

제주도 해빈퇴적물의 구성성분

지옥미 · 우경식

강원대학교 지질학과

Compositional Variations of the Beach Sediments in Cheju Island

OK MI JI AND KYUNG SIK WOO

Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwondo, 200-701, Korea

제주도 해안을 따라 협재, 애월, 이호, 삼양, 함덕, 세화, 표선, 중문, 화순지역에 분포하는 해빈퇴적물의 구성성분과 그들을 조절하는 요인들을 알아보기 위하여 이들 퇴적물에 대한 암석학적인 조사를 실시하였다. 각 지역 퇴적물의 평균입도는 각각 협재 2.2 ϕ , 애월 0.8 ϕ , 이호 1.4 ϕ , 삼양 2.4 ϕ , 함덕 1.6 ϕ , 세화 1.5 ϕ , 표선 2.1 ϕ , 중문 0.4 ϕ , 화순 0.9 ϕ 로 대개 0.4-2.4 ϕ 정도이며, 분급도는 표선과 화순지역의 퇴적물만이 불량하고 애월과 중문지역은 보통이며 나머지 지역은 비교적 양호하다.

각 지역별로 퇴적물을 이루는 주 구성성분들을 살펴보면, 백색을 띠는 협재, 애월, 함덕, 세화, 표선지역의 해빈 퇴적물은 탄산염광물로 각질을 이루고 있는 연체동물(mollusk)과 홍조류(red algae)의 각질파편들이 85% 이상으로 포함되며, 흑색을 띠는 이호, 삼양, 화순지역은 화산암암편(rock fragment)이 우세하게 나타난다. 특히, 해빈퇴적물이 비교적 백색을 띠는 탄산염입자가 우세한 지역 중에서 중문지역의 해빈퇴적물내에는 화산암암편의 함량이 다른 지역들보다 더 높게 나타나며 표선지역에서는 탄산염입자의 암편(intraclast)이 우세하게 나타난다. 입자의 크기에 따른 생물들의 퇴적물에 대한 기여도를 살펴보면 1~2 ϕ 의 크기를 가진 입자들은 주로 석회조류로 이루어져 있으며, 2~3 ϕ 의 입자들은 주로 연체동물의 파편으로 구성된다. 특히, 삼양지역은 0~1 ϕ 를 이루는 구성성분 중 태선류(bryozoan)가 거의 48%를 구성하고 있는 것이 특징이다.

해빈퇴적물의 구성성분을 조절하는 요인들은 하천에 의한 화산암암편의 공급량, 제주도 해안을 따라 해빈 주변에 분포하는 주변암의 암질(lithology), 연안류(longshore current)의 방향 및 폭풍의 영향들이 있다. 이호와 삼양 지역은 주변에 많이 분포하는 하천의 발달로 하천을 통하여 공급된 화산암암편의 양이 다른 지역보다 상대적으로 많이 해빈퇴적물이 흑색을 띠며, 그 외의 지역에서는 화산암암편의 공급이 상대적으로 적고 탄산염입자의 공급이 활발하여 해빈퇴적물이 백색을 띠는 것으로 생각된다. 화순지역의 경우 해빈이 응회암지역에 발달하고 있어서 응회암으로부터 많은 화산암암편이 공급되었던 것으로 생각된다. 특히, 중문지역에서는 화산암암편이 주변 하천으로부터 공급되었을뿐만 아니라, 이 지역들의 주변에 분포하는 응회암으로부터 폭풍의 영향에 의해 일부 공급되었을 것으로 생각된다.

또한 표선지역의 해빈퇴적물에 많이 포함되어 있는 탄산염입자의 암편은 천해 교질작용에 의해 고화된 퇴적물이 침식되어 생성된 것으로서, 이는 표선부근의 천해에서 활발한 천해교질작용이 일어나고 있음을 시사한다.

Petrographic investigation has been carried out to determine the composition of the beach sediments and the affecting factors which have controlled their compositional variations from Hyupjae, Aeweol, Iho, Samyang, Hamdeok, Sehwa, Pyoseon, Jungmun, and Hwasun areas along the coast of the Cheju Island. Average mean sizes of the beach sediments are Hyupjae 2.2 ϕ , Aeweol 0.8 ϕ , Iho 1.4 ϕ , Samyang 2.4 ϕ , Hamdeok 1.6 ϕ , Sehwa 1.5 ϕ , Pyoseon 2.1 ϕ , Jungmun 0.4 ϕ , and Hwasun 0.9 ϕ , thus, varies from 0.4 to 2.4 ϕ . The beach sediments from Pyoseon and Hwasun areas are poorly sorted, those from Aeweol and Jungmun areas are moderately sorted, and those from the rest of the areas are moderately well sorted.

White-colored beach sediments in Hyupjae, Aeweol, Hamdeok, Sehwa, and Pyoseon areas are mostly composed of calcareous shells (more than 85%) such as mollusk, red algae, benthic foraminiferas, etc., whereas volcanic rock fragment is the dominant component of the black-colored beach sediments in Iho,

Samyang, and Hwasun areas. Especially, the relatively white-colored beach sediment in Jungmun area, which is one of the carbonate-dominant areas, shows a higher content of rock fragments than the other carbonate-dominant areas. The beach sediments in Pyoseon area show a high content of carbonate intraclasts. Considering the contributions by organisms according to grain size, grains with the size range of 1-2 ϕ are mostly composed of calcareous red algae fragments, and grains with the size range of 2-3 ϕ consist of mollusk fragments. It is also notable that bryozoan fragments comprise about 48% of the sediment in Samyang area with the size range of 0-1 ϕ .

The composition of the beach sediments in Cheju Island appears to be controlled by the riverine supply rate of volcanic rock fragments, the lithology of the rocks distributed near the beaches, the direction of longshore currents, and the direction of storms, etc.. It is suggested that the beach sediments in Iho and Samyang areas show black color because of the higher supply rate of the volcanic rock fragments from the nearby rivers, whereas those in the rest of the areas show white color due to the relatively lower content of volcanic rock fragments and higher content of carbonate components transported from shallow marine environment. In Hwasun area, the content of volcanic rock fragments is high, and they are directly from the tuffaceous rocks distributed nearby. Also, the volcanic rock fragments in Jungmun area are transported not only from the rivers nearby but also from the nearby tuffs by storm activities.

The beach sediment in Pyoseon area contains a high content of carbonate intraclasts, which formed in the nearby shallow marine environment through marine cementation. This indicates that active marine cementation occurs in shallow marine environment near Pyoseon area.

서론

제주도는 한반도 주변에 분포하는 여러 섬들 중에서 가장 규모가 크며 다른 섬들과는 달리 주로 신생대 제 4기에 분출한 화산활동에 의해 생성되었다. 제주도를 대상으로 하는 지질학 및 해양학적 연구는 최근에 이르러 매우 활발하게 이루어지고 있다. 이들 연구는 제주도내의 암석층서와 암석학적 연구가 주로 이루어졌으나(이 등, 1994), 현생퇴적물에 대한 보고는 전혀 이루어져 있지 않은 실정이다.

한반도 주변의 퇴적물에 대한 연구는 최근에 대륙붕 지역의 표층퇴적물에 대한 퇴적학적 연구가 주로 이루어졌으며(박 등, 1987; 이 등, 1989; 공과 김, 1991; 최 등, 1992; 유 등, 1993; 최와 박, 1993; 박 등, 1994), 또한 서해안 조간대지역의 퇴적물에 대한 연구를 제외하고는(이 등, 1992; KORDI, 1989, 1990, 1991, 1995) 해변퇴적물에 대한 연구(오 등, 1994)는 거의 이루어지지 않은 실정이다. 이들 퇴적물에 대한 연구도 주로 퇴적물의 조직에 대한 연구가 주를 이루며, 일부 이질퇴적물의 구성성분에 대한 연구를 제외하고는 퇴적물의 구성광물에 대한 보고는 거의 찾아보기 어렵다. 한반도 주변에 분포하는 조간대지역, 해변지역 및 대륙붕지역에 퇴적된 퇴적물들은 주로 한반도와 중국대륙으로부터 운반된 쇄설성 퇴적물들이다. 이에 비하여 제주도 해안을 따라 부분적으로 분포하고 있는 해변퇴적물들은 상당히 많은 양의 탄

산염입자로 이루어져 있으며, 이들은 주로 천해에서 서식하던 탄산염 각질을 생성하는 해양생물들에 의해 공급되었을 가능성이 높다. 제주도 해안에 분포하는 여러지역의 해변퇴적물들은 그 색이 매우 어두운 흑색으로부터 매우 밝은 백색에 이르기까지 매우 다양하게 보인다. 이들은 아마도 퇴적물을 이루는 구성입자의 함량차이에 기인하는 것으로 사료된다.

따라서 본 논문은 제주도 해안에 분포하는 여러지역의 해변퇴적물들을 암석학적으로 조사하여, 그 구성입자의 함량을 조사하는데 그 목적이 있다. 또한 각 지역마다 해변퇴적물의 구성입자의 차이와 이들을 조절하는 요인들을 고찰해 보았다.

연구방법

제주도 해안을 따라 협재, 애월, 이호, 삼양, 함덕, 세화, 표선, 중문, 화순의 9개 지역 부근에 발달해 있는 만조선 위의 해변지역에서 각 지역의 퇴적물을 약 10 cm 정도의 깊이로부터 채취하였다(Fig. 1). 채취한 퇴적물들은 먼저 염분을 제거한 후에 건조시켜 무게를 측정된 후 sieve shaker로 15분간 체질을 하였다. 체질된 시료는 각 입도크기에 따라 무게 백분율을 구하고 입도분석을 하였다(Folk and Ward, 1957). 입도분석의 간격은 1 ϕ 이며 입도의 분석범위는 -2~4 ϕ 이고 이 범위 밖의 입자는 양단의 입도계급에 포함시켰다.

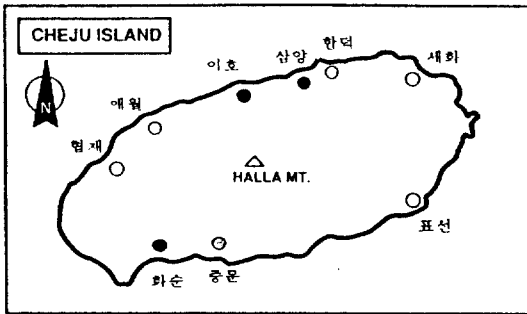


Fig. 1. Geographic localities of the study area. The open circles denote the locations with white beach sediments and the closed circles indicate the locations with black beach sediments. The dotted circle indicates that the beach sediments are yellowish brown in color.

각 입자의 크기에 따라 어떤 구성성분들로 되어 있는지 알아보기 위하여 epoxy를 퇴적물과 섞어 진공하에서 기공을 제거한 후 실온에서 약 24시간 정도 경화시킨 후에 박편을 제작하였고, 이들을 편광현미경으로 관찰하였다. 특히 탄산염 입자의 미세조직이 비슷하여 종별로 구분하기 어려운 경우에는 Feigl's solution을 이용하여 아라고나이트와 방해석을 구별하여 종을 구분하였다(Friedman, 1959). 또한 해빈퇴적물의 각 구성성분들이 입자의 크기에 따라 얼마나 분포되어 있는지 알아보기 위하여 점분석(point counting)을 각 박편당 500점씩 실시하여 구성 성분별로 백분율을 구하였다.

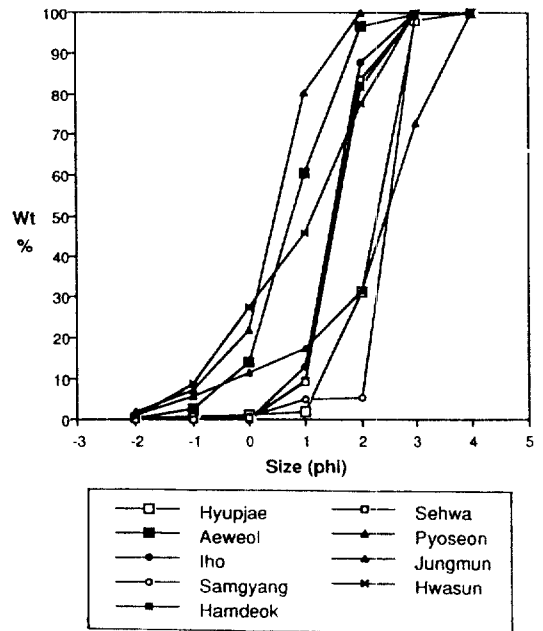


Fig. 2. Cumulative curves of the beach sediments in the study areas.

연구결과

1. 퇴적물의 조직

각 지역의 퇴적물 평균입도는 각각 협재 2.2φ, 애월 0.8φ, 이호 1.4φ, 삼양 2.4φ, 함덕 1.6φ, 세화 1.5φ, 표선 2.1φ, 중문 0.4φ, 화순 0.9φ으로 0.4-2.4φ 정도이

Table 1. Mean size, sorting, and skewness of the beach sediments of the study areas.

	Mean	Sorting	Skewness
Hyupjae	2.17	0.63 Moderately well sorted	-0.29 Coarse-skewed
Aeweol	0.80	0.82 Moderately sorted	-0.08 Near-symmetrical
Iho	1.41	0.59 Moderately well sorted	0.03 Near-symmetrical
Smyang	2.43	0.47 Well sorted	-0.15 Coarse-skewed
Hamdeok	1.60	0.62 Moderately well sorted	0.18 Fine-skewed
Sehwa	1.52	0.57 Moderately well sorted	0.07 Near-symmetrical
Pyoseon	2.13	1.43 Poorly sorted	-0.35 Very coarse-skewed
Jungmun	0.38	0.91 Moderately sorted	-0.09 Near-symmetrical
Hwasun	0.90	1.4 Poorly sorted	-0.20 Coarse-skewed

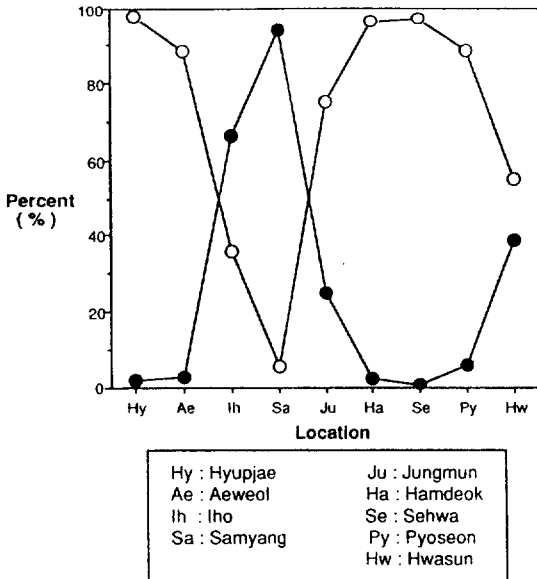


Fig. 3. Abundance of carbonate constituents vs. volcanic rock fragment and detrital minerals in whole beach sediments according to sampling localities. Open circle denotes carbonate components, and closed circle denotes rock fragments and detrital minerals.

며 분급도는 표선 1.4 ϕ , 화순 1.4 ϕ 로 불량하고 애월, 중문지역은 각각 0.8 ϕ 와 0.9 ϕ 로 보통이다(Fig. 2, Table 1). 나머지 지역의 분급도는 협재 0.6 ϕ , 이호 0.6 ϕ , 삼양 0.5 ϕ , 함덕 0.6 ϕ , 세화 0.6 ϕ 정도로 비교적 양호하다. 왜도(skewness)는 애월 -0.08, 이호 0.03, 세화 0.07, 중문 -0.09로 대칭에 가까우며 협재 -0.29, 삼양 -0.15, 화순 -0.20정도로 coarse-skewed 되어 있다. 표선은 -0.35로 조사지역 중 가장 심하게 coarse-skewed 되어 있으며 함덕은 0.18로 fine-skewed 되어 있다(Fig. 2, Table 1).

2. 퇴적물의 구성성분

조사지역의 해변퇴적물내에 포함되어 있는 탄산염각질로 이루어진 구성요소의 성분변화를 살펴보면, 백색을 띠는 협재, 애월, 함덕, 세화, 표선, 중문지역의 해변퇴적물에서는 화산암암편(rock fragment)이 협재 2%, 애월 3%, 함덕 3%, 세화 1%, 표선 6%가 포함되어 있고, 탄산염입자는 협재 98%, 애월 88%, 함덕 97%, 세화 97%, 표선 89%가 포함되어 있어 탄산염각질의 입자가 우세하게 나타난다(Fig. 3). 흑색을 띠는 이호 및 삼양지역에서는 화산암암편이 각각

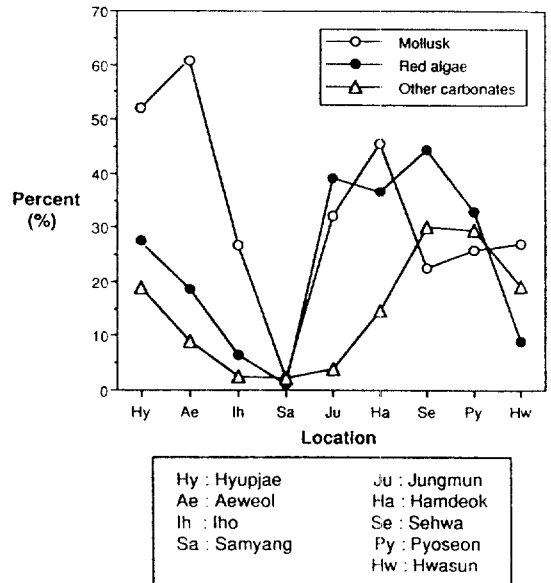


Fig. 4. Abundance of mollusk, red algae, and other carbonates in whole beach sediments according to sampling localities.

약 66%와 94% 정도이고 탄산염입자는 각각 약 36%, 6%정도로 화산암암편이 우세하게 나타난다(Fig. 3). 또한 화순과 중문지역에서는 퇴적물 중 화산암암편이 39%와 25%이고 탄산염입자가 55%와 75% 포함되어 있어서 탄산염광물의 성분이 화산암암편보다는 더 많지만, 탄산염입자가 우세한 다른 지역에 비해 탄산염입자의 성분이 상대적으로 적다. 조사 지역의 해변퇴적물에 포함되어 있는 탄산염입자 중에서 연체동물(mollusk)과 홍조류(red algae), 그 외의 탄산염입자(성게류, 유공충, 태선류등)간의 성분적 변화를 살펴보면, 연체동물은 협재 52%, 애월 61%, 이호 26%, 삼양 2%, 중문 32%, 함덕 46%, 세화 23%, 표선 26%, 화순 27%가 포함되어 있으며, 홍조류는 협재 27%, 애월 18%, 이호 6%, 삼양 1%, 중문 39%, 함덕 37%, 세화 45%, 표선 33%, 화순 9%가 포함되어 있다(Fig. 4). 연체동물과 홍조류를 제외한 다른 탄산염입자는 각 조사지역마다 협재 19%, 애월 9%, 이호 3%, 삼양 2%, 중문 4%, 함덕 15%, 세화 30%, 표선 30%, 화순 19%정도이다. 따라서 협재, 애월, 이호지역은 탄산염 구성성분 중 연체동물이 가장 많으며 석회조류와 기타성분들은 상대적으로 적은 함량을 보인다. 중문지역과 화순지역은 연체동물과 홍조류의 함량이 거의 비슷하며 기타성분에 비해 상

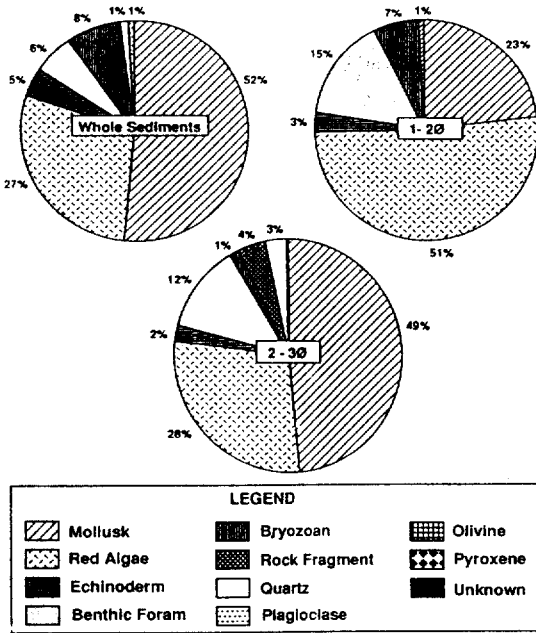


Fig. 5. Compositional variations of the Hyupjae beach sediments according to grain size.

대적으로 높은 함량을 보여준다. 세화와 표선지역은 연체동물, 석회조류 및 기타성분이 비슷한 함량을 보여준다. 삼양, 중문, 세화, 표선을 제외한 지역에서는 해변퇴적물에 포함되어 있는 탄산염입자 중에서 연체동물의 함량이 가장 높게 나타난다(Fig. 4). 탄산염입자가 우세한 협재지역의 해변퇴적물은 연체동물 52%, 홍조류 27%, 성게류 5%, 유공충 6%, 태선류 8%가 포함되어 있어서 구성성분의 약 80%가 연체동물과 홍조류로 구성되어 있다(Fig. 5, Fig. 6A, B). 1~2φ 크기로 이루어진 입자들은 연체동물이 23%, 홍조류가 51%, 성게류 3%, 유공충 15%, 태선류 7%, 산호 1%가 포함되어 있으며 대부분이 홍조류로 이루어져 있다(Fig. 6B). 그리고 2~3φ 크기로 이루어진 입자들은 연체동물 49%, 홍조류 28%, 성게류 2%, 유공충 12%, 화산암암편 4%로 구성되어 있는데 이 입도범위내에서는 홍조류보다는 연체동물이 더 우세하게 나타난다. 또한 저서성유공충은 전체 해변퇴적물내에 포함되어 있는 함량보다 1~2φ, 2~3φ의 크기에 포함되어 있는 함량이 2배 정도 많다(Fig. 6C).

애월지역의 해변퇴적물은 연체동물 61%, 홍조류 19%, 성게류 5%, 유공충 4%, 화산암 암편 2%가 포함되어 있으며, -1~0φ 정도의 크기를 갖는 입자들은

연체동물 69%, 홍조류 11%, 성게류 4%, 유공충 2%, 태선류 8%, 화산암암편 2%로 이루어져 있어 연체동물의 각질이 가장 우세하다(Fig. 7). 0~1φ 입자크기를 갖는 구성성분은 연체동물 61%, 홍조류 20%, 성게류 6%, 유공충 6%, 태선류 5%정도이고, 1~2φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 62%, 홍조류 20%, 성게류 4%, 유공충 6%, 태선류 2%, 화산암암편 3%로 이루어져 있어 0~1φ 크기의 퇴적물과 비슷한 함량을 보이지만, -1~0φ 크기의 퇴적물보다 연체동물의 함량은 적고 홍조류의 함량이 약간 더 많다. 2~3φ의 크기를 갖는 입자들은 연체동물 61%, 홍조류 15%, 성게류와 유공충이 5%, 태선류와 화산암암편, 휘석이 3% 정도로 이루어져 있다. 따라서 애월지역의 해변 퇴적물은 연체동물과 홍조류가 주를 이루고 있다.

이호지역의 해변퇴적물은 화산암암편과 규산염광물이 약 65%정도 포함된 지역으로서 구성성분은 연체동물 27%, 홍조류 6%, 화산암 암편 46%, 사장석 16%, 석영 3%정도 구성되어 있으며 0~1φ의 크기를 갖는 입자들은 연체동물 32%, 홍조류 2%, 화산암 암편 40%, 석영 2%, 사장석 19%, 휘석 3%로 이루어져 있다(Fig. 8). 1~2φ의 크기로 되어있는 입자들은 연체동물 28%, 홍조류 4%, 성게류 2%, 화산암암편 44%, 사장석 16%, 휘석 16%로 구성되어 있다. 2~3φ의 크기로 되어있는 구성성분은 연체동물 23%, 홍조류 3%, 화산암암편 49%, 석영 5%, 사장석 11%, 감람석과 휘석 3%정도로 구성되어 있다. 따라서 각 크기별로 구성성분의 변화는 그리 크지 않으며 탄산염성분의 입자는 주로 연체동물의 조각으로 이루어져 있다.

삼양지역의 해변퇴적물은 주로 흑색을 띠고 있으나, 백색을 띠는 탄산염입자로 이루어진 층이 박층으로 협재되어 나타나기도 한다. 백색을 띠는 탄산염입자들은 대부분 1φ 이상의 크기를 갖는다. 해변퇴적물내에 포함되어 있는 구성성분은 연체동물 2%, 암편 72%, 석영 5%, 사장석 14%, 휘석 2%, 감람석 2% 정도로서 암편과 단결정의 규산염광물들이 퇴적물의 대부분을 차지하고 있다. 0~1φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 5%, 홍조류 36%, 유공충 2%, 태선류 48%, 화산암암편 8% 정도가 포함되어 있어서 탄산염입자가 퇴적물의 86%를 차지하고 있으며 다른지역과는 달리 태선류가 거의 50% 정도를 구성하고 있는 것이 특이하다(Fig. 9 & Fig. 6D). 1~2φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 5%, 홍조류 4%, 태선류 1%,

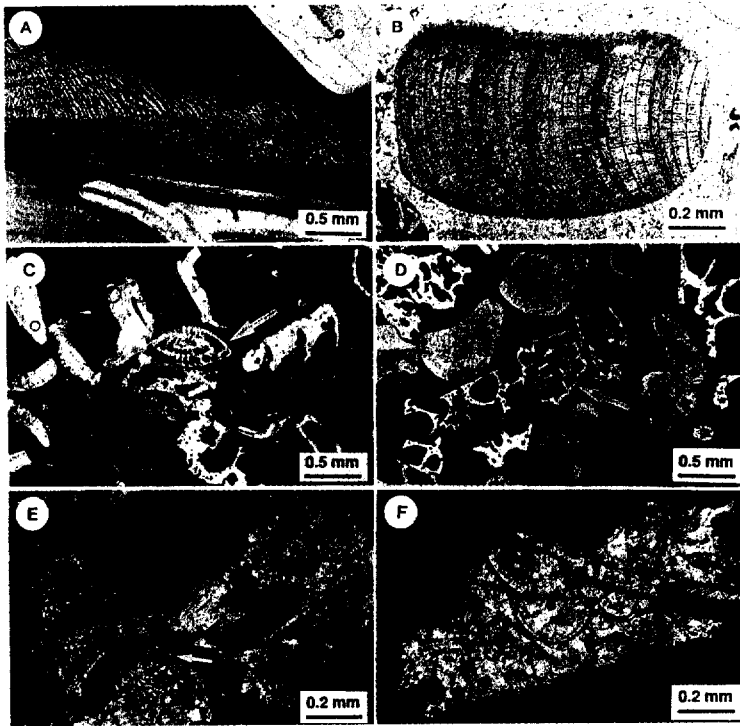


Fig. 6. A) A mollusk fragment of the beach sediment in Jungmun area. B) A calcareous red algae fragment of the beach sediment in Jungmun area. C) A benthic foraminifera (arrow) of the beach sediment in Jungmun area. D) A bryozoan fragment (arrow) of the beach sediment in Samyang area. E) Fibrous calcite cements (arrow) within the carbonate intraclast of the Pyoseon beach sediment. F) Equant calcite cements (EC) within the carbonate intraclast of the Pyoseon beach sediment.

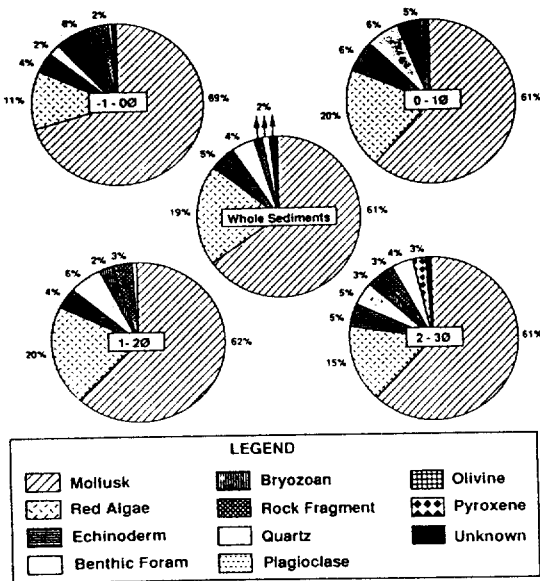


Fig. 7. Compositional variations of the Aewol beach sediments according to grain size.

화산암암편 46%, 석영 5%, 사장석 15%, 휘석 1% 정도로 구성되어 있으며, 2~3φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 3%, 화산암암편 75%, 석영 5%, 사장석 12%, 휘석 4%, 감람석 1% 정도로 이루어져 있어서 화산암암편과 단결정 규산염광물이 퇴적물의 대부분을 차지한다. 이 지역의 조립질 퇴적물(0~1φ) 내에 탄산염입자가 많이 포함되어 있는 것과 이들이 주로 박층으로 해변퇴적물내에 협재되어 있는 것으로 보아 폭풍에 의해 일시에 다량의 조립질, 탄산염 입자가 천해로부터 유입되었을 가능성이 높다.

함덕지역의 해변퇴적물은 연체동물 46%, 홍조류 37%, 성계류 10%, 유공충 5%, 화산암 암편 2%, 석영 1% 정도로 구성되어 있으며 0~1φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 41%, 홍조류 44%, 성계류 8%, 유공충과 태선류가 2%, 화산암암편 1%가 포함되어 있다 (Fig. 10). 1~2φ 크기를 갖는 해변퇴적물의 구성성분은 연체동물 41%, 홍조류 41%, 성계류 7%, 유공충

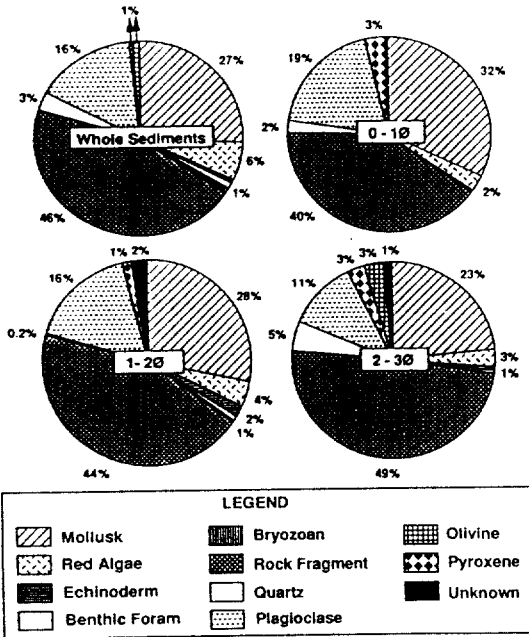


Fig. 8. Compositional variations of the Iho beach sediments according to grain size.

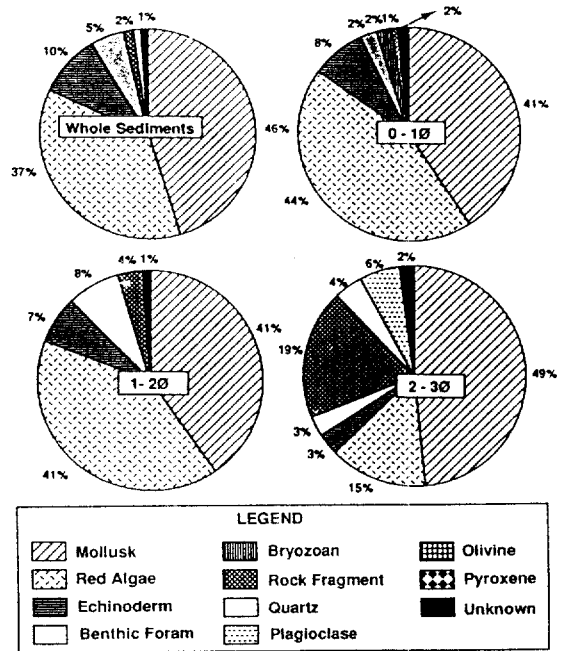


Fig. 10. Compositional variations of the Hamdeok beach sediments according to grain size.

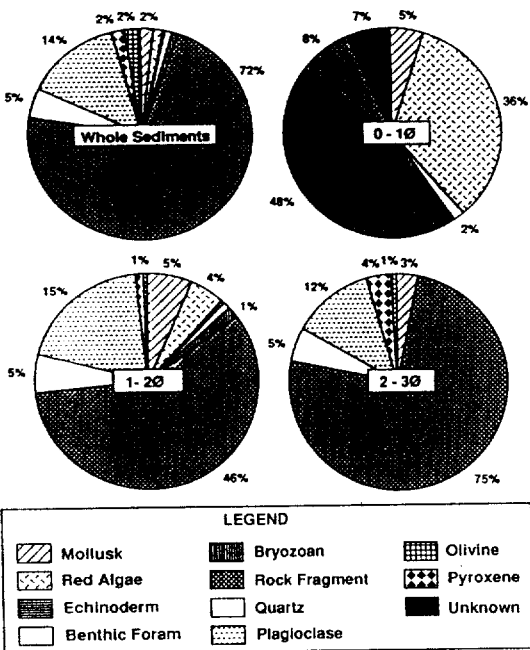


Fig. 9. Compositional variations of the Samyang beach sediments according to grain size.

8%, 화산암암편 4%정도이며, 2~3φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 49%, 홍조류 15%, 성계류와 유공충 3%, 화산암암편 19%, 석영 4%, 사장석 6% 정도로 이루어져 있다. 따라서 이 지역의 퇴적물은 연체동물과 홍조류가 퇴적물의 대부분을 구성하고 있다.

세화지역에서 해변퇴적물의 구성성분은 연체동물 23%, 홍조류 45%, 성계류 10%, 유공충 16%, 태선류 4%, 화산암암편 1%정도로 구성되어 있으며, 0~1φ 크기를 갖는 입자들의 구성성분은 연체동물 40%, 홍조류 36%, 성계류 4%, 유공충 8%, 태선류 7%, 화산암암편 3%, 사장석 1% 정도가 포함되어 있다(Fig. 11). 1~2φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 33%, 홍조류 37%, 성계류 10%, 유공충 17%, 태선류 2%, 화산암암편 1%로 구성되어 있으며, 2~3φ 입자크기를 갖는 구성성분은 연체동물 40%, 홍조류 27%, 성계류 7%, 유공충 22%, 태선류 2%, 석영 2%, 화산암암편과 사장석이 1% 정도이다. 따라서 이 지역의 퇴적물 내에는 연체동물과 홍조류가 우세하며 타 지역들에 비해 저서성유공충의 함량이 약 20%정도로 높은 편이다.

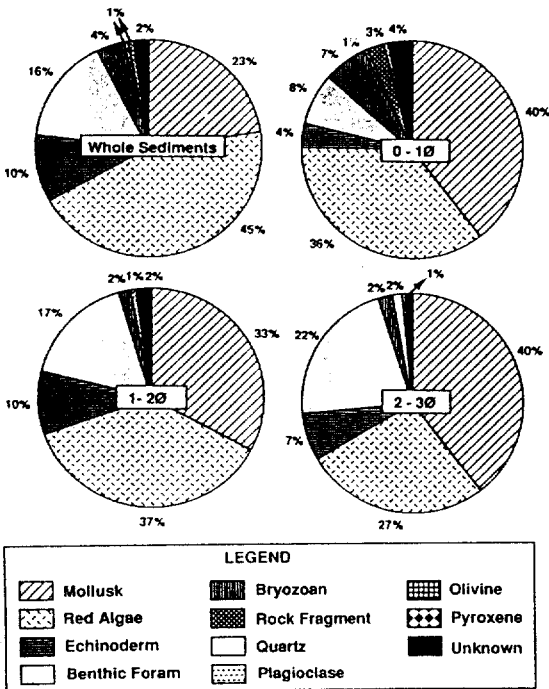


Fig. 11. Compositional variations of the Seхва beach sediments according to grain size.

표선지역의 해빈퇴적물에 포함되어 있는 구성성분은 연체동물 26%, 홍조류 33%, 성게류 2%, 유공충 27%, 태선류 1%, 화산암암편 3%, 석영 2%, 탄산염입자의 암편 3% 정도로 탄산염입자의 함량이 우세하며 연체동물, 홍조류 및 저서성유공충이 주를 이루고 있다. 표선지역의 경우는 타지역과는 달리 입자의 크기마다 퇴적물을 이루는 구성성분이 차이가 난다. -1-0φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 16%, 홍조류 6%, 태선류 2%, 화산암 암편 4%, 탄산염입자의 암편 69%로 이루어져 있다(Fig. 12). 0-1φ 입자크기를 갖는 해빈퇴적물의 구성성분은 연체동물 11%, 홍조류 38%, 성게류 7%, 유공충 7%, 태선류 29%, 탄산염입자의 암편 8% 정도로 구성되어 있으며, 1-2φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 6%, 홍조류 45%, 성게류 4%, 유공충 22%, 태선류 22%, 화산암암편 1% 정도가 포함되어 있다. 2-3φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 19%, 홍조류 37%, 성게류 5%, 유공충 26%, 태선류 6%, 석영과 사장석이 1% 정도로 구성되어 있다. 이 지역에서는 특히 극조립 사질퇴적물(-1-0φ) 내에 탄산염입자의 암편(intraclast)이 우세하게 나타나는

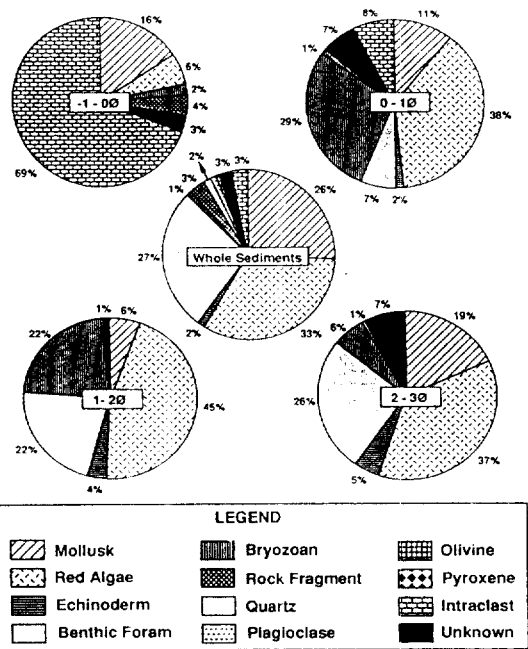


Fig. 12. Compositional variations of the Pyoseon beach sediments according to grain size.

것이 특이한 점이다. 탄산염입자의 암편은 유공충이나 연체동물 등의 파편들이 천해교질물인 섬유상 교질물(Fig. 6E)과 등립질 교질물(Fig. 6F)에 의해 부분적으로 교결되어 있다.

중문지역의 해빈퇴적물은 백색을 띠는 다른 지역에 비해 약간 어두운 황갈색을 띠는데 이것은 중문지역의 해빈퇴적물내에 화산암암편의 함량때문인 것으로 생각된다. 중문지역에서 해빈퇴적물의 구성성분은 연체동물 32%, 홍조류 39%, 성게류 3%, 유공충과 태선류 1%, 화산암 암편 21%, 석영 1%, 사장석 4% 정도로 구성되어 있으며, -1-0φ의 크기를 갖는 입자들은 연체동물 64%, 홍조류 4%, 성게류 2%, 유공충과 태선류 1%, 화산암암편 26%, 석영 2%, 사장석 1% 정도로 이루어져 있다(Fig. 13). 0-1φ의 입자크기를 갖는 해빈퇴적물의 구성성분은 연체동물 39%, 홍조류 33%, 성게류 3%, 화산암암편 20%, 석영 1%, 사장석 5%, 휘석과 감람석 1% 정도가 포함되어 있으며, 1-2φ의 크기를 갖는 입자들은 연체동물 25%, 홍조류 44%, 성게류와 유공충 2%, 화산암암편 22%, 석영 1%, 사장석 5% 정도로 구성되어 있다. 입자의 크기에 따른 구성성분의 차이는 별로 심하지 않으나

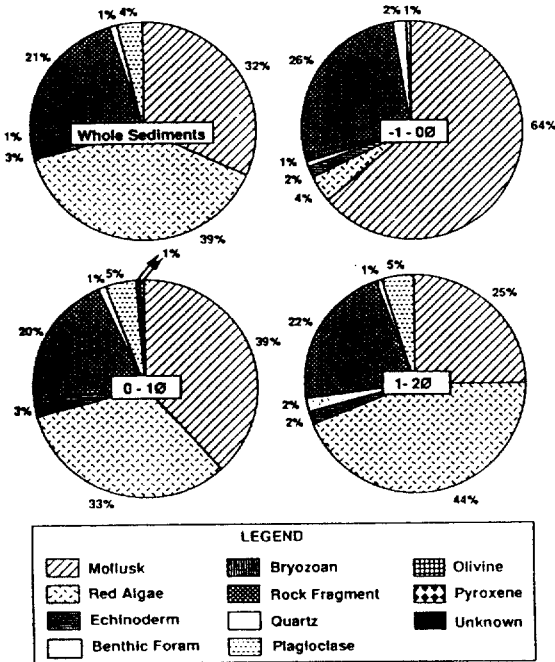


Fig. 13. Compositional variations of the Jungmun beach sediments according to grain size.

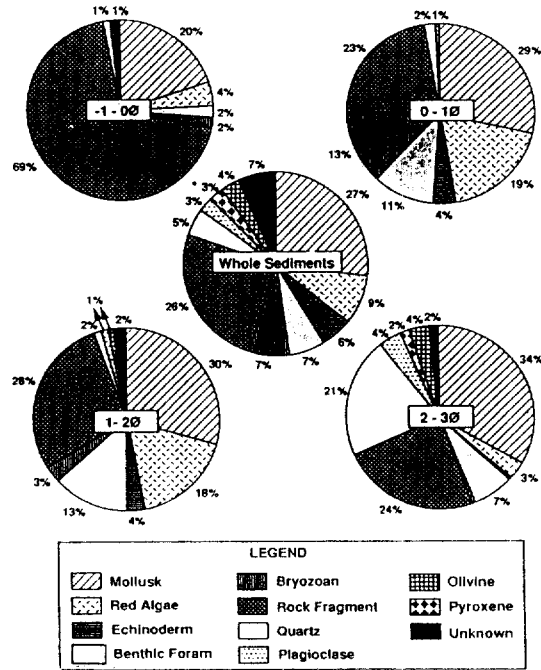


Fig. 14. Compositional variations of the Hwasun beach sediments according to grain size.

-1-0φ 크기의 퇴적물내에 연체동물의 함량이 약간 높은 것이 특징이다. 또한 화산암암편의 함량이 주로 탄산염입자로 이루어진 다른 지역보다 더 높은 편이다(Fig. 13). 화순지역에서 해변퇴적물의 구성성분은 연체동물 27%, 홍조류 9%, 성계류 6%, 유공충과 태선류 7%, 화산암암편 26%, 석영 5%, 사장석과 감람석 3%, 휘석 7%로 구성되어 있으며, 입자의 크기별로 구성성분을 살펴보면 -1-0φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 20%, 홍조류 4%, 유공충과 태선류 2%, 화산암암편 69%, 석영과 감람석 1% 정도가 포함되어 있다(Fig. 14). 0-1φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물 29%, 홍조류 19%, 성계류 4%, 유공충 11%, 태선류 13%, 화산암암편 23%, 석영 2%, 사장석 1% 정도로 구성되어 있으며, 1-2φ 크기를 갖는 해변퇴적물의 입자들은 연체동물 30%, 홍조류 18%, 성계류 4%, 유공충 13%, 태선류 3%, 화산암암편 28%, 석영 2%, 사장석과 감람석 1% 정도로 이루어져 있다. 2-3φ 크기를 갖는 구성입자들은 연체동물 34%, 홍조류 3%, 성계류와 태선류 1%, 유공충 7%, 화산암암편 24%, 석영 21%, 사장석과 감람석 4%, 휘석 1% 정도로 구성되어 있다. 연체동물의 함량은 입자의 크기에

따른 변화는 크지 않지만 홍조류는 0-2φ 크기의 퇴적물내에서 다른 크기의 입자들보다 함량이 높은 편이다. 또한 화산암암편은 -1-0φ 크기의 퇴적물내의 함량이 약 70% 정도로 매우 높다.

흑색을 띠는 이호와 삼양, 화순지역의 각 입자의 크기에 따른 구성성분을 살펴보면 암편의 반정이었던 석영이나 사장석, 휘석, 감람석 등이 백색을 띠는 탄산염광물의 성분이 우세한 지역보다 함량이 높게 나타난다.

토 의

제주도 해안에 분포하는 해변퇴적물의 구성성분을 조사한 결과 백색을 띠는 협재, 애월, 함덕, 표선 지역의 퇴적물은 탄산염입자로 이루어진 연체동물이나 홍조류들의 파편들로 주로 이루어져 있으며, 흑색을 띠는 이호, 삼양, 화순지역의 퇴적물은 화산암암편이 주 구성성분이다. 또한 중문지역의 경우는 해변퇴적물이 백색을 띠는 지역들보다 암편의 함량이 많지만 이호나 삼양지역보다는 적게 나타난다.

조사 지역에서 각 입자크기에 따라 탄산염입자의

Table 2. Composition of the beach sediments in study areas. Loc=Locality, Mol=mollusk, Al=calcareous algae, Ech=echinoderm, For=foraminifera, Bry=bryozoan, Co=coral, Intracl=intraclast, CARB=carbonate components, RF=volcanic rock fragment, Qz=quartz, Pl=plagioclase, Px=pyroxene, Ol=olivine, NON-CARB=non-carbonate components.

Loc/size	Mol	Al	Ech	For	Bry	Co	Intracl	Other CARB	RF	Qz	Pl	Px	Ol	unknown	TOTAL CARB	TOTAL NON-CARB
Hyupiae																
whole	52	27	5	6	8		19	9	2	2	1				98	2
1-2φ	23	51	3	15	7	1	25	14	2	1				1	99	0
2-3φ	49	28	2	12	1		16	18	4	3					93	7
Aeweol															0	
whole	61	19	5	4			9	9	2	2				2	88	4
>0φ	69	11	4	2	8		14	14	2	1				1	95	3
0-1φ	61	20	6	6	5		18	18							99	0
1-2φ	62	20	4	6	2		13	13	3	1					94	4
2-3φ	61	15	5	5	3		12	12	3	4		3		1	88	10
Iho								0							0	
whole	27	6	0.6	1	0.8		3	3	46	3	16	0.6			36	66
0-1φ	32	2					0	0	40	2	19	3	1		35	64
1-2φ	28	4	2	1			2	2	44	0.2	16	1		2	35	62
2-3φ	23	3	1	1			1	1	49	5	11	3		1	28	71
Samyang																
whole	2	1		1	1		2	2	72	5	14	2	2	0	5	94
0-1φ	5	36		2	48		50	8	8					7	92	8
1-2φ	5	4		1	1		2	2	46	5	15	1		1	12	66
2-3φ	3						0	0	75	5	12	4	1		3	97
Jungmun																
whole	32	39	3	1	1		4	4	21	1	4				75	25
>0φ	64	4	2		1	1	4	4	26	2	1				72	29
0-2φ	39	33	3				3	3	20	1	5	1	1		74	27
1-2φ	25	44	2	2			4	4	22	1	5				73	27
Hamduk																
whole	46	37	10	5			15	15	2	1				1	97	3
0-1φ	41	44	8	2	2		12	12	1					2	97	1
1-2φ	41	41	7	8			15	15	4					1	96	4
2-3φ	49	15	3	3			6	6	19	4	6			2	69	29

기여도를 알아보기 위하여 연체동물, 홍조류 및 기타 탄산염입자(성게류, 유공충, 태선류 등)들만을 비교하여 살펴보았다. 0~1φ 크기를 갖는 입자들은 연체동물, 홍조류 및 기타 탄산염입자들간에 특정한 구성요소가 우세하게 나타나지 않는다(Table 2). 1~2φ 크기로 이루어진 해변퇴적물에서 연체동물은 협재 23%, 애월 62%, 이호 28%, 삼양 5%, 중문 25%, 함덕 41%, 세화 33%, 표선 6%, 화순 30%정도가 포함되어 있고, 홍조류는 협재 51%, 애월 20%, 이호 4%, 삼양 4%, 중문 44%, 함덕 41%, 세화 37%, 표선 45%, 화순 18% 정도가 포함되어 있으며, 다른 탄산염입자 성분은 협재 25%, 애월 13%, 이호 3%, 삼양 3%, 중문 4%, 함덕 15%, 세화 28%, 표선 48%, 화순 20%정도가 포함되어 있어 조사 전체 지역에서 흑색을 띠는 지역을 제외하면 홍조류가 주로 많이 포함되어 있다(Table 2). 또한 2~3φ 크기로 이루어진 퇴적물 중 탄산염입자들에 함량을 살펴보면, 연체동물이 협재 49%, 애월 61%, 이호 23%, 삼양 3%, 함덕 49%, 세화 40%, 표선 19%, 화순 34%, 홍조류가 협재 28%, 애월 15%, 이호 3%, 삼양 0%, 함덕 15%, 세화 27%, 표선 37%, 화순 3%, 연체동물과 홍조류를 제외한 기타 탄산염입자가 협재 16%, 애월 12%, 이호 1%, 삼양 0%, 함덕 6%, 세화 30%, 표선 37%, 화순 8% 정도로 구성되어 이 크기의 범위내에서는 연체동물이 주를 이루고 있다(Table 2). 이것은 대부분의 홍조류가 1~2φ 크기를 가지는 퇴적물에 기여를 하고, 연체동물은 2~3φ 크기를 가지는 퇴적물에 기여를 하는 것으로 생각된다.

일반적으로 탄산염입자의 암편(intraclast)은 퇴적된 분지로부터 떨어져 나온 것으로서 부분적으로 고화된 퇴적물의 입자를 말한다(Folk, 1959). 표선지역에서 나타나는 탄산염입자의 암편은 암편내에 유공충이나 연체동물 등이 포함되어 있는데 이러한 구성요소들이 등립질 또는 섬유상 교질물에 의해 부분적으로 교결되어 준고화된 상태로 나타난다. 그러므로 표선부근의 천해에서는 활발한 천해교질작용이 일어나고 있으리라 생각된다. 일반적으로 천해교질작용은 열대 및 아열대의 암초부근에서 활발히 일어나는 것으로 보고되어 있다. 즉, 해수가 탄산염광물에 대해 과포화상태에 있어야만 탄산염광물의 무기적 침전이 일어난다. 제주도 표선지역의 해변퇴적물내에서 발견되는 암편은 천해에서 교질작용이 일어나서 탄산염입자들을 용접시키면서 생성된 것이다. 표

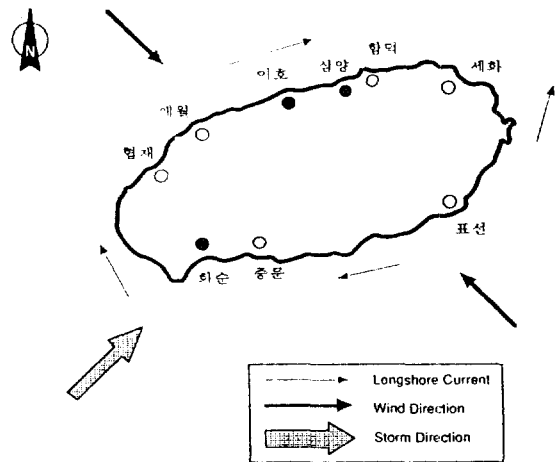


Fig. 15. General directions of winds, longshore current, and storms near Cheju Island.

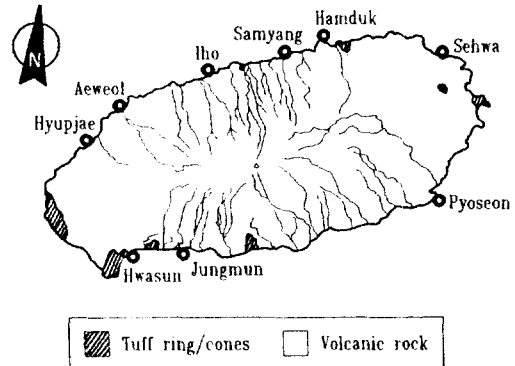


Fig. 16. Simplified geologic map showing the distribution of volcanic rocks and tuff rings (or tuff cones) with geographic patterns of rivers in Cheju Island.

선지역 부근 천해의 어느 환경에서 이러한 교질물이 생성되었는지에 대한 연구는 아직 조사해야할 과제로 남아있다.

해빈퇴적물의 구성성분을 조절하는 요인들은 하천에 의한 화산암암편의 공급량, 제주도 해안을 따라 해변 주변에 분포하는 주변암의 암질(lithology), 연안류(longshore current)의 방향 및 폭풍의 영향 등이 있다(Fig. 15). 제주도의 하천은 한라산으로부터 북서-남동방향으로 발달되어 있는데(Fig. 16) 조사지역의 이호, 삼양, 화순, 중문지역에 많은 하천이 밀집되어 발달되어 있다. 즉, 조사지역의 천해는 서로 인접

하여 있으므로 해수의 물리·화학적 조건이 서로 유사하며, 천해에서 서식하는 생물의 차이도 그리 많지 않을 것으로 생각된다. 따라서 각 지역의 천해에서 공급되는 탄산염각질의 입자가 모두 같은 양이라고 가정하면 이호와 삼양, 화순지역은 주변에 많이 분포하는 하천의 발달로 하천에서 공급된 화산암암편이 많고 상대적으로 탄산염입자의 공급이 적어 해빈퇴적물이 흑색을 띠며, 그 외의 지역은 상대적으로 하천에서 공급되는 화산암암편이 적고 탄산염입자의 공급이 활발하여 해빈퇴적물이 백색을 보여주는 것으로 생각된다. 특히 제주도는 주로 현무암질과 조면암등 화산암류로 구성되어 있으며, 300여개가 넘는 기생화산 중 일부는 화산활동에 의해 분출되어 화산재가 퇴적된 응회암으로 구성되어 있다(Fig. 16). 응회암이 발달한 대표적인 곳으로는 성산 일출봉, 송악산, 수월봉, 단산, 당산봉, 두산봉, 용머리, 우도의 소머리오름등이 있다(이, 1966; 원, 1976; 원 등, 1993; 황 등, 1992; Shon, 1992; Shon and Chough, 1989). 조사지역 중 중문지역의 서측에 응회암이 발달한 송악산이 위치하고 있다. 제주도에 영향을 미치는 폭풍의 방향이 주로 남동에서 북서방향으로 진행하기 때문에 중문지역의 해빈퇴적물은 주변 하천에서 공급되는 화산암암편의 유입뿐만 아니라 연안류의 방향, 그리고 주위에 분포하는 응회암으로부터 폭풍의 영향으로 일부 공급된 것으로 생각된다.

결 론

1. 제주도에 분포하는 해빈퇴적물의 구성성분을 조사한 결과, 이호, 삼양 및 화순지역의 퇴적물은 화산암암편의 함량이 높아 퇴적물이 흑색을 띠는 반면 협재, 애월, 함덕, 세화, 표선지역은 탄산염각질을 이루고 있는 입자가 우세하게 나타나서 해빈퇴적물이 백색을 보여준다. 특히 중문지역은 화산암 암편의 함량이 백색의 해빈퇴적물을 보여주는 지역들보다 더 높아서 황갈색을 띠고 있다.

2. 이호와 삼양지역에서 화산암암편이 많이 포함되어 있는 것은 주변에 많이 분포하는 하천의 영향으로 육지로부터 공급되는 화산암암편의 양이 많기 때문이다. 하지만, 중문지역의 경우 화산암 암편은 주변의 하천에서 뿐만 아니라, 간헐적으로 폭풍의 영향에 의해 이 지역들 서측에 존재하는 송악산의 응회암으로부터 일부 공급된 것으로 생각된다. 화순지

역은 해빈이 응회암이 분포하고 있는 지대에 발달하여 주위의 응회암으로부터 많은 화산암암편이 공급된 것으로 생각된다.

3. 협재, 애월, 함덕, 세화, 표선지역의 해빈퇴적물이 주로 탄산염입자로 이루어진 것은 주위 하천으로부터 공급되는 화산암암편의 양이 상대적으로 적고 천해로부터 탄산염입자의 공급이 활발하기 때문이다.

4. 표선지역에서 많이 발견되는 탄산염입자의 암편은 천해교질작용에 의해 생성된 것으로 생각되며, 이는 표선지역부근의 천해에서 활발한 천해교질작용이 일어나고 있음을 암시한다.

사 사

이 논문은 지옥미의 석사논문의 일부분으로 구성되었다. 저자들은 표품채집에 도움을 준 강원대학교 지질학과 신영욱에게 감사하며, 일부 그림에 도움을 준 강원대학교 지질학과 김용인에게 감사한다.

참고문헌

- 공영세, 김승우, 1991. 한국 근해 퇴적물의 입도분포 특성. 한국해양학회지, 26: 38-46.
- 박용안, 김경렬, 박수철, 박상운, 1987. 한국 대한해협 대륙붕 표층퇴적물의 특성과 세립질퇴적물의 지구화학적 특성. 한국해양학회지, 22: 43-56.
- 박용안, 최진용, 이창복, 김대철, 최강원, 1994. 한국 서해 중부해역 대륙붕 퇴적물의 분포와 퇴적작용. 한국해양학회지, 29: 357-365.
- 유환수, 고양구, 류상우, 1993. 임자도-낙월도간 해역의 퇴적환경. 한국해양학회지, 28: 241-258.
- 오재경, 왕경희, 신기재, 1994. 동서해빈의 퇴적환경에 관한 연구. 한국지구과학회지, 15: 91-99.
- 이문원, 원종관, 이동영, 박계현, 김문섭, 1994. 제주도 남사면 화산암류의 화산층서 및 암석학적 연구. 지질학회지, 6: 521-541.
- 이상만, 1966. 제주도의 화산암류. 지질학회지, 2: 1-7.
- 이창복, 박용안, 최진용, 김기법, 1989. 한국 동암해역 대륙붕과 대륙사면 표면퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지, 24: 39-51.
- 이창복, 유홍룡, 박경수, 1992. 경기만 조간대 표층퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지, 27: 277-289.
- 원종관, 1976. 제주도의 화산암류에 대한 암석화학적 연구. 지질학회지, 12: 207-226.
- 원종관, 이문원, 이동영, 박계현, 1993. 성산도도독 설명서. 제주도청.
- 최동림, 김성렬, 석봉출, 한상준, 1992. 한반도 황해 중부 대안반도 근해 사질퇴적물의 이동. 한국해양학회지, 27: 66-77.
- 최진용, 박용안, 1994. 한반도 대륙붕 퇴적물의 분포와 조

- 직특성. 한국해양학회지, 28: 259-271.
- 황상구, 황재하, 김동학, Owells. M. F., 1992. 제주도 송악산 응회환, 분석구의 화산과정. 대한지질학회지, 28: 110-120.
- Folk, R. L. and Word, W. C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrology*, 27: 3-26.
- Folk, R. L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 43: 1-38.
- Friedman, G. M., 1959. Identification of carbonate minerals by staining methods. *J. Sed. Petrology*, 29: 87-97.
- KORDI, 1989. A study on the intertidal zone environment of west and south coast of Korea(I). KORDI Tech. Rep., BSPG 00073-227-5, 239pp.
- KORDI, 1990. A study on the intertidal zone environment of west and south coast of Korea(II). KORDI Tech. Rep., BSPG 00104-303-5, 255pp.
- KORDI, 1991. A study on the intertidal zone environment of west and south coast of Korea(III). KORDI Tech. Rep., BSPG 00124-395-5, 162pp.
- KORDI, 1995. Recent depositional processes in the Korean shoreline-to-inner-shelf, Yellow Sea, BSPG 00473-778-5, 158pp.
- Shon, Y. K. and Chough, S. K., 1989. Depositional processes of the Suwolbong tuff ring, Cheju island (Korea). *Sedimentology*, 36: 837-855.
- Shon, Y. K. and Chough, S. K., 1989. Depositional mechanics and sequences of base surges, Songaksan tuff ring, Cheju island, Korea. *Sedimentology*, 37: 1115-1135.
- Shon, Y. K., 1992. Depositional models of basaltic tuff ring and tuff cones in Cheju island, Korea. Ph. D. Thesis, Seoul Nat. Univ., 210pp.

Accepted January 30, 1996