

# 제주도 연안해빈의 계절적 변화에 관한 퇴적학적 연구

Sedimentological study on seasonal variation  
of the beaches in Cheju Island

박 원 배\*  
김 재 근\*\*  
조 정 희\*\*\*

| — 목          | 차 —         |
|--------------|-------------|
| I. 서 론       | IV. 결과 및 고찰 |
| II. 조사지역의 개요 | 1. 해빈의 특징   |
| 1. 지형 및 지질   | 2. 구성물질의 특징 |
| 2. 해황        | 3. 부유사의 이동  |
| III. 연구방법    | 4. 해빈지형의 변화 |
| 1. 해빈조사      | V. 결 론      |
| 2. 실내연구      |             |

## Abstract

This study has been carried out to determine the distribution tendency of sediments and beach deformation around the Cheju coastal beaches respectively in summer and winter, through the grain size analysis, CaCO<sub>3</sub> content, beach profiles, pole analysis, suspended load observation and directional suspended load drift sampling.

The results of grain size analysis are as follows. The coastal beach sand is coarse sand, well sorted, negative skewed and mesokurtic. Also, the gradient is steeper and narrower in winter than in summer. This responded the common beach circulation well. This was because the research area is the high energy regimes exposed to the open sea directly. The beach sediments are transported mainly by the rolling and bottom suspension.

The CaCO<sub>3</sub> contents showed 90.78%, 92.66% in Hamdeok and Hyobjae beach respectively. The Hamdeok and Hyobjae beach is carbonate beach which

\* 海洋科學大學 海洋學科 3년  
\*\* 海洋科學大學 海洋學科 3년  
\*\*\* 海洋科學大學 海洋學科 3년

is mainly composed of shell fragment. In Iho and Hwasun beach which showed 42.10%, and 32.60% of  $\text{CaCO}_3$  contents. The beaches were composed both with shell fragments and volcanoclastic products.

This direction of suspended load drift is dominant in the incoming direction of longshore current. The quantity of the suspended load drift is much in winter more than in summer.

The Cheju coastal beach is thought to be the being eroded beach, after the research study of the coastal sand accumulation and loss. The beach sand is lost rapidly in winter because of the marine surroundings changes on account of Northwest wind.

Also, the beach deformation occurs for the influence of artificial structures in the beach and this is thought that the structures change the direction of longshore current and rip current which are the major transportation current.

## I. 서 론

제주도의 중요한 관광자원이며 여름철의 최대 휴양지인 본도 연안의 주요 해변들이 최근에 심한 침식현상으로 인해 해변 사장 면적이 급속히 축소되어 레크레이션장으로서의 기능이 상실되어 가고 있다.

해빈변형을 일으키는 주요인은 특정 계절에 치우친 높은 파고, 일시적 폭풍에 의한 급속한 해빈사 유실과 해변내에 설치한 방파제, 호안벽 등의 인공구조물이 파랑(wave), 조류(tidal current), 연안류(longshore current)에 의해 운반·퇴적되는 해변사의 이동 방향 변경을 들 수 있겠다.

이러한 해빈침식에 의한 해빈변형은 국내 최대의 해수욕장인 해운대에서도 심각하게 나타나 이에 대한 원인 규명 및 대책수립을 위한 조사·연구가 10여 년간 수행되었으나(민, 1982; 민과 김, 1983; 민 외, 1984; 민 외, 1985; 옥, 1986; 유, 1986; 민 외, 1987; 최, 1988 등), 본도 해수욕장에 대한 조사, 연구는 전혀 이루어진 바 없고, 단지 해수욕장 개장을 앞두고 침식이 심한 지역에 수백톤에 달하는 많은 양의 모래를 인공투사하는 정도에 그치고 있어 해빈변형을 일으키는 주요 원인규명과 방지대책 수립을 위한 조사·연구가 철저히 요구되고 있다.

따라서, 본 연구는 본도 연안의 주요 해수욕장(이호, 함덕, 협재, 화순)에 대하여 하계(1988. 8.26~9.22)와 동계(1989. 1.17~3.19)로 구분하여 야외조사와 실내연구를 통해 해변 퇴적물의 계절별 분포상태와 부유사의 이동상황 등의 해빈변형 연구에 중점을 두었으며, 본 연구결과는 제주도 연안 해빈연구의 해양지질학적인 기초 자료가 될 것이다.

## II. 조사지역의 개요

### 1. 지형 및 지질

제주도는 신생대 제 3 기말에서 제 4 기초에 이르는 화산활동에 의해 형성된 좌표상으로 동경  $126^{\circ} 09' \sim 126^{\circ} 57'$ , 북위  $33^{\circ} 11' \sim 33^{\circ} 33'$  에 해당한다.

산계는 크게 한라산을 정상으로 하는 순상화산체 ( shield volcano ) 를 이루며 산사면의 경사는 단축방향인 남북방향이 장축방향인 동서방향보다 급하다. 이 순상화산체상에는 360 여 개에 달하는 기생화산들이 산재되어 있어 한라산을 제외하고는 모두가 기생화산구로 특징지을 수 있다.

수계는 지세가 한라산을 정상으로 하여 원추상을 이루고 있어 방사상 수계를 나타낸다. 남북의 급사면에 비하여 경사가 완만하고 용암대지가 발달하는 동서쪽에서는 수계의 발달이 훨씬 빈약하며 ( fig.1 ), 도내 대부분의 하천들은 건천을 이룬다 ( 원, 1976 ).

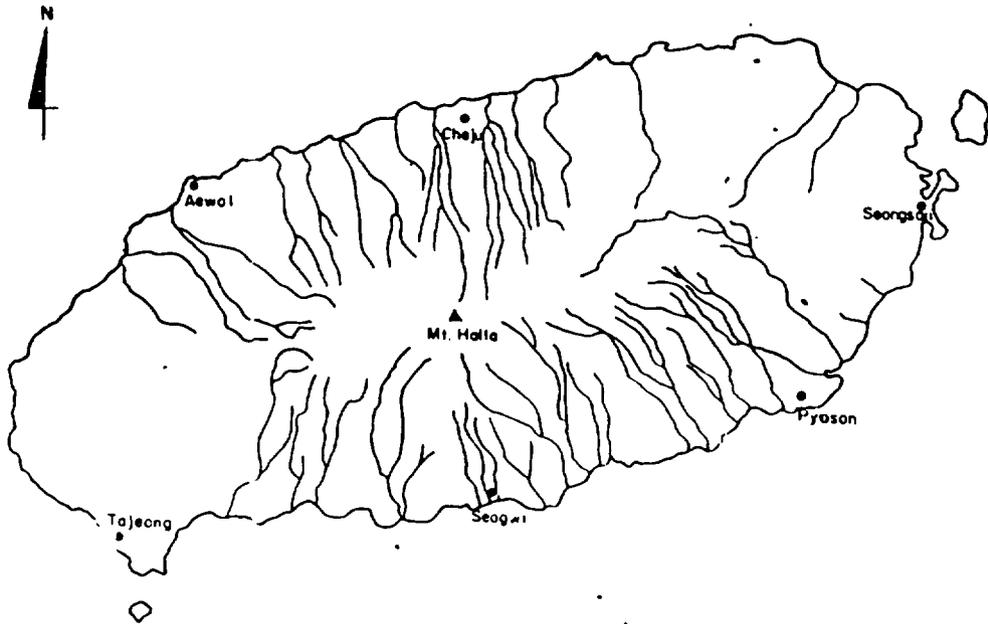


Fig. 1 River system in Cheju Island

이호, 함덕, 협재, 화순 해빈은 만두형 해빈 (bayhead beach) 으로 외해에 직접 노출 돼 있어 해수순환이 활발할 뿐만 아니라 풍파 (wind wave) 의 영향을 직접 받고 있는 해변퇴적물 (beach sediments) 이동이 비교적 활발한 지역이다.

해빈 주변의 지질은 장석 현무암, 침상장석 감람석 현무암, 비현정질 현무암, 반상휘석 현무암, 조면암질 안산암, 화산쇄설층, 분석구 퇴적물, 사구층으로 구성되어 있으며 해빈을 제외하면 암석해안을 이루고 있다.

특히 각 해빈 배후에는 해안사구층 (coastal dune) 이 잘 발달해 있는데 이는 풍성퇴적물로서 주로 과거 제 4 기 동안 해수면 상승과 더불어 해저로부터 다량 공급되어 형성되었다고 생각된다 (fig.2).

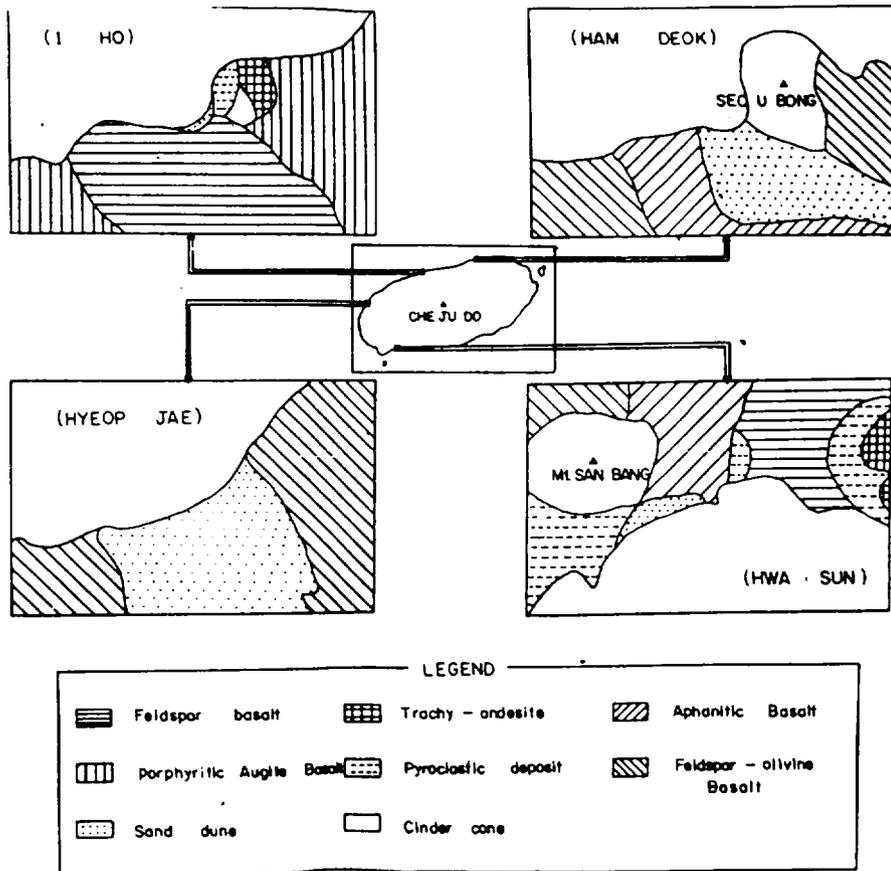


Fig. 2 Study area and geological map

## 2. 해 환

조사기간중 평균기온, 평균강수량, 평균조차는 제주시 지역보다 서귀포 지역이 높게 나타난 반면 평균 풍속은 제주시 지역이 높게 나타났다 (table 1). 이는 여름철의 남동계절풍과 겨울철의 탁월한 북서계절풍의 영향 때문이며 이들 요소들은 계절적인 변화를 뚜렷이 보여준다.

Table 1. Monthly meteorological data and tide range in Cheju and Seogwipo.

|        | Month    | Av. Temp. (°C) | Av. Precipitation (mm) | max. wind speed (m/s) | Av. wind speed (m/s) | Tide Range (cm) |       |
|--------|----------|----------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-------|
| Cheju  | 1988.7   | 26.0           | 233.4                  | NW 16.7               | 3.5                  | 147.5           |       |
|        | 8        | 26.0           | 149.7                  | NNE 9.6               | 3.0                  | 153.3           |       |
|        | 9        | 22.5           | 71.9                   | NNE 9.0               | 3.3                  | 151.6           |       |
|        | Av.      | 24.8           | 151.7                  |                       | 3.3                  | 150.8           |       |
|        | 1989.1   | 7.2            | 120.7                  | NW 113.8              | 4.3                  | 139.6           |       |
|        | 2        | 7.5            | 129.4                  | WNW 14.2              | 4.4                  | 154.1           |       |
|        | 3        | 9.5            | 59.2                   | WNW 15.5              | 4.8                  | 146.1           |       |
|        | Av.      | 8.1            | 103.1                  |                       | 4.5                  | 146.6           |       |
|        | Seogwipo | 1988.7         | 26.3                   | 209.4                 | SSE 5.8              | 3.3             | 163.7 |
|        |          | 8              | 26.3                   | 185.1                 | ESE 5.7              | 2.7             | 167.2 |
| 9      |          | 23.6           | 103.2                  | E 7.1                 | 3.6                  | 163.9           |       |
| Av.    |          | 25.4           | 165.9                  |                       | 3.2                  | 164.9           |       |
| 1989.1 |          | 8.6            | 137.7                  | SW 5.7                | 2.7                  | 157.2           |       |
| 2      |          | 8.6            | 132.3                  | SSW 6.7               | 3.96                 | 170.5           |       |
| 3      |          | 10.5           | 85.1                   | SSW 7.3               | 3.7                  | 162.5           |       |
| Av.    |          | 9.2            | 118.4                  |                       | 3.45                 | 163.4           |       |

제주항 (1970 ~ 76년, 1980년) 과 서귀포항 (1973 ~ 76년, 1980년) 의 평균파고를 비교해 보면 제주항이 0.9 m, 서귀포항이 1.0 m로 서귀포항이 평균 10 cm 더 높으며 두 지역을 계절별로 비교해 보면 제주항에서 최고기간은 겨울 (12, 1, 2, 3월) 인 데 비해 서귀포항에서는 여름 (7, 8, 9, 10월) 으로 반대현상을 보여주고 있다 (fig.3).

북서계절풍이 우세한 제주시항보다 서귀포항의 파고가 더 높은 것은 계절에 따라 변화하

는 계절풍의 풍향이 파랑의 방향에 대해서는 역풍이 되어서 파고를 오히려 낮추는 영향을 주고 있기 때문이다. 그러므로 파고를 높이는 데 영향을 크게 끼치는 것은 태풍에 의한 swell, 풍향, 풍속 순으로 나타나고 있다.

해류는 제주해협내에 0.5 Knot 정도의 동-북동류가 항상 존재한다. 조류는 북부지역에서 지형적인 영향으로 연안에 병행하여 흐르는데 창조류가 서쪽으로 1.4 Knot로 낙조류가 동쪽으로 1.6 Knot로 흐르며 남부해역은 북부해역보다 다소 약하게 창조류가 서쪽으로 0.6 Knot, 낙조류가 동쪽으로 0.9 Knot로 흐른다.

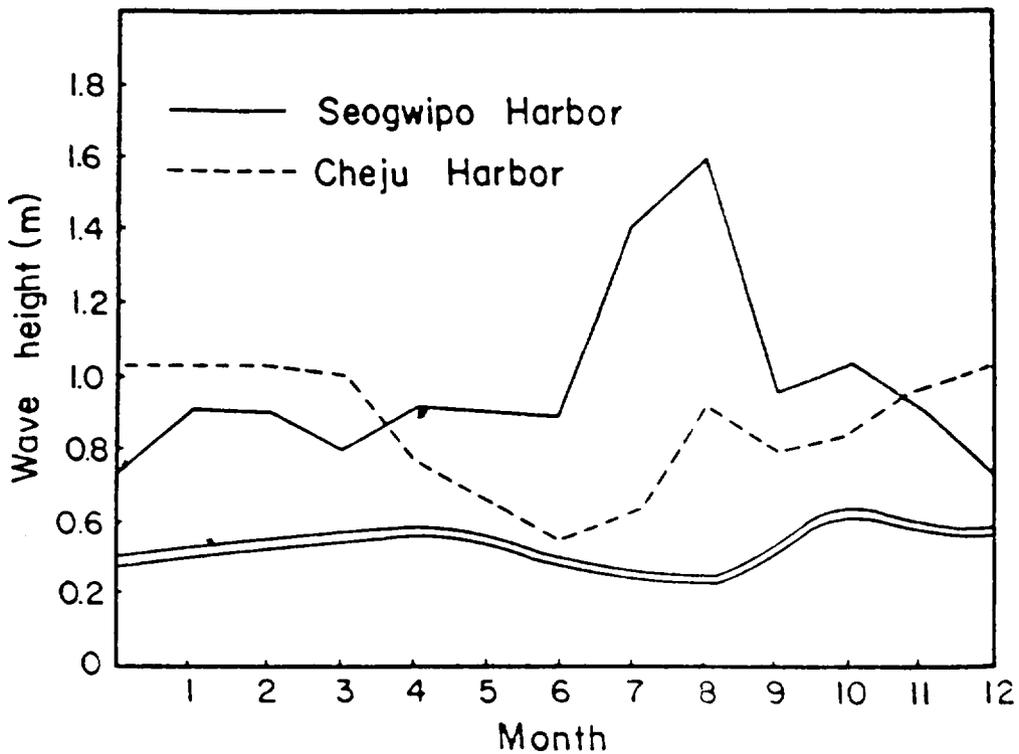


Fig. 3 Average monthly wave height in Cheju and Seogwipo Harbor.  
 Cheju Harbor : 1970-76, 1980  
 Seogwipo Harbor : 1973-76, 1980

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 해빈조사

도내 연안해빈 중 해빈발달 상태가 양호한 이호, 함덕, 협재, 화순해빈을 대상으로 하계 (1988년 7월~9월) 와 동계 (1989년 1월~3월) 에 실시하였다.

##### 가. 해빈 측량 및 퇴적물 시료 채취

해빈단면 변화를 조사하기 위해 각 단면선 (profile line) 에서 경사도 (dip), 폭 (width), 길이 (length) 를 측정하였다.

해빈퇴적물 시료는 각 단면선 상에서 간조선 (low tide line), 해빈 경사면 (beach slipface), 만조선 (high tide line) 으로 구분하여 각 해빈당 8개 지점 (총 32개 지점) 에서 채취하였다 (Fig. 4).

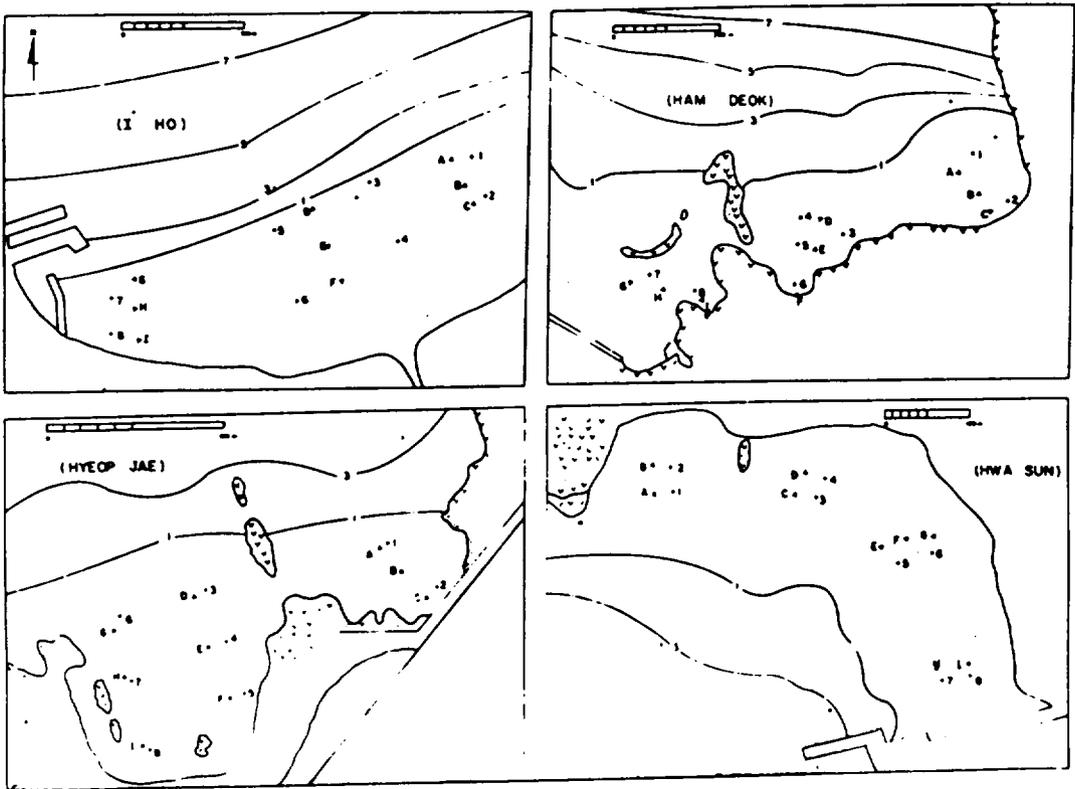


Fig. 4. Pole and Sampling sites:  
 1, 2, 3. Sample Number  
 A, B, C. Pole Number  
 - 1, 2, 3. Profile line (Dipmeter)

#### 나. Pole 조사

해빈지형의 변화를 조사하기 위하여 pole (직경 3 cm, 높이 2 m의 눈금 쇠파이프)을 각 단면선 상의 간조선, 해빈 경사면, 만조선에 고정 설치하여 (해빈당 9개 지점) 1주일 동안 매일 변화상을 측정하였다 (Thompson, 1937). (Fig. 4)

#### 다. 부유사량 조사

전도 채수기를 이용하여 중층수 (6/10 심도) 중의 해수시료 2 Liter 씩을 채수하였다.

#### 라. 저층수 중 부유사의 방향별 이동량 조사

해저에서 0.5 m 부근의 저층수중 부유사의 이동방향과 이동량을 조사하기 위한 포사기는 직경 5 cm의 PVC pipe (30 cm 높이에 2 × 5 cm 구멍) 4개를 정방형 앵글가대 (사방 1.0 m × 높이 0.5 m) 에 동서남북 4방향으로 고정시킨 것으로서 해빈 정면 중앙부에 24 시간 동안 설치하여 1일 동안의 부유사 이동량을 조사하였다 (민, 1983).

## 2. 실내연구

#### 가. 입도분석

입도분석을 위해 증류수로 염분을 제거하고 건조기에서 완전히 말린 다음 4분법으로 분류하여 그중 50 g을 미국 표준체망으로 체질기 (sieve shaker)를 이용하여  $-1\phi \sim +4\phi$ 까지 1  $\phi$  간격으로 10분간 체질하였다.

이 결과 얻어진 1  $\phi$  간격의 입도별 무게 백분율을 누적분포곡선을 작성하여 Folk & Ward (1957)의 공식에 의거 조직표준치 (Textural parameters)를 계산하였다.

#### 나. 탄산염 함량 분석

퇴적물 시료 2 g을 분쇄기 (shatter box)에서 곱게 부순 후 1N HCl에 15분간 용해시킨다. 반응이 끝나면 여과지 (filter paper, No.6)로 여과시킨 후 건조시켜 원무게에 대한 백분율로 나타내었다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 해변의 특징

제주도의 해안지형은 비교적 단조로운 편이며 크게 암석해안과 사질해안으로 구분할 수 있다. 암석해안은 단애 (cliff) 로 된 해안과 현무암초로 이루어진 해안으로 나눌 수 있고, 사질해안은 연안성 패각사로 이루어진 백사해빈과 주변 화산쇄설층의 침식으로부터 비롯된 흑사해빈으로 세분할 수 있다. 이와 같은 견지에서 볼 때 본 조사지역 중 함덕과 협재해빈은 연안으로부터 연안류에 의해 공급되는 패각사가 주를 이루는 백사해빈이며, 이호와 화순해빈은 패각사와 주변 화산쇄설층의 침식산물로 이루어진 백사와 흑사가 혼재된 해빈이다 (Table 2).

#### 1-1. 이호해빈

주로 주변 화산쇄설층의 침식물질과 소량의 연안으로부터 공급된 패각사가 혼재된 해빈사가 주를 이루며 해빈경사면 (beach slipface) 하부에는 평균 30 m의 폭을 갖는 역대 (gravel belt) 가 해안선을 따라 길게 뻗어 있는 형태로 항상 존재하여 사력질해빈으로도 볼 수 있다.

이 역대는 최대 40 cm, 최소 1 cm (평균 20 cm) 의 직경을 갖는 둥근 유동성 역들로 이루어져 있으나 그 하부층은 고결된 화산쇄설층 (volcaniclastic deposit) 으로 돼있어 이 유동성 역들은 이 화산쇄설층의 침식산물인 것으로 생각된다.

특히 이 역대는 계절에 따라 분포양상을 달리하는데 북서계절풍이 우세한 동계에는 강한 북서계절풍의 영향을 외해로부터 직접 받기 때문에 폭이 40~60 m로 완전히 노출되어 있어 역질해빈을 방불케 하고 있으나 북서계절풍의 세력이 다소 약해지는 봄부터는 파고가 낮은 잔잔한 파랑을 통해 바다로부터 운반되어 오는 모래에 묻혀 하계에는 대부분이 모습을 감추지만 일부지역에는 여전히 5~10 m의 폭으로 존재한다.

특히 동계의 잦은 기상변화에 의해 수시로 발생하는 폭풍은 이 역들을 해빈애도 (beach berm) 정부에까지 쌓아올리면서 해빈경사면을 파괴시켜 버리므로 해빈경사가 하계에 비해 동계에 높다는 일반적인 현상과는 반대로 하계 12.8°, 동계 10.5°의 경사를 나타낸다. 그러나 해빈폭 (beach width) 은 하계 63.1 m, 동계 59.4 m로 해빈단면 (beach profile) 의 통상적인 계절적 순환 (seasonal cycle) 현상과 일치한다.

Table 2. Calcium Carbonate of beach sediments.

|           | Sample No. | Mz ( $\phi$ ) | Sand (%) | CaCO <sub>3</sub> (%) |
|-----------|------------|---------------|----------|-----------------------|
| I HO      | 1          | 0.68          | 57.15    | 42.85                 |
|           | 2          | 0.36          | 81.63    | 18.37                 |
|           | 3          | 1.19          | 29.31    | 70.69                 |
|           | 4          | 0.94          | 48.61    | 51.39                 |
|           | 5          | 1.16          | 44.44    | 55.56                 |
|           | 6          | 0.89          | 43.76    | 56.24                 |
|           | 7          | 0.58          | 77.54    | 22.46                 |
|           | 8          | 0.54          | 80.76    | 19.24                 |
|           | Range      | 0.36-         | 29.31-   | 18.37-                |
|           | Average    | 1.19          | 81.63    | 70.69                 |
| HAM DEAK  | 1          | 0.92          | 12.27    | 87.73                 |
|           | 2          | 0.70          | 8.73     | 91.27                 |
|           | 3          | 0.69          | 8.22     | 91.78                 |
|           | 4          | 0.77          | 6.83     | 93.17                 |
|           | 5          | 0.50          | 4.53     | 95.47                 |
|           | 6          | 0.83          | 15.37    | 84.63                 |
|           | 7          | 1.01          | 11.88    | 88.12                 |
|           | 8          | 0.51          | 5.90     | 94.10                 |
|           | Range      | 0.50-         | 4.53-    | 84.63-                |
|           | Average    | 1.01          | 15.37    | 95.47                 |
| HYEOP JAE | 1          | 0.66          | 3.30     | 96.70                 |
|           | 2          | 0.72          | 3.65     | 96.35                 |
|           | 3          | 0.75          | 4.71     | 95.29                 |
|           | 4          | 0.89          | 7.59     | 92.41                 |
|           | 5          | -0.62         | 16.28    | 83.72                 |
|           | 6          | 1.06          | 2.83     | 97.17                 |
|           | 7          | 0.98          | 14.00    | 86.00                 |
|           | 8          | -0.31         | 6.35     | 93.65                 |
|           | Range      | -1.62-        | 2.83-    | 83.72-                |
|           | Average    | 1.06          | 16.28    | 97.17                 |
|           |            | 7.34          | 92.36    |                       |

( To be continued )

( Table 2 Continued. )

|         | Sample No. | Mz ( $\phi$ ) | Sand ( % ) | CaCO <sub>3</sub> ( % ) |
|---------|------------|---------------|------------|-------------------------|
| HWA SUN | 1          | 0.31          | 60.62      | 38.30                   |
|         | 2          | 0.14          | 68.17      | 31.03                   |
|         | 3          | 0.80          | 60.67      | 39.33                   |
|         | 4          | 0.92          | 73.10      | 26.90                   |
|         | 5          | 0.42          | 70.46      | 29.54                   |
|         | 6          | 1.09          | 74.56      | 25.44                   |
|         | 7          | 0.44          | 61.61      | 38.39                   |
|         | 8          | 0.67          | 70.04      | 29.96                   |
|         | Range      | 0.14-         | 60.62-     | 25.44-                  |
|         | Average    | 1.09          | 74.56      | 39.38                   |
|         |            | 67.40         | 32.60      |                         |

### 1-2. 함덕해빈

연안으로부터 해빈사의 공급이 활발한 해빈으로 해빈 배후에는 사구층이 잘 발달되어 있으며 평균 91.98 %의 탄산염 함량 ( CaCO<sub>3</sub> contents ) 을 나타내는 주로 세립질 패각사로 이루어진 패각사해빈 ( carbonate beach ) 이다.

해빈경사와 폭은 하계 6.0°, 105.5 m, 동계 6.8°, 99.3 m 이나 간조선의 완만한 경사로 간조시 사장면적이 넓어 해빈발달이 대체로 양호하다.

특히 파고가 완만한 하계에는 연안으로부터 공급되는 세립질 패각사가 연안류에 의해 경사가 완만한 간조선상에 다량 공급됨으로써 폭 30 m 의 사주 ( sand bar ) 가 양쪽 가장자리에 작은 수로를 두고 길게 형성되었다가 폭풍기간인 동계에는 빈번한 높은 파고에 의해 파괴되는 현상을 볼 수 있다.

또한 동계의 강한 북서풍은 해빈애도상의 모래를 해안사구쪽으로 이동시킴으로 인해 해빈애도상에는 굽은자갈이 드러날 정도로 심하게 침식된다.

### 1-3. 협재해빈

잘 발달된 주위의 해안사구층과 세립질 패각사로 이루어진 전형적인 패각사해빈 ( carbonate beach ) 이다. 해빈경사와 폭은 하계 6.2°, 98.7 m, 동계 7.0°, 92.5 m 이다. 해빈경사면으로부터 수심 1 m 까지의 거리가 250 m 로 전체적으로 완만한 경사를 갖는다.

협재해빈에는 과거 주변 연안에 발달했던 패류에 의해 형성된 조개패층 ( shell barrier ) 이 해안사구에서 발견되며, 해빈애도에서 시추 ( coring ) 결과 65 ~ 75 cm, 160 ~ 170 cm 깊이 층에 패각층이 발견되며 해빈경사면에 이 층의 일부인 조개껍데기 원형이 노출돼 있다.

또한 하계에는 경사가 완만한 간조선 상에 폭 35 m, 길이 120 m 의 원추형사주 ( sand bar ) 가 해빈 중앙부에서 형성되어 노출돼 있으며 최간조선에 바다쪽으로 75 m 정도의 해

저에도 사주가 형성되어 있다.

#### 1-4. 화순해빈

주로 해변에 분포하는 화산쇄설층의 침식산물로부터 비롯된 조립질의 흑사이고, 동계에 해변에도 상에는 화산쇄설물인 평균 1cm의 둥근 역과 조개껍데기들로 피복되어 있다.

해빈경사와 폭은 하계 7.2°, 78.5 m, 동계 8.3°, 73.7 m로 통상적인 해빈 단면의 계절적 순환현상을 잘 보여주고 있다.

화순해빈은 남쪽이 바다로 노출돼 있어 주로 남동계절풍의 영향권 하에 있으나 강한 북서계절풍의 세력도 상당히 받고 있다.

특히 해빈 동쪽 끝에는 과거 현무암 초로 이루어진 해안이었으나 1969년에 한국전력 선박 접안용 방파제(길이 350 m, 폭 15 m)가 축조된 이후로 해빈 서쪽의 해빈사가 해빈 동쪽의 방파제 안쪽으로 이동하여 현재는 5 m 높이로 퇴적되어 방파제 축조 이전과는 상이한 해빈변형을 보여주고 있다.

일반적으로 본 연구지역과 같은 만두형 해빈에서 해빈사의 이동은 연안류(longshore current)에 의해서 해빈 중앙부로 유입·퇴적되며 이안류(rip current)에 의해서 해빈 양쪽 가장자리를 통해 외해로 수송된다.

화순해빈 동쪽의 방파제는 연안류와 이안류의 방향을 인공적으로 바꾸어 놓음으로써 기존의 해빈이 파괴되는 대신 다른 곳에 새로운 해빈을 만드는 기이한 현상을 일으켜 인공구조물 설치로 인해 역작용이 일어나고 있는 대표적인 곳이라 할 수 있다.(Table 3)

Table 3. Comparable beach profile in study area

| St.       | Dip (°) |        | Width (m) |        | Length (m) |
|-----------|---------|--------|-----------|--------|------------|
|           | Summer  | Winter | Summer    | Winter |            |
| I HO      | 12.8    | 10.5   | 63.1      | 59.4   | 580        |
| HAM DEAK  | 6.0     | 6.8    | 105.5     | 99.3   | 950        |
| HYEOP JAE | 6.2     | 7.0    | 98.7      | 92.5   | 1,050      |
| HWA SUN   | 7.2     | 8.3    | 78.5      | 73.7   | 717        |

## 2. 구성물질의 특징

각 해빈의 해빈사를 입도분석한 결과는 Table 4와 같고, 등급척(grade scale)의 단위는 Krumbein(1934)의 phi 척도(phi scale)를 기준하였다.

### 2-1. 평균치(Mean grain size)

입도의 대표치로는 일반적으로 최빈치(mode), 중앙치(median), 평균치(mean)를 많

이 사용하고 있으나 이 중 입도를 가장 훌륭하게 대표할 수 있는 것은 평균치이다 (Folk, 1958).

이호해빈은 하계  $0.36 - 1.19 \phi$  (평균  $0.79 \phi$ ), 동계  $0.40 - 1.08 \phi$  (평균  $0.73 \phi$ ) 로 조립사 (coarse sand) 에서 중립사 (medium sand) 에 해당하며 대체로 조립사이다.

저조선과 만조선의 입도분포 경향은 계절에 따라 뚜렷한 변화를 보이는데 해빈 양쪽 가장 자리 (st. 1, 2, 7, 8) 지점은 하계보다 동계가 더 세립인 반면 해빈 중앙부 (st. 3, 4, 5, 6) 는 하계보다 동계가 더 조립해지는 반대현상을 보인다.

함덕해빈은 하계  $0.50 - 1.01 \phi$  (평균  $0.74 \phi$ ), 동계  $0.22 - 1.15 \phi$  (평균  $0.76 \phi$ ) 로 조립사이다. 해빈 동쪽 저조선 (st.1) 이 하계에 세립사로 형성되었던 사주가 동계에 파괴됨으로써 조립사로 변했으며 만조선경사면 (st.6) 이 동계에 경사가 다소 급하게 되어 조립사로 되었다.

협재해빈은 하계  $-1.62 - 1.06 \phi$  (평균  $0.39 \phi$ ), 동계  $-1.16 - 1.03 \phi$  (평균  $0.43 \phi$ ) 로 세립사에 해당하며 만조선경사면 (st.2, 5, 8) 에는 해안사구층으로 연결되어 있는 패각층이 이곳에 노출되어 항상 조개껍데기 원형이 잔존하고 있다. 간조선 (st.1, 3, 6, 7) 은 하계에 사주가 형성되었다가 동계에 파괴되어 조립화된 것을 볼 수 있다.

화순해빈은 하계  $0.14 - 1.09 \phi$  (평균  $0.60 \phi$ ), 동계  $-0.08 - 1.04 \phi$  (평균  $0.49 \phi$ ) 대체로 조립사이다. 방파제 안쪽 (st. 7, 8) 은 동계에 조립사로 되는 경향을 보여준다.

이는 본 연구해빈들이 외해에 노출돼 있어 동계의 강한 계절풍의 영향을 직접 받는 높은 에너지 환경 (High energy regimes) 이기 때문인 것으로 해석된다 (Fig. 5).

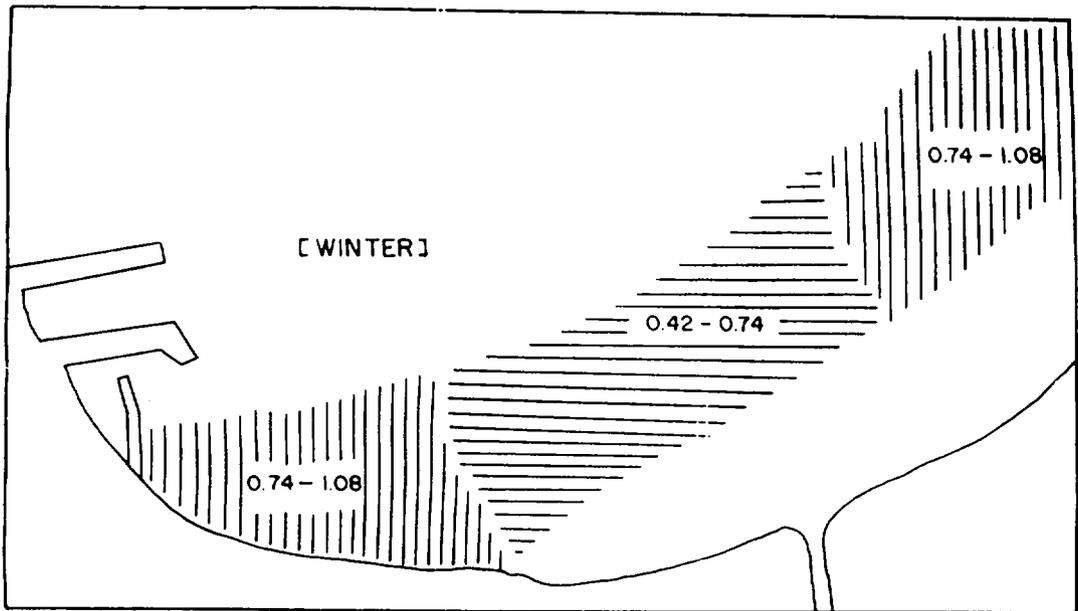
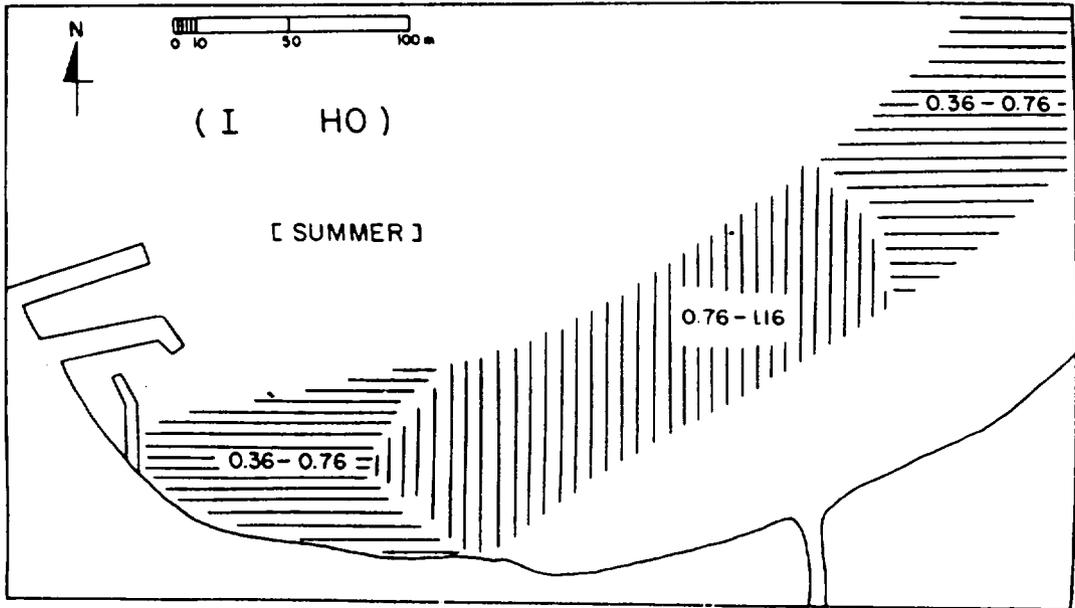


Fig. 5 Seasonal distribution of mean grain size in study area.

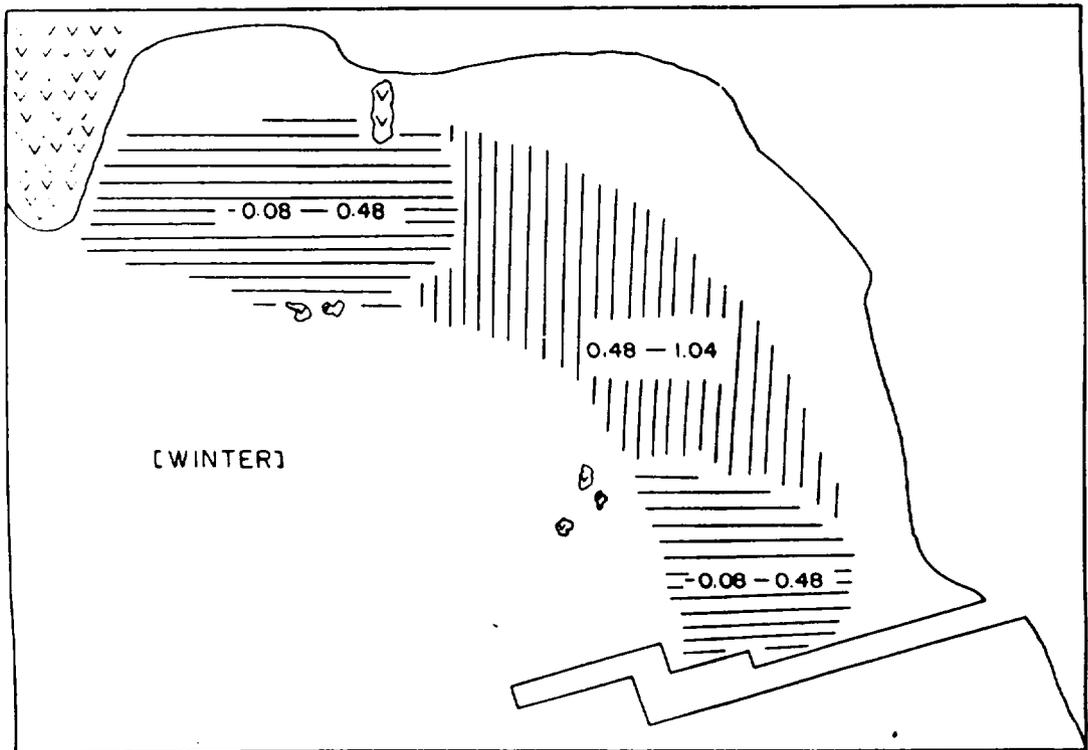
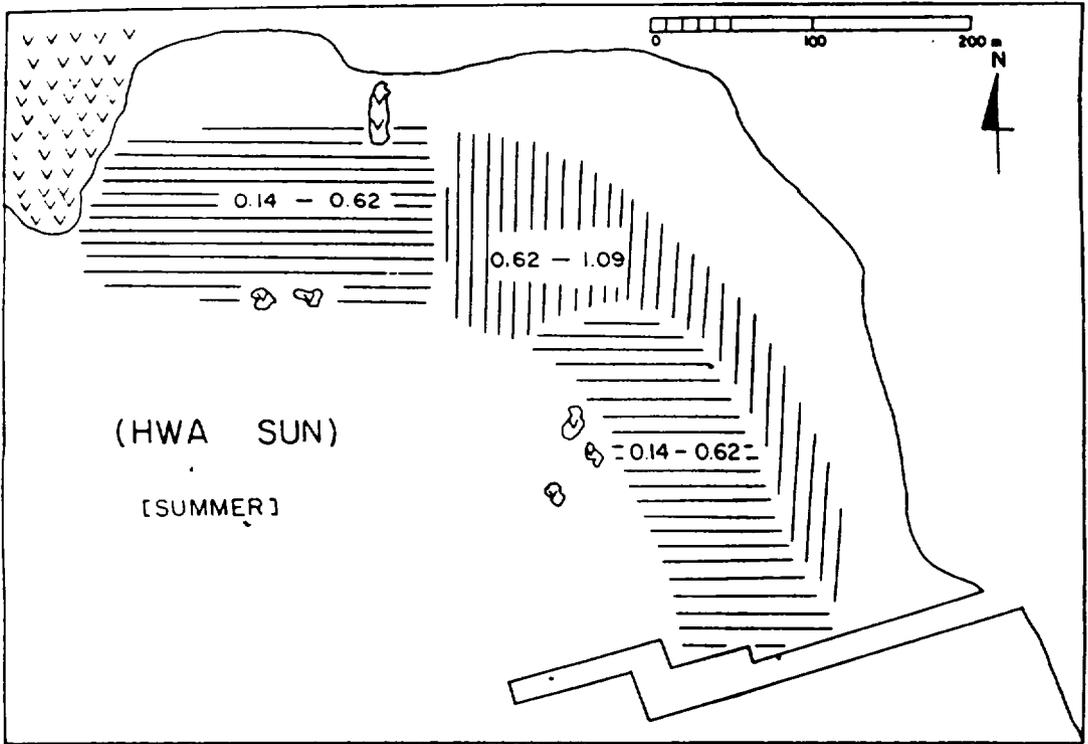


Fig. 5 Continued.



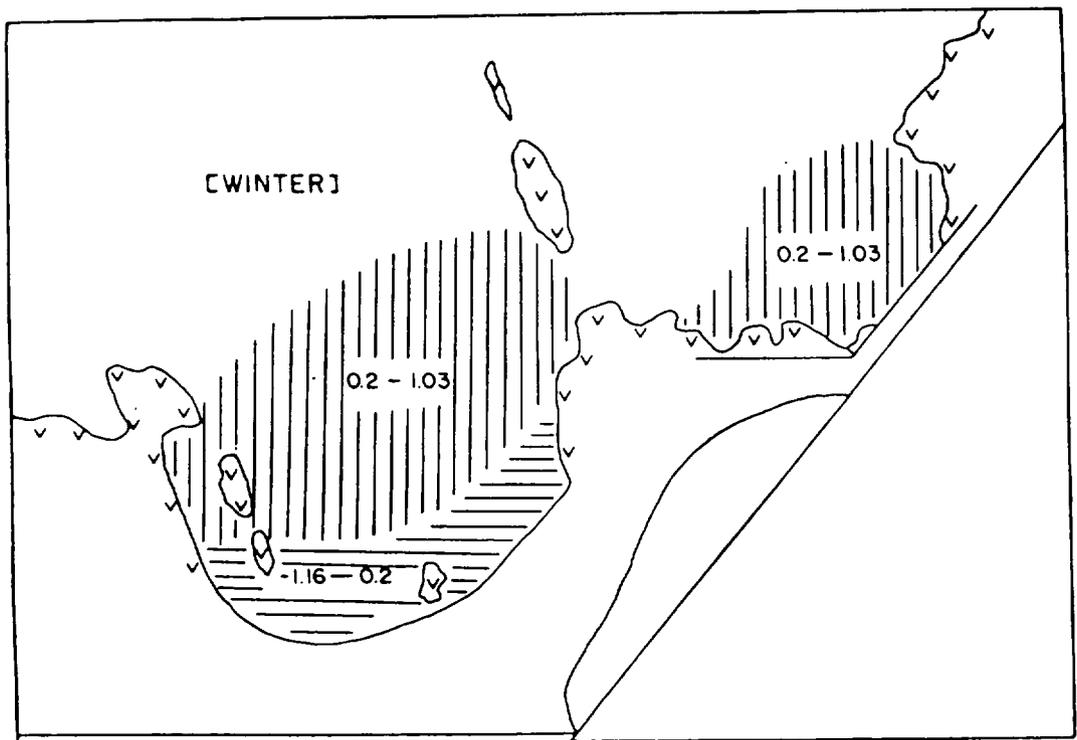
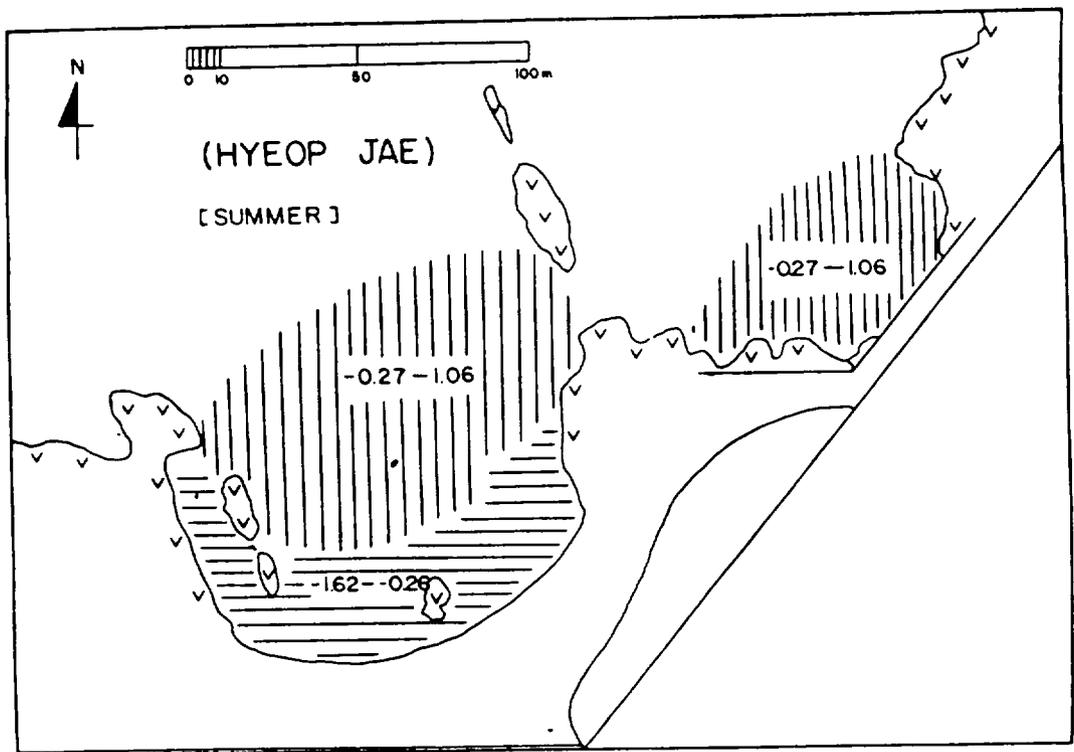


Fig. 5 Continued

## 2-2. 분급도 (Sorting)

분급도는 입도의 분급정도를 나타내는 값으로 수치가 작아질수록 분급도가 양호함을 의미한다.

Folk & Ward (1957)의 분류에 의하면 이호(하계 0.54  $\phi$ , 동계 0.60  $\phi$ ), 함덕(하계 0.58  $\phi$ , 동계 0.66  $\phi$ ), 협재(하계 0.79  $\phi$ , 동계 0.90  $\phi$ ), 화순(하계 0.63  $\phi$ , 동계 0.64  $\phi$ )으로 이호, 함덕, 화순은 비교적 양호한 분급 (moderately well sorted) 이나 협재는 중간정도의 분급 (moderately sorted) 이다.

이는 협재해빈이 크고작은 패각편 (shell fragment) 을 다량 함유하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 또한 하계가 동계보다 좋은 분급을 나타냈는데 이는 하계의 완만한 파랑에 의한 걸음작용 (winnowing) 과 재동작용 (reworking) 에 의해 세립질 부분이 제거되므로 양호한 분급 (well sorted) 을 하는 것으로 생각된다 (Mason & Fork, 1958).

Fig. 6은 분급도 대 평균입도치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

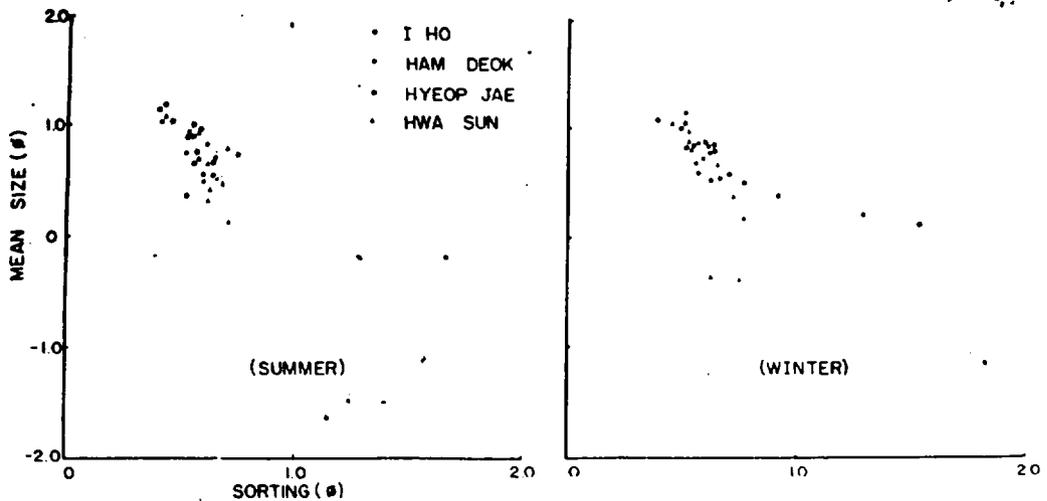


Fig. 6 relationship between sorting and mean size of beach sand.

## 2-3. 왜도 (Skewness)

입도분포곡선이 나타내는 왜도는 퇴적환경을 구분하는 중요한 척도로서 인정되고 있다. 대칭적인 곡선은  $sk1 = 0$ , 세립질 물질이 우세한 곡선은  $sk1 > 0$ , 조립질 물질이 우세한 곡선은  $sk1 < 0$  이다. 따라서 왜도값이 0으로부터 멀어질수록 점점 비대칭적인 곡선으로 나타난다.

본 연구지역 해변사의 왜도는 이호 (하계 -0.15, 동계 -0.09), 함덕 (하계 -0.13, 동계 -0.17), 협재 (하계 -0.26, 동계 -0.18), 화순 (하계 -0.11, 동계 -0.01) 로서 모두 음의 왜도값 (negative skewed) 을 보여준다.

일반적으로 해변사 (beach sand) 는 음의 왜도값을 나타내고 강사 (river sand) 는 양의 왜도값을 나타내는 경향이 있다 (Friedman, 1967).

Fig. 7은 왜도 대 평균입도치와의 상관관계를 나타낸 것이다.

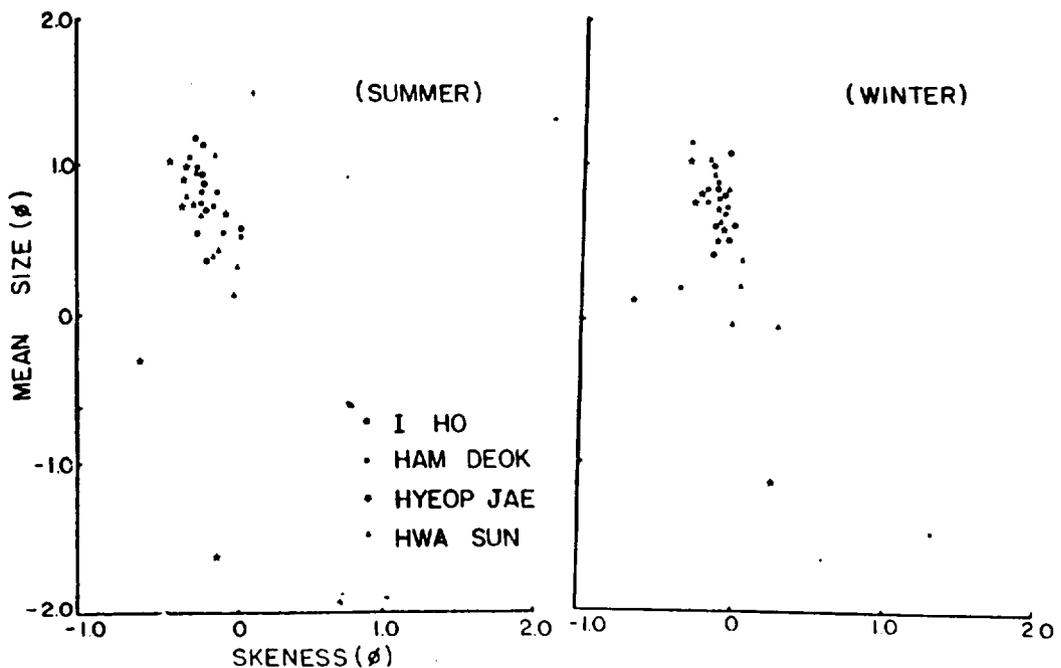


Fig. 7 Relationship between skewness and mean size of beach sands.

#### 2-4. 침도 (Krutosis)

퇴적환경의 해석은 퇴적물의 입도분포와 밀접한 관련이 있다 (Folk, 1966; Friedman, 1967).

본 연구해역 해변사의 침도는 이호 (하계 1.11, 동계 1.04), 함덕 (하계 0.99, 동계 1.06), 협재 (하계 0.96, 동계 1.06), 화순 (하계 0.99, 동계 1.10) 으로 모두 mesokratic 이다.

## 2-5. 입도빈도분포도와 C. M. diagram

Fig.8은 각 해변으로부터 채취된 시료를 입도빈도분포도 (size frequency distribution histogram)로 나타낸 것이다.

연구지역 해변사의 입도빈도는 0 - 3 φ가 주를 이루고 있으며 이호, 함덕이 협재, 화순보다 비교적 세립질 부분이 많은 것으로 나타났고, 대체로 하계보다 동계가 더 조립해지는 경향을 보여준다.

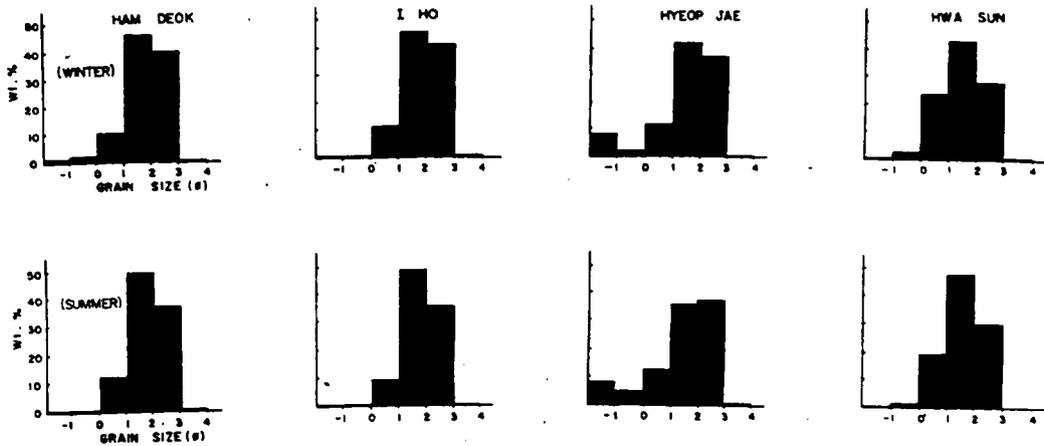


Fig. 8 Characteristic histogram of grain size from the beach sediment identified in study area.

Fig. 9는 연구해역 해변사의 운반형태와 퇴적환경을 해석하기 위하여 입도분석 결과 얻어진 누적분포곡선으로부터 1% (C) 값과 50% (M) 값을 micron 단위로 환산하여 로그 좌표상에 C. M. diagram으로 나타낸 것이다 (Passegga, 1957, 1964).

본 연구해역 해변사의 C. M. diagram은 Passegga (1957)가 제안한 전형적인 해변퇴적물의 운반모델과 일치하고 있으며, 주로 끌림군집 (rolling population) 과 저층부유군집 (bottom suspension population)에 의해 운반된 것으로 추정된다.

따라서 본 연구해역은 높은 에너지 영역 (high energy regimes)으로 끌림짐 (traction load)에 의해 해변사들이 이동·운반된 것으로 생각된다.

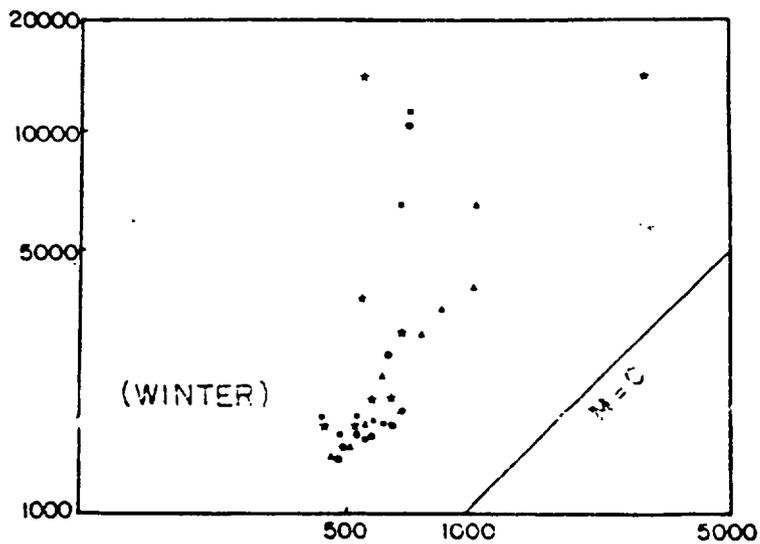
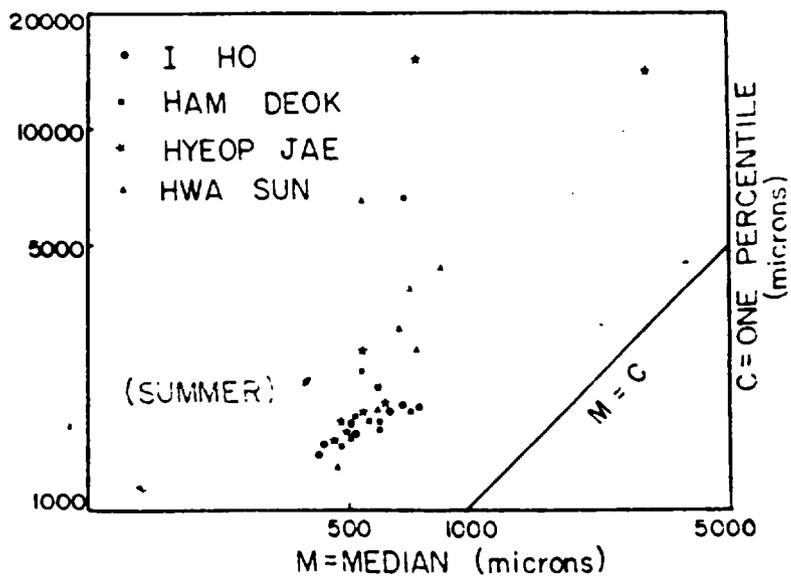


Fig. 9 CM plot of samples of beach sands  
 (After passega, 1964).

Table 4. Textural parameters of the beach sand in study area.

| I HO       |         |       |               | Summer        |                   |          |          |
|------------|---------|-------|---------------|---------------|-------------------|----------|----------|
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter     |                   |          |          |
|            |         |       |               | Mz ( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          | 0.80    | 99.20 | (g)s          | 0.68          | 0.57              | -0.16    | 0.98     |
| 2          |         | 100   | s             | 0.36          | 0.54              | -0.17    | 1.13     |
| 3          |         | 100   | s             | 1.19          | 0.44              | -0.21    | 1.13     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.94          | 0.59              | -0.18    | 1.01     |
| 5          |         | 100   | s             | 1.16          | 0.40              | -0.19    | 1.34     |
| 6          |         | 100   | s             | 0.89          | 0.56              | -0.15    | 0.92     |
| 7          | 0.20    | 99.80 | (g)s          | 0.58          | 0.60              | 0.08     | 1.14     |
| 8          |         | 100   | s             | 0.54          | 0.64              | -0.22    | 1.21     |
| Range      |         |       |               | 0.36-         | 0.40-             | -0.22-   | 0.92-    |
| Average    |         |       |               | 1.19          | 0.64              | 0.08     | 1.34     |
|            |         |       |               | 0.79          | 0.54              | -0.15    | 1.11     |
|            |         |       |               | Winter        |                   |          |          |
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter     |                   |          |          |
|            |         |       |               | Mz ( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          |         | 100   | s             | 1.00          | 0.50              | -0.15    | 1.09     |
| 2          |         | 100   | s             | 0.81          | 0.54              | -0.08    | 0.99     |
| 3          | 0.26    | 99.74 | (g)s          | 0.59          | 0.72              | -0.10    | 0.94     |
| 4          | 0.10    | 99.90 | (g)s          | 0.60          | 0.58              | 0.00     | 1.03     |
| 5          | 2.47    | 97.53 | (g)s          | 0.40          | 0.91              | -0.13    | 0.99     |
| 6          | 0.14    | 99.86 | (g)s          | 0.53          | 0.62              | -0.01    | 1.07     |
| 7          |         | 100   | s             | 0.84          | 0.55              | -0.16    | 0.93     |
| 8          |         | 100   | s             | 1.08          | 0.39              | -0.06    | 1.20     |
| Range      |         |       |               | 0.40-         | 0.39-             | -0.16-   | 0.94-    |
| Average    |         |       |               | 1.08          | 0.91              | 0.00     | 1.20     |
|            |         |       |               | 0.73          | 0.60              | -0.09    | 1.04     |

( To be continued.)

Table 4. Continued.

| HAM DEAK   |         |       |               |              |                   |          | Summer   |
|------------|---------|-------|---------------|--------------|-------------------|----------|----------|
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter    |                   |          |          |
|            |         |       |               | Mz( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          |         | 100   | s             | 0.92         | 0.54              | -0.21    | 1.13     |
| 2          |         | 100   | s             | 0.70         | 0.65              | -0.20    | 0.99     |
| 3          | 0.13    | 99.87 | (g)s          | 0.69         | 0.58              | -0.10    | 0.98     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.77         | 0.52              | -0.07    | 1.00     |
| 5          |         | 100   | s             | 0.50         | 0.60              | 0.07     | 0.60     |
| 6          | 0.69    | 99.32 | (g)s          | 0.83         | 0.61              | -0.19    | 0.95     |
| 7          |         | 100   | s             | 1.01         | 0.42              | -0.25    | 1.14     |
| 8          | 1.84    | 98.16 | (g)s          | 0.51         | 0.75              | -0.05    | 1.14     |
| Range      |         |       |               | 0.50-        | 0.42-             | -0.25-   | 0.60     |
|            |         |       |               | 1.01         | 0.75              | 0.07     | 1.14     |
| Average    |         |       |               | 0.74         | 0.58              | -0.13    | 0.99     |
|            |         |       |               |              |                   |          | Winter   |
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter    |                   |          |          |
|            |         |       |               | Mz( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skowness | kurtosis |
| 1          | 0.16    | 99.84 | (g)s          | 0.73         | 0.60              | -0.06    | 0.82     |
| 2          |         | 100   | s             | 0.87         | 0.58              | -0.14    | 1.03     |
| 3          |         | 100   | s             | 0.83         | 0.61              | -0.20    | 1.07     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.76         | 0.61              | -0.20    | 1.02     |
| 5          |         | 100   | s             | 0.69         | 0.56              | -0.05    | 0.99     |
| 6          | 10.89   | 89.11 | (g)s          | 0.22         | 1.28              | -0.34    | 1.25     |
| 7          |         | 100   | s             | 1.15         | 0.51              | -0.29    | 1.19     |
| 8          |         | 100   | s             | 0.79         | 0.54              | -0.11    | 1.11     |
| Range      |         |       |               | 0.22-        | 0.51-             | -0.34-   | 0.82-    |
|            |         |       |               | 1.15         | 1.28              | -0.05    | 1.25     |
| Average    |         |       |               | 0.76         | 0.66              | -0.17    | 1.06     |

( To be continued.)

Table 4. Continued.

| HYEOP JAE  |         |       |               | Summer       |                   |          |          |
|------------|---------|-------|---------------|--------------|-------------------|----------|----------|
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Mz( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          |         | 100   | s             | 0.66         | 0.65              | -0.03    | 0.87     |
| 2          | 0.38    | 99.62 | (g)s          | 0.72         | 0.75              | -0.32    | 1.01     |
| 3          |         | 100   | s             | 0.75         | 0.57              | -0.27    | 1.04     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.89         | 0.56              | -0.29    | 0.93     |
| 5          | 39.65   | 60.35 | sG            | -1.62        | 1.15              | 0.09     | 0.93     |
| 6          |         | 100   | s             | 1.06         | 0.45              | -0.39    | 1.10     |
| 7          |         | 100   | s             | 0.98         | 0.55              | -0.27    | 1.09     |
| 8          | 23.65   | 76.35 | gs            | -0.31        | 1.67              | -0.58    | 0.73     |
| Range      |         |       |               | -1.62-       | 0.45-             | -0.58-   | 0.73-    |
| Average    |         |       |               | 1.06         | 1.67              | 0.09     | 1.10     |
|            |         |       |               | 0.39         | 0.79              | -0.26    | 0.96     |
|            |         |       |               | Winter       |                   |          |          |
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Mz( $\phi$ ) | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          | 0.96    | 99.04 | (g)s          | 0.77         | 0.64              | -0.27    | 0.92     |
| 2          | 0.54    | 99.46 | (g)s          | 0.49         | 0.77              | -0.11    | 0.89     |
| 3          |         | 100   | s             | 0.84         | 0.60              | -0.20    | 1.00     |
| 4          | 0.12    | 99.88 | (g)s          | 0.55         | 0.66              | -0.09    | 1.02     |
| 5          | 48.46   | 51.55 | sG            | -1.16        | 1.82              | 0.28     | 0.56     |
| 6          |         | 100   | s             | 1.03         | 0.52              | -0.30    | 1.10     |
| 7          | 0.62    | 99.38 | (g)s          | 0.76         | 0.64              | -0.09    | 0.93     |
| 8          | 15.73   | 84.26 | gs            | 0.14         | 1.55              | -0.65    | 1.34     |
| Range      |         |       |               | -1.16-       | 0.52-             | -0.65    | 0.56-    |
| Average    |         |       |               | 1.03         | 1.82              | 0.28     | 1.34     |
|            |         |       |               | 0.43         | 0.90              | -0.18    | 0.97     |

( To be continued.)

Table 4. Continued.

| HWA SUN    |         |       |               | Summer     |                   |          |          |
|------------|---------|-------|---------------|------------|-------------------|----------|----------|
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter  |                   |          |          |
|            |         |       |               | $Mz(\phi)$ | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          | 0.36    | 99.64 | (g)s          | 0.31       | 0.62              | 0.04     | 1.03     |
| 2          | 1.20    | 99.80 | (g)s          | 0.14       | 0.72              | 0.01     | 1.02     |
| 3          | 2.38    | 97.62 | (g)s          | 0.80       | 0.71              | -0.28    | 1.06     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.92       | 0.59              | -0.18    | 0.92     |
| 5          | 0.62    | 99.38 | (g)s          | 0.42       | 0.63              | -0.11    | 0.94     |
| 6          |         | 100   | s             | 1.09       | 0.43              | -0.09    | 0.97     |
| 7          | 0.60    | 99.40 | (g)s          | 0.44       | 0.69              | -0.08    | 0.96     |
| 8          |         | 100   | s             | 0.67       | 0.63              | -0.17    | 0.98     |
| Range      |         |       |               | 0.14-      | 0.43-             | -0.28-   | 0.92-    |
|            |         |       |               | 1.09       | 0.72              | 0.04     | 1.06     |
| Average    |         |       |               | 0.60       | 0.63              | -0.11    | 0.99     |
|            |         |       |               | Winter     |                   |          |          |
| Sample No. | Granule | Sand  | Sediment type | Parameter  |                   |          |          |
|            |         |       |               | $Mz(\phi)$ | sorting( $\phi$ ) | skewness | kurtosis |
| 1          | 0.32    | 99.68 | (g)s          | 0.38       | 0.73              | 0.04     | 1.01     |
| 2          | 0.68    | 99.32 | (g)s          | 0.21       | 0.76              | 0.04     | 1.04     |
| 3          | 0.24    | 99.76 | (g)s          | 0.66       | 0.65              | -0.10    | 0.92     |
| 4          |         | 100   | s             | 0.93       | 0.54              | -0.14    | 0.94     |
| 5          |         | 100   | s             | 0.83       | 0.55              | -0.06    | 0.97     |
| 6          |         | 100   | s             | 1.04       | 0.45              | -0.17    | 1.10     |
| 7          | 3.58    | 96.46 | (g)s          | -0.08      | 0.76              | 0.00     | 1.25     |
| 8          | 1.10    | 98.90 | (g)s          | -0.06      | 0.65              | 0.30     | 1.53     |
| Range      |         |       |               | -0.08-     | 0.45-             | -0.17-   | 0.92-    |
|            |         |       |               | 1.04       | 0.79              | 0.30     | 1.53     |
| Average    |         |       |               | 0.49       | 0.64              | -0.01    | 1.10     |

### 3. 부유사의 이동

중층수 중의 부유사량과 부유사의 방향별 이동량을 조사한 결과 부유사량은 전해역 평균 하계  $5.5 \text{ mg}/\ell$ , 동계  $46.9 \text{ mg}/\ell$ 로서 동계가 하계보다 부유사량이 다소 많다 (Table 5).

포사기에 의한 부유사의 방향별 이동량은 연안류의 주 방향인 이호 (동, 서, 북), 함덕 (서, 북), 협재 (서, 북), 화순 (서, 남)에서 가장 많고, 동계에는 하계보다 높은 파고에 의한 다량의 부유사로 인해 방향별 포사량도 동계에서가 상당히 많다 (Table 6).

포사기에 의해 포사된 부유포사의 입경은  $2 \sim 3 \phi$ 로 거의가 세립사 (fine sand)이며 가법고 미세한 패각편이 중층수 중 부유사의 주를 이루고 있다.

위의 결과를 종합해 볼 때 본 연구해역은 모두 외해에 노출돼 있어서 연안류의 진입방향 이 거의 해빈정면이고 이안류의 방향이 해빈 양쪽 가장자리 암석돌출부 (rocky headland)로서 통상적인 해빈사 이동방향과 유사함으로써 해빈중앙부에서 측정한 포사기에 의한 부유사량은 연안류의 진입방향과 일치하는 것으로 사료된다.

Table 5. Results of suspended load observation.

| St.       | Summer Weight ( $\text{mg}/\ell$ ) | Winter Weight ( $\text{mg}/\ell$ ) | Water Depth (m) | Layer |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------|
| I HO      | 5.4                                | 94.8                               | 7.3             | Mid   |
| HAM DEAK  | 1.5                                | 24.4                               | 6.3             | Mid   |
| HYEOP JAE | 3.2                                | 59.6                               | 3.1             | Mid   |
| HWA SUN   | 12.0                               | 8.9                                | 4.9             | Mid   |

Table 6. Results of directional suspended load drift sampling

( $\text{g}/\text{day}$ )

| St.       | Summer |        |        |        | Winter  |         |        |         | Water Depth(m) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|----------------|
|           | E      | W      | S      | N      | E       | W       | S      | N       |                |
| I HO      | 3.5835 | 0.6564 | 0.3961 | 6.3572 | 25.8370 | 15.0945 | 8.2573 | 14.0485 | 7.3            |
| HAM DEAK  | 2.9292 | 2.9720 | 2.3511 | 5.1619 | 0.0427  | 24.1838 | 0.1093 | 19.0967 | 6.3            |
| HYEOP JAE | 1.1790 | 4.0870 | 1.9738 | 3.7261 | 4.6826  | 12.4359 | 3.3579 | 15.5826 | 3.1            |
| HWA SUN   | 0.1019 | 5.9341 | 9.1758 | 0.8890 | 0.1081  | 0.0934  | 0.1568 | 0.2862  | 4.9            |

#### 4. 해빈지형의 변화

해안선에 연하여 형성되어 있는 해빈은 짧은 기간내에 외력인 힘 즉, 파랑과 흐름 등의 작용한계 범위 내에서 자유로운 변형을 거듭하고 있으며, 해빈의 평행상태도 항시 변화함으로써 해빈의 변화상태는 동적이라 하겠다.

이와 같이 동적인 해빈의 지형변화는 관계있는 인자들과 상호 밀접한 관계를 유지해 나가면서 인자들이 어느 한 탁월특성에 의해 영향을 많이 받는 경향으로 진행하게 된다.

해빈의 변화를 결정짓는 최소한의 변수는 내적요인으로서 해빈을 구성하고 있는 저질특성과 외적요인으로서 해빈역에 작용하고 있는 파랑특성 즉, 파형경사, 파고 및 파랑의 지속기간 등을 들 수 있다.

Table 7은 각 해빈의 1일 동안 해빈사 퇴적·유실량을 하계와 동계 각각 6일간에 걸쳐 관측한 결과이다.

이호는 하계와 동계간의 해빈사 퇴적·유실이라는 변화가 뚜렷이 구분되고 있다. 하계의 순퇴적량이 364, 순유실량이 18로서 순퇴적량이 순유실량보다 19배 높게 나타났고, 동계는 순퇴적량이 0.5, 순유실량이 268로서 순유실량이 순퇴적량보다 536배나 높아 심한 침식이 진행중인 해빈이다.

함덕은 하계의 순퇴적량 79, 순유실량 316, 동계의 순퇴적량 33.5, 순유실량 36로 하계의 순유실량이 눈에 띄게 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이는 하계를 통해 형성되었던 사주가 조사기간을 기점으로 파괴되기 시작하여 이 지점의 모래가 급속히 유실되기 때문인 것으로 생각된다.

협재는 하계의 순퇴적량 45, 순유실량 224, 동계의 순퇴적량 0, 순유실량 125로 하계의 순유실량 증가는 함덕과 마찬가지로 사주의 파괴에 의한 것으로 생각되며, 동계의 순유실량을 볼 때 침식 진행중인 해빈이다.

화순도 하계의 순퇴적량 132, 순유실량 237, 동계의 순퇴적량 43.5, 순유실량 140.5로 순유실량이 순퇴적량보다 2~3배 높게 나타나 역시 침식진행중인 해빈으로 사료된다.

이와 같이 본 연구해역의 해빈침식이 현저히 일어나고 있는 것은 해빈에 근접해 축조돼 있는 선박접안용 방파제와 호안벽의 설치에 의한 영향에서 비롯되는 것으로 볼 수 있겠다.

특히 본 연구해역은 모두 외해에 노출돼 있을 뿐만 아니라 기상변화에 의해 수시로 발생하는 풍파와 계절풍의 영향을 직접 받고 있어서 귀류표사현상과 부유표사현상이 현저히 일어나는 부단히 유동상태에 있는 해빈이기 때문에 표사의 이동방향이 인공구조물로 인해 변경되어 예기치 못한 해빈변형이 일어나고 있는 것으로 생각된다.

Fig.10은 각 해빈의 총퇴적량과 총유실량을 계절별·지점별로 나타낸 것이다.

이호는 간조선(A.D.G)에서 하계에 퇴적되고 동계에 유실되는 것을 볼 수 있으며, 함덕은 해빈중앙부(D.E.F)와 동쪽해빈(A.B.C)에서 활발한 표사이동이 일어나고 있고, 협재는 하계에 만조선(C.F.I)의 모래가 동계에는 간조선(A.D.G)로 이동하며 동계에는

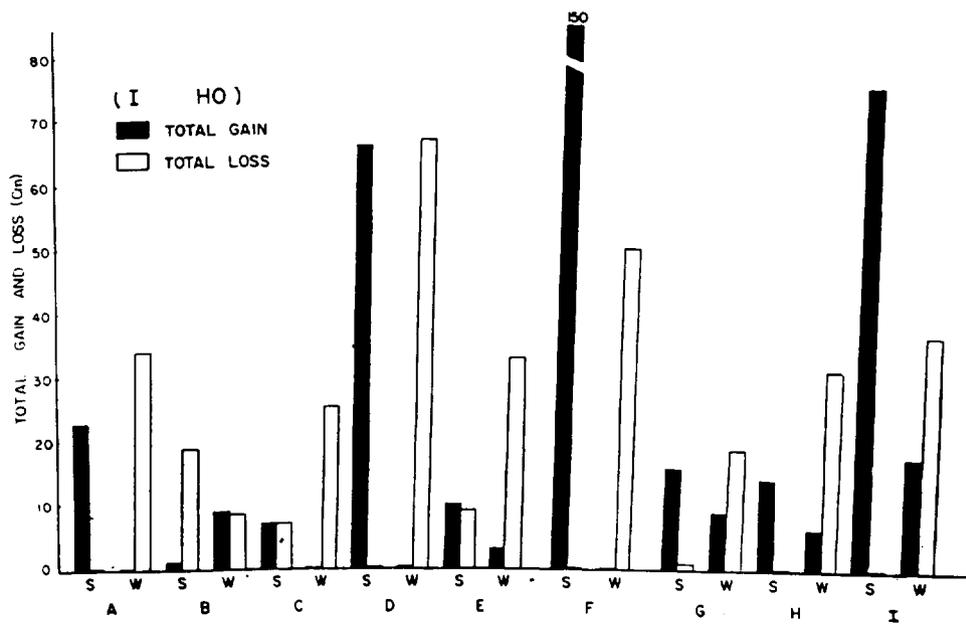


Fig. 10 Seasonal and positional variation of beach sand loss or accumulation.  
A, B, C, ..... : Pole position, S : Summer, W : Winter.

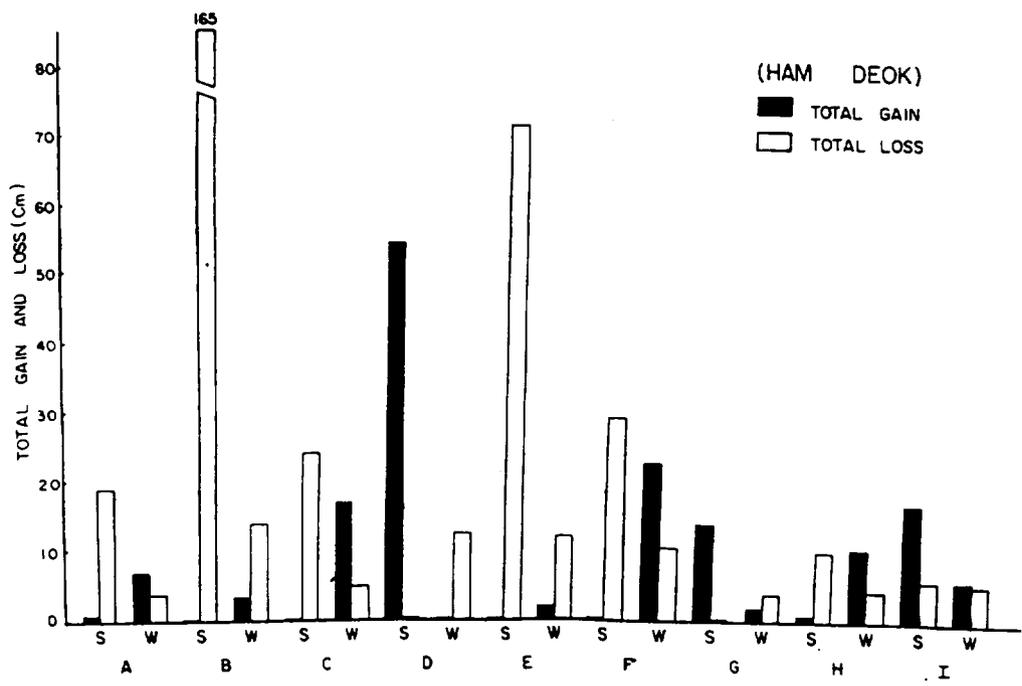


Fig. 10 Continued.

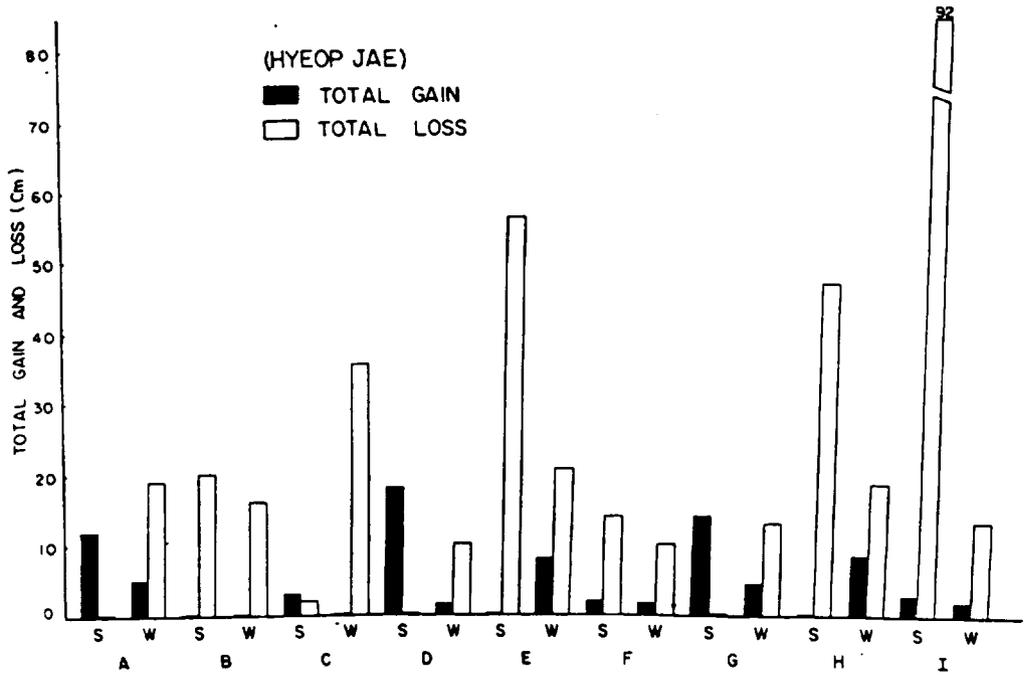


Fig. 10 Continued.

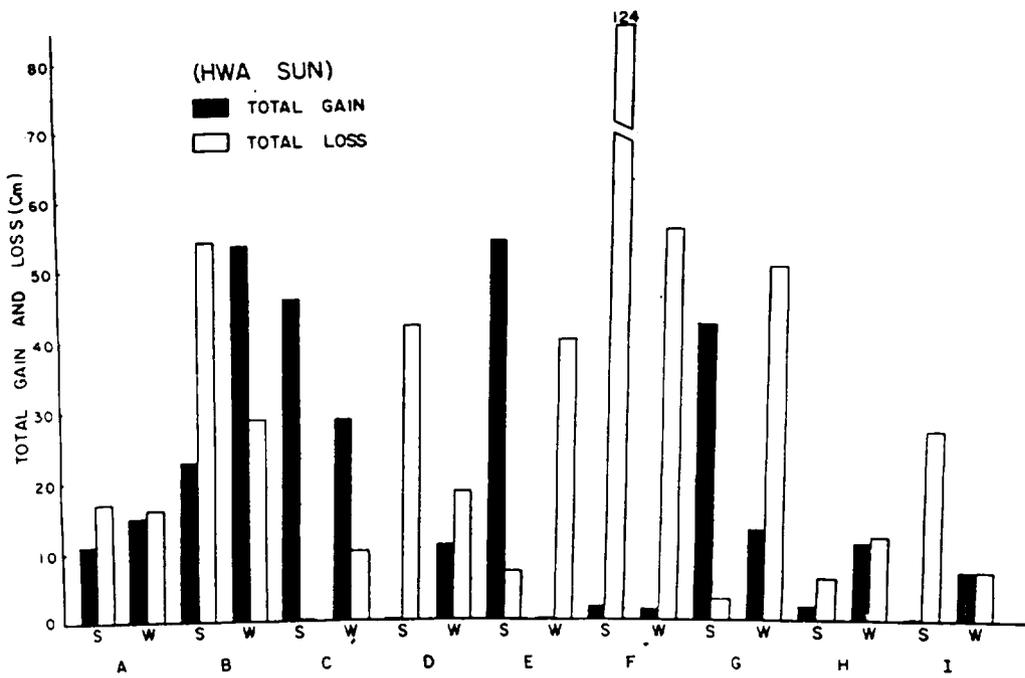


Fig. 10 Continued.

Table 7. Daily loss or accumulation of sand on surface of beaches in Cheju coastal area. (Cm/day)

| I HO | Date<br>Pt. | 1988    |         |         |         |         |         |            |            |          |          | Total |      | Net |  |
|------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|----------|----------|-------|------|-----|--|
|      |             | Aug. 27 | Aug. 28 | Aug. 29 | Aug. 30 | Aug. 31 | Sep. 1  | Total Gain | Total Loss | Av. Gain | Av. Loss | Gain  | Loss |     |  |
|      | A           | 0       | 5.0     | 2.0     | 5.0     | 6.0     | 5.0     | 23         |            |          | 4.6      | 23    |      |     |  |
|      | B           | 1.0     | -3.0    | -4.0    | -5.0    | -4.0    | -3.0    | 1          | 19         |          | 1        |       | 18   |     |  |
|      | C           | 1.0     | 0       | -7.0    | 1.0     | 2.0     | 3.0     | 7          | 7          |          | 1.8      |       |      |     |  |
|      | D           | 1.5     | 4.0     | 15.0    | 14.0    | 17.0    | 15.0    | 66.5       | 9          |          | 11.1     | 66.5  |      |     |  |
|      | E           | -8.0    | 5.0     | 1.0     | 1.0     | 3.0     | -1.0    | 10         |            |          | 2.5      | 1     |      |     |  |
|      | F           | 3.0     | 24.0    | 19.0    | 24.0    | 28.0    | 52.0    | 150        |            |          | 25       | 150   |      |     |  |
|      | G           | -1.0    | 5.0     | 1.0     | 2.0     | 5.0     | 3.0     | 16         | 1          |          | 3.2      | 15    |      |     |  |
|      | H           | 2.0     | 1.0     | 1.5     | 2.0     | 2.0     | 6.0     | 14.5       |            |          | 2.4      | 14.5  |      |     |  |
|      | I           | 8.0     | 10.0    | 13.0    | 10.0    | 13.0    | 22.0    | 76         |            |          | 12.7     | 7.6   |      |     |  |
|      | Total       |         |         |         |         |         |         | 364        | 36         |          | 64.3     | 346   | 18   |     |  |
|      |             | 1989    |         |         |         |         |         |            |            |          |          | Total |      | Net |  |
|      |             | Feb. 10 | Feb. 11 | Feb. 12 | Feb. 13 | Feb. 14 | Feb. 15 |            |            |          |          |       |      |     |  |
|      | A           | -8.0    | -7.0    | -2.0    | -7.0    | -3.0    | -7.0    | 9          | 34         |          | 8.5      | 9     | 0.5  |     |  |
|      | B           | 9.0     | -3.5    | -1.5    | -1.5    | -1.0    | -1.0    |            |            |          |          |       |      |     |  |
|      | C           | -7.0    | -5.0    | -10.0   | -1.0    | -2.0    | -8.0    |            | 33         |          |          |       | 33   |     |  |
|      | D           | -7.0    | -8.0    | 0       | -28.0   | -19.0   | -5.0    | 3          | 67         |          |          |       | 67   |     |  |
|      | E           | -1.0    | 3.0     | -4.0    | -8.0    | -17.0   | -3.0    |            | 33         |          | 3        |       | 30   |     |  |
|      | F           | -8.0    | -22.0   | -2.0    | -2.0    | -16.0   | 0       |            | 50         |          |          |       | 50   |     |  |
|      | G           | -6.0    | 4.0     | -6.0    | -4.0    | 5.0     | -3.0    | 9          | 19         |          | 4.5      |       | 10   |     |  |
|      | H           | -3.0    | 6.5     | -5.5    | -6.0    | -2.0    | -15.0   | 6.5        | 31.5       |          | 6.5      |       | 25   |     |  |
|      | Total       |         |         |         |         |         |         | 45.5       | 313        |          | 32       | 0.5   | 268  |     |  |

( To be continued. )

Table 7. Continued.

| Date<br>Pt. | 1988 Sep. |       |       |       |       |       |      |      |   | Total<br>Gain | Total<br>Loss | Av.<br>Gain | Net<br>Gain | Net<br>Loss |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
|             | 3         | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 8    | 8    | 8 |               |               |             |             |             |
| A           | -1.0      | -6.0  | -5.0  | -1.0  | 1.0   | -7.0  | 1    | 19   | 1 | 18            |               |             |             |             |
| B           | -11.0     | -24.0 | -33.0 | -31.0 | -31.0 | -35.0 | 165  |      |   | 165           |               |             |             |             |
| C           | -1.0      | -6.0  | -5.0  | -3.0  | -2.0  | -7.0  | 24   |      |   | 24            |               |             |             |             |
| D           | 3.0       | 15.0  | 8.0   | 12.0  | 10.0  | 6.0   | 54   |      |   | 54            |               |             |             |             |
| E           | -6.0      | -13.0 | -12.0 | -11.0 | -13.0 | -16.0 | 71   |      |   | 71            |               |             |             |             |
| F           | -5.0      | -5.0  | -5.0  | -3.0  | -4.0  | -7.0  | 29   |      |   | 29            |               |             |             |             |
| G           | 2.0       | 0     | 5.0   | 2.0   | 2.0   | 3.0   | 14   |      |   | 14            |               |             |             |             |
| H           | 0         | 0     | 1.0   | 0     | -9.0  | -1.0  | 1    | 10   |   | 1             |               |             |             |             |
| I           | 1.0       | 3.0   | -2.0  | 6.0   | 7.0   | -4.0  | 17   | 6    |   | 4.3           |               |             |             |             |
| Total       |           |       |       |       |       |       | 87   | 324  |   | 18.1          |               | 79          | 316         |             |
| 1989 Mar.   |           |       |       |       |       |       |      |      |   |               |               |             |             |             |
|             | 14        | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    |      |      |   |               |               |             |             |             |
| A           | 0         | -1.0  | 2.0   | -3.0  | 2.0   | 3.0   | 7    | 4    |   | 2.3           |               | 3           |             |             |
| B           | 1.0       | -2.0  | -1.0  | -11.0 | 0     | 2.5   | 3.5  | 14   |   | 1.9           |               |             | 10.5        |             |
| C           | 3.0       | -2.0  | 2.0   | -3.0  | 8.0   | 4.0   | 17   | 5    |   | 4.8           |               | 12          |             |             |
| D           | 0         | -1.5  | -1.0  | -2.0  | -4.5  | -3.5  |      | 12.5 |   |               |               |             | 12.5        |             |
| E           | -3.0      | -1.0  | 2.0   | -0.5  | -4.5  | -3.0  | 2    | 12   |   | 2             |               |             | 10          |             |
| F           | -5.0      | -3.0  | 6.0   | -2.5  | 0.5   | 16.0  | 22.5 | 10.5 |   | 7.5           |               | 12          |             |             |
| G           | 1.0       | -1.0  | 0     | -1.0  | -2.0  | 1.0   | 2    | 4    |   | 1             |               |             | 2           |             |
| H           | 2.0       | -2.5  | 1.5   | -2.0  | 2.5   | 4.5   | 10.5 | 4.5  |   | 2.6           |               | 6           |             |             |
| I           | 2.0       | -1.5  | 1.0   | -3.5  | 3.0   | -0.5  | 6    | 5.5  |   | 2             |               | 0.5         |             |             |
| Total       |           |       |       |       |       |       | 70.5 | 72   |   | 23.5          |               | 33.5        | 35          |             |

( To be continued.)

Table 7. Continued.

| Pt.       | Date 1988 |      | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22   | 22                                                           | Total | Total | Av.  | Net  |     |
|-----------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------------------------------------------------|-------|-------|------|------|-----|
|           | Sep.      | Sep. | Sep.  | Sep.  | Sep.  | Sep.  | Sep.  | Sep. | Loss                                                         | Gain  | Loss  | Gain | Loss |     |
| HYEOP JAE | A         | 1.0  | 2.0   | 0     | 1.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0  | 12                                                           | 2.4   | 12    |      |      |     |
|           | B         | -1.0 | -2.0  | -2.0  | -1.0  | -4.0  | -10.0 |      |                                                              |       | 20    |      | 20   |     |
|           | C         | 1.0  | 0     | -1.0  | -1.0  | 2.0   | 0     | 0    | 3                                                            | 1.5   | 1     |      |      |     |
|           | D         | 3.0  | 3.0   | 2.0   | 3.0   | 3.0   | 4.0   | 4.0  | 18                                                           | 3     | 18    |      |      |     |
|           | E         | -9.0 | -10.0 | -10.0 | -3.0  | -12.0 | -12.0 |      |                                                              |       | 56    |      | 56   |     |
|           | F         | 2.0  | -4.0  | -2.0  | -2.0  | -1.0  | -5.0  |      |                                                              |       | 2     |      | 2    |     |
|           | G         | 2.0  | 3.0   | 2.0   | 2.0   | 3.0   | 2.0   | 2.0  | 14                                                           | 2.3   | 14    |      |      |     |
|           | H         | -1.0 | -4.0  | -5.0  | -10.0 | -13.0 | -14.0 |      |                                                              |       | 47    |      | 47   |     |
|           | I         | 3.0  | -18.0 | -14.0 | -15.0 | -23.0 | -22.0 |      |                                                              |       | 3     |      | 3    |     |
|           | Total     |      |       |       |       |       |       |      |                                                              | 52    | 231   | 14.2 | 45   | 224 |
|           |           |      |       |       |       |       |       |      |                                                              |       |       |      |      |     |
|           | Date 1989 |      | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25   | 25                                                           |       |       |      |      |     |
|           | Feb.      | Feb. | Feb.  | Feb.  | Feb.  | Feb.  | Feb.  | Feb. | Loss <th>Total</th> <th>Total</th> <th>Av.</th> <th>Net</th> | Total | Total | Av.  | Net  |     |
| HYEOP JAE | A         | 5.0  | 0     | -1.0  | -8.0  | -6.0  | -4.0  | -4.0 | 5                                                            | 19    | 5     |      | 14   |     |
|           | B         | -2.0 | -1.5  | -4.0  | -5.0  | -2.0  | -1.5  |      |                                                              |       | 16    |      | 16   |     |
|           | C         | -9.0 | -10.0 | -5.0  | -2.0  | -2.5  | -7.0  |      |                                                              |       | 35.5  |      | 35.5 |     |
|           | D         | 1.0  | 0.5   | -0.5  | 0     | -9.0  | -0.5  |      |                                                              |       | 1.5   |      | 8.5  |     |
|           | E         | 0    | -7.0  | 8.0   | -5.0  | -7.0  | -1.5  |      |                                                              |       | 8     |      | 12.5 |     |
|           | F         | 0.5  | 1.0   | -1.5  | 0     | -4.5  | -4.0  |      |                                                              |       | 1.5   |      | 8.5  |     |
|           | G         | -5.0 | -1.0  | 2.0   | -6.0  | 2.5   | -1.0  |      |                                                              |       | 4.5   |      | 8.5  |     |
|           | H         | -2.0 | 8.0   | -1.5  | 0.5   | -3.0  | -12.0 |      |                                                              |       | 8.5   |      | 10   |     |
|           | I         | 2.0  | -3.0  | -4.0  | -2.5  | -3.0  | -1.0  |      |                                                              |       | 2     |      | 11.5 |     |
|           | Total     |      |       |       |       |       |       |      |                                                              | 31    | 156   | 23.2 | 125  |     |

( To be continued. )



대체적으로 전지역이 유실되는 경향을 보여주고 있고, 화순은 항구안쪽(H.I.)을 제외한 전 지역에서 활발한 표사이동이 일어나고 있다.

이와 같이 본 연구해역의 해빈지형은 해상의 계절적 특성 및 일시적 변화와 인공구조물의 영향으로 인해 침식이 진행중이라고 해석된다.

## V. 결 론

제주도 연안 해빈(이호, 함덕, 협재, 화순)에 대하여 결절에 따른 퇴적물의 분포경향, 부유사의 이동, 해빈지형 변화 등을 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 이호해빈은 총 길이 580 m이고 폭은 하계 63.1 m, 동계 59.4 m이나 경사는 하계 12.8°, 동계 10.5°로 하계가 다소 높는데 이는 해안선에 평행하게 길게 뻗어있는 역대(gravel belt)가 동계에 해빈경사면을 파괴시킴으로써 일어나는 현상이다.

2. 함덕해빈은 총 길이 950 m이고 경사와 폭은 하계 6.0°, 105.5 m, 동계 6.8°, 99.3 m로 일반적인 해빈순환현상을 나타내며, 하계에는 폭 30 m의 사주가 형성되었다가 동계에는 빈번한 높은 파고에 의해 파괴된다.

3. 협재해빈은 총 길이 1,050 m이고 경사와 폭은 하계 6.2°, 98.7 m, 동계 7.0°, 92.5 m이며 해빈애도(beach berm) 상에서 시추(coring) 결과 65 ~ 75 cm, 160 ~ 170 cm 깊이에 패각층이 존재한다.

4. 화순해빈은 총 길이 717 m이고 경사와 폭은 하계 7.2°, 78.5 m, 동계 8.3°, 73.7 m이며 해빈동쪽에 선박접안용 방파제(길이 350 m, 폭 15 m) 축조 후 해빈서쪽의 해빈사가 해빈동쪽 방파제 안쪽으로 이동함으로 인해 해빈변형이 일어나고 있는데 이는 해빈에 인공구조물을 설치함으로써 연안류의 방향에 역작용을 하고 있기 때문으로 사료된다.

5. 입도분석 결과, 평균입도치는 조립사(coarse sand), 분급도는 비교적 양호한 분급(moderately well sorted), 왜도는 음의 왜도값(negative skewed), 첨도는 mesokurtic으로서 이는 통상적인 해빈사의 퇴적환경 특성을 잘 보여주는 것으로 본 연구해역들이 높은 에너지 영역(High energy regimes)이기 때문이며, 하계가 동계보다 분급이 좋은 것은 하계의 완만한 파랑에 의한 걸음작용(winning)과 재동작용(reworking)의 결과로 해석된다.

6. 탄산염 함량 분석 결과, 함덕과 협재가 90.78%, 92.66%, 이호와 화순이 42.10%, 32.60%로 함덕과 협재해빈은 패각사로 이루어진 세립질이 우세한 패각사해빈(carbonate beach)이고, 이호와 화순해빈은 주로 주변의 화산쇄설층 침식산물과 연안성 패각사가 혼

## 참 고 문 헌

- 민병형, 1982, 해안제방 설치에 따른 해빈변형에 관한 연구. 부산대학교 이학박사 학위논문. pp.1 ~ 33.
- 민병형·김희지, 1983, 해운대 해빈변형에 관한 연구. 동아대학교 한국자원개발연구소 연구보고 제 6 권, 제 2 호. pp.1 ~ 27.
- 민병형·김희지·이승휘, 1984, 해운대 해수욕장 침식에 미치는 해안제방의 영향에 대하여 (I). 한국 수문학회지 제 17 권, 제 13 호. pp.197 ~ 209.
- 민병형·강용태·박운용·김희지, 1985, 해운대 해빈변형에 관한 연구. 동아대학교 한국자원개발연구소 연구보고. pp.1 ~ 27.
- 원종관, 1976, 제주도의 형성과정과 화산활동에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문.
- 함계운·양운모, 1980, 해안지형 변화에 관한 조사연구. 경상대학교 논문집. 제 19 집. pp.161 ~ 171.
- Cloud, P.E., 1965, Carbonate precipitation and dissolution in the marine environment in chemical oceanography. J.P.Rilley and G.Skirrow Leds. New York; Academic Press, v.12, pp.121 ~ 158.
- Folk, R.L., and Ward, W.C., 1958, Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Pet. v.27, pp.3 ~ 26.
- Friedman, G.M., 1965, Relationship between statistical parameters derived from size frequency distribution of sands and environments of deposition; Am. Geophysics. Union, Transaction, v.46, pp.108.
- Friedman, G.M., 1967, Dynamic process and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Jour. Sed. pet. Tulsa Okla, v.37, pp.327 ~ 354.
- Mason, C.C., and Folk, R.L., 1958, Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. Jour. Sed. Pet. v.28, pp.211 ~ 226.
- Passega, R., 1957, Textures as characteristics of clastic deposition; in recent marine sediments symposium. Am. Ass. Pet. Geol. v.41, pp.5 ~ 31.
- Passega, R., 1964, Grain size representation by C M patterns as a geological tool. Jour. Sed. Pet. v.34, pp.830 ~ 847.
- Thompson, W.O., 1937, Original structures of beaches, bar, and dunes. Bull. Geological Society of America. v.46, pp.723 ~ 752.

재된, 비교적 조립질의 흑사와 백사가 혼재된 해빈이다.

7. C.M. diagram 해석결과, 본 연구지역 해빈사의 운반형태는 끌림군집 (rolling population) 과 저층부유군집 (bottom suspension population) 에 의해 운반·퇴적된 것으로 추정된다.

8. 부유사의 방향별 이동량을 조사한 결과, 연안류의 주 진입방향에서 이동량이 가장 많았고 동계에는 많은 부유사량과 빠른 유속으로 인해 하계보다 다량 포사되었으며 부유사는 거의 2~3 $\phi$ 의 세립사였다.

9. 해빈사의 퇴적·유실량을 조사한 결과 모두 침식진행 중인 해빈이며 특히 동계에 빈번한 해상의 변화에 의해 해빈사가 급속히 유실되는 것으로 사료된다.

10. 해빈의 퇴적환경과 변형현상은 오랜기간 지속적인 조사·연구가 있어야 정확한 결과를 얻을 수 있으므로 장기적인 종합연구계획을 수립하여 다방면으로 주기적인 조사를 실시해야 할 것으로 본다.