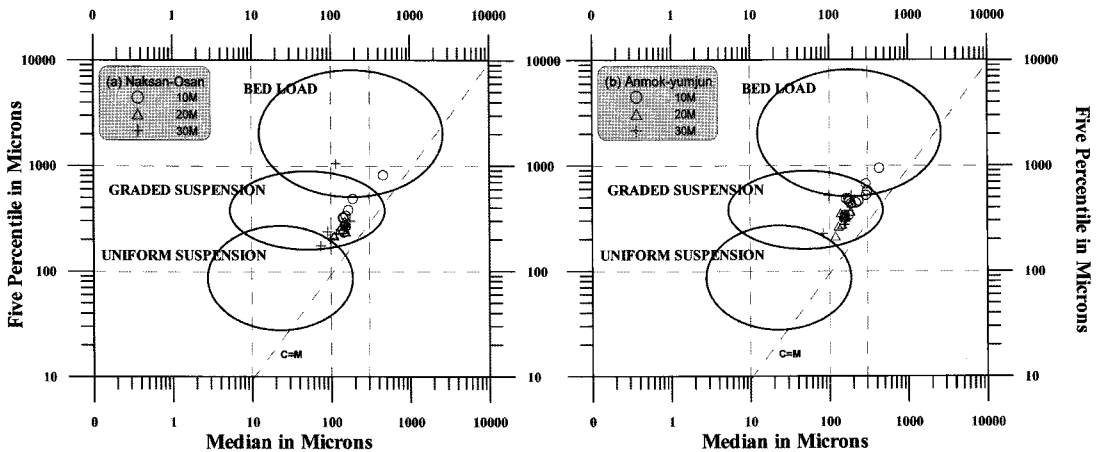


Fig. 10. C-M (coarse five percentile vs. median) diagram showing three patterns of nearshore surface sediment transport mode in dry period.

가 세립해지고 분급이 양호해지나 왜도는 측선 D-6에서 10 m와 20 m의 변화폭이 매우 크고, 측선 D-12에서는 점차 음의 값이 나타난다(Fig. 6).

후안 및 전안에서는 평균입도와 분급이 양의 상관관계를 보인다. 그러나 분급과 왜도의 경우 해빈의 남측에서는 음의 상관관계를, 북측에서는 양의 상관관계를 보인다(Fig. 7). 연근해 지역에서는 오직 분급과 왜도 사이에서만 양의 상관관계가 나타난다(Fig. 8).

낙산-오산 해빈과 안목-염전 해빈의 비교

후안 및 전안지역에서의 단면변화는 낙산-오산 해빈과 안목-염전 해빈에서 약간의 차이점을 보인다.

낙산-오산 해빈은 홍수기와 갈수기에 상관없이 평균 입도, 분급도, 왜도가 큰 변화 없이 완만한 변화 또는 일정한 값을 보인다. 그러나 안목-염전 해빈에서는 특히 홍수기 때에 단면의 변화는 정점별로 크게 변화하여 일정한 변화나 일정한 값을 보이지 않았으며 갈수기에는 평균입도와 분급만 낙산-오산 해빈과 유사한 경향을 보였다.

또한 낙산-오산 해빈에서 갈수기의 연근해는 평균 입도, 분급도, 왜도 모두 양의 상관관계를 보이고 있다. 그러나 안목-염전 해빈은 평균입도와 분급도, 왜도는 특별한 상관성이 나타나지 않았고, 단지 분급과 왜도 사이에서만 양의 상관관계를 보였다.

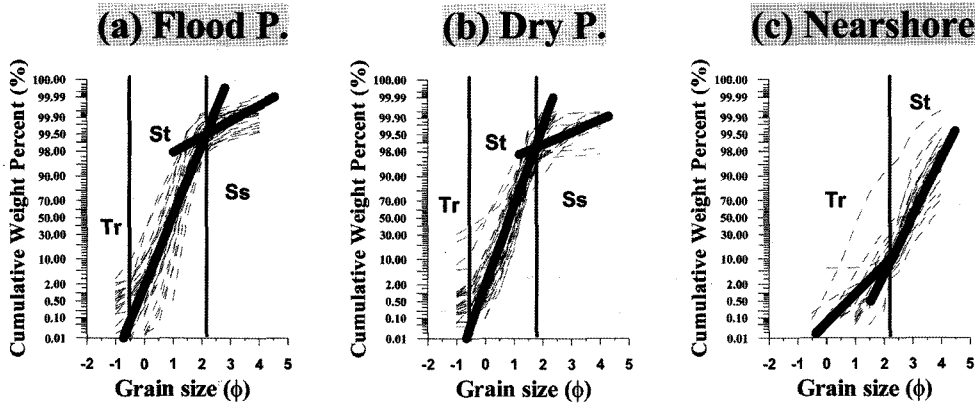


Fig. 11. Transport patterns of beach surface sediment in Naksan-Osan beach.

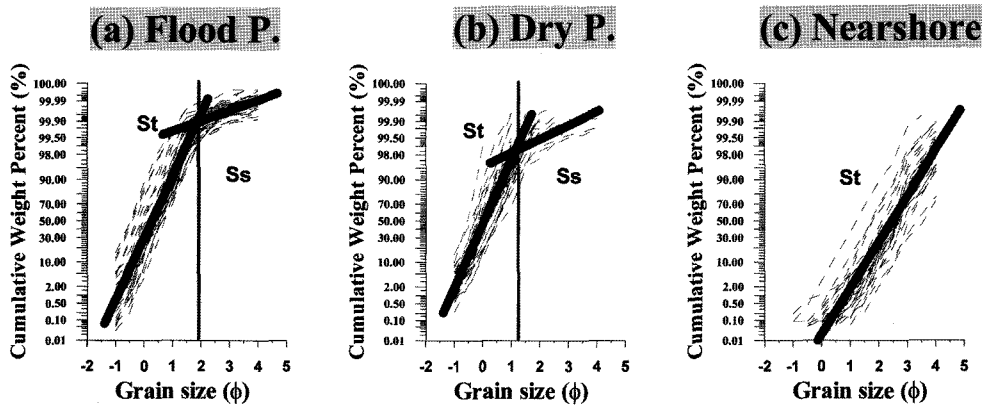


Fig. 12. Transport patterns of beach surface sediment in Anmok-Yumjun beach.

표층퇴적물의 C-M과 Visher 퇴적 기작

표층 퇴적물의 퇴적기작을 확인하고자 Passega (1957)의 C-M 경향과 Visher (1969)의 분석법을 사용하였다.

낙산-오산 해변: 낙산-오산 해변의 후안 및 전안지역에서 퇴적물의 이동 기작은 전반적으로 밀집이동(bed load)에 속하며 일부분이 점이부유(grade suspension)에 포함된다(Fig. 9). 홍수기와 갈수기에 따른 시기적인 차이는 없으나 갈수기에서 밀집이동의 성향이 약간 강하게 나타난다. 점이부유가 주된 퇴적기작인 연근해 지역은 수심이 깊어질수록 밀집이동에서 점이부유, 점이부유에서 지속부유(uniform suspension)로의 성향이 커지고 있다(Fig. 10).

홍수기에서 갈수기 사이의 시기적인 변화는 거의 없으며, 끌림군(traction), 도약군(saltation)과 부유군(suspension)의 이동 기작이 모두 나타난다(Fig. 11).

끌림군과 도약군은 $-1 \sim 0 \phi$ 를 경계로 나타나고, 도약군과 부유군은 $1.5 \sim 2.5 \phi$ 를 경계로 나타난다. 퇴적물의 95% 이상이 도약군의 모드를 보이며 홍수기보다 갈수기에 부유군의 범위가 약간 증가하였다. 연근해 지역은 대부분 도약군의 모드를 보인다. 일부 정점에서 끌림군이 나타나며 끌림군과 도약군의 경계는 $2 \sim 2.5 \phi$ 를 전후로 나타난다.

안목-염전 해변: 안목-염전 해변의 후안 및 전안 지역에서 홍수기와 갈수기 모두 밀집이동 모드가 뚜렷하게 나타나며(Fig. 9) 연근해의 수심 10 m에서는 밀집이동으로, 수심 20 m와 30 m에서는 점이부유의 이동 기작을 보인다(Fig. 10).

이 지역의 후안 및 전안에서 이동 기작은 도약군과 부유군으로 나타난다(Fig. 12). 두 군의 경계는 $1.5 \sim 2 \phi$ 로 시기적인 변화 역시 거의 없으나 부유군이 약간 증가하였고 끌림군의 이동모드는 보이지 않는다. 또한 대부분의 퇴적기작은 도약군에서 나타난다.

연근해 지역의 이동 모드는 도약군 단일 모드를 보인다. 따라서 연근해 지역 역시 퇴적물이 주로 도약 기작을 통해 이동한다.

낙산-오산 해빈과 안목-염전 해빈의 비교

낙산-오산 해빈과 안목-염전 해빈 지역 모두 홍수기에서 갈수기로 가면서 밀집이동의 이동 경향이 강해진다. 그러나 낙산-오산 해빈 지역이 상대적으로 점이부유의 경향이 더 강하게 나타난다.

두 지역의 조직변수는 크게 차이가 나지는 않지만 안목-염전 해빈이 상대적으로 부유군으로 이동하는 양이 높으며 평균입도가 조립하고 분급이 양호하게 나타나 낙산-오산 해빈보다 고에너지 환경임을 시사하고 있다.

낙산-오산 해빈 지역은 세 가지의 이동 모드(끌림군, 도약군, 부유군)가 모두 나타나고 있으나 안목-염전 해빈에서는 끌림군은 거의 나타나지 않고 해빈 쪽 퇴적물은 도약군으로 이동하는 폭이 넓게 나타났다. 두 지역 모두 퇴적물의 대부분은 도약군으로 이동하며 갈수기에 부유군의 범위가 약간 증가하였다.

토의 및 결론

파랑의 영향이 우세한 환경인 낙산-오산 해빈과 안목-염전 해빈의 퇴적물은 주로 모래로 이루어져 있으며, 후안에서 연근해로 갈수록 입도가 세립해지고 외해방향으로 실트의 양이 증가한다. 대체로 홍수기에서 갈수기로 가면서 평균입도가 조립해지며, 낙산-오산 해빈에 비해 안목-염전 해빈에서 자갈의 양이 크게 증가한다. 낙산-오산 해빈의 후안 및 전안에서는 북측에서 남측으로 가면서 평균 입도가 세립해지고 분급이 양호해지며, 연안을 따라 남쪽으로 오면서 퇴적상과 조직변수가 일정하게 변하고 시기에 따른 차이가 크지 않다. 안목-염전 해빈은 낙산-오산 해빈보다 입도가 조립하고 분급이 불량하며 왜도 역시 뚜렷이 양의 값을 보이고 있으나 하천의 입구를 제외하고는 전체적으로 변화하는 경향성이 없다. 또한 해빈의 북단과 남단에서 각각 남측으로의 퇴적물 입도의 세립화 경향을 보이고 있으며 계절이나 공간에 따른 조직변수의 변화 폭이 낙산-오산 해빈에 비해 큰 것이 특징이다. 수심 0m 정점을 기준으로 전안/후안과 연근해의 변화 양상이 달라진다. 연근해 지역은 낙산-오산 해빈에서 해안선을 기준으로 수심이 깊

어질수록 입도가 세립해지고 분급이 불량해진다. 이는 파랑에너지의 영향력이 육지쪽으로 갈수록 집중된다는 사실을 말해준다.

표층 퇴적물의 이동기작은 두 연구지역 모두 비슷한 퇴적양상을 보이고 있다. 육상에 노출된 지역인 후안 및 전안 지역의 대부분은 밀집이동을 통해 이동하며, 3월 갈수기에는 겨울철의 강한 바람의 영향을 받을 것으로 생각된다. 또한 연안류의 지속적인 영향을 받는 연근해 지역은 전반적으로 점이부유의 형태로 이동하며 수심이 깊어질수록 점이부유, 지속부유의 형태로 이동하는데 퇴적물 수송이 입도 크기와 관련 있음을 지시한다. 낙산-오산 해빈의 경우 퇴적물의 이동경로가 해빈 북측에서 유입되어 해안선을 따라가다가 해빈의 남단에서 외해 방향으로 진행하는 것으로 알려져 있다(유규철과 오재경, 1998). 이 지역에서는 연안류의 흐름을 막을만한 구조물이 없기 때문에 퇴적물이 이동하면서 조직변수의 공간적인 변화를 가져온 것으로 예상되며, 계절에 따른 변화가 크게 나타나지 않아 오산 해빈이 안정적인 에너지 환경에 놓여 있음을 시사한다. 안목-염전 해빈이 낙산-오산 해빈보다 평균입도가 조립하고 분급이 양호하게 나타나 고에너지 환경임을 말해주며, 상대적으로 부유군으로 이동하는 양이 높게 나타난다.

안목-염전 해빈은 1991년 안목항 건설 이후 현재까지 항만의 확장공사가 진행되면서 침식/퇴적 작용의 변화로 문제시 되고 있는 지역으로 안목항 북측에서는 해안선의 전진, 안목항 남측의 남향진 북단은 광범위한 해안 침식이 발생되고 있다(김인호와 이정렬, 2004). 이로 인해 해빈의 규모가 현저히 축소되고, 염전 해빈까지 침식으로 인해 암반이 노출되어 있다. 하천 입구에서는 계절에 따라 강한 퇴적과 침식이 반복되고 있어 항로가 막히는 등의 문제가 발생되어 준설이 비정기적으로 시행되고 있다.

안목 해빈의 경우 안목항 건설 이전의 퇴적물 이동은 오산 해빈과 비슷하게 북측에서 남측으로의 이동방향을 보였으나, 안목항 건설 이후 북측으로부터의 흐름은 안목항 방파제에 의해 막혀 차단된다(유규철과 오재경, 1998; 김인호와 이정렬, 2004). 또한 안목항 남쪽의 강릉-남대천 인근에서는 흐름의 회절이 일어난 뒤 남쪽으로 이동하는 것으로 나타나 안목 해빈이 두 지역으로 분리되고 있음을 의미한다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 낙산-오산 해빈의 경우 퇴적물의 조직변수가 급격하게 변화하지 않고

일정하게 변화하고 있어 해빈 전반에 걸쳐 안정된 에너지 환경에 노출된 것으로 생각된다. 그러나 안목-염전 해빈은 낙산-오산 해빈에 비해 홍수기와 갈수기의 변화 양상이 크게 변화하며, 공간적인 분포 역시 어떠한 경향성 없이 값의 변화 폭이 커 오산 해빈과는 다른 불안정한 에너지 환경으로 예상된다. 안목 해빈의 경우 강릉-남대천 남쪽부터 광범위한 침식으로 해빈이 거의 사라져 안목에서 염전까지의 거리가 낙산-오산에 비해 긴 편으로 비록 연구지역의 크기가 차이가 나고 있으나, 낙산-오산, 안목-염전 두 지역은 하천을 사이로 연속된 해빈이 위치한다는 점에서 유사한 환경을 갖고 있다. 또한 안목지역은 침식-퇴적의 변동이 심한 지역으로 항만의 확장공사가 추가로 진행되고 있다. 남향진 지역의 침식을 막고자 추가적으로 건설된 구조물인 호안은 연안의 수리·물리적 환경을 변화시켜 또 다른 퇴적환경의 변화가 예상된다.

사 사

본 연구는 “한국과학재단의 기초과학연구사업” (과제번호: R05-2002-000-01228-0)의 지원 하에 수행되었습니다. 이 논문을 쓸 수 있도록 지도해주신 유규철 박사님과 심사위원님께 감사드립니다.

참고문헌

- 김규한, 백종대, 2002, 동해안 중소어항 인근 해안침식 방지대책. 한국해양해양공학회지, 14(4), 247-256
- 김인호, 이정렬, 2004, 동해 안목항 주변 연안 토사이동. 한국해양·해양공학회지, 16(2), 108-119
- 류상욱, 김주용, 장진호, 조영길, 신상은, 은고요나, 2006, 조건대성 해빈 퇴적물의 이동양상에 관한 연구. I. 한국해양안의 특량만. 지구과학회지, 27(2), 221-235
- 류상욱, 신용식, 2006, 호안 건설 후 광양만 조건대 퇴적물의 퇴적학적 특성. 지구과학회지, 27(6), 659-669
- 신승호, 이종우, 2000, 외해구조물 건설에 따른 해빈 변형에 관한 실험적 연구. 한국해양해양공학회지, 12(2), 96-107
- 오재경, 유규철, 1997, 한반도 동남부 해빈 퇴적물의 조직 변수의 특징. 인하대학교 기초 과학연구소 18, 87-94
- 오재경, 금병철, 2002, 대조차환경 침식연안의 퇴적학적 특성. 지구과학회지, 23(7), 565-574
- 유규철, 오재경, 1998, 동해 연안 표층퇴적물의 이동경로. 한국해양·해양공학회지, 11(1), 50-55
- 장진호, 김여상, 조영길, 1999, 해안침식이 우세한 반폐쇄적 조건대의 퇴적작용: 한국 서해안의 함평만. 한국해양학회지, 바다, 4(2), 117-126
- 정승진, 김규한, 편종근, 2003, 남향진 해안의 장기 해안선 변화조사 및 정확도 평가. 2003 대한토목학회 정기학술대회, p. 4976-4981
- 최병호, 강경구, 이석우, 1989, 사강하구의 조성 및 토사이동. 한국해양·해양공학회지, 1(1), 31-43
- 한국지질자원연구원, 2001, 강릉도폭(1:25,000)
- 한국지질자원연구원, 2001, 속초도폭(1:25,000)
- 함계윤, 김진홍, 장대정, 2002, 학동 해빈의 침식에 관한 조사·연구. 한국해양해양공학회지, 14(1), 65-75
- Davis, R.A., 1985, Coastal Sedimentary Environments. Springer-Verger: New York Berlin Heidelberg Tokyo, 380-444 p.
- Folk, R.L., 1968, Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's. 159 p.
- Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957, Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. J. Sediment. Petrol, 27(1), 3-26
- Heward, A. P., 1981, A review of wave-dominate clastic shoreline deposits. Earth Sci. Rev., 17, 223-276
- Komar, P.D., 1976. Beach Processes and sedimentation. Prentice Hall, 168-202 p.
- Shepard, F.P., 1963. Submarine Geology, 2nd ed. Harper and Row, New York, 557 p.

2007년 6월 4일 접수

2007년 12월 1일 수정완료 접수

2007년 12월 7일 채택