

제주도 신양리층의 연안퇴적환경

한상준* · 윤호일* · 박병권**

*한국과학기술원 해양연구소 해양지질연구소

**육군사관학교 지구과학과

Nearshore sedimentary environments of the Sinyangri Formation in Cheju Island, Korea

Sang-Joon Han, Ho-Il Yoon* and Byong-Kwon Park***

* Geological Oceanography Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute,
P.O. Box 29, Panwol Ind. 171-14, Korea

** Department of Earth Sciences, Korea Military Academy Seoul 130-09, Korea

요약: 신양리층은 제주도 성산반도 주변에 발달된 층으로 주로 화산쇄설물, 현무암역, 패각편으로 이루어져 있으며, 퇴적구조, 조직 및 퇴적물의 성분을 중심으로 암상을 분류한 결과 위로 가면서 평행층리 사암상(I), 역암상(II), 사층리 사암상(III)으로 구분되었다.

〈암상 I〉은 조립질 박층과 세립질 박층이 규칙적으로 반복 교호하는 썰기모양 및 평행층리를 보여주며 이는 foreshore 퇴적환경의 특징적인 퇴적구조이다. 본 암상의 입자들은 다른 두 암상에 비해 양호한 원마도와 분급도를 보이며 부분적으로 역분급층리를 보인다.

〈암상 II〉는 clast-supported 하고 매우 불량한 분급도의 현무암 역으로 이루어져 있으며 신양리해빈을 따라 연속되어 노출되어 있다. 역 사이의 공간은 주로 화산쇄설물과 원마도가 양호한 소량의 패각쇄설물로 채워져 있다. 현무암 역의 크기 감소뿐 아니라 최대 층후도 남쪽(신양리)으로 가면서 줄어든다. 이 암상 하부에는 직 하부의 〈암상 I〉로부터 기원한 커다란 판상의 역이 층리면에서 평행하게 누워 있으며 역의 크기는 다양하고 불규칙하며 어떤 지역적인 방향성을 보이지 않는다. 이는 원지(in-situ) 침식잔류 역으로 판단된다. 따라서 현무암역은 해수면의 상대적인 상승으로 인한 해빈잔류역으로 이 역들은 부분적으로 연안류와 파랑에너지의 영향을 받았을 것으로 판단된다. 〈암상 II〉의 상부에 발달한 남쪽으로 경사하는 사층리는 연안류의 존재와 방향을 알려준다.

〈암상 III〉은 세립내지 중립사 크기의 주로 화산쇄설물로 이루어진 암상으로 상부 내해안(upper shoreface)의 특징인 육지와 바다쪽으로 경사하는 bidirectional trough cross-stratification 과 파랑물결구조가 나타난다.

전반적으로 신양리층은 foreshore에서 상부 내해안에 이르는 환경에서 퇴적되었으며 〈암상 I〉과 〈암상 II〉 사이에는 소규모의 부정합이 존재한다.

Abstract

The Sinyangri Formation crops out in the vicinity of the Seongsan Peninsula, Cheju Island. Based on sedimentary structures, texture and composition, the lithologic sequence has been classified, in ascending stratigraphic order, into three lithofacies: parallel laminated sandstone facies(Facies I); conglomerate facies(Facies II); and cross stratified sandstone facies (Facies III).

Wedge-to-parallel, seaward-inclined in low angle less than 10° lamina-sets with alternations of coarse- and fine-grained sediments in the Facies I are the characteristic sedimentary structures in the foreshore depositional environment. Grains of this facies are well sorted with good roundness compared with the other two facies, partly showing inverse graded bedding.

Facies II, largely composed of clast-supported, very poorly-sorted conglomerates, does not pinch out but occurs continuously along the Sinyangri beach. Interstitial spaces between the clasts are mostly filled with volcanic-ash and small amounts of well-rounded shell fragments. Maximum bed thickness as well as the size of imbedded basaltic clasts decreases to the south(toward Sinyangri). Large clasts with parallel lamination originated from the underlying Facies I, are generally elongated parallel to the bedding plane and display no systematic horizontal variations in size, indicative of in-situ clasts. In view of the facts above it seems that large gravels from the basaltic rocks are transgressive lag conglomerates which are partly affected by the combination of longshore currents and propagating waves. Local occurrence of cross-strata dipping toward the south in the upper part of Facies II reinforces the evidence of the action of longshore currents.

Facies III is characterized by bidirectional trough cross-stratification and wave ripples associated with the upper shoreface (surf zone) environments. In summary, the Sinyangri Formation represents the depositional environments of foreshore to upper shoreface truncated by disconformity between Facies I and II.

서론

한반도 남서부에 위치하는 제주도는 제 3기 플라이오세에서 제 4기 플라이스토세까지 수차례에 걸친 화산작용에 의해 형성된 섬으로서 대부분이 화산암으로 이루어졌으며 부분적으로 퇴적암이 발달되어 있다. 제주도에 는 서귀포층 (Paik and Lee, 1984), 화순층, 성산층, 신양리층 등 크게 4개의 퇴적암층이 분포하고 있다. 그 중 최근세인 플라이스토세 (Kim, 1969; 김봉관, 1972; 1974)에 형성된 것으로 알려진 신양리층은 주로 lithic tuff (윤정수, 1986)로 이루어진 퇴적암층으로서 표선리 현무암, 성산 현무암 그리고 성산층을 부정합으로 덮고 있다. 그러나 본 연구에 의하면 신양리층내에

소규모의 부정합면이 존재하는 바 본 층의 퇴적시기에 대해서는 더 깊은 연구가 필요하다.

신양리층은 제주도 서쪽 고산리와 동쪽 성산반도 부근의 신양리 해변에 분포하고 있으나 고산리에서는 그 발달정도가 미약한 반면 신양리 지역에서는 비교적 광범위하게 발달되어 있다. 이 지역에서 신양리층은 해변을 따라 길이 3 Km, 폭 50m이며 주향과 경사는 각각 N 10

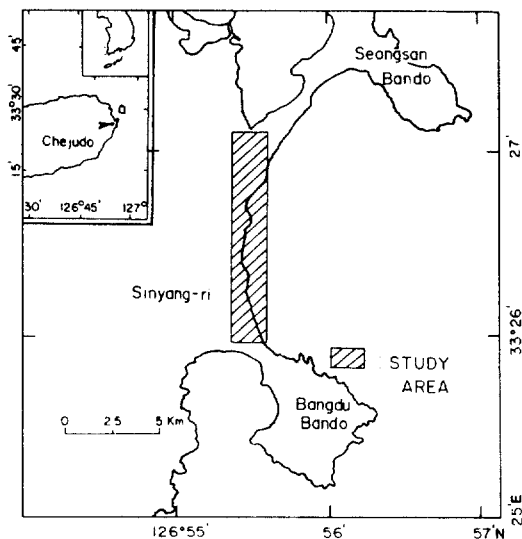


Fig. 1. Location map of the study area in Cheju Island.

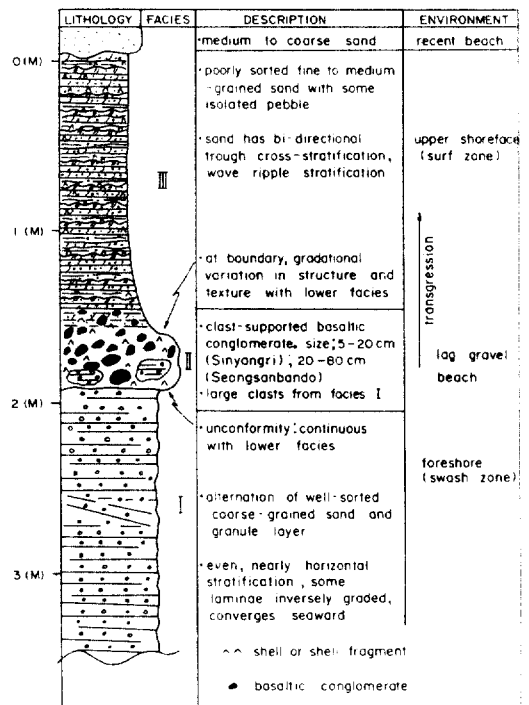


Fig. 2. Stratigraphic section of the Sinyangri Formation, exposed on the Sinyangri beach in Cheju Island. I: parallel laminated sandstone, II: conglomerate, III: cross stratified sandstone

°E와 10°E이다(Fig. 1).

본 연구에서는 신양리 해빈에 발달한 신양리층에 대하여 무기적 1차 퇴적구조 및 퇴적물의 조직을 관찰 분류하고 각 암상에 대한 퇴적환경을 밝히고자 한다(Fig. 2).

이 연구를 위하여 신양리층의 노두가 잘 발달된 신양리와 성산반도 단면을 선정하여 수식 단면상에서 각 암상의 퇴적구조를 기재하였으며 각 암상에서 채취한 표본들은 실내에서 공극율, 부피밀도 및 탄산칼슘의 함량을 측정하였다.

본 논문을 위하여 도면작성과 타자를 도와주신 해양연구소 권수재씨와 최임숙양에게 고마움을 표한다.

결과 및 토의

암상 I. 평행층리 사암상

본 암상은 신양리 해빈에 분포하는 신양리층 최하부에 위치하는 암상으로 해빈을 따라 길이 약 3 km 까지 발달하였고 해수면이 덮고 있는 관계로 신양리층의 전체는 정확히 알 수 없으며 약 3 m 층후의 노두만이 해수면 위로 노출되어 있다. 전체적으로 층리는 동쪽(바다쪽)으로 약 10° 기울어져 있으나 어떤 곳은 경사도가 더 크게 나타나는데 이는 소규모의 지각운동에 기인한 것으로 보인다. 본 암상은 조립질

Table 1. The values of porosity, bulk density, CaCO₃ on the Sinyangri Formation in Cheju Island

+	POROSITY (%)	BULK DENSITY	CaCO ₃ (%)
3.2	38.0	1.74	38.6
2.8	37.0	1.65	28.7
2.4	39.8	1.53	23.8
2.0	36.2	1.64	25.2
1.4	50.6	1.21	13.6
1.0	49.8	1.21	13.2
0.6	49.2	1.25	21.2
0.2	50.0	1.24	20.6

+: Sampling level in meters from bottom.

박층과 세립질 박층이 규칙적으로 반복 교호하고 있으며 바다쪽을 향하여 평행하게 발달되어 있다. 이러한 평행층리 가운데 어떤 층리는 바다나 육지쪽으로 가면서 서로 수렴하는 모습을 보인다(Fig. 3-A).

조립질 박층의 두께는 2-4 cm이며, 구성입자의 크기는 granule 내지 pebble이다. 입자의 성분은 황색의 화산쇄설물입자, 암흑색의 현무암입자 그리고 소량의 패각쇄설물(13~22%)로 되어 있다(Table 1). 퇴적입자의 분급상태는(Table 1)에 나타난 공극율 값으로 부터 알 수 있듯이(암상 III)에 비하여 양호하며 원마도 또한 양호하다. 세립질 박층의 두께는 2 cm 이하이며 구성입자는 granule 이하의 세립질로 되어 있다. 성분은 황색의 화산쇄설물로 되어 있으나 입자를 반으로 절개하면 그 속에 매우 작은 암흑색의 현무암 입자가 포함되어

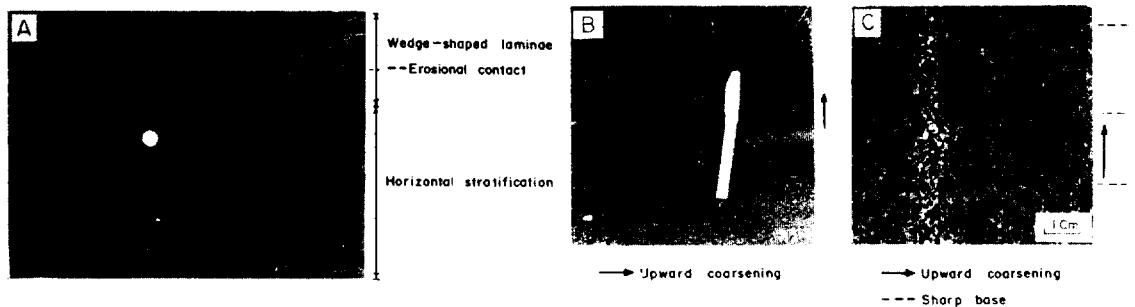


Fig. 3. Facies I. (A-C).

- A. Nearly horizontal stratification with wedge-shaped laminae pinching out at erosional contact in the upper part. Interpreted as swash stratification formed on the foreshore. Right is seaward. Coin is 3.2cm in dia.
- B. Alternating layers of well-sorted pebbly sandstone and coarse-grained sandstone. Some layer shows reverse grading formed by back-wash process in the foreshore.
- C. The pattern of reverse grading in B. Each lamina is finer-grained near the base (arrow) and grades upward into a coarse-grained part.

있다. 조립질과 세립질박층의 경계면을 보면 전체적으로 뚜렷하지만 어떤 층리는 조립질 박층의 하부가 세립질 박층과 점이적인 경계면을 보인다. 따라서 위로 갈수록 입자가 커지는 역분급층리를 보인다(Fig. 3-B, C). 이러한 구조는 본 암상이 퇴적될 당시의 수리학적 조건을 알려줄 수 있는 정보를 제공함으로써 퇴적환경 해석에 많은 도움을 줄 수 있다.

퇴적환경

일반적으로 해양환경에서 볼 수 있는 평행층리의 형태는 다양하며 그것의 형성과정도 각기 다르게 설명될 수 있다.

본 암상을 구성하고 있는 입자들은 조립사에서 granule에 이르는 조립질로 되어 있으며 그들의 원마도 및 분급상태가 양호하게 나타난다. 이는 본 암상이 수리학적 에너지가 크게 작용하는 환경하에서 형성되었음을 의미한다. 특히 본 암상이 잘 발달된 평행층리를 보이며 바다 쪽으로 경사진 모습은 foreshore의 전형적인 특징이며 (Clifton, 1975; Thompson, 1937) 바다로 가면서 간혹 두개의 박층리가 서로 수렴하는 현상은 수심이나 유속 및 유향의 변화가 심한 조건에서 판상류(sheet flow)에 의해 foreshore에서 형성되는 것으로 알려져 있다 (Harms et al., 1982). 일반적으로 foreshore의 평행층리는 바다쪽으로 부터 이동하는 파랑 에너지에 의한 것으로 (Davis and Fox, 1981) upper flow regime 하에서 backwash에 의해 형성된다(Clifton, 1969; Clifton et al., 1971). 본 암상의 조립질 박층과 세립질 박층의 규칙적인 교호현상은 Howard and Reineck (1981)이 캘리포니아의 Ventura-Port Hueneme지역에서 발견 보고한 것과 동일한 것으로서 이를 foreshore의 특징적인 구조로 기술한 바 있다. 본 암상의 특징적 구조인 역분급층리는 foreshore에서 볼 수 있는 구조로서 빠르게 흐르는 판상류에 의해 형성된다(Clifton, 1969). 물론 역분급층리는 경사가 심한 사면지역에서도 형성 가능하지만 본 암상에서는 사면환경하에서 흔히 나타나는 슬럼프구조 및 중력에 기인한 퇴적구조(예 : 입자류 구조, 데브라이트, 터비다이트 등)가 (McIlleath and James, 1984)

전혀 발견되지 않는다.

평행층리의 또 다른 메카니즘으로는 폭풍우(storm)에 의해 내해안(shoreface)에 형성되는 경우가 있다. Kumar and Sanders (1976)에 의하면 이러한 퇴적층은 중평물에 의한 층리발달, 연흔구조의 사층리 발달과 함께 생물기원 쇄설물이 없어야 하고, 층서는 하부로부터 위로 가면서 기저역암층, 세립 및 중립사에 의한 평행층리 그리고 최상부는 생물교란작용을 받은 사질층이 나타난다고 하였다. 본 암상이 앞의 세가지 사실을 만족시킨다는 점에서는 폭풍우에 의한 퇴적상의 일부로 보이나 기저역암층 위로 사층리암상이 나타나는 층서는 폭풍우에 의한 것과 다르다. 물론 폭풍우의 영향이 감소하면서 역암층 위로 사층리가 형성될 수도 있다. Kumar and Sanders (1976)가 기록한 역들이 3cm 이하인 반면 본 암상의 역들은 훨씬 큰 값을 보인다. 따라서 본 암상이 폭풍우에 의한 것이라면 역암층 위로 평행층리가 존재해야하나, 본층은 이와 다르므로 폭풍우 퇴적물은 아닐 것으로 생각된다.

암상 II. 역암상

본 암상은 평행층리 사암상 바로 위에 위치하는 암상으로서 두 암상사이의 경계면은 해빈을 따라 평행하게 연속되며 수로지역에서 발달되는 퇴적구조는 발견되지 않는다. 층후 및 조식상태는 지역에 따라 다르다. 성산반도 부근에서는 최상부가 침식된 후 남은 현재의 층후가 약 60cm이며 평균 200~50cm(최대 80cm) 크기의 현무암역이 반쯤 노출되어 있다(Fig. 4-A). 이러한 역들은 모서리가 날카롭고 거친면을 보여 원마도는 불량하다. 반면에 본 암상은 남쪽으로 가면서 박층리화 되고 역들도 세립질로 되어 신양리 부근에서는 최대 30cm의 층후와 평균 4~15cm(최대 20cm) 크기의 역들로 구성되어 있으며 원마도 또한 양호하다. 역암상 하부에는 직하부의 평행층리 사암상의 일부가 침식 붕괴되어 커다란 판상의(장경, 약 100~150cm) 역들이 층리와 평행되게 포획되어 있으며 현무암 역과는 달리 신양리 부근에서도

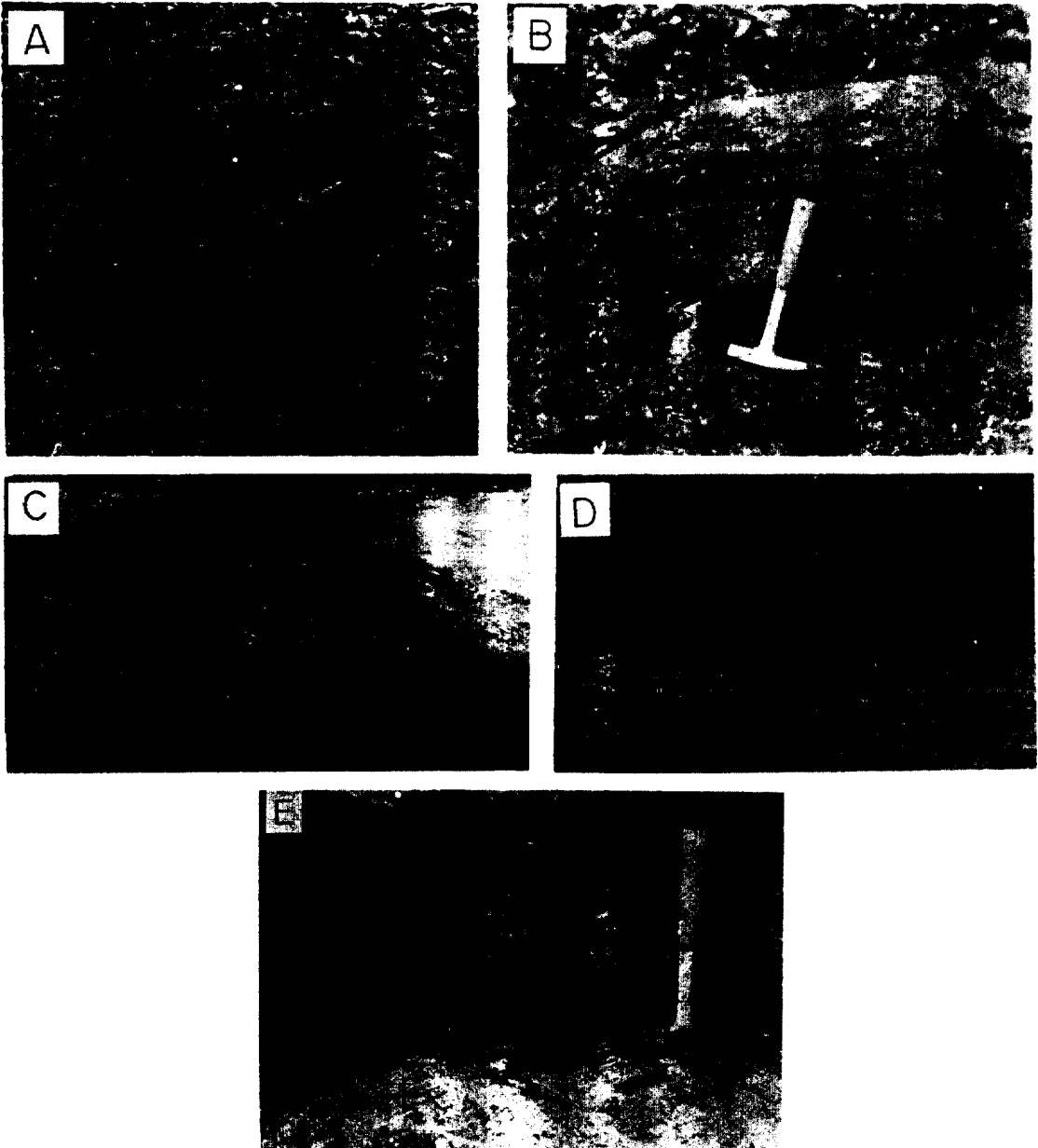


Fig. 4. Facies II. (A-E).

- A. Conglomerates near Seongsan Bando. Note large-scale, sub-rounded basaltic conglomerates indicative of source area. Left is seaward. Seongsan Section.
- B. Relatively well-rounded large clast torn off from underlying Facies I. Note parallel-lamination indicative of the Facies I in the clast. Seongsan Section.
- C. Conglomerates near Sinyangri Section. Note small-scale, well-rounded basaltic conglomerates and large-scale, well-rounded clasts from Facies I. There is no difference of clast in size at two section (Sinyangri and Seongsan Section), therefore, it can be considered to be in-situ deposit.
- D. Basal conglomerate showing sharp contact, no erosional features with underlying Facies I, and texturally gradation upward through overlying Facies III. Right is south. Sinyangri Section.
- E. Crossbedded coarse-grained pebbly sandstone parallel to the shoreline(N-S). Some gravels are scattered in this bed. Left is south. Sinyangri Section.

이와 같은 커다란 역들이 발견되어 크기의 차이를 보이지 않는다(Fig. 4-B, C). 그러나 이 역들은 성산반도 부근에서는 현무암 역에 비하여 원마도가 양호한 반면 신양리 부근에서는 현무암 역에 비해 원마도 및 구형도가 불량하다. 역사이를 충전하고 있는 물질은 중립사 이하의 화산 쇄설물과 패각쇄설물로 되어 있어 상부층인 사층리 암상의 성분과 동일하다. 따라서 사층리 사암상이 퇴적될 당시에 역사이의 공간을 이들 물질이 충전한 것으로 역들의 조직상태는 *clast-supported* 하며 패각쇄설물은 평행층리 사암상의 그것에 비해 조립질이다. 역의 배열상태는 일정한 방향성을 보이지 않고 세립과 조립의 역이 공존하는 *poorly-moderately* 한 분급상태이다. 상부의 사층리사 암상과는 점이적인 관계로 위로가면서 역의 크기가 세립화되며 사층리 사암상에도 작은 역들이 불규칙하게 산재되어 있다(Fig. 4-D).

퇴적환경

일반적으로 물의 움직임에 의해 2~20cm 크기의 역이 운반 퇴적될 수 있는 곳은 하천사주(*river bar*)나 연해사주(*offshore bar*) 그리고 해변에 잔류한 역을 들 수 있다. 전자의 두 지역에서 역암상은 연속성이 없이 소멸(*pinch out*) 되는 것을 그 특징으로 하며 후자의 암상은 연속적으로 나타나는 것이 그 특징이다.

그러나 본 역암상이 하부의 평행층리 사암상과 끊이지 않고 해변을 따라 연속적으로 나타나며 역들의 원마도가 양호하고 판상의 모양을(Leckle and Walker, 1982)하고 있는 사실로 볼때 본 암상은 해수면 상승에 따라 해변에 잔류 퇴적된 역암상으로 해석된다. 본 암상 상부에는 해안선에 평행하면서 남쪽으로 경사하는 사층리(Fig. 4-E)가 발달되어 있으며 이는 퇴적당시 본 암상이 남쪽으로 흐르는 연안류에 의해 영향을 받았음을 알게 해 준다. 또한 본 암상의 주성분인 현무암 역들이 성산반도 부근에서 남쪽(신양리)으로 가면서 세립화 되고 원마상태가 매우 양호해지는 양상은 역이 초기에 강한 파도에 의해 파쇄된 후 연안류에 의해 부분적으로 재동(*rework*)됐을 것으로 해석된다. 또한 본 암상 하부에는 평행층리 사암상에서 떨어져 나온 100~150cm 크기의 판상의 역이 층리면에 평행하게 포획되어 있으며 이들의 크기가 성산반도 부근에서 남쪽으로 가면서 일정한 변화를 보이지 않는 것은 침식 파괴된 후 연안류에 의한 영향을 받지 않고 그 자리에 잔류한 것임을 의미하며 위의 두 암상은 부정합의 관계에 있음을 알려준다.

암상 Ⅲ. 사층리 사암상

본 암상은 조사지역의 신양리층중 최상부에

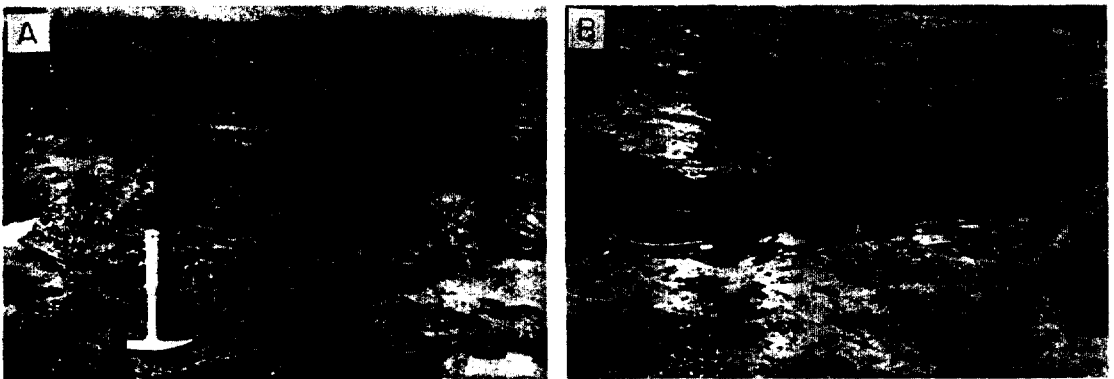


Fig. 5. Facies III (A-B).

A. High-angle, tangential cross-stratification in fine-to medium-grained sandstone. The cross-stratification occurs in bidirectional trough-shaped sets and is considered to be formed by the complex interaction of waves and currents. Right is Seaward.

B. Profile of widely spaced wave ripple representing bidirectional cross-stratification. Note landward dominance of cross-laminae. Right is seaward.

위치하며 최대 층후 약 1.6m인 암상으로서 세립에서 중립사의 화산쇄설물로 구성되어 있으며 소량의 원마도가 양호한 패각쇄설물(20-40%)이 포함되어 있으나(암상 I)보다 높은 값으로 나타난다(Table 1). 부피밀도 및 공극율 값도 각각 1.53~1.74와 36~40%를 보여(암상 I)에 비하여 분급상태가 불량함을 간접적으로 알 수 있다. 본 암상에는 장경 1~20cm의 크기가 다양한 현무암 역들이 불규칙하게 산재되어 있어 방향성을 보이지 않는다. 퇴적구조의 특징은 평행층리의 발달이 현저한(암상 I)과는 달리 바다와 육지의 두 방향으로 경사하는 소규모의 trough cross-stratification을 보이며(Fig. 5-A), 이것은 비교적 간격이 넓은(파장: 50cm) 파랑물결(wave ripple) 모습을 하고 있다(Fig. 5-B). (암상 II)와는 퇴적구조 및 조적이 점진적으로 변화한 모습을 보이며(Fig. 4-D) 역사이에 채워진 기질은 본 암상을 구성하는 물질과 동일하다.

퇴적환경

현무암 역들이 일정한 방향성이 없이 불규칙하게 산재되어 있으며 분급상태가 불량한 암상은 수로지역에서 바다쪽으로 흐르는 역조(rip current)에 의해 형성되거나(Davidson-Arnott and Greenwood, 1976; Hunter et al., 1979) 해류의 운동방향이 복잡한 해안파대(surf zone)(Clifton et al., 1971)에서 형성된다. 그러나 역조에 의해 형성된 퇴적상이 바다 쪽으로 경사하는 일정한 방향의 사층리를 보이는 반면 해안파대에서의 사층리는 해류와 파랑의 복잡한 상호작용 때문에 다양한 방향성을 보인다. 본 암상이 바다와 육지의 두 방향으로 기우는 사층리를 보이고 그것이 파랑물결의 모습을 보인다는 사실은 다양한 에너지환경인 해안파대에서 형성되었을 것으로 해석된다(Hunter et al., 1979; Reinson, 1984).

결 론

제주도 동쪽 신양리해빈에는 화산쇄설물로 구성된 신양리층이 발달되어 있다. 본 층의 하부는 해수면에 의해 덮여있는 관계로 전체적인

층서를 관찰할 수는 없지만 대기에 노출되어 있는 도두에서 몇개의 특징적인 암상이 확인되었다. 퇴적구조, 퇴적물의 조적 및 성분을 중심으로 신양리층을 분류한 결과 하부로 부터 위로 가면서 수평층리 사암상(I), 역암상(II), 사층리 사암상(III)으로 나눌수 있었다.

(암상 I)의 구조 및 조적은 바다쪽으로 완만하게 경사진 평행층리의 발달이 현저하며 분급상태가 양호하고 화산쇄설물과 현무암입자로 구성된 조립질 박층과 세립질 박층이 매우 규칙적으로 교호하고 있다. 평행층리의 어떤 부분은 바다 쪽과 육지 쪽으로 가면서 서로 만나는 모습을 보이며 역분급 층리를 보인다.

(암상 II)는 하부의 평행층리 사암상과는 뚜렷한 경계면을 보이고 해빈을 따라 연속된다. 구성물질은 현무암 역이 대부분이고 하부에는 (암상 I)에서 기원한 커다란 관상의 역이 층리면에 평행하게 포획되어 있다. 층후는 남쪽으로 가면서 얇아지고 역의 크기 및 원마상태도 남쪽으로 갈수록 세립화되고 양호해진다. 본 암상 상부에 연안류에 의한 것임을 알려주는 조립사의 사층리가 해안선에 평행(경사: 남쪽)하게 발달되어 있다. 따라서 본 암상내의 역은 해수면의 상대적인 상승에 의해 잔류된 해빈잔류역으로서 이들은 연안류와 파랑에너지의 작용에 의해 부분적으로 영향을 받았다고 판단되며, 침식면과 함께 (암상 I)의 역이 본 암상에 포획되어 있음은 두 암상이 부정합적 관계에 있음을 알려준다.

(암상 III)에는 바다와 육지의 두 방향으로

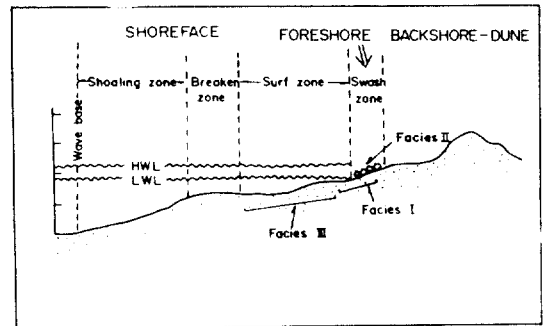


Fig. 6. Generalized profile of the Sinyangri Formation in Cheju Island.

경사지는 소규모의 사층리와 파랑에 의해 형성된 연흔구조의 발달이 특징적이다. 구성물질은 대부분이 세립에서 중립사의 화산 쇄설물과 소량의 패각물로 되어 있다. 분급상태는 〈암상 I〉에 비해 극히 불량하며 다양한 크기의 현무암역이 산재해 있다.

전체적으로 신양리층의 퇴적환경은 foreshore에서 상부내해안(upper shoreface)에 이르는 과정을 보이고 있으며 〈암상 I〉과 〈암상 II〉 사이에는 부정합면이 존재하여 한때 〈암상 I〉은 대기에 노출되어 침식되었고 그후 점진적인 해수면 상승에 의해 잔류역암해빈에서 상부내해안으로 변화한 모습을 보인다(Fig. 6). 또한 스킨다이빙에 의한 신양리층의 관찰에 의하면 수면 하부에도 이와 비슷한 암상 변화를 보이는 것으로 보아 신양리층 퇴적당시는 1~2회의 해수면의 변화에 의한 대기 노출이 있었을 것으로 생각된다.

참고문헌

김봉균. 1972. 서귀포층의 층서 및 고생물학적 연구. 손치무교수 송수기념논문집 : 169-187.
 김봉균. 1974. 제주도에 발달하는 사구층의 고생물학적 연구. 지질학회지, 10(2) : 95-108.
 윤정수. 1986. Socotra 암초의 지질 및 주변해역 퇴적물에 관한 연구. 지질학회지, 22(2) : 123-134.
 Clifton, H.E., 1969. Beach lamination: nature and origin. Mar. Geol., 7: 553-559.
 Clifton, H.E., 1975. Recognition of ancient beaches and beach environments(abs.). Am. Assoc. Petrol. Geologists Ann. Mig. Abs., 2: 12.
 Clifton, H.E., R.E., Hunter, & R.L., Phillips, 1971. Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore. Jour. Sed. Petrology, 41: 651-670.
 Davis, R.A., & W.T., Fox, 1981. Interaction of beach and

tide generated process in a microtidal inlet. Mar. Geol., 40: 49-68.
 Davidson-Arnott, R.G.D., & B. Greenwood, 1976. Facies relationships on a barred coast, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada. In Davis, R.A., Jr., & R.L., Ethington, eds., Beach and Nearshore Sedimentation. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Pub., 24: 149-168.
 Harms, J.C., J.B., Southard, & R.G., Walker, 1982. Structures and sequences in clastic rocks. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Short Course No. 9. Lecture Notes, Calgary, 249 PP.
 Howard, J.D., & H.-E. Reineck, 1981. Depositional facies of high-energy beach-to-offshore sequence: Comparison with low-energy sequence. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 65: 807-830.
 Hunter, R.E., H.E., Clifton, & R.L., Phillips, 1979. Depositional structures and process in oblique barrier channel systems, Southern Oregon Coast. Jour. Sed. Petrology, 49: 711-726.
 Kim, B.K., 1969. A stratigraphic and paleontologic study of the Sinyangri Formation in the vicinity of Sinyangri and Gosanri, Cheju Island, Jour. Geol. Soc. of Korea, 5: 103-121.
 Kumar, N., & J.E., Sanders, 1976. Characteristics of shoreface storm deposits, modern and ancient examples. Jour. Sed. Petrology, 46: 145-162.
 Leckle, D.A., & R.G., Walker, 1982. Storm-and tide-dominated shoreline in Cretaceous Moosebar-Lower Gates Interval-outcrop equivalents of deep basin gas trap in western Canada. Am. Assoc. Petrol Geologists., 66: 138-157.
 McIlreath, I.A., & N.P., James, 1984. Facies models: Carbonate slopes. In Walker, R.G., ed., Geoscience Canada Reprint Series 1: 245-257.
 Paik, K.H., & E.H., Lee, 1984. A Plio-Pleistocene Ostracod Assemblage from the Seoquipo Formation, Cheju Island, South Sea of Korea. Proceeding of Korea-U.S. seminar and Workshop on Marine Geology and Physical Processes of the Yellow Sea June 19-23, Seoul, Korea: 223-243.
 Reinson, G.E., 1984. Facies models: Barrier-island and associated strand-plain system. In Walker, R.G., ed., Geoscience Canada Reprint Series 1: 119-140.
 Thompson, W.O., 1937. Original structures of beaches, bars, and dunes. Geol. Soc. Am. Bull., 48: 723-752.

Received October 31, 1986
 Accepted December 15, 1986