

한국 서해 천리포 사질 조간대 해빈층과 해안 사구층의 연구

박용안 · 최경식
서울대학교 자연과학대학 해양학과

Study of the Cheonripo Intertidal Beach Sands and Coastal Dune Sands, Cheonripo, the West Coast of Korea

Yong Ahn Park and Kyung Shik Choi

Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

요 약

한국 서해안의 특징적인 조간대 퇴적층의 종류로서 사립질 퇴적층(sandy deposit) 즉, 조간대 해빈층과 해안사구의 사질퇴적물의 분포를 구분할 수 있는데, 이번 연구는 충남 서산군 천리포의 사립질 퇴적층에 관한 표면 퇴적구조(bedform)로서의 메가 연흔(megaripple) 이동양식과 조직 매개변수(textural parameter)의 연구이다. 이 곳 천리포의 조간대 해빈층과 연속하여 발달한 해안 사구층의 조직 매개변수를 규명하므로써 조간대 환경과 해안 사구 환경을 각각의 환경적 단층(endmember)으로 구분될 수 있다는 결론이다.

ABSTRACT

A sedimentation study of the Cheonripo intertidal beach sands and its related coastal dune sands, Cheonripo, Seosan Gun, Choongcheong Namdo, Korea has been carried out based on a series of several summer time field surveys.

Each subenvironment in the Cheonripo coastal zone, that is, intertidal sand beach and coastal sand dune, could be differentiated in terms of textural parameters. The coastal dune sands are finer than the intertidal beach sands in mean grain size, and the sorting of dune sands is relatively poorer than that of intertidal beach sands, However,

the skewness of intertidal beach and dune sands is commonly positive. Such textural parameters are characteristically differentiated on scatter diagrams.

A series of megaripple bedform observations for 6 tidal cycle periods(August 13, 14 and 15, 1990) are interpreted to find out migration pattern of bedforms and its related sand migration, Such migration natures are shown on the tables and figures.

서론

현생 퇴적물의 조직 매개 변수(textural parameters)를 이용하여 퇴적환경을 연구하는 퇴적학의 일 분야가 1920년대 이후 활발하게 진행되었다(Dott, 1988). 초기의 연구들은 주로 입도 분석 자료를 근거하여 퇴적환경(현생 퇴적물)을 해석하려 하였다. (Mason and Folk, 1958; Friedman, 1961; Chappell, 1967). Friedman(1961)은 퇴적물 입도의 평균(mean), 분급(sorting), 왜도(skewness) 및 첨도(kurtosis) 등의 조직 매개 변수들을 서로 상관관계를 맺어 해빈과 사구의 모래들을 구분할 수 있음을 밝혔고, Visher(1969)는 퇴적물의 입도를 로그 좌표계(logarithmic coordination)에 나타내고, 그 그래프의 기울기 정도에 따라 각각 뜬짐(suspended load), 밑짐(bed load) 및 혼합짐(saltation load)으로 나누고 이들 상호 간의 분포 비율 및 경사도 변화로써 다양한 현생 환경의 구분이 가능함을 제안하였다. 이와 함께 Passega(1964)는 퇴적물의 가장 조립한 일부분의 입도와 중앙값(median)을 도시하여 퇴적기작을 설명하려 하였다. 이러한 연구결과들은 고화된 사립퇴적물인 사암에는 적용하기가 어려운 한계점을 가지고 있지만, 현생퇴적물에 대해서는 퇴적환경을 비교하고 유추하는데 기본적인 자료로서 의미를 가지고 있다.

본 논문은 퇴적과 침식이 활발하게 진행되고 있는 한국 서해 천리포 조간대 해빈과 사구 퇴적물의 입도 분석을 통해 입도 조직(texture)의 차이점을 기술하고, 퇴적환경의 차이에 대한 논의 및 해빈에 발달하고 있는 다양한 일차 퇴적구조들중 메가연흔(megaripple)의 분포와 이동양상을 기술하고자 한다.

지역개관

본 연구조사 지역인 천리포 해빈은 행정구역상으로 충청남도 서산군 태안면에 속하는 작은 포구로서 남쪽으로 만리포 해빈과 연결되어 있다(그림-1). 이해역은 조석의 현상과 그 영향이 우세한 곳으로서 조차(tidal range)가 약 4m 이상인 대조차 환경에 속하며 파도의 작용도 비교적 강한 곳이다. 해빈은 폭이 약 200 m, 길이가 1 km 정도의 규모이며 퇴적물들은 모두 모래로 이루어져 있다. 즉, 곳과 곳 사이의 전형적인 포켓 해빈(pocket beach)으로서 환경적 특성을 가지고 있다.

특징적인 지형단위의 하나로 간조시에는 해빈과 연결되나, 만조시에는 침수되어 분리되는 닭섬과의 연결 퇴적체인 톰보로(tombolo) 형태의 자갈 우세의 퇴적체가 연구해역 북측에 있다. 해빈의 만조선 근방에는 전형적인 해빈 애도(berm)의 발달이 미약하며, 더 내륙쪽인 후안(back shore)에는 크고 작은 해안사구들이 발달하고 있고 사구에는 수풀과 소나무가 밀집되어 있다.

재료 및 방법

해빈 모래(beach sand)와 사구 모래(dune sand)의 입자 분석은 건습 체질에 의해 수행되었다(Ingram, 1971). 해빈 전안(foreshore)에 우세하게 발달하고 있는 연흔의 이동 양상을 규명하기 위하여 임의의 연흔을 선택하여 연흔의 정부(crest)에 막대기를 일정한 간격으로 설치한 후 조석주기 동안의 변화를 관찰하였다. 연흔의 이동과 침식 및 퇴적량 추정에는 그림-2와 같은 모델에 기초하여 계산하였다.(그림-2).

결과

퇴적물 입자 조직 특성

천리포 해빈 모래의 입자 평균값은 1.30~1.78 ϕ 로서 조립질 모래(coarse sand)에 해당하

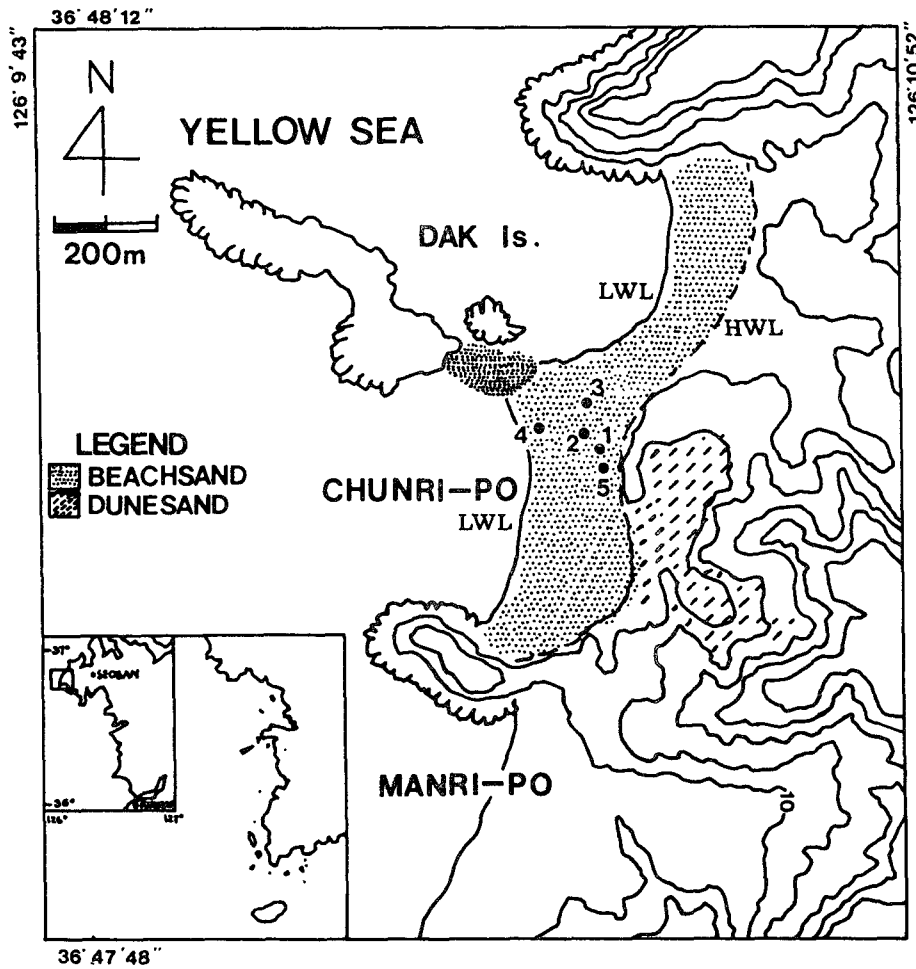
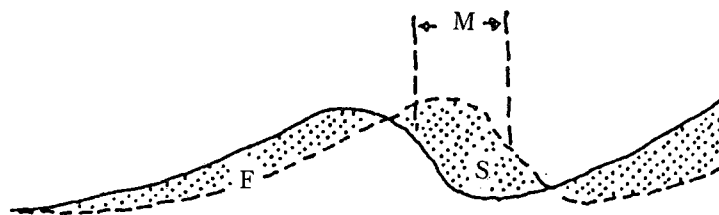


Fig. 1. Index map showing investigated intertidal sand beach and coastal dune. Note-LWL (lower water level), HWL (high water level) and arabic numbers (megaripples and samples).



E = Erosion $m^3m^{-1}tide^{-1}$
 S = Deposition $m^3m^{-1}tide^{-1}$
 M = Migration $m\ tide^{-1}$

Fig. 2. Schematic diagram showing migration, erosion and deposition of megaripple.

며, 분급(sorting)은 0.3~0.5 ϕ 사이에서 변화하고 양호한 분급값(well sorted)을 나타낸다. 또한 해변 모래의 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)는 각각 -0.15~0.93과 0.23~1.48이다. 그런데, 이곳 해안 사구 모래는 해변 모래의 조직 특성과는 다르게 입자 평균값이 1.65~2.0 ϕ 로서 해변 모래 퇴적물보다 더 세립질인 반면, 분급은 훨씬 더 불량하여 0.35~0.6 ϕ 의 범위를 나타낸다. 왜도와 첨도는 해변 모래처럼 큰 값의 범위 내에서 변화하며 각각 0.1~0.27과 0.95~1.2이다 (표-1).

해빈 퇴적환경과 해안 사구환경의 사립퇴적물(층)이 나타내는 조직 특성을 이해하기 위하여 각

환경 및 퇴적체의 입도 매개 변수들을 쌍도표(pair diagram)로 나타내면 그림-3과 그림-4와 같다. 평균입자와 왜도의 쌍도표에서 해변과 사구 모래는 평균입도가 감소 할 수록 왜도가 증가하는 경향을 나타낸다. 사구 모래가 해변 모래보다 더 세립질이고 왜도값이 더 크다. 분급과 왜도의 상관관계를 보면, 왜도가 증가함에 따라 분급이 불량해지며 해변 모래에 비하여 사구 모래의 분급이 불량함을 알 수 있다.

연흔의 이동양상

총 5개의 정점에서 1 내지 2 조석주기동안 매가 연흔의 방향성과 이동양상을 측정하고 조

Table 1. Textural parameters of beach and coastal dune sands.

Text. Parameter \ Environment	Mean (ϕ)	Sorting (ϕ)	Skewness	Kurtosis	No. of Sample
Beach	1.30~1.78	0.3~0.5	-0.15~0.93	0.23~1.48	25
Dune	1.65~2.0	0.35~0.2	0.1~0.27	0.95~1.2	16

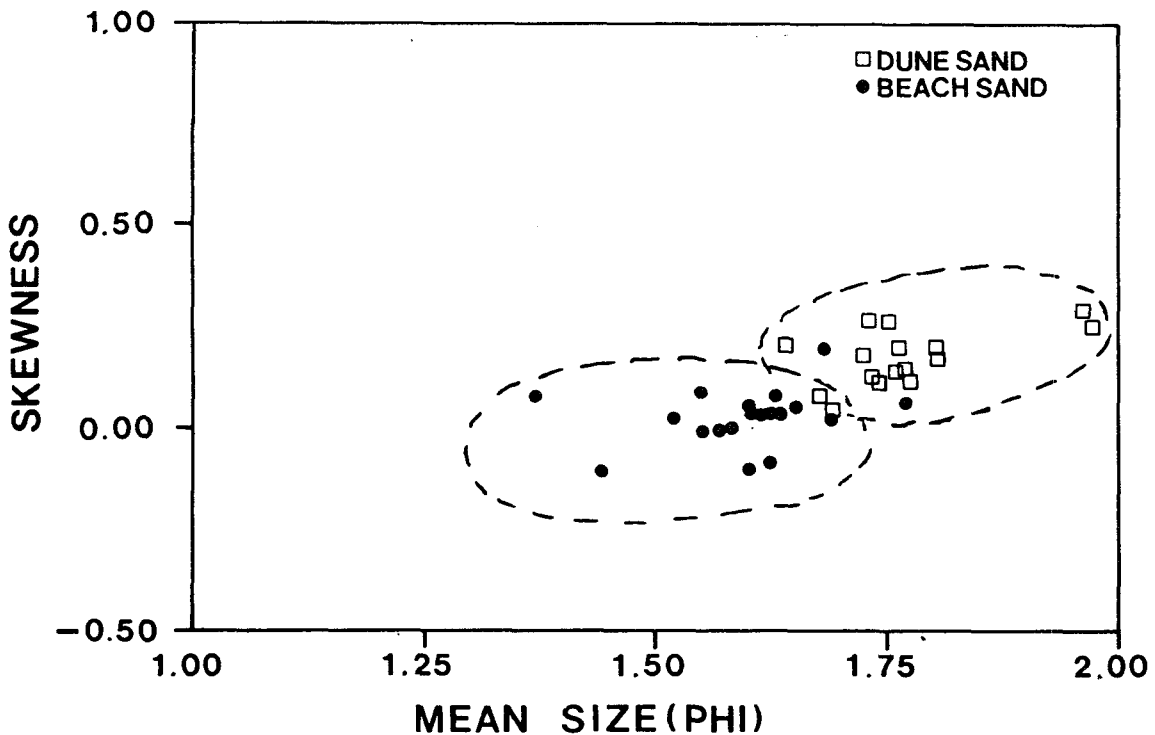


Fig. 3. Scatter diagram of mean size and skewness.

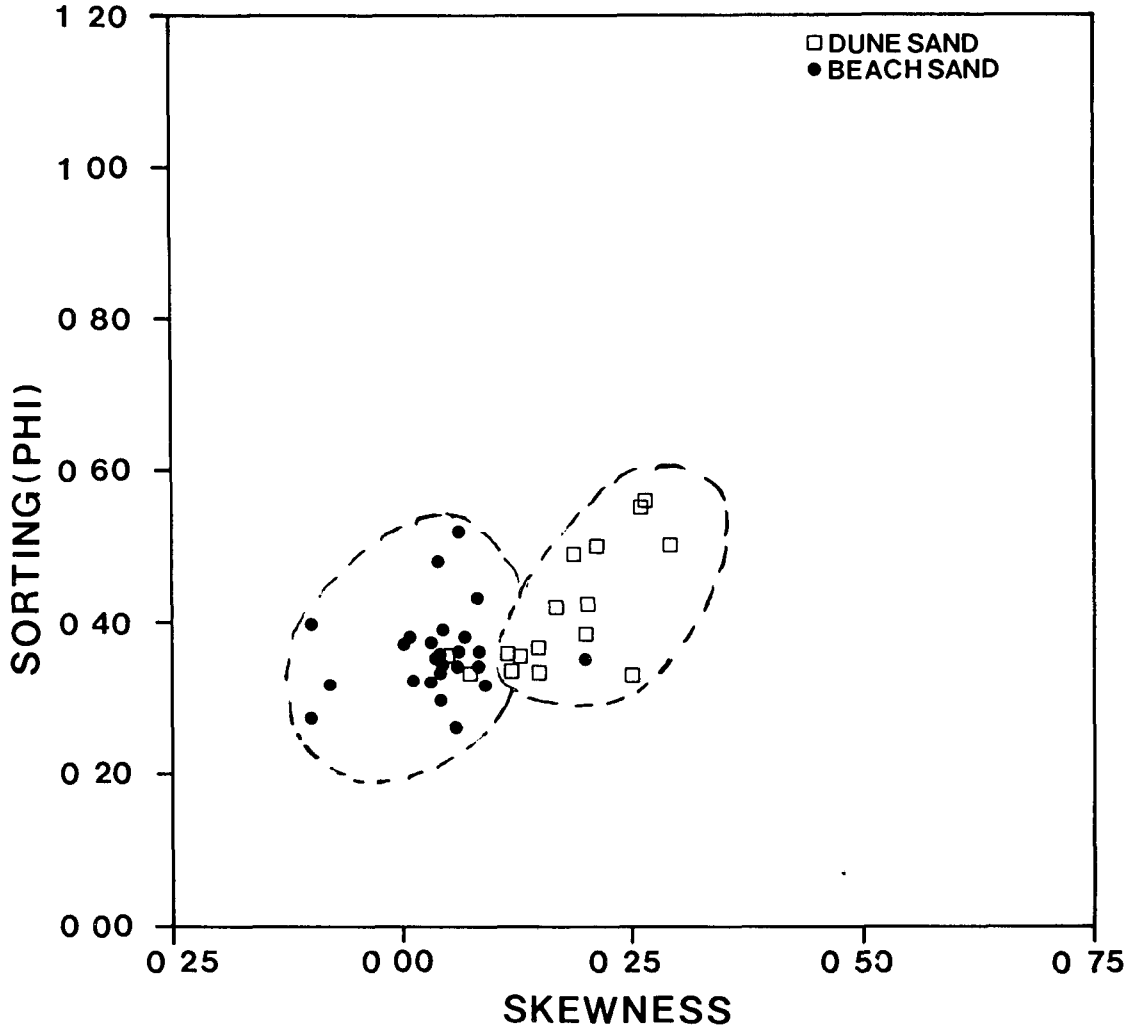


Fig. 4. Scatter diagram of skewness and sorting.

Table 2. Rate of erosion, deposition and direction of megaripple per tidal cycle.

SITE	DAY (DURATION)	MIGRATION(m) DIRECTION	DEPOSITION RATE(m ³ /m/day)	EROSION RATE(m ³ /m/day)
1	August 13-14	0.179/220°	0.016	0.006
2	14-15	1.241/220°	0.048	0.086
3	13-14	0.813/118°	0.053	0.039
4	14-15	0.546/240°	0.049	0.128
5	14-15	1.225/230°	—	—

사하였다(그림-1). 조사 측정된 연흔의 이동양상을 요약하면 표-2와 같다.

정점 1의 연흔은 유일하게 2일(4 조석주기)

동안 관찰되었는데, 연흔 정부(ripple crest)의 주향은 변화가 없었으나, 연흔의 이동량과 침식량은 조석주기에 따라 차이가 크게 나타났

다. 동일한 조석주기 동안에도 서로 다른 정점 간의 연흔의 이동양상 역시 큰 차이를 나타냈다. 8월 14일과 15일 양일 간에 걸친 두번의 조석주기동안 측정된 정점 1과 정점 3의 연흔 이동거리는 거의 일치하였다. 정점 3은 연흔이 여러 개 발달하여 있는 지점의 경계에 해당하는 지역으로, 이 경계의 이동거리는 전체 연흔의 이동양상을 반영하는 바, 조석주기(관측)에 따른 결과는 220° 방향으로 0.179 m에서 1.241 m의 이동양과 230° 방향으로는 1.225 m의 이동양이 관측되었다. 한 조석주기동안 연흔을 구성하는 모래를 움직일 수 있는 최고 조류 속도(peak velocity) 지속시간이 20분으로 가정한다면 한 조석주기동안 연흔의 이동속도는 약 0.05 cm/sec의 범의 내에 있다고 사료

된다.

각 연흔의 침식량과 퇴적량을 계산한 결과, 8월 13일과 14일 양일 간의 조석주기 동안은 침식보다는 퇴적이 우세하게 일어났고, 8월 14일과 15일 양일 간의 조석주기 동안은 반대로 침식량이 퇴적량을 능가하는 것으로 나타났다. 그런데, 평균 간조선에 가장 가까운 정점 4에서 침식량이 가장 크게 나타났다는 사실이 주목된다. 그림-5, 그림-6 및 그림-7은 각 조석주기 동안 관찰된 연흔의 모습과 모식화 된 입체적인 모습을 제시한 것이다. 각각의 조석주기 동안 연흔 정부의 주향 변화는 거의 없었으며, 대부분의 주향(strike)은 $220^\circ \sim 240^\circ$ 범위이다 (단, 그림-6의 연흔 정부의 주향은 118° 이다).

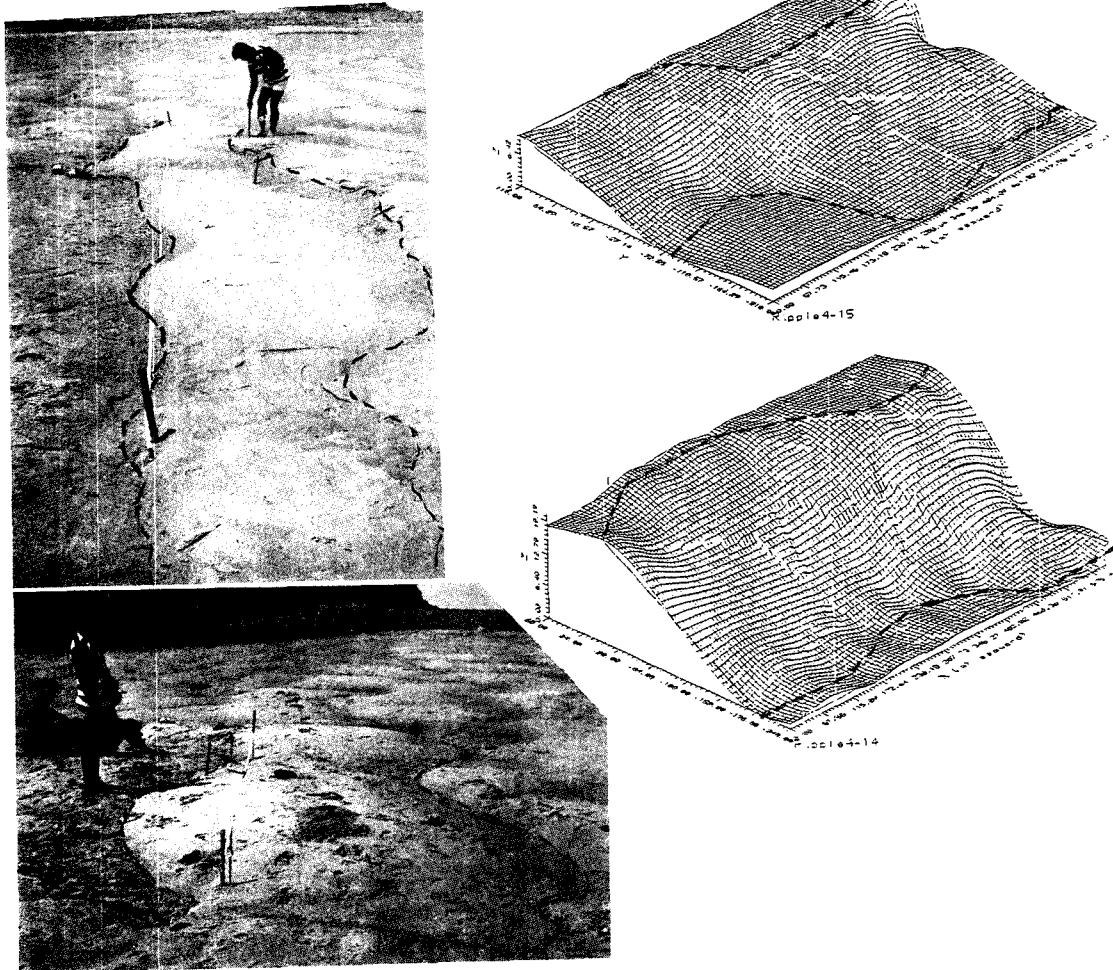


Fig. 5. Observed megaripples (site 1) and its computerized bedform during August 13, 14 and 15, 1990.

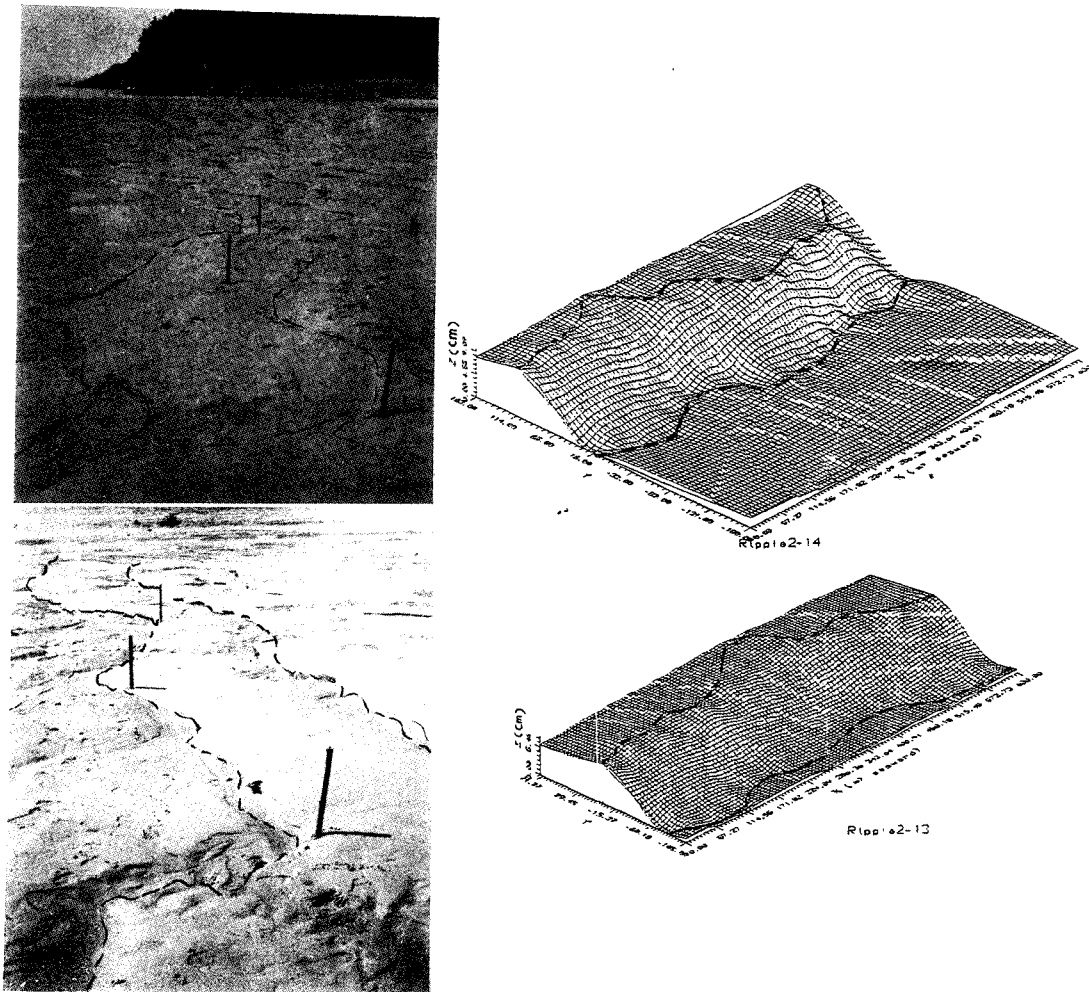


Fig. 6. Observed megaripples (site 2) and its computerized bedform during August 13 and 14, 1990.

토 의

대부분의 해변 모래와 사구 모래의 입도 특성을 규명한 연구들은 왜도값이 퇴적물의 퇴적 환경을 구별하는데 중요한 역할을 하는 것으로 보고하고 있다(Mason and Folk, 1958; Friedman, 1961; Hails, 1967; Chappell, 1967). Friedman(1961)은 모멘트 방법에 의해 왜도값을 결정하였는데, 사구 모래의 경우는 양수값(+)을 갖는 반면, 해변 모래의 경우는 음수값(-)을 가짐을 발견하였다. 이는 해변의 모래들은 지속적인 파도의 작용으로 3~4φ의 세립질 입자들은 제거되고 조립질의 입자들만 남게 되는 반면, 사구의 모래들은 바람에 의해 운반된 입자들이 대부분

이며 이러한 풍력 운반 입자들의 대부분이 세립질이기에 때문에 왜도값이 양의 값을 갖는다고 설명하였다. 이러한 설명은 해변의 모래들이 분급도가 좋은 반면, 사구의 모래들은 분급이 좋지 못한 일반적인 현상들과 일치한다.

천리포 해변과 사구의 퇴적물들을 해양 퇴적학적으로 분석한 결과, 각 퇴적환경의 퇴적물들이 분급과 왜도값에서 현저한 차이를 나타낸다는 결과가 다시 한 번 규명되었다. 결과는 기존의 연구에서 밝혀진 것처럼 각 퇴적환경의 퇴적물에 대한 운반기구와 퇴적조건에 차이가 기인한 것으로 해석된다.

사구 모래의 주된 공급원은 해변의 모래로서 이러한 해변 모래가 바람에 의해 운반된 것

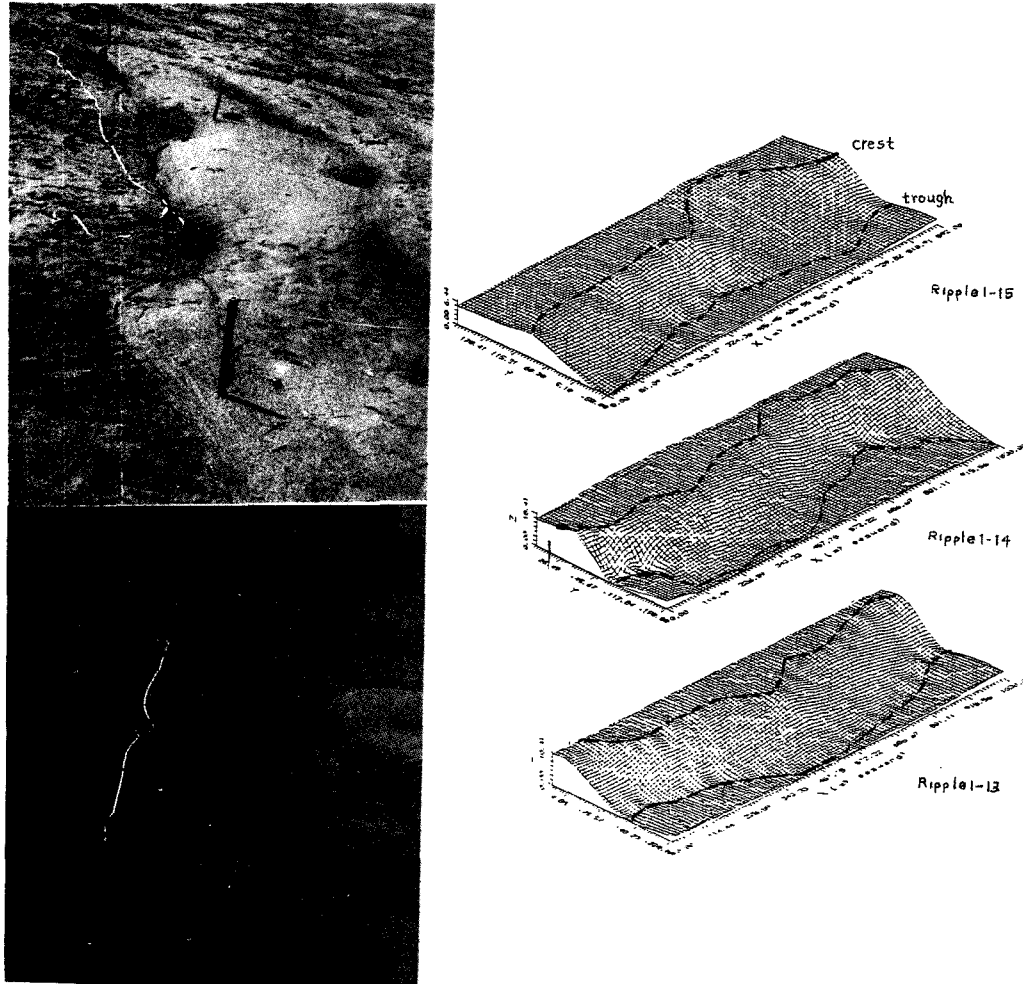


Fig. 7. Observed megaripples (site 3) and its computerized bedform during August 14 and 15, 1990.

이 90% 이상이며, 극히 일부분의 퇴적물이 내륙지대에서 공급된것으로 해석된다.

메가 연흔들은 한 조석주기 동안 침식과 퇴적양상이 다르게 나타나며, 특히 평균 간조선에 가까운 연흔일수록 퇴적보다는 침식이 우세하다는 사실이 규명되었다. 이것은 평균 간조선에 가까울수록 파도와 조류의 에너지가 강하고, 따라서 침식되는 퇴적물의 양이 증가되고 침식이 우세한 조건 하에서 이동되는 퇴적물의 양이 증가된 것을 의미하는 것이다. 그러나, 해안선쪽으로 선택적인 퇴적이 일어나는 것으로 해석된다.

연흔의 모양 변화가 조석 주기마다 현저한 차이를 나타내는 것이 관찰되었는데, 이것은

각 조석 주기마다 에너지 환경, 즉 조류 속도가 다르기 때문인 것으로 해석된다. 메가 연흔의 발달 지역이 연구해역 북쪽의 톰보로(tombolo) 주변의 조간대 하부 해변 퇴적층에 한정되는 바, 이것은 이 부근 간조선 근접 해변이 조류와 파랑에 기인되는 강한 에너지에 노출되기 때문인 것으로 해석된다. 메가 연흔 정부(crest)의 주향은 조석주기에 따라 거의 변화하지 않는다는 사실이 관찰되었다.

이 연구 해변의 경우 메가 연흔의 주향은 해안선과 거의 수직한 관계를 나타냈는데, 연흔 정부의 주향이 조류의 흐름에 수직하다면, 본 연구해안의 천리포 해변 조간대(sandy intertidal zone)에서 우세한 조류는 답섬을 기

준으로 하여 북쪽에서 남쪽의 시계방향으로 회전하고 있는 것으로 추정된다. 이러한 가정을 규명하기 위하여 닭섬 주위의 조하대(subtidal zone)에 발달하는 퇴적 구조(bedform)에 대한 충분한 조사와 정밀한 조류 측정 자료가 제의된다.

결 론

천리포 해변 모래와 사구 모래의 입자 조직 특성이 뚜렷하게 구분된다. 사구 모래는 해변 모래 퇴적물보다 세립질이며 양수(+)의 왜도값을 가지며 분급은 불량하다.

천리포 해변에 발달하고 있는 메가 연흔들은 각 조석주기 동안 일정한 방향성을 가지면서 이동한다. 조석주기당 평균 이동거리는 약 0.05 cm/sec이며, 평균 간조선에 가까울수록 침식이 퇴적보다 우세하고 침식과 퇴적양상은 각 조석주기마다 다르게 나타난다.

참 고 문 헌

- Belly, P. Y., 1964. Sand movement by wind. C.E.R.C. Tech. Memo., 1.
- Chappell, J., 1967. Recognizing fossil strand lines from grain size analysis. *J. Sed. Petrol.*, v. 37, p. 57-165.
- Dott, R.H. Jr., 1988. Perspectives: something old, something new, something borrowed, something blue - a hindsight and foresight of sedimentary geology. *J. Sed. Petrol.*, v. 58, p. 358-364.
- Friedman, G.M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *J. Sed. Petrol.*, v. 31, p. 514-529.
- Horikawa, K. and H.W. Shen, 1960. Sand movement by wind action - On the characteristics of sand. B.E.B. Tech. Memo., 119(51 pp.).
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis. in Carver, R.E. ed. *Procedures in Sedimentary Petrology*, Wiley-Interscience, p. 49-67.
- Larsen, F.D., 1969. Eolian sand transport on Plum Island, Mass. In *environments: northeast Massachusetts, New Hampshire, N.E. Mass. and New Hants*. Coastal Res. Group, Dept. of Geol., Univ. of Mass., p. 266-280.
- Mason, C.C. and R.L. Folk, 1958. Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. *J. Sed. Petrol.*, v. 28, p. 211-226.
- Passega, R., 1964. Grain size representation by CM patterns as a geological tool. *J. Sed. Petrol.*, v. 34, p. 830-847.
- Visher, G.S., 1969. Grain size distributions and depositional processes. *J. Sed. Petrol.*, v. 39, p. 1074-1106.

Received : November 30, 1993

Accepted : December 10, 1993