



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

해운대 해수욕장의 하계 양빈 전·후의
퇴적물 조직변화와

지형변화



2007년 2월

부경대학교 대학원

해양학과

이영석

이학석사 학위논문

해운대 해수욕장의 하계 양빈 전·후의
퇴적물 조직변화와 지형변화

지도교수 김 석 윤

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2007년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 학 과

이 영 석

이영석의 이학석사 학위논문을 인준함

2 0 0 7 년 2 월 일



주 심 공학박사 이 종 섭 ㉠

위 원 이학박사 김 대 철 ㉠

위 원 이학박사 김 석 윤 ㉠

<목 차>

Abstract	i
List of figure	iii
List of table	v
I. 서론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	1
3. 기존의 연구	2
4. 지역 개관	3
II. 재료 및 방법	4
1. 해빈지형변화 관측	5
2. 해저지형변화 관측	6
3. 표층퇴적물 입도분석	8
III. 결과	11
1. 해빈 지형	11
1-1. 4월 해빈지형 관측결과	11
1-2. 10월 해빈지형 관측결과	11
1-3. 4월과 10월 지형변화 비교	12
2. 해저 지형	14
3. 입도분석 결과	19
3-1. 해빈 표층 퇴적물	19
3-1-1. 4월 입도분석결과	19
3-1-2. 10월 입도분석 결과	20
3-1-3. 4월과 10월의 평균입도 수평분포	24
3-1-4. 4월과 10월의 분급도 수평분포	26
3-1-5. 4월과 10월의 왜도 수평분포	28
3-1-6. 4월과 10월의 Gravel 함유량 수평분포	30
3-1-7. 4월과 10월의 Sand의 함유량 수평분포	32
3-2. 연안 표층퇴적물 입도 분석	34
3-2-1. 4월 입도분석 결과	34
3-2-2. 10월 입도분석 결과	34
3-2-3. 평균입도의 수평분포	38
3-2-4. 분급도의 수평분포	41
3-3. 퇴적상 분포	44

IV. 고찰	47
해운대 연안의 모래퇴적상의 이동 경향	47
지형 변화의 원인과 퇴적물의 이동양상	47
양빈으로 인한 표층퇴적물의 변화	49
V. 결론	53
VI. 참고문헌	54
요 약	58
감사의 글	59



*The change of topography and sediment texture after beach nourishment at
Haeundae in summer, 2005*

Young Seok Lee

*Department of Oceanography, Graduate School
Pukyung National University*

Abstract

As a measure for the protection of Haeundae beach and nearshore area, beach nourishment method using borrowed material has been adopted since 1990. This study aims to examine the change of topography and sediment texture of Haeundae area after beach nourishment, carried out in June, 2005 and to verify the effect of the method. Topography of Haeundae beach(foreshore and backshore) and nearshore area(~20m depth) was measured in April and October 2005, by using of RTK-GPS and echo sounder. Comparison of surface sediment texture between two periods was also performed by using standard grain size analysis procedures.

Beach profile after nourishment showed net deposition on the western region(Dong-back Island side) with an increase of elevation (~2m) and beach width. On the contrary, the eastern region(Dalmaji Hill side) showed net erosion with a decrease of elevation (~1.4m) and beach width. In October, beach surface sediment texture changed toward poorly sorting and more positive skewness, possibly due to the mixing by borrowed material with different sediment texture.

Topographical change at Haeundae nearshore bottom showed the opposite trend from beach profile; erosion on Dong-back Island side (along Line 6) and deposition on Dalmaji Hill side. Central part of showed overall accumulation after nourishment. Distribution of sediment facies of nearshore region also suggests a net transport toward east(Dalmaji Hill), assumingly due to the prevailing littoral drift during summer season.

The effect of a beach nourishment was observed from sediment texture and

topographical change, but it is not clear whether if the effect lasts until next year or longer.



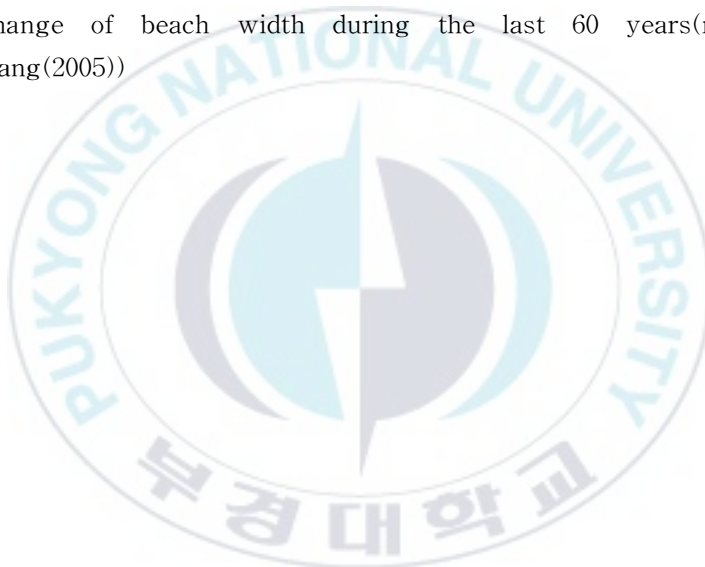
<List of figure>

Fig. 1 Location map of Haeundea beach and study area.	4
Fig. 2 Beach topography observation route in April, 2005.	6
Fig. 3 Beach topography observation route in October, 2005.	6
Fig. 4 Sounding route in April, 2005.	7
Fig. 5 Sounding route in October, 2005.	7
Fig. 6 Beach morphology from the RTK-GPS survey in April, 2005.	13
Fig. 7 Beach morphology from the RTK-GPS survey in October, 2005.	13
Fig. 8 Beach elevation change between April and October, 2005.	13
Fig. 9 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 1	17
Fig. 10 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 2	17
Fig. 11 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 3	17
Fig. 12 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 4	18
Fig. 13 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 5	18
Fig. 14 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 6	18
Fig. 15 Triangular diagram for sediment type in April, 2005.	23
Fig. 16 Triangular diagram for sediment type in October, 2005.	23
Fig. 17 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in April, 2005.	25
Fig. 18 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in October, 2005.	25
Fig. 19 Sorting (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in April, 2005.	27
Fig. 20 Sorting (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in October, 2005.	27
Fig. 21 Skewness of Haeundae beach sediment in April, 2005.	29
Fig. 22 Skewness of Haeundae beach sediment in October, 2005.	29
Fig. 23 Gravel content (in %) of Haeundae beach sediment in April, 2005.	31
Fig. 24 Gravel content (in %) of Haeundae beach sediment in October, 2005.	31

Fig. 25 Sand content (in %) of Haeundae beach sediment in April, 2005.	33
Fig. 26 Sand content (in %) of Haeundae beach sediment in October, 2005.	33
Fig. 27 Triangular diagram for sediment type in April.	37
Fig. 28 Triangular diagram for sediment type in October.	37
Fig. 29 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in April, 2005.	39
Fig. 30 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in October, 2005.	40
Fig. 31 Sorting (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in April, 2005.	42
Fig. 32 Sorting (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in October, 2005.	43
Fig. 33 Sediment facies of Haeundae nearshore in April, 2005.	45
Fig. 34 Sediment facies of Haeundae nearshore in October, 2005.	46
Fig. 35 Areas showing net accretion and net erosion after beach nourishment. ..	48
Fig. 36 Textural changes of Haeundae nearshore sediment after beach nourishment.	50

<List of table>

Table 1. Geographic locations of the beach sediment sampling site(WGS84)	8
Table 2. Geographic locations of the nearshore sediment sampling site(WGS84)	9
Table 3. Textural parameters of Haeundae beach sediments in April, 2005.	21
Table 4. Textural parameters of Haeundae beach sediments in October, 2005.	22
Table 5. Textural parameters of Haeundae nearshore sediments in April, 2005. ...	35
Table 6. Textural parameters of Haeundae nearshore sediments in October, 2005.	36
Table 7. Classification of sediment facies	44
Table 8. History of Haeundae beach nourishment(해운대구청, 2006)	51
Table 9. Change of beach width during the last 60 years(modified from Yang(2005))	



I. 서론

1. 연구배경

해운대 해변은 국내 최대의 사질해빈으로서 여름 휴가철 최대 방문인파가 1500만 명에 이르고 있다. 해운대 해변의 경우에 1960년대 호안도로 건설이후 계속해서 해변의 길이와 폭이 감소하여 많은 연구자들에 의해서 관심을 받은 지역이다(민 외, 1987, 박 외, 1989, 정, 1998). 해변 침식문제에 대한 대책으로, 해변에 잠재나 이안제, 돌제 등과 같은 인위적 구조물을 설치하는 Hard-engineering 공법 등이 시도되어 왔으나, 구조물 전면의 침식 가속화, 구조물 침하와 자연경관의 훼손으로 현재 세계 각국에서는 양빈공법(beach nourishment)을 통하여 해변 침식 문제에 대처하고 있다(D. H. Swart, 1991). 해운대 해변의 침식 방지 대책으로 해운대 구청에서도 1990년부터 매년 모래를 수중의 해저굴곡지에 넣어주는(dumping) 양빈을 실행하고 있다(해운대구청, 2006). 그럼에도 불구하고 해운대 해변은 지속적인 침식이 진행되고 있다(박 외, 1989, 해양수산부 2004, 양 2006). 양빈공법은 해변의 침식에 대한 보호가 급격히 이루어지는 공법은 아니다. 하지만 해운대 해변에서는 양빈공법의 실시 후에도 지속적인 침식이 발생하고 있어 양빈공법의 효율적인 실시와 해운대 해변 침식 진행 방지에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

2. 연구목적

전 세계 해변 보유국들은 주변 개발과 해변 보호의 문제를 고민하고 있으며, 경제적인 손익의 계산과 심미적인 가치 평가에 의해서 해변의 보호에 막대한 자본과 노력을 투자하고 있다. 우리나라 또한 삼면의 해안에 좋은 해변환경들을 가지고 있으며, 이들 해변에서 침식의 문제가 발생하고 있다. 그 중 해운대 해변은 지리적으로 동해와 남해의 경계 부분에 위치하고 있으며, 많은 관

광객들이 찾는 국내 최대의 사질 해수욕장이다. 1960년대의 해운대 해수욕장 후면의 호안 도로 건설과 주변 도심 개발로 인하여 지속적인 해빈의 침식현상이 발생하고 있다. 이에 대한 대책으로 1990년 이후부터 양빈공법을 통하여 해빈 침식을 방지하고 있으며, 해운대 해빈의 침식에 대한 원인 규명과 침식 방지대책에 대한 연구들이 수행되어져 왔다. 그럼에도 불구하고 아직 해운대 해빈의 침식은 진행되고 있으며, 침식 방지 대책에 대한 논의가 진행 중이다.

본 연구에서는 해운대 해빈의 보호 대책으로 실시되는 양빈공법(beach nourishment)에 의한 지형의 변화와 표층 퇴적상의 변화를 관찰하고, 양빈 공법으로 인한 해빈 침식의 감소 정도를 알아보고자 실시하였다.

3. 기존의 연구

해빈의 침식 문제는 국내보다 앞서 해외 선진국에서 해빈 개발에 따른 문제로 발생하였고, 해빈 침식의 대책으로 양빈공법을 먼저 실시하였다. 미국과 네덜란드 등에서는 양빈공법과 해빈환경 변화의 관계에 대해서 연구가 수행되었다(Guillen et al. 1997, Swart. 1991, von Duin et al. 2004). 국내의 양빈에 관한 연구는 민 등(1987)에 의한 해운대 해수욕장의 양빈공법에 관한 실험적 연구가 있었고, 그 후 민 등(1988)은 인공양빈공법에 관한 실험적 연구를 하였다. 유 등(1999)은 호안 전면에서의 양빈계획을 수리 실험적 연구를 통해서 실행하였다. 또한 조사 지역인 해운대 인근의 해양환경에 대한 조사는 김 등(1993)에 의한 수영만의 해수유동의 연구와 장기 바람관측 통계치에 의한 수영만의 해안선 변화연구가 있었으며, 김 등(2002)은 수영만에서 측심기의 음향 반사 특성을 이용한 해저퇴적물의 원격 분류연구가 있었다. 정(1998)에 의해서는 해운대 해협의 연안류 및 연근해 해수순환계에 관한 연구가 있었으며, 박(2006)에 의해서는 해운대 해수욕장의 표사이동 및 지형변화에 관한 연구가 있었다.

4. 지역 개관

해운대 해수욕장은 행정구역상 부산광역시 해운대구 중동에 위치하고 있으며, 길이 약 1.5km, 폭 30~50m, 면적 58400m²의 국내 최대의 모래해수욕장으로서 연간 1500만 명의 관광객이 찾는 곳이다(해운대 구청, 2006). 해변의 평균 경사는 1/15로 주위에 headland(서쪽은 동백섬, 동쪽은 달맞이 고개)에 둘러싸인 pocket형 beach이다.

해운대 지역의 암상 특징은 대부분이 유문암질이며, 유천층군에 속하는 암질로 되어있다. 해운대에 분포하는 백색, 회백색 또는 회자색을 띠는 해운대 일대의 유문암질암은 반상조직이 뚜렷한 암상과 유상구조가 뚜렷한 암상으로 구분된다(장 외, 1983).

해운대를 포함한 남해동부해역의 조석은 일조부등이 매우 작고 대체로 규칙적인 승강을 한다. 평균조차는 80cm이고, 조시의 부등은 거의 없고, 두 저조의 높이에는 부등이 거의 없으나 두 고조의 높이에는 다소 부등이 있다. 그리고 고고조는 일반적으로 봄철에는 오전에 여름철에는 야간에, 가을철에는 오후에, 겨울철에는 주간에 일어나는 것이 상례이다. 고·저조 모두 거의 같은 조시 및 고조의 부등이 있고 저저조 다음에 고고조로 된다(국립해양조사원, 2000). 수영만에서의 조석 자료에 따르면 주 조류의 방향은 해안선과 평행한 서-동 방향으로 창조와 낙조가 관측되었다(국립해양조사원 2002).

해운대 해수욕장의 기상학적인 특징으로 평균기온은 15.5℃이고, 평균 강수량은 1491.5mm이다. 풍향은 춘계 및 하계에서는 북동 및 남서풍이 탁월하게 나타나며 가을철에도 북동풍 및 북풍계열이 탁월하게 나타나지만 동계에는 서풍계열이 탁월풍향으로 나타난다(기상청, 2006).

II. 재료 및 방법

2005년 해운대 해변에 양빈이 실시(6월말 경)되기 이전(4월)과 양빈 실시 후(10월)에 각각 해변과 연안에서 지형과 퇴적상의 변화를 관찰하였다(Fig. 1).

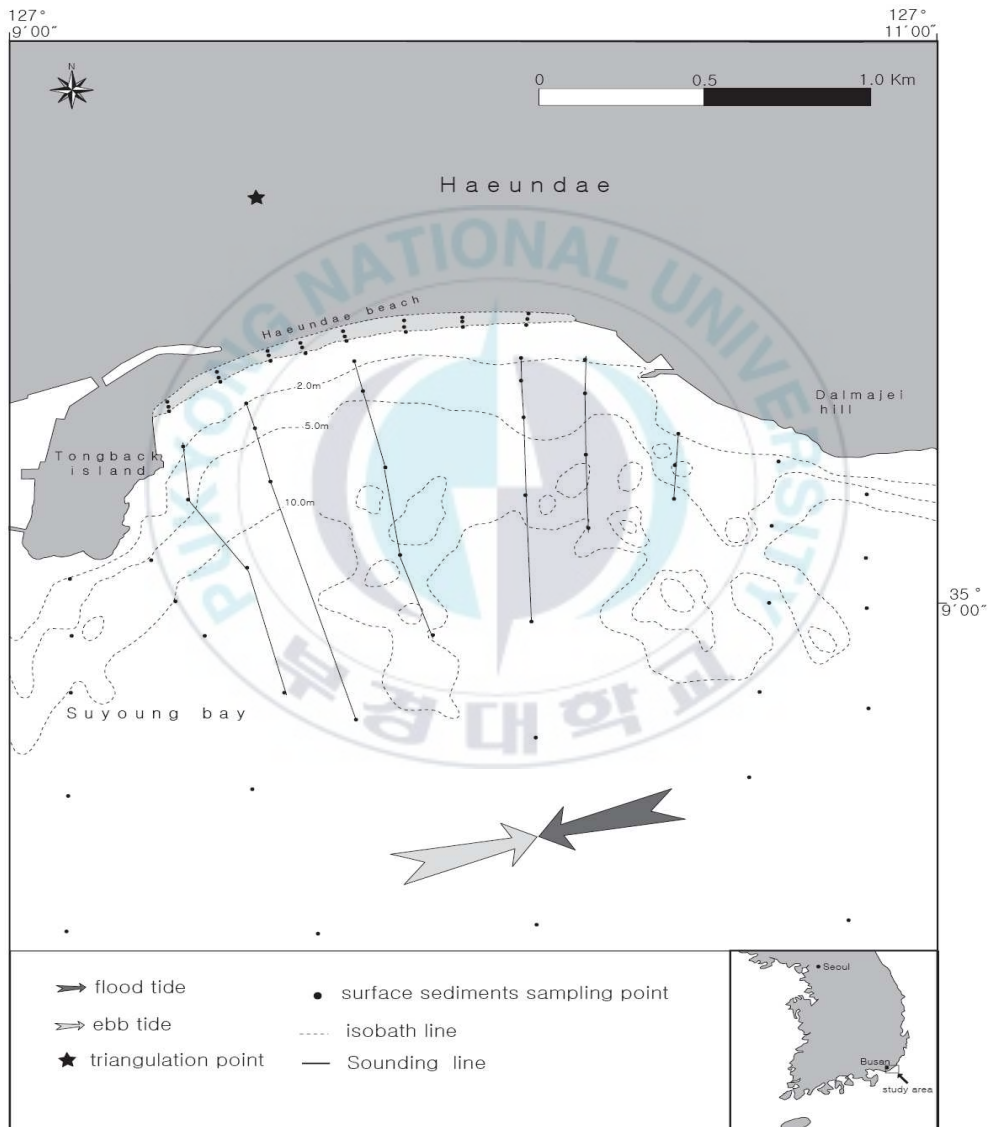


Fig.1 Location map of Haeundea beach and study area.

1. 해빈지형변화 관측

해빈지형의 관측을 위해서 RTK-GPS(Real Time Kinematic Global Positioning System, Novatel model ProPak II)를 이용하였다. RTK-GPS는 DGPS(Differential GPS)의 원리대로 일반적인 GPS에 하나의 기지국(base)에서 위성에서 오는 신호와 기준이 되는 지점에서의 오차를 보정해서 GPS수신기로 오차 값을 보정하도록 하는 방식이다. DGPS와의 차이점은 DGPS의 경우 기지국에서의 거리가 떨어지면서 오차 값이 증가하지만 RTK-GPS의 경우에는 기지국(base)를 근거리에 설치할 수 있기 때문에 그 오차 값이 크게 줄어들게 된다. 본 연구에서는 해운대 해빈근처의 기준점 설정을 위해서 국토지리원의 삼등삼각점 부산419번을 이용하였다(Fig. 1). 삼각점에서 해운대 해빈까지의 거리가 먼 곳임을 감안하여 해빈 근처의 새로운 기준점 설정이 필요하여 삼각점을 기지국(base)로 설정하고, 해수욕장 중앙부근의 임의의 정점에서 3시간가량의 위치 자료를 받아서 자료들의 분포의 중앙값을 이용하여 정점의 정확한 위치자료를 획득하였다. 그 후 임의의 기준점에 다시 기준 기지국으로 설정하고 이동국(rover)을 이용하여 해빈의 단면의 변화를 파악하였다. 이동국은 일반적인 GPS에 모뎀이 달려 있어서 기지국과 통신을 하여 오차 값에 대한 보정을 받는 것이다. 이동국은 배낭(backpack)에 넣어서 사람이 짊어지고 해빈을 일정한 간격(5m이내)으로 지그재그 형태로 움직이면서 해빈의 지형을 관측하였다 (Fig. 2, Fig. 3)(H.J. Dail et al, 2000).

RTK-GPS의 경우 그 오차의 범위가 국제 기준(International Terrestrial Reference Frame)에 맞춘다면 수평적으로는 1~2cm이내, 수직적으로 3cm이내의 오차범위를 가지고 있다(H.J. Dail. et al, 2000). 통상적인 방법에 의해서 발생하는 오차 등을 감안하여 볼 때 10cm이내의 오차범위를 갖는다고 볼 수 있다.

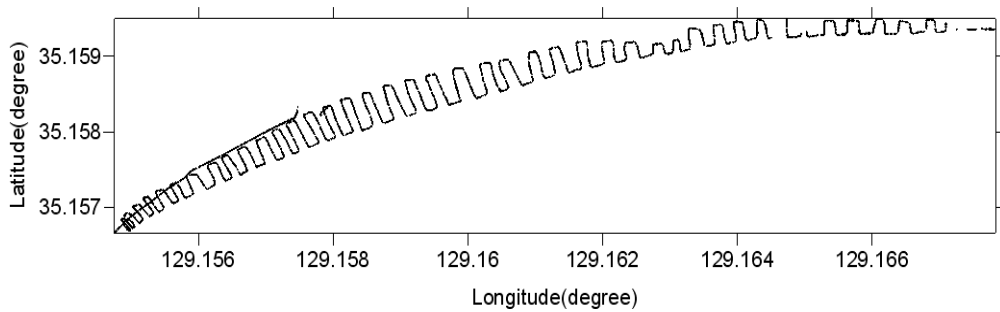


Fig. 2 Beach topography observation route in April, 2005.

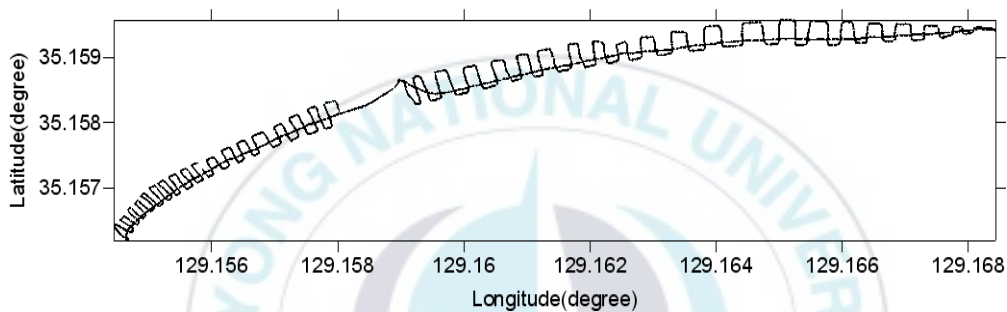


Fig. 3 Beach topography observation route in October, 2005.

2. 해저지형변화 관측

해저지형 관측은 음향측심기(Sonartech model Aquaruler2000)를 이용하여 실시하였다. Aquaruler2000의 측심 한계는 1000m이고 resolution은 1cm까지이다. 측심의 위치결정은 DGPS (Model Stellar DGPS)를 이용하였다. 측심시에 발생하는 수온, 염분 등에 의해서 발생하는 수심 자료의 오차를 줄이기 위해서 측심의 시작과 마지막에 수심이 깊은 곳에서 bar-check를 실행하여 관측값을 기록하여 실제의 수심과 관측수심의 비교를 통해서 이상적인 방정식을 구하고 그 값을 자료 처리에 사용하여 수온과 염분의 차이에서 나타나는 오차를 줄였다. 조석에 의한 오차 값은 부산항의 검조 기록(영도)을 이용하였다. 측심은 선박을 이용하여 지정된 측선을 따라서 직선이나 지그재그로 측심하였

다(Fig. 4., Fig. 5.).

관측된 자료는 각 측선별 자료를 모아서 SURFER프로그램을 이용하여 등수심도를 제작하고 측선별 단면을 도출하였다. 수심의 기준면은 평균해수면이며, 조위 값 또한 평균해수면으로 환산한 후에 보정을 하였다.

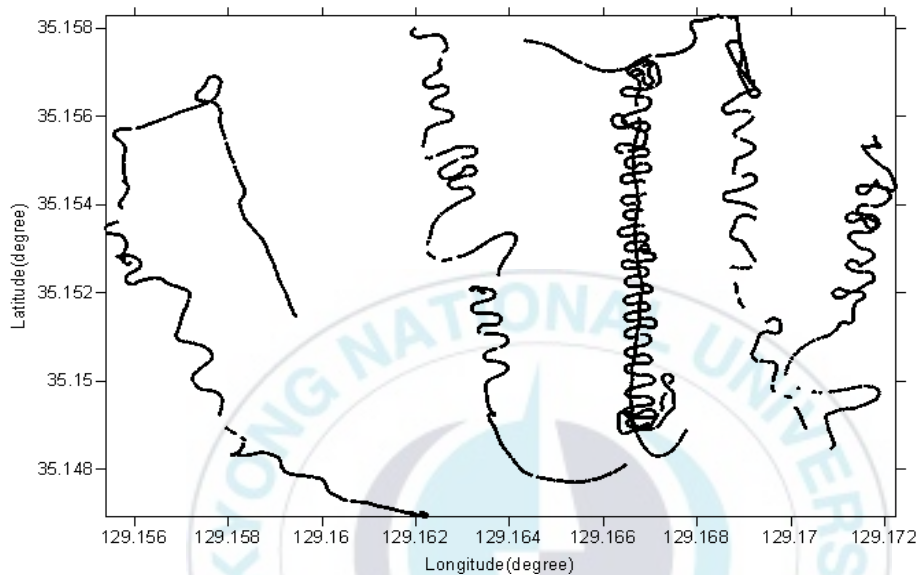


Fig. 4 Sounding route in April, 2005.

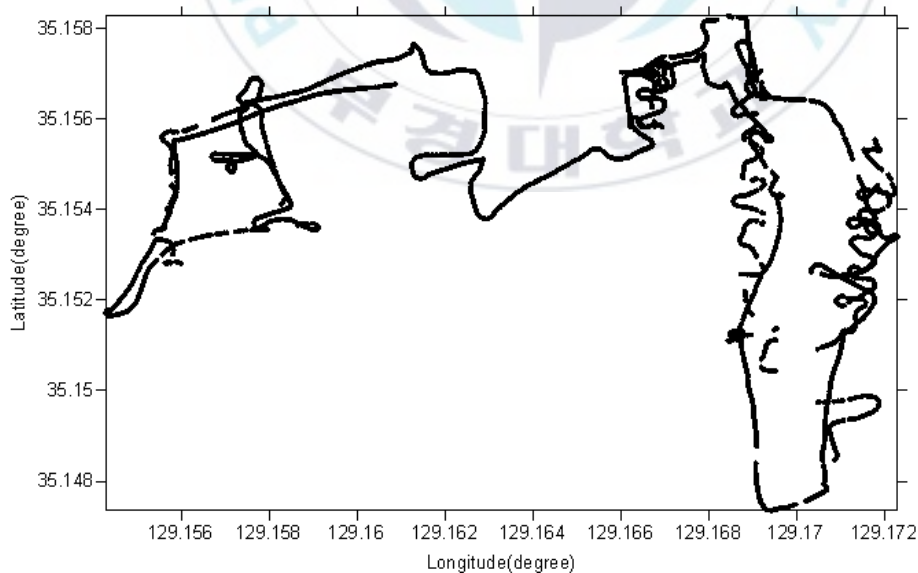


Fig. 5 Sounding route in October, 2005.

3. 표층퇴적물 입도분석

퇴적물 채취를 위해서 이용된 장비는 해변의 경우 그 편의성 때문에 플라스틱스푼을 이용하여 표층퇴적물을 표층 3cm이내의 퇴적물 떠서 24개의 정점 (Fig. 1, Table 1)에서 채취하였고, 해저 표층퇴적물의 경우에는 Grab Sampler를 이용하여 48개의 정점에서 채취하였다(Fig.1, Table 2).

Table 1. Geographic locations of the beach sediment sampling site(WGS84).

<i>stations</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
L1-1	N 39°09 ' 23.5 "	E 129°09 ' 19.0 "
L1-2	N 39°09 ' 24.4 "	E 129°09 ' 18.8 "
L1-3	N 39°09 ' 25.2 "	E 129°09 ' 18.8 "
L2-1	N 39°09 ' 26.8 "	E 129°09 ' 25.2 "
L2-2	N 39°09 ' 27.5 "	E 129°09 ' 25.2 "
L2-3	N 39°09 ' 28.0 "	E 129°09 ' 24.8 "
L3-1	N 39°09 ' 29.0 "	E 129°09 ' 31.9 "
L3-2	N 39°09 ' 29.5 "	E 129°09 ' 30.9 "
L3-3	N 39°09 ' 30.3 "	E 129°09 ' 30.8 "
L4-1	N 39°09 ' 29.8 "	E 129°09 ' 34.9 "
L4-2	N 39°09 ' 30.3 "	E 129°09 ' 34.8 "
L4-3	N 39°09 ' 31.1 "	E 129°09 ' 34.7 "
L5-1	N 39°09 ' 30.8 "	E 129°09 ' 39.2 "
L5-2	N 39°09 ' 31.4 "	E 129°09 ' 39.4 "
L5-3	N 39°09 ' 32.3 "	E 129°09 ' 39.1 "
L6-1	N 39°09 ' 31.8 "	E 129°09 ' 43.0 "
L6-2	N 39°09 ' 32.3 "	E 129°09 ' 43.0 "
L6-3	N 39°09 ' 33.0 "	E 129°09 ' 43.0 "
L7-1	N 39°09 ' 32.7 "	E 129°09 ' 52.1 "
L7-2	N 39°09 ' 33.1 "	E 129°09 ' 52.1 "
L7-3	N 39°09 ' 33.9 "	E 129°09 ' 52.2 "
L8-1	N 39°09 ' 33.0 "	E 129°09 ' 59.8 "
L8-2	N 39°09 ' 33.5 "	E 129°09 ' 59.9 "
L8-3	N 39°09 ' 33.9 "	E 129°09 ' 59.9 "

Table 2. Geographic locations of the nearshore sediment sampling site(WGS84).

<i>station</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>station</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
H1	N35°08 ' 30.0 "	E129°09 ' 05.5 "	H25	N35°09 ' 29.4 "	E129°10 ' 00.0 "
H2	N35°08 ' 41.4 "	E129°09 ' 05.5 "	H26	N35°09 ' 25.1 "	E129°10 ' 00.0 "
H3	N35°08 ' 51.5 "	E129°09 ' 05.5 "	H27	N35°09 ' 20.8 "	E129°10 ' 00.0 "
H4	N35°08 ' 59.0 "	E129°09 ' 05.5 "	H28	N35°09 ' 10.7 "	E129°10 ' 00.0 "
H5	N35°09 ' 04.3 "	E129°09 ' 05.5 "	H29	N35°08 ' 56.1 "	E129°10 ' 00.0 "
H6	N35°09 ' 06.6 "	E129°09 ' 14.4 "	H30	N35°08 ' 44.7 "	E129°10 ' 00.0 "
H7	N35°09 ' 02.5 "	E129°09 ' 16.2 "	H31	N35°08 ' 30.0 "	E129°10 ' 00.0 "
H8	N35°08 ' 58.1 "	E129°09 ' 18.6 "	H32	N35°09 ' 04.7 "	E129°10 ' 08.0 "
H9	N35°08 ' 44.6 "	E129°09 ' 25.3 "	H33	N35°09 ' 14.0 "	E129°10 ' 08.5 "
H10	N35°08 ' 30.0 "	E129°09 ' 32.5 "	H34	N35°09 ' 23.9 "	E129°10 ' 08.5 "
H11	N35°08 ' 54.3 "	E129°09 ' 29.7 "	H35	N35°09 ' 29.7 "	E129°10 ' 07.7 "
H12	N35°09 ' 05.1 "	E129°09 ' 24.7 "	H36	N35°09 ' 20.1 "	E129°10 ' 19.2 "
H13	N35°09 ' 12.9 "	E129°09 ' 20.7 "	H37	N35°09 ' 15.3 "	E129°10 ' 18.1 "
H14	N35°09 ' 19.5 "	E129°09 ' 19.7 "	H38	N35°09 ' 10.0 "	E129°10 ' 17.3 "
H15	N35°09 ' 24.0 "	E129°09 ' 26.6 "	H39	N35°08 ' 53.8 "	E129°10 ' 14.7 "
H16	N35°09 ' 20.7 "	E129°09 ' 28.0 "	H40	N35°08 ' 43.5 "	E129°10 ' 25.1 "
H17	N35°09 ' 15.0 "	E129°09 ' 30.0 "	H41	N35°08 ' 52.8 "	E129°10 ' 26.4 "
H18	N35°09 ' 02.4 "	E129°09 ' 34.6 "	H42	N35°09 ' 01.2 "	E129°10 ' 27.6 "
H19	N35°08 ' 49.5 "	E129°09 ' 40.0 "	H43	N35°09 ' 09.5 "	E129°10 ' 28.6 "
H20	N35°08 ' 56.5 "	E129°09 ' 50.1 "	H44	N35°09 ' 18.3 "	E129°10 ' 30.0 "
H21	N35°09 ' 07.6 "	E129°09 ' 48.1 "	H45	N35°09 ' 14.9 "	E129°10 ' 39.9 "
H22	N35°09 ' 18.7 "	E129°09 ' 45.9 "	H46	N35°09 ' 06.0 "	E129°10 ' 39.9 "
H23	N35°09 ' 25.1 "	E129°09 ' 44.5 "	H47	N35°09 ' 00.0 "	E129°10 ' 39.9 "
H24	N35°09 ' 30.1 "	E129°09 ' 43.7 "	H48	N35°08 ' 48.1 "	E129°10 ' 39.9 "

퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 분석방법에 따라 체 분석을 통하여 사질 크기($62.5\mu\text{m}$)이상의 입자의 입도분석을 하였고, Laser diffraction size 분석법을 이용하여 사질크기 이하의 니질(mud)의 입도분석을 실시하였다(M. Konert et al. 1997).

퇴적물 입도분석을 위해서 퇴적물 시료를 10~20g(sand sediment의 경우 30g) subsampling하여, 10%의 염산(HCl)을 첨가하여 탄산염을 제거한 후, 다시 유기물 제거를 위해서 6%의 과산화수소수(H₂O₂)로 반응을 시켰다. 그 후 다시 washing을 실시하여 전처리(pre-treatment)를 하였다. 전처리가 끝난 시료는 4Φ(62.5μm)를 기준으로 사질과 니질을 분리하기 위해서 표준망체(63μm, 1/16mm)로 습식 체질(wet sieving)을 하였다. 모래 크기 이상의 조립질 퇴적물은 건조 후 진탕기(Ro-tap sieve shaker)를 사용하여 10분간 0.5Φ 간격으로 체질하여, 입도별 중량 백분율을 구하였다(Galehouse, 1971). 4Φ이하의 세립질 시료는 확산이 잘 되도록 확산제인 Calgon 용액(Sodium Hexametaphosphate)을 10%의 농도로 20ml 첨가하여 입자들을 분리시키고 그 후 각 시료마다 50 ml씩 2회에 걸쳐 피펫으로 분취한 뒤 하나의 시료는 Malvern 사의 Master size를 이용하여 니질 입자의 크기를 측정하였다.

퇴적물의 분류(sediment type)는 Folk(1954)의 삼각 다이어그램을 이용하여 구분하였다. 표층 퇴적물 분석에 사용된 단위는,

$$\phi = -\log_2 d$$

로 나타내며 여기서 d는 입자의 직경을 mm단위로 나타낸 값이다.

입도상수 값들은 모멘트 법(McManus. J, 1988)에 의해서 결과를 도출하였다.

$$\text{mean(평균)} : \bar{\chi} = \frac{\sum f m \phi}{100}$$

$$\text{sorting(분급도)} : \sigma = \sqrt{\frac{\sum f (m\phi - \bar{\chi})^2}{100}}$$

$$\text{skewness(왜도)} : \alpha_3 = \frac{1}{100} \sigma^{-3} \sum f (m\phi - \bar{\chi})^3$$

*여기서 f = 각 계급의 중량 백분율(%)

m = Φ값으로 표시한 각 계급의 중앙값

mΦ = Φ값으로 표시한 평균입도

III. 결과

1. 해빈 지형

1-1. 4월 해빈지형 관측결과

2005년 4월의 해빈 지형의 관측결과 해운대 해빈에서 가장 고도가 높은 지역은 동백섬부근으로, 표층퇴적물 시료 정점 L2와 L3사이의 해빈으로 관측되었다. 이 지점에서 관측된 높이가 평균해수면을 기준으로 최대 6.33m에 이른다. 동백섬 부근의 해빈의 지형적 특징은 애도단(berm crest) 후면에서의 해빈의 높이가 높으며 애도(berm)는 해수욕장의 중앙에서부터 동백섬 쪽 해빈에서는 잘 발달 되어 있다. 하지만 반대편의 달맞이 고개 쪽으로는 애도의 발달이 뚜렷이 관측되지 않고 있다. 즉 해빈의 경사도가 동백섬 부근의 해빈에서 애도를 기준으로 애도 후면에서는 평활한 분지의 형태를 가지고 있고, 애도의 전면에서는 상대적으로 후면에 비해서 경사도가 크게 관측되었다. 즉 애도에 의해서 구분이 되는 형태를 가지고 있다. 하지만 달맞이 고개 부근의 해빈은 애도에 의한 구분이 나타나지 않고 전체적으로 경사도가 완만하게 나타나고 있다. 해빈의 육지 경계에서 해안선까지의 폭의 변화는 동백섬 방향의 해빈 폭이 넓게 관측 되었으며, 반대로 달맞이고개 방향의 해빈은 폭이 좁게 나타나고 있다(Fig. 6.).

1-2. 10월 해빈지형 관측결과

10월의 지형은 4월에 비해서 해빈중앙에서부터 동백섬방향의 해빈의 고도가 상승하였고, 달맞이고개 방향의 해빈에서는 해빈의 폭이 감소된 것이 관측되었다. 10월의 결과에서는 Line2와 Line4의 사이에서 해빈의 경사도가 다른 지역들 보다 가파르게 되고, 해빈의 폭이 증가했으며, 해빈의 고도가 상대적으로

로 상승한 것이 관측이 되었다. 해수욕장의 중앙부분은 전체적으로 4월에 비해서 현저한 변화는 관찰되지 않았다(Fig. 7.).

1-3. 4월과 10월 지형변화 비교

해운대 해수욕장 해빈의 2005년 4월과 10월의 지형 측량에 따른 지형의 퇴적(accretion)과 침식(erosion)의 양상을 알아보기 위해서 2005년 4월의 자료값에 10월의 자료를 차감하여 보았다(Fig. 8.). 해빈의 가장 서쪽 해빈의 경우 해빈의 전면 부에서는 1m이상의 해빈의 퇴적이 관측되었고, 후면에서는 0.4~0.6m 가량의 침식이 관측되었다. 2005년 4월 자료에 비해서 10월의 자료값이 최대 상승한 지역은 동백섬 부근의 해빈(표층퇴적물 정점 L2~L3)으로 최대 2m의 높은 퇴적의 양상이 관측되었다. 해빈의 중앙부분은 부분적으로 침식과 퇴적이 다양하게 나타나며 그 범위가 1m이내에서 일어나고 있다. 해빈의 중앙부분에서 비교 기간 동안 인위적 활동에 의한 지형 변화 사건이 있었다. 해빈의 동쪽 부분(달맞이 고개 인근 해빈)에서는 침식이 크게 일어난 것으로 관측되었으며, 그 크기는 최대 1.6m가량 침식이 일어난 것으로 관측이 되었다. 또한 2005년 4월에 관측 가능하였던 동쪽 한계 지점까지 관측하지 못하였다.

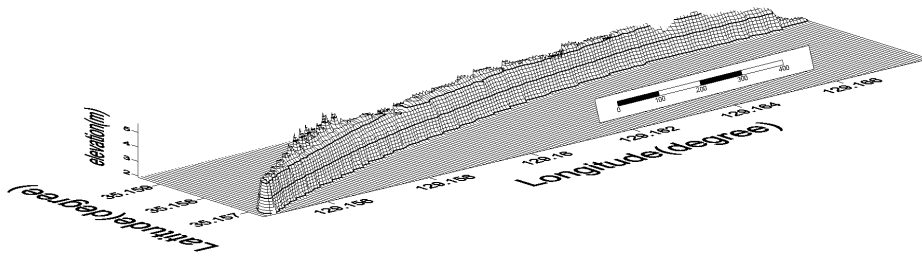


Fig. 6 Beach morphology from the RTK-GPS survey in April, 2005.

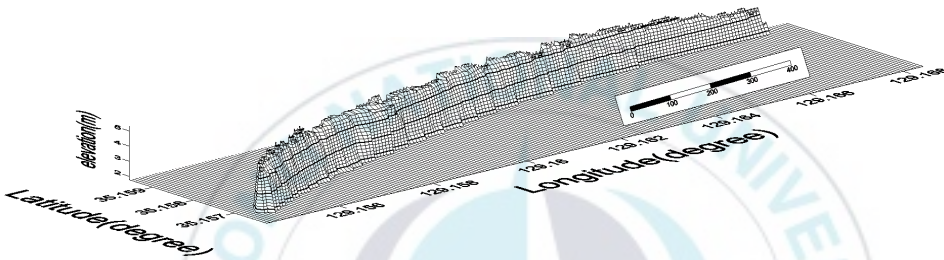


Fig. 7 Beach morphology from the RTK-GPS survey in October, 2005.

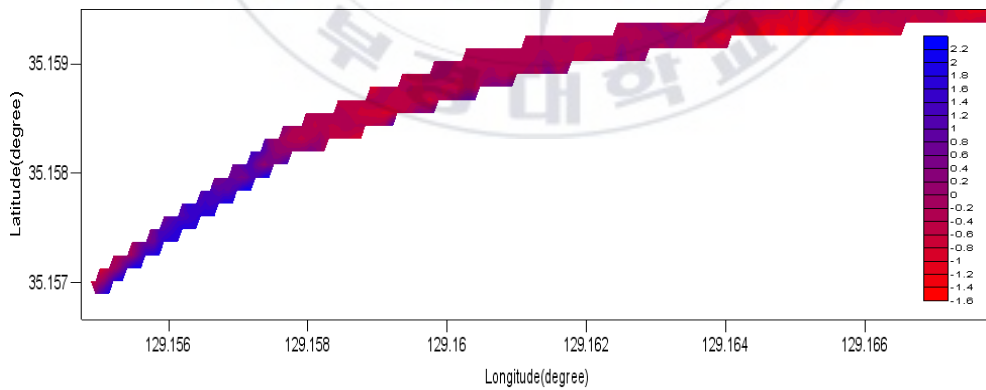


Fig. 8 Beach elevation change between April and October, 2005.

2. 해저 지형

해운대 해수욕장 전면에서 음향 측심을 통해서 이루어진 해저 지형의 변화는 미리 선정된 측선 6개(Fig. 1)를 통하여 해저 지형의 단면변화를 파악하였다.

Line 1

달맞이 고개 부근의 측선 Line 1의 해저 지형의 경우는 전반적으로 인근의 암초들에 의해서 수심 측심의 환경이 나쁘며, 해저의 굴곡이 많은 지형이다. 관측결과와 같이 정점 H38과 H39사이에는 해상에서 육안으로 관측할 수 있는 암초가 잘 보여 지는 지역이다. 수심은 암초 부근에서 가장 낮게 5m(평균해수면 기준)이고, 측선 상에서 가장 깊은 수심은 4월에는 암초의 전면부에서 관측이 되었지만 10월 관측시 외해쪽의 정점 H39에서 가장 깊은 수심이 관측되었다. Line 1은 조사 기간 동안에 전반적으로 침식과 퇴적의 변화양상이 뚜렷이 나타나는 지역은 아니었다. 정점 H38에서 H39사이에 암초 전면부에 지형의 형태상 퇴적물의 퇴적이 다소 일어난 것으로 관측이 되고 있으며, H36정점 부근에서 침식이 일어난 것으로 관측이 되었다. H39에서 4m가량의 침식이 일어난 것으로 관측되었는데 이는 측선 line1에서 가장 크게 침식이 일어난 지점이다(Fig. 9).

Line 2

측선 Line 2번은 정점 H35, H34, H33, H32에 이르는 정점으로 해운대 해수욕장의 가장 동쪽 끝부분에서 외해로 연결된 측선이다. 외해 쪽 방향으로 완만한 경사를 가지고 있으며 정점 H33과 H34 사이에는 양쪽으로 암초가 발달되어있으며, 정점 H32번 부근에 암초가 존재한다. 수심은 가장 얇은 곳은 정점 H35에서 나타나고 있으며, 수심 5m이내였다. 가장 깊은 곳은 H32로 관측된다. 관측 결과 전반적으로 4월에 비해서 10월에 정점 H35~H32까지는 퇴적이 우세하게 나타난 것으로 보여 진다. 그 양은 최대 1m가량이며, 정점 H33

에서 관측되었다. 정점 H35의 경우에는 퇴적에 의해서 10월 조사기간에는 관측하지 못하였다(Fig. 10.).

Line 3

측선 Line 3번은 정점 H25, H26, H27, H28, H29들이 연결된 측선으로 수심 5m에서 15m에 이른다. 전체적으로 완만한 경사의 수심을 보이고 있는 지역이며, 해운대 해수욕장 전면과 동쪽의 암초 사이에 위치한 측선이다. 정점 H28, H29의 경우 10월에는 조사 위치에 양식장이 설치되어 있어서 측심관측이 불가능하였다. 정점 H26과 H27의 정점에서는 4월에 비해서 10월에 수심이 0.5~0.7m정도 상승하였다(Fig. 11).

Line 4

측선 Line 4번은 정점 H24, H23, H22, H21, H20번으로 구성되어 있으며, 2005년 4월과 10월 조사에서 정점 H21과 H20의 경우는 양식장이 존재하여 측심관이 불가능하였다. 또한 정점 H24의 경우에는 수심을 측심 할 수 있는 수심이 되지 못하여서 측심관측이 불가능하였다. 완만한 경사로 평균 수심은 관측된 구간에서는 3m에서 10m내로 관측이 되었고, 2005년 4월에 비해서 2005년 10월에 전반적으로 수심이 얕아졌다. 즉 2005년 4월에 비해 10월에는 퇴적이 일어난 것으로 관측이 되었다. 그 양은 0.5m 이내로 관측되었다(Fig. 12).

Line 5

측선 Line 5번은 해수욕장에서 서쪽에 위치한 측선으로 정점 H15, H16, H17, H18, H19로 이어지는 측선이다. 2005년 4월에는 최소 수심은 정점 H15번 부근에서 약 3.6m로 관측되었고 최고 수심은 정점 H19를 지나서 수심 15m이상으로 관측되었다. 수심의 기울기는 정점 H15에서 H16까지는 측선 구간에서 가장 기울기가 크게 나타나고 그 외의 구간에서는 완만한 경사를 보여주고 있

었다. 2005년 10월에는 측선 H15에서 H16까지의 구간에서 퇴적의 활동이 활발히 일어난 것으로 관측되었다. 약 1m가량 씩 크게 퇴적활동이 일어난 것으로 관측이 되었다(Fig. 13).

Line 6

측선 6번은 측심 구간 중 가장 서쪽에 위치한 측선이고, 정점 H14, H13, H12, H11로 이루어져 있다. 2005년 4월 획득된 자료 중 H12에서 H11까지의 자료는 부유물질과 장비의 오작동으로 인해서 망실한 부분이 있었다. 획득된 자료 구간에서의 수심은 최소 4.5m에서부터 11.2m정도의 범위를 가지고 있으며, 상대적으로 정점 H12에서부터 완만한 경사의 지형을 가지고 있다. 2005년 10월의 자료와 비교하면, 정점 H13까지는 대부분의 구간에서 침식의 특성을 보이고 H13에서부터 H12까지의 구간에서는 퇴적이 일어나는 특징이 관찰되었다(Fig 14).

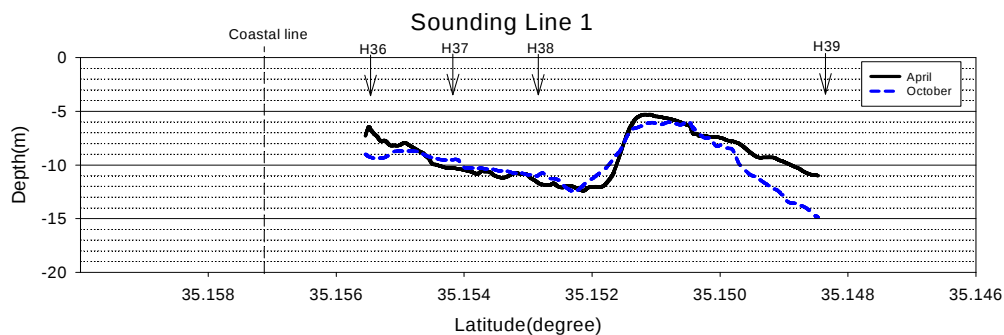


Fig. 9. Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 1

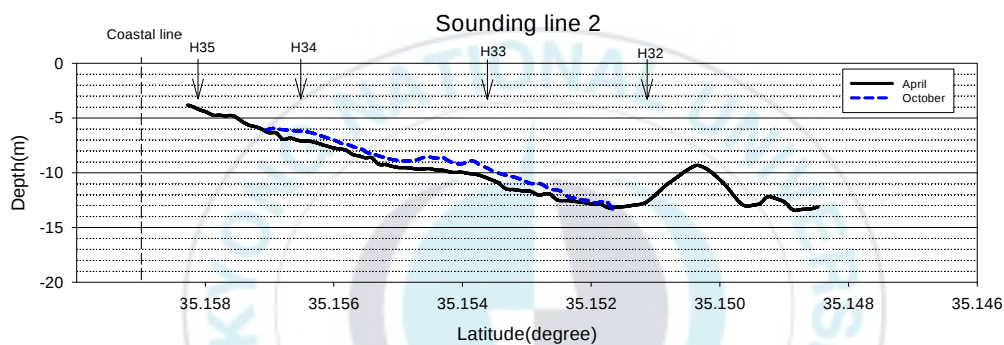


Fig. 10 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 2

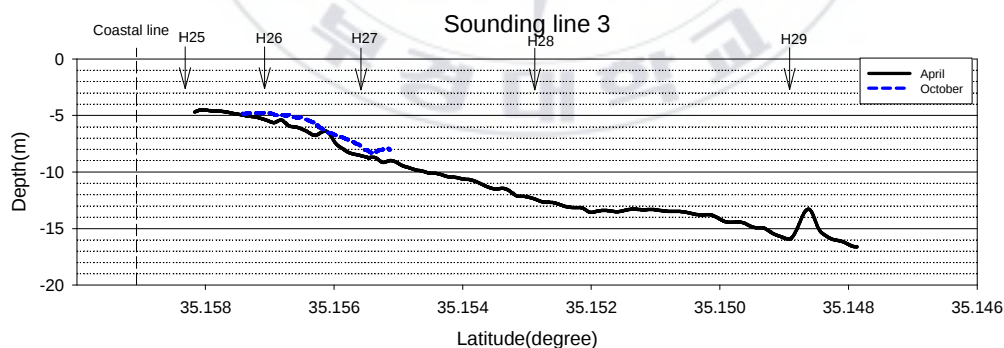


Fig. 11 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line 3

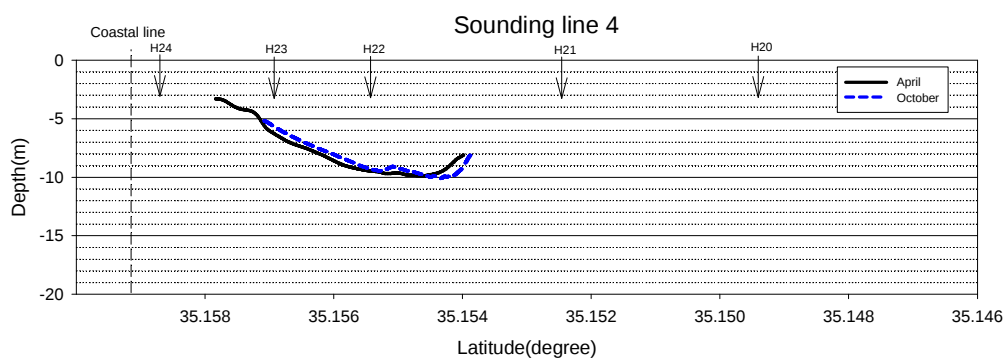


Fig. 12 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line
4

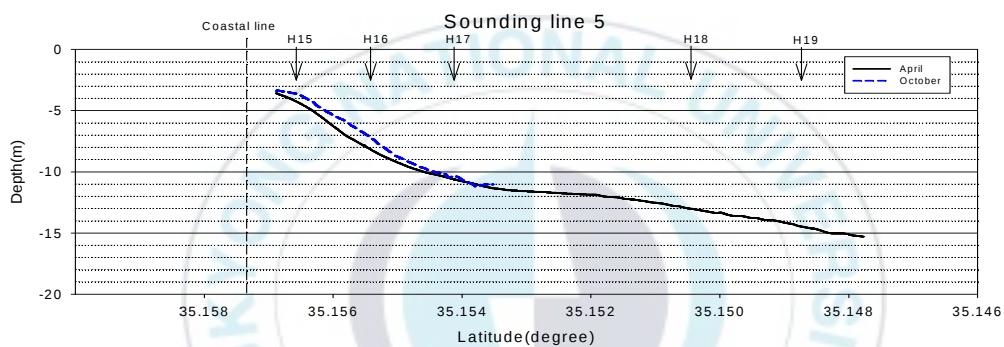


Fig. 13 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line
5

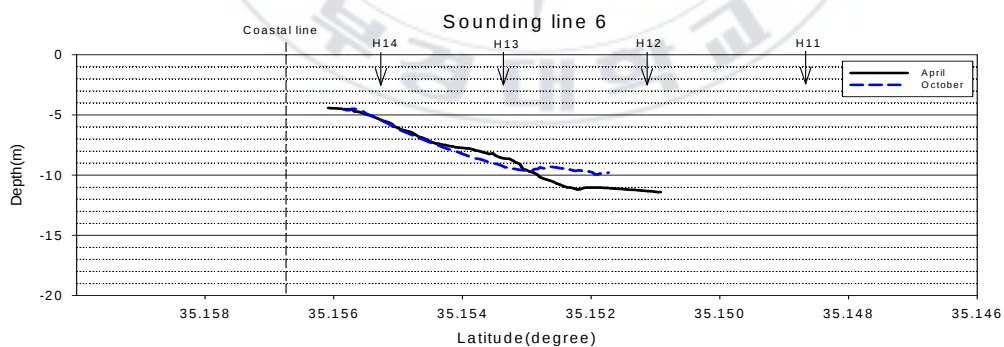


Fig. 14 Bottom profile comparison between April and October 2005 along Line
6

3. 입도분석 결과

3-1. 해빈 표층 퇴적물

해운대 해수욕장의 해빈에서 표층퇴적물을 채취하여 입도분석을 실시하였다. 해빈 퇴적물 입도 분석 결과 대부분의 해운대 해빈의 표층퇴적물들은 조립사(Coarse sand)의 크기가 관측되었다(Table. 3, Table. 4). 정점들의 위치는 각 정점 Line의 1번 정점들은 조간대 최 하부 즉 파도에 의한 영향을 받아서 퇴적물의 조직이나 구조가 크게 변화하는 지역인 plunge step부근이다(Davis and Fox, 1972). 정점 2번들의 경우에는 swash zone으로 wave에 의해서 분급이 잘 되는 지역이다. 정점3번들은 wave나 current에 의해서 영향을 받지 않는 곳으로 애도(berm)부근이다.

3-1-1. 4월 입도분석결과

대부분의 해빈 퇴적물이 Flok(1968)의 분류에 의해서 구분하면 slightly gravelly sand로 구성되어 있으며 sand의 함량이 높게 나타나는 전형적인 해빈 퇴적물의 입도를 보여주고 있다(Fig. 15). 평균입도의 경우 최대 -0.97Φ (정점 L3-1)에서부터 1.55Φ (정점L8-3)로 very coarse sand내지 Medium sand이다. 대다수의 정점들의 평균입도를 보면 coarse sand로 이루어져있다. 표층퇴적물의 분급도(sorting)는 최대 1.02Φ (정점 L8-1), 최소 0.38Φ (정점 L5-2)로 나타난다. 2005년 4월 해빈 표층퇴적물의 분급도는 1.00Φ 이하로 대체적으로 well sorted에서 moderately sorted의 값이 관측되었다. 왜도(skewness)값은 해빈의 전형적인 음성왜도(negative skewness)값과 강모래의 특징인 양성왜도(positive skewness)값이 동시에 관측되었다(R. A. Davis, 1985). 왜도는 입도 분포 곡선의 대칭으로부터의 편향을 나타내는 지수로 세립질과 조립질 물질의 존재와 부재가 확연히 나타나는 값이다(H. Blatt, 1980). 4월 관측의 결과에는 해빈의 중앙부 정점 L3와 L4, L5정점들에서 음성의 왜도 값이 나타나고 있으

며, 해수욕장의 측면부 정점들에서는 대체적으로 양성의 왜도 값이 관측되었다. 자갈과 모래의 함유량 백분비는 정점 L1, L2, L3, L4, L8등 해변의 측면부분의 plunge step부근의 정점들에서 자갈의 함유량이 높게 나타나는 것이 특징이다. swash zone은 plunge step과 berm 지역에 비해서 sand의 함유량이 높고, 분급도가 가장 양호한 지역적 특징이 관찰되었다. berm의 경우 plunge step과 swash zone에 비해서 상대적으로 높은 mud의 함유량이 관찰되었다(Table 3.).

3-1-2. 10월 입도분석 결과

전반적으로 4월의 자료에 비해서 퇴적물의 큰 변화가 관찰되지 않는다. sediment type의 경우에도 slightly gravelly sand가 우세하게 나타나고, sand의 함유량이 높은 경향은 여전히 관찰되고 있다(Fig. 16.). 평균입도의 범위는 -0.69Φ (정점 L1-1)~ 1.96Φ (정점 L7-3)로 전체적인 범위의 변화를 살펴보면 세립화가 관찰된다. size class는 very coarse sand에서 Medium sand이며, 대다수의 평균입도는 coarse sand의 class에 속한다. 10월 해변 표층퇴적물의 분급도는 최대 1.40Φ (정점 L8-1), 최소 0.40Φ (정점 L4-2)로 대체적으로 well sorted에서 moderately sorted의 값이 관측되었다. 왜도 또한 4월과 유사하게 음성왜도 값과 양성왜도 값이 동시에 관측되었다(Table 4.). 퇴적물의 gravel과 sand, mud의 함유량 비를 살펴보면 4월과 유사한 점은 plunge step에서 자갈의 함유량이 높게 나타나는 결과는 4월의 경향과 같다. 하지만 4월에 비해서 mud 크기의 퇴적물의 혼재양상이 berm의 시료에서 보다 plunge step과 swash zone에서 관측되는 점은 4월과는 변화된 점이다.

Table 3. Textural parameters of Haeundae beach sediments in April, 2005.

<i>station</i>	<i>Mean size(Φ)</i>	<i>Sortin g(Φ)</i>	<i>Skew e ness</i>	<i>Gravea l(%)</i>	<i>Sand (%)</i>	<i>Mud (%)</i>	<i>Sediment type</i>
<i>L1-1</i>	-0.57	0.76	0.54	27.63	72.37	0.00	gravelly sand
<i>L1-2</i>	0.42	0.76	1.00	2.51	96.69	0.80	slightly gravelly sand
<i>L1-3</i>	0.33	0.80	1.02	3.25	95.82	0.93	slightly gravelly sand
<i>L2-1</i>	-0.68	0.70	0.34	34.04	65.96	0.00	sandy gravel
<i>L2-2</i>	0.81	0.57	1.33	0.12	99.33	0.55	slightly gravelly sand
<i>L2-3</i>	0.89	0.76	0.75	1.13	97.72	1.14	slightly gravelly sand
<i>L3-1</i>	-0.97	0.73	-0.24	42.89	57.11	0.00	sandy gravel
<i>L3-2</i>	0.46	0.49	0.05	0.13	99.87	0.00	slightly gravelly sand
<i>L3-3</i>	0.96	0.66	-0.67	0.94	99.06	0.00	slightly gravelly sand
<i>L4-1</i>	0.06	0.88	-0.10	12.21	87.79	0.00	gravelly sand
<i>L4-2</i>	1.43	0.48	1.95	0.00	99.11	0.89	sand
<i>L4-3</i>	0.88	0.88	0.25	2.20	96.64	1.16	slightly gravelly sand
<i>L5-1</i>	0.29	0.74	-0.14	3.90	96.10	1.16	slightly gravelly sand
<i>L5-2</i>	1.07	0.38	0.09	0.00	100.00	0.00	sand
<i>L5-3</i>	0.73	0.76	-0.46	2.41	97.59	0.00	slightly gravelly sand
<i>L6-1</i>	0.71	0.58	-0.22	0.22	99.78	0.00	slightly gravelly sand
<i>L6-2</i>	1.28	0.51	1.44	0.00	99.34	0.66	sand
<i>L6-3</i>	0.81	0.75	1.06	1.06	97.70	1.24	slightly gravelly sand
<i>L7-1</i>	1.00	0.48	0.11	0.02	99.98	0.00	slightly gravelly sand
<i>L7-2</i>	1.32	0.64	0.17	0.08	99.01	0.91	slightly gravelly sand
<i>L7-3</i>	1.31	0.71	0.87	0.38	99.29	0.33	slightly gravelly sand
<i>L8-1</i>	0.25	1.02	-0.42	15.47	84.53	0.00	gravelly sand
<i>L8-2</i>	1.38	0.57	0.13	0.56	98.63	0.80	slightly gravelly sand
<i>L8-3</i>	1.55	0.56	1.59	0.00	98.54	1.46	sand

Table 4. Textural parameters of Haeundae beach sediments in October, 2005.

<i>station</i>	<i>Mean size(Φ)</i>	<i>Sortin g(Φ)</i>	<i>Skewe ness</i>	<i>Gravea l(%)</i>	<i>Sand (%)</i>	<i>Mud (%)</i>	<i>Sediment type</i>
<i>L1-1</i>	-0.69	0.69	0.38	32.94	67.06	0.00	sandy gravel
<i>L1-2</i>	0.86	1.31	4.76	0.31	96.48	3.21	slightly gravelly sand
<i>L1-3</i>	0.63	0.61	0.25	0.38	99.62	0.00	slightly gravelly sand
<i>L2-1</i>	-0.37	0.79	0.11	23.10	76.90	0.00	gravelly sand
<i>L2-2</i>	0.97	1.05	6.26	0.00	97.99	2.01	sand
<i>L2-3</i>	0.83	0.57	-0.13	0.09	99.91	0.00	slightly gravelly sand
<i>L3-1</i>	-0.56	0.55	0.63	13.50	86.50	0.00	gravelly sand
<i>L3-2</i>	0.26	0.43	0.43	0.06	99.89	0.00	slightly gravelly sand
<i>L3-3</i>	0.79	0.57	-0.19	0.11	99.89	0.00	slightly gravelly sand
<i>L4-1</i>	0.14	1.24	2.66	16.20	82.67	1.13	gravelly sand
<i>L4-2</i>	1.56	0.40	-0.81	0.00	100.00	0.00	sand
<i>L4-3</i>	1.17	0.54	-0.57	0.11	99.89	0.00	slightly gravelly sand
<i>L5-1</i>	0.10	0.80	-0.53	11.17	88.83	0.00	gravelly sand
<i>L5-2</i>	1.45	0.89	4.86	0.21	98.41	1.38	slightly gravelly sand
<i>L5-3</i>	1.42	0.45	-0.53	0.00	100.00	0.00	sand
<i>L6-1</i>	0.26	0.92	-0.29	9.95	90.05	0.00	gravelly sand
<i>L6-2</i>	1.57	1.04	5.70	0.09	97.98	1.93	slightly gravelly sand
<i>L6-3</i>	1.24	0.68	-1.38	1.11	98.89	0.00	slightly gravelly sand
<i>L7-1</i>	-0.54	1.24	2.24	43.71	55.31	0.98	sandy gravel
<i>L7-2</i>	1.18	0.76	-0.83	0.80	99.20	0.00	slightly gravelly sand
<i>L7-3</i>	1.96	1.01	3.61	0.78	97.61	1.61	slightly gravelly sand
<i>L8-1</i>	0.52	1.40	1.03	15.89	82.82	1.29	gravelly sand
<i>L8-2</i>	1.58	1.05	2.17	1.23	95.94	2.83	slightly gravelly sand
<i>L8-3</i>	1.67	0.43	-0.75	0.00	100.00	0.00	sand

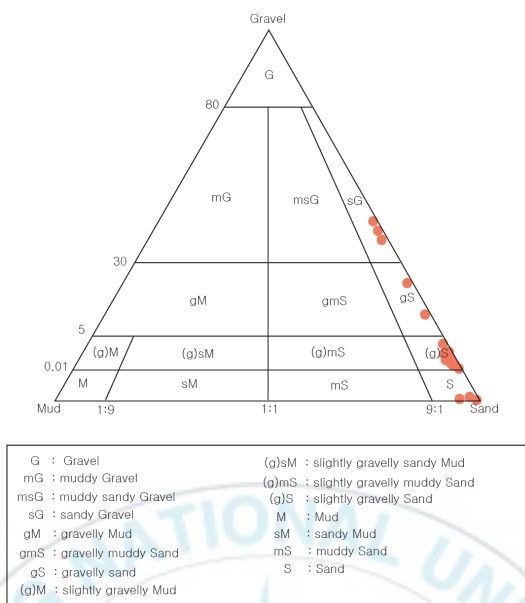


Fig. 15 Triangular diagram for sediment type in April, 2005.

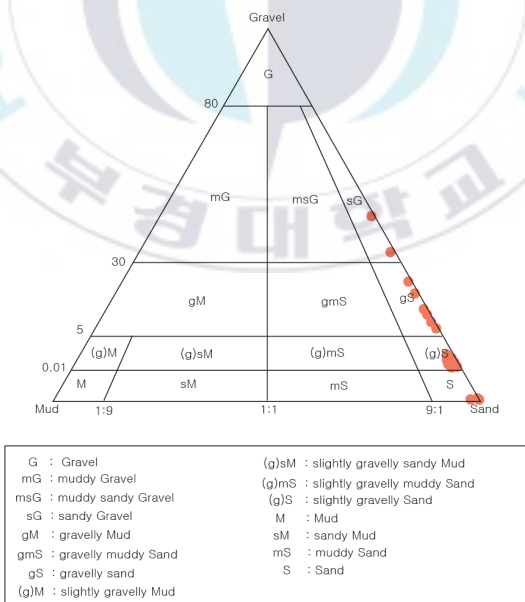


Fig. 16 Triangular diagram for sediment type in October, 2005.

3-1-3. 4월과 10월의 평균입도 수평분포

해운대 해빈의 표층퇴적물 입도 분석 결과를 정점별 위치분포에 따라서 동쪽과 서쪽, plunge step지역과 swash zone, berm 지역으로 분류하여 모식적으로 나타내었다(Fig. 17 ~ Fig. 26).

해운대 해빈의 표층퇴적물의 2005년 4월의 평균입도의 수평분포(Fig. 17.)는 해운대 해빈의 동백섬 쪽의 해빈이 달맞이 고개 쪽 해빈에 비해서 조립한 특징을 보여주고 있으며, plunge step의 표층퇴적물이 berm의 표층퇴적물보다 상대적으로 조립하게 관측되었다. 즉 해빈에서 연안 쪽 방향으로 가면서 조립한 양상을 관측할 수 있었다. 가장 조립한 지역은 동백섬 방향의 해빈의 정점 L1-1, L2-1, L3-1등으로 약 -5.0Φ 이상의 coarse sand 크기의 퇴적물들이 분포하는 것으로 관측이 되었고, 달맞이 고개 방향의 해빈에서는 약 1Φ 이상의 medium sand 크기의 평균입도를 관측되었다.

2005년 10월의 평균입도의 수평분포(Fig. 18.)는 4월에 비해서 전체 해빈 표층퇴적물의 세립화가 관찰된다. 해빈의 전면의 plunge step의 정점들에서는 달맞이 고개 쪽과 동백섬 쪽의 동서의 평균입도의 차이가 4월에 비해서 크게 나타나지 않고 있다. 달맞이 고개 부근의 정점의 plunge step 정점들의 표층퇴적물이 4월에는 $0.5\Phi \sim 1.0\Phi$ 의 평균입도 값이 관측되었으나 10월에는 $0.0\Phi \sim 0.5\Phi$ 로 평균입도가 조립하게 변화한 것이다. swash zone과 berm지역의 표층퇴적물에서는 4월과 유사하게 동백섬방향의 해빈 표층퇴적물들이 조립($0.5\Phi \sim 1.0\Phi$)하고 달맞이 고개 방향의 표층퇴적물들이 세립(1.5Φ 이상)한 경향이 10월에도 관측이 되었다.

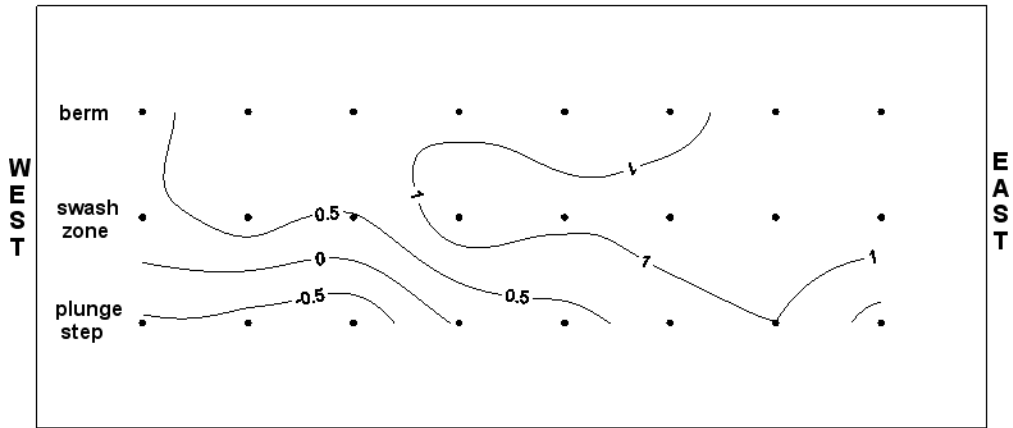


Fig. 17 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in April, 2005.

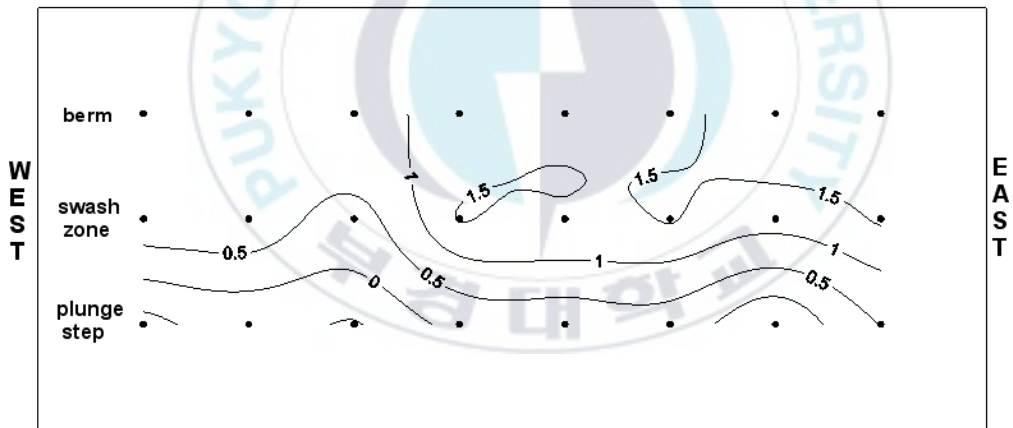


Fig. 18 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in October, 2005.

3-1-4. 4월과 10월의 분급도 수평분포

해운대 해변 표층퇴적물의 2005년 4월 표층퇴적물 분급도의 수평분포(Fig. 19.)는 해변의 중앙부분의 swash zone의 표층퇴적물의 분급도가 가장 양호(well)하고 해변의 중앙지역을 기준으로 해변의 측면 부분과 berm, plunge step지역에서는 표층 퇴적물의 분급도가 상대적으로 불량(poorly) 하다. 해수욕장 중앙의 L4-2, L5-2, L6-2번 정점에서 가장 양호한 표층퇴적물의 분급도(0.5Φ 이하)가 관측되었으며, L8-1번 정점에서 가장 불량한 분급도(0.9Φ 이상)가 관측되었다.

10월의 표층퇴적물 분급도의 분포(Fig. 20.)는 4월에 비해서 좀 더 다양한 구간의 분급도와 전반적으로 표층퇴적물 분급도의 불량(poorly)함이 관측된다. 해변의 중앙 부분에서 표층퇴적물 분급도의 양호함(0.5Φ 이하)은 관측이 되나 양호한 분급도의 분포 범위가 4월에는 L3~L6까지 였으나, 10월에는 L3, L4로 양호한 분급도를 갖는 정점들이 작아 졌으며, 정점 L3와 L4의 swash zone과 berm으로 한정되어 있다. 4월의 표층퇴적물의 분포 경향과 유사하게 해변의 양쪽 측면 지역의 분급도가 불량하게 나타나고 있고, 정점 L4-1에서 또한 분급도가 불량하게 관측되었다(0.8Φ 이상).

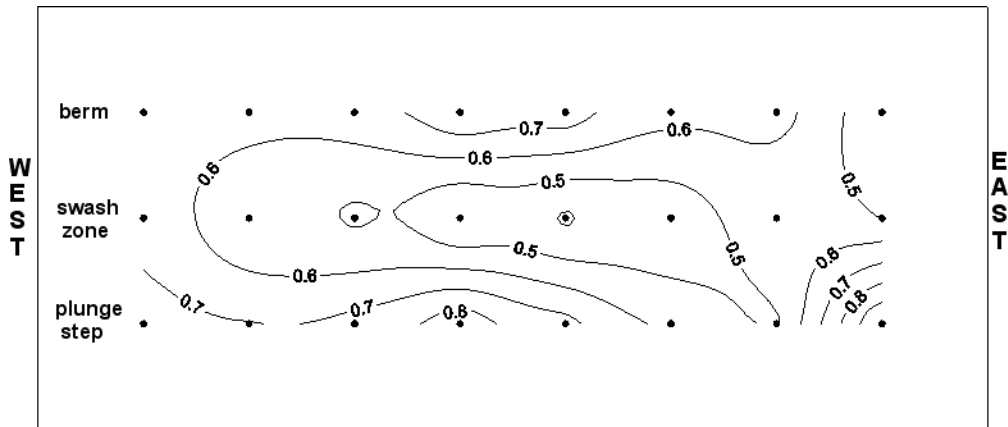


Fig. 19 Sorting (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in April, 2005.

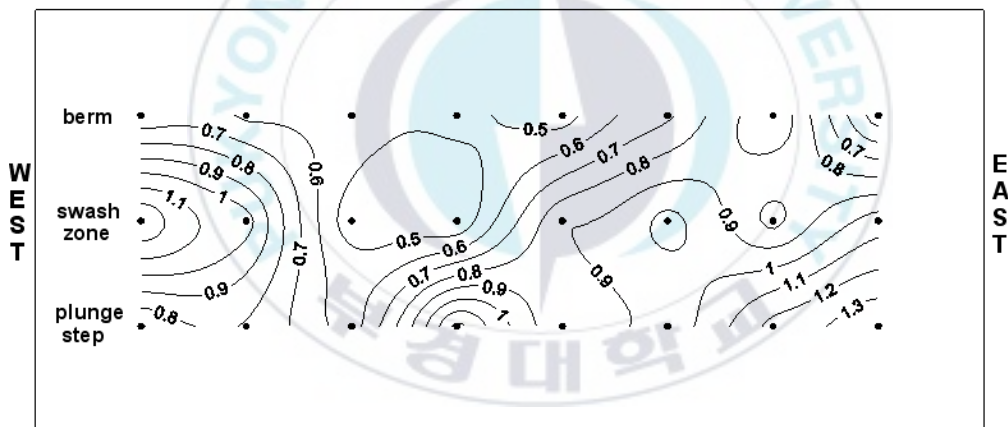


Fig. 20 Sorting (in Φ unit) of Haeundae beach sediment in October, 2005.

3-1-5. 4월과 10월의 왜도 수평분포

2005년 4월 해운대 해변 표층퇴적물 왜도 수평분포(Fig. 21.)는 기준 왜도 값인 0 값을 기준으로 자료를 관찰하였다. 해변의 전형적인 왜도 값인 음성왜도(negative skewness)값이 해운대 해변에서 관측이 되었고, 그 분포특성은 전반적으로 swash zone에서부터 berm 지역으로 음성 왜도 값이 관측되었다. 양성왜도(positive skewness)가 관측되는 지역은 해변의 서쪽인 동백섬 부근의 해변지역이다.

2005년 10월의 해변 표층퇴적물의 왜도 수평분포(Fig. 22.)는 4월과는 큰 차이점을 보여주고 있다. 전반적으로 양성왜도 값이 관측되는 정점들이 늘어났으며, swash zone과 berm의 지역까지 양성왜도의 값들이 관측되고 있다. 음성왜도가 나타나는 정점들은 정점 L4-2와 L7-2의 swash zone과 정점 L3-3, L4-3, L5-3, L6-3, L8-3의 해변의 전면 berm지역으로 한정되어졌다. 또한 각 정점 사이의 표층퇴적물의 왜도 값의 차이가 4월에 비해서 크게 관측되었다.

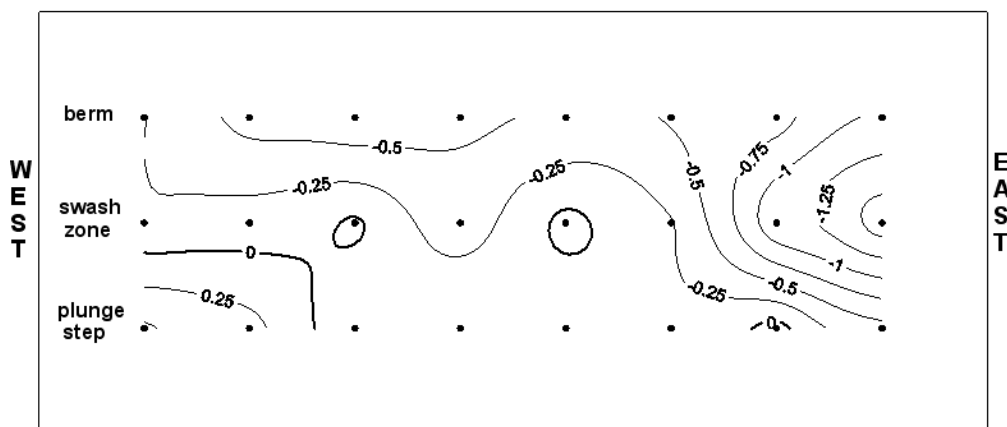


Fig. 21 Skewness of Haeundae beach sediment in April, 2005.

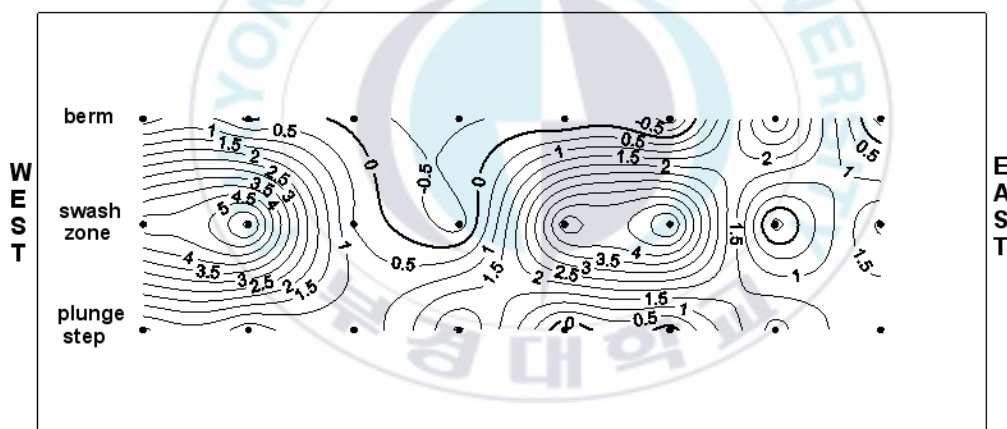
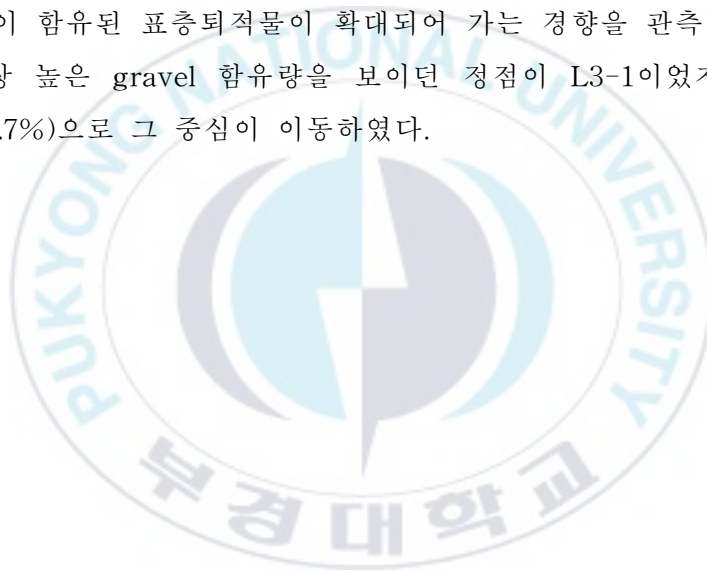


Fig. 22 Skewness of Haeundae beach sediment in October, 2005.

3-1-6. 4월과 10월의 Gravel 함유량 수평분포

2005년 4월 해운대 해빈의 표층퇴적물의 gravel의 함유량 분포(Fig. 23.)는 plunge step지역에서 gravel의 함유량이 높게 나타나고 있고 동백섬 해빈지역에서 높게 나타나는 특징(최대 42%)이 관측되었다. 또한 해빈의 달맞이고개 방향 해빈 정점 L8-1에서도 자갈의 함유량이 높게 관측된다. 가장 많은 gravel의 함유량을 보이는 정점은 정점 L3-1의 정점이다.

2005년 10월 gravel의 함유량 분포(Fig. 24.)는 4월에 비해서 해수욕장의 중앙부분(정점 L6, L7)까지 gravel의 함유량이 높게 나타나며(10% ~ 15%), gravel이 많이 함유된 표층퇴적물이 확대되어 가는 경향을 관측할 수 있었다. 4월에는 가장 높은 gravel 함유량을 보이던 정점이 L3-1이었지만 10월에는 L7-1정점(43.7%)으로 그 중심이 이동하였다.



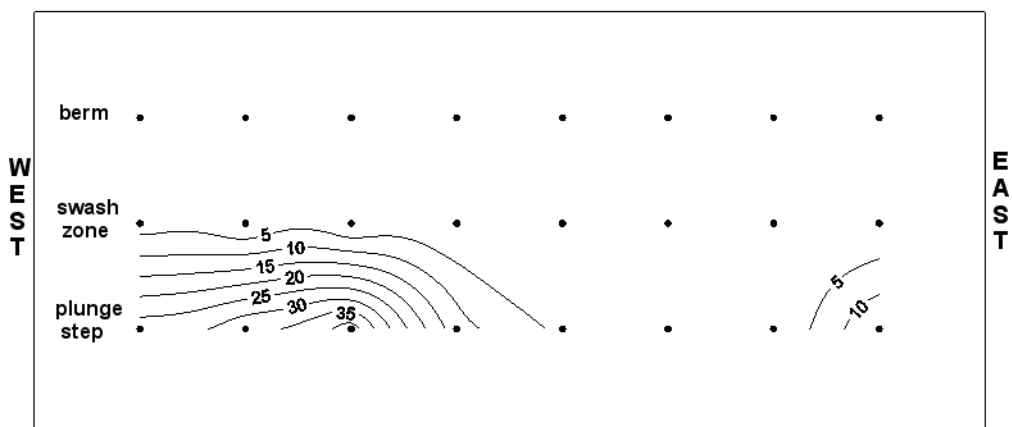


Fig. 23 Gravel content (in %) of Haeundae beach sediment in April, 2005.

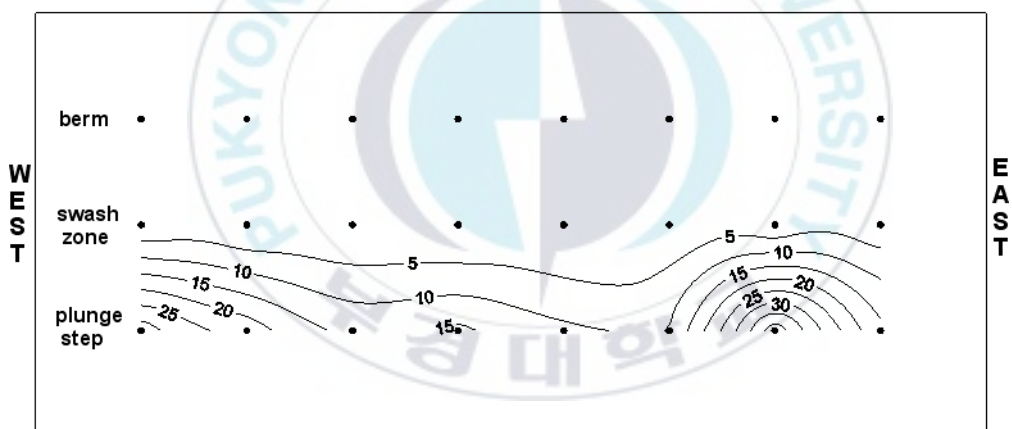


Fig. 24 Gravel content (in %) of Haeundae beach sediment in October, 2005.

3-1-7. 4월과 10월의 Sand의 함유량 수평분포

해운대 해빈의 2005년 4월 Sand의 수평분포(Fig. 25.)의 특징은 berm 지역에서 그 함유량이 높게 나타나고 plunge step으로 가면서 낮아지는 것이 관찰되었다. 정점 L6, L7의 경우에는 plunge step에서도 높은 sand의 함유량을 볼 수 있다. 즉 전체적으로 해수욕장 해빈의 중앙부분과 berm지역에서의 sand의 함유량이 높게 관측되었다.

2005년 10월 sand의 수평분포(Fig. 26.)는 4월에 비해서 plunge step의 지역에서 함유량이 감소하고 있고, L6-1, L7-1에서도 sand의 함유량이 낮아지는 것을 관측 할 수 있었다. 이는 gravel의 함유량이 높아지는 것과 역의 상관관계를 보여주고 있다. 하지만 동백섬쪽의 해빈 berm지역에서는 여전히 sand의 함유량이 높게 관측되었다.

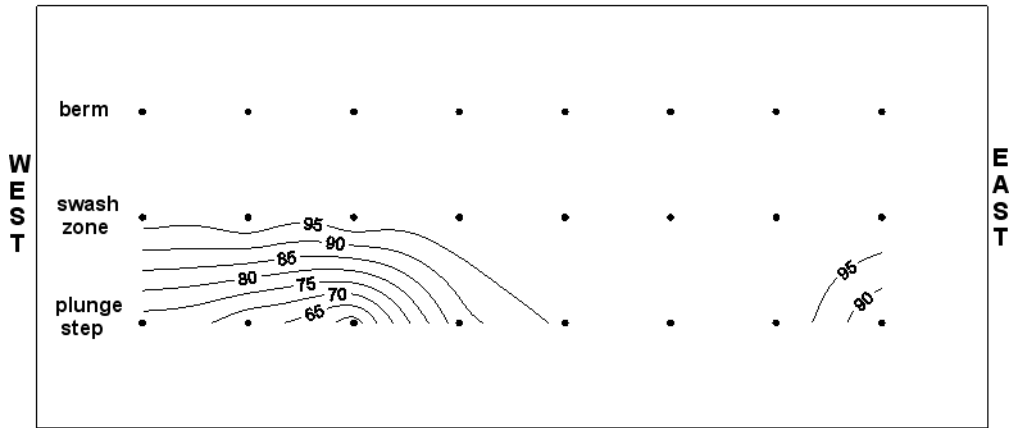


Fig. 25 Sand content (in %) of Haeundae beach sediment in April, 2005.

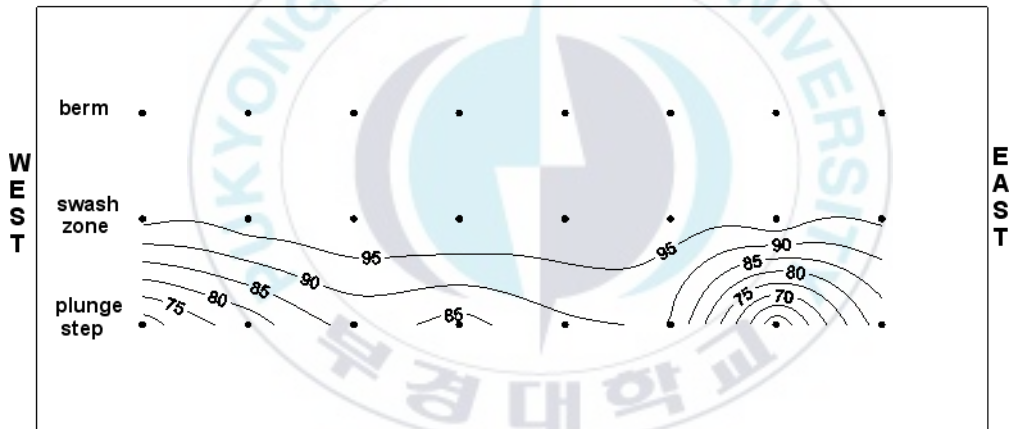


Fig. 26 Sand content (in %) of Haeundae beach sediment in October, 2005.

3-2. 연안 표층퇴적물 입도 분석

해운대 해수욕장 전면의 연안에서 해저 표층퇴적물을 2005년 4월과 2005년 10월에 von veen grab을 이용하여 채취하여 입도 분석하였다. 4월의 정점 H18, H20, H21의 경우와 10월의 추가적으로 H28, H29의 정점은 양식장이 존재하여 퇴적물 시료를 획득하지 못하였다. 그 외에 정점들에서는 저층이 암반이거나 수심이 깊어서 선박으로 정점위치까지 진입할 수 없는 경우에 시료를 획득하지 못하였다.

3-2-1. 4월 입도분석 결과

2005년 4월의 해운대 해수욕장연안의 표층퇴적물은 대부분 sand 가 우세하게 나타나는 환경이었다. 특히 해운대 해수욕장 근처의 정점(H13, H14, H15, H16, H23, H24, H35) 들에서 sand의 함량이 높게 관측되었다. 동백섬과 달맞이 고개의 주변의 정점들 그리고 해운대 해수욕장 중앙과 동쪽 지역의 암초지역에서는 저층이 암반인 지역이 관측되었다. 표층퇴적물들의 평균입도의 분포는 최대 -0.79Φ (정점 H7)에서 4.40Φ (정점 H1)으로 very coarse sand에서 coarse silt로 sediment class가 아주 넓은 범위의 퇴적물들이 관측이 되었다. 분급도 또한 평균입도와 유사하게 0.53Φ (정점 H23)~ 4.07Φ (정점 H44)까지 다양하게 관측되었다. sediment type 분류 diagram(Fig. 27.)에서 살펴보면 전반적으로 sand가 우세하게 나타나고 gravel과 mud의 순서로 퇴적물들이 관측되고 있다. 왜도의 값은 해변에 가까운 정점 H15와 H23에서 음성 왜도가 관측되었으며, 그 외의 정점들에서는 양성왜도 값이 관측되었다(Table 5.).

3-2-2. 10월 입도분석 결과

2005년 10월의 입도분석 결과에서는 전반적으로 mud와 gravel의 함유량이 높아지는 것을 관측할 수 있었다(Fig. 28.). 평균입도의 경우 -2.50Φ (정점 H3)

~ 6.67 Φ (정점 H32)로 pebble에서부터 fine silt까지 매우 큰 범위가 관측되었다. 분급도는 0.43 Φ (정점 H25) ~ 4.03 Φ (정점 H9)로 전반적으로 4월의 분급도와 유사하게 관측되었다. 4월과 같이 해수욕장 주변의 정점들에서 sand의 함량이 높게 나타나고 외해쪽으로 가면서 mud의 함량이 증가하였다(정점 H1, H10, H40). 왜도 값은 정점 H1, H6, H14, H15, H16, H23, H25, H26정 점에서 음성 왜도 값이 관측되었다(Table 6.).

Table 5. Textural parameters of Haeundae nearshore sediments in April, 2005.

station	Mean size(Φ)	Sorting (Φ)	Skewness	Gravel l(%)	Sand (%)	Mud (%)	Sediment type
H1	4.40	3.93	0.30	7.05	44.83	48.11	gravelly sand
H2	0.22	2.31	2.59	32.68	60.85	6.48	sandy gravel
H3	0.25	1.36	3.53	12.98	84.95	2.07	gravel sand
H6	1.65	1.25	1.73	4.11	39.97	1.93	slightly gravelly sand
H7	-0.79	1.95	3.39	66.25	30.14	3.61	sandy gravel
H8	2.84	3.89	0.82	10.54	54.56	34.89	gravelly muddy sand
H10	0.94	3.23	1.65	30.27	54.17	15.55	muddy sandy gravel
H11	0.37	3.28	1.85	45.55	40.64	13.82	muddy sandy gravel
H12	2.38	2.08	1.94	3.92	87.02	9.06	slightly gravelly sand
H13	1.97	1.01	3.88	0.96	97.07	1.97	slightly gravelly sand
H14	0.32	1.31	0.07	22.64	77.19	0.17	gravelly sand
H15	1.64	0.61	-0.45	0.17	99.43	0.40	slightly gravelly sand
H16	2.07	0.81	3.44	0.27	98.72	1.01	slightly gravelly sand
H17	2.14	1.82	2.55	1.79	91.38	6.84	slightly gravelly sand
H19	0.47	2.94	2.11	38.07	49.52	12.42	muddy sandy gravel
H23	1.86	0.53	-0.80	0.18	99.82	0.00	slightly gravelly sand
H24	1.67	0.67	0.54	0.57	98.85	0.58	slightly gravelly sand
H28	-0.13	2.01	3.23	35.91	59.21	4.88	sandy gravel
H33	-0.09	2.04	3.40	20.46	73.83	5.72	gravelly sand
H35	1.89	0.93	3.57	0.34	98.00	1.66	slightly gravelly sand
H44	2.81	4.07	0.58	16.26	39.87	43.87	gravelly mud
H47	0.18	1.95	3.09	20.13	75.20	4.67	gravelly sand
H48	0.03	3.31	1.96	58.04	27.80	14.16	muddy sandy gravel

Table 6. Textural parameters of Haeundae nearshore sediments in October, 2005.

station	Mean size(Φ)	Sorting (Φ)	Skewe ness	Graveal (%)	Sand (%)	Mud (%)	Sediment type
H1	5.99	2.95	-0.08	0.43	23.97	75.60	slightly gravelly sandy mud
H2	-0.94	0.83	2.58	54.27	45.73	0.00	sandy gravel
H3	-2.50	0.00		100.00			gravel
H6	1.96	0.59	-0.30	0.00	100.00	0.00	sand
H8	0.69	1.67	2.52	13.32	81.86	4.81	gravelly sand
H9	2.37	4.03	0.48	41.73	17.97	40.30	muddy gravel
H10	5.68	2.89	0.04	0.81	27.78	71.41	slightly gravelly sandy mud
H13	0.62	1.05	0.24	4.23	95.77	0.00	slightly gravelly sand
H14	1.59	0.49	-0.66	0.08	99.92	0.00	slightly gravelly sand
H15	1.79	0.59	-1.03	0.37	99.63	0.00	slightly gravelly sand
H16	2.09	0.65	-0.03	0.00	100.00	0.00	sand
H22	2.08	1.07	5.13	0.00	97.09	2.91	sand
H23	1.80	0.55	-0.85	0.08	99.92	0.00	slightly gravelly sand
H25	1.50	0.43	-1.02	0.00	100.00	0.00	sand
H27	0.18	1.84	3.18	7.87	85.67	6.46	gravelly sand
H30	1.26	2.32	1.91	6.77	80.90	12.33	gravelly muddy sand
H31	1.73	2.40	1.73	6.36	78.65	15.00	gravelly muddy sand
H32	6.67	2.16	0.25	0.00	4.43	95.57	mud
H33	1.19	2.89	1.90	6.95	75.21	17.84	gravelly muddy sand
H34	0.58	1.78	2.60	8.27	87.08	4.65	gravelly sand
H37	2.18	3.11	1.14	0.25	71.60	28.15	slightly gravelly muddy sand
H38	-1.03	1.28	0.56	46.60	53.40	0.00	sandy gravel
H40	3.98	3.85	0.10	8.46	38.04	53.49	gravelly mud
H41	-2.19	0.87	3.07	89.90	10.10	0.00	gravel
H42	1.61	2.86	1.67	4.59	77.60	17.81	slightly gravelly muddy sand
H44	1.98	2.58	2.03	0.83	82.32	16.86	slightly gravelly muddy sand
H45	1.86	3.68	1.17	15.89	58.47	25.64	gravelly muddy sand
H46	3.00	3.85	0.57	9.83	48.33	41.84	gravelly muddy sand
H47	0.54	0.78	0.54	0.62	99.38	0.00	slightly gravelly sand

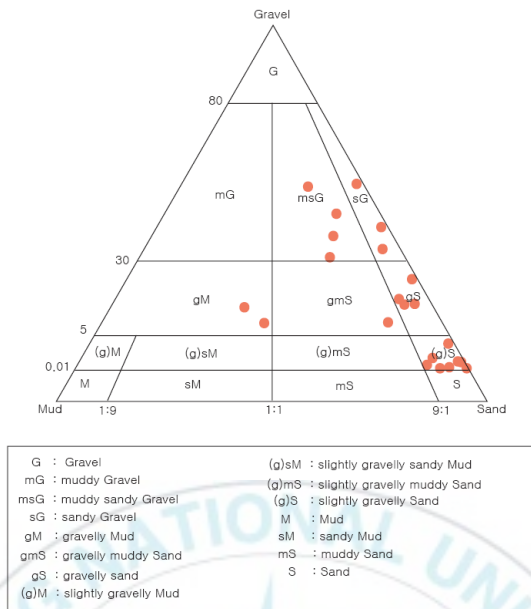


Fig. 27 Triangular diagram for sediment type in April.

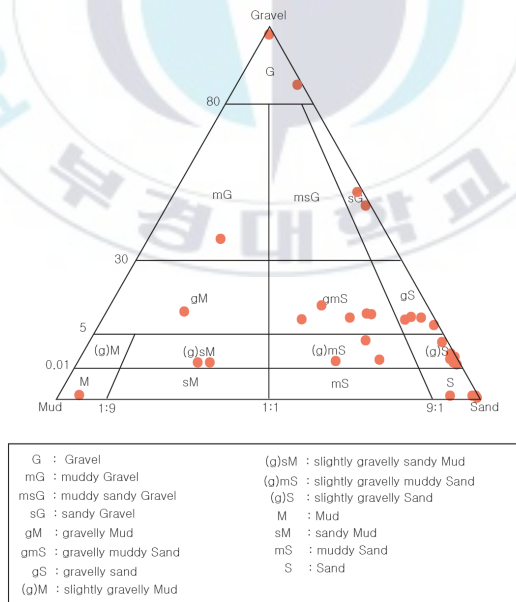


Fig. 28 Triangular diagram for sediment type in October.

3-2-3. 평균입도의 수평분포

2005년 4월의 해운대 해수욕장 연안의 표층퇴적물의 평균입도 수평분포(Fig. 29.)는 동백섬 전면에서 표층퇴적물의 평균입도가 조립하게 관측되며, 해수욕장과 해수욕장 전면의 암초 지역근처에서 표층퇴적물의 평균입도가 조립하게 관측되었다. 해수욕장 부근의 정점들에서는 서쪽의 평균입도가 중앙부분과 동쪽 보다 표층퇴적물의 평균입도가 조립하게 관측되었으며, 해수욕장에서 연안 방향으로의 표층퇴적물 세립화의 경향을 관측 할 수 있었다. 2005년 10월의 평균입도 분포(Fig. 30.)에서는 동백섬 전면의 조립질 퇴적물이 관측되고, 2005년 10월 해수욕장 부근의 sand 크기의 평균입도를 가진 표층 퇴적물이 분포하는 특징은 4월과 같으나, 외해 쪽에서 부터의 mud크기의 퇴적물이 증가하는 것을 관측할 수 있었다. 또한 동쪽 지역의 암초 주위에서 불규칙한 형태와 크기의 퇴적물들이 4월에는 채취 되지 않았었던 정점들에서 채취되었고, 그 평균입도 또한 0.5Φ 의 조립질의 sand가 관측되었던 4월에 비해 10월에는 $-2.0\Phi \sim 2.0\Phi$ 까지 다양한 크기의 표층퇴적물의 평균입도 변화가 관측되었다.

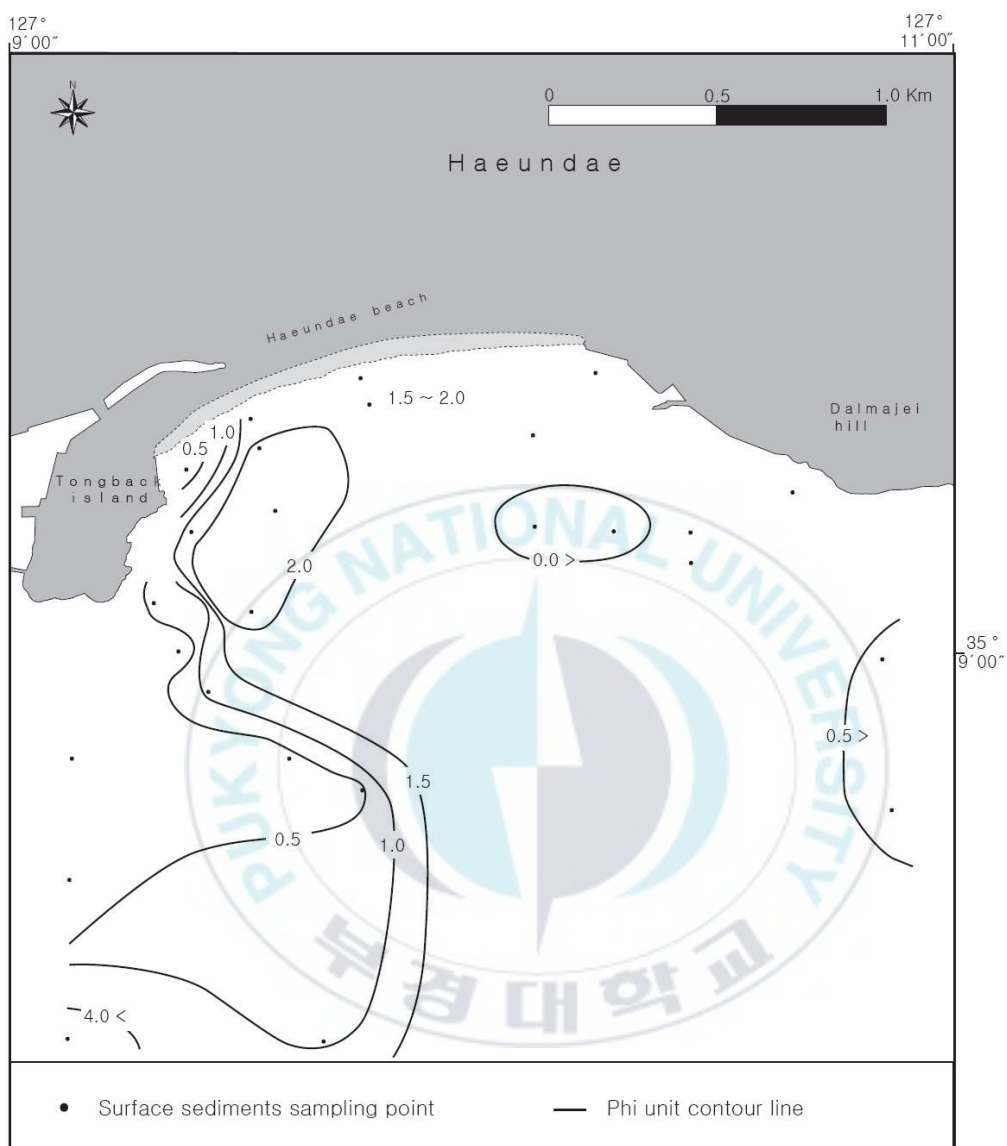


Fig. 29 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in April, 2005.

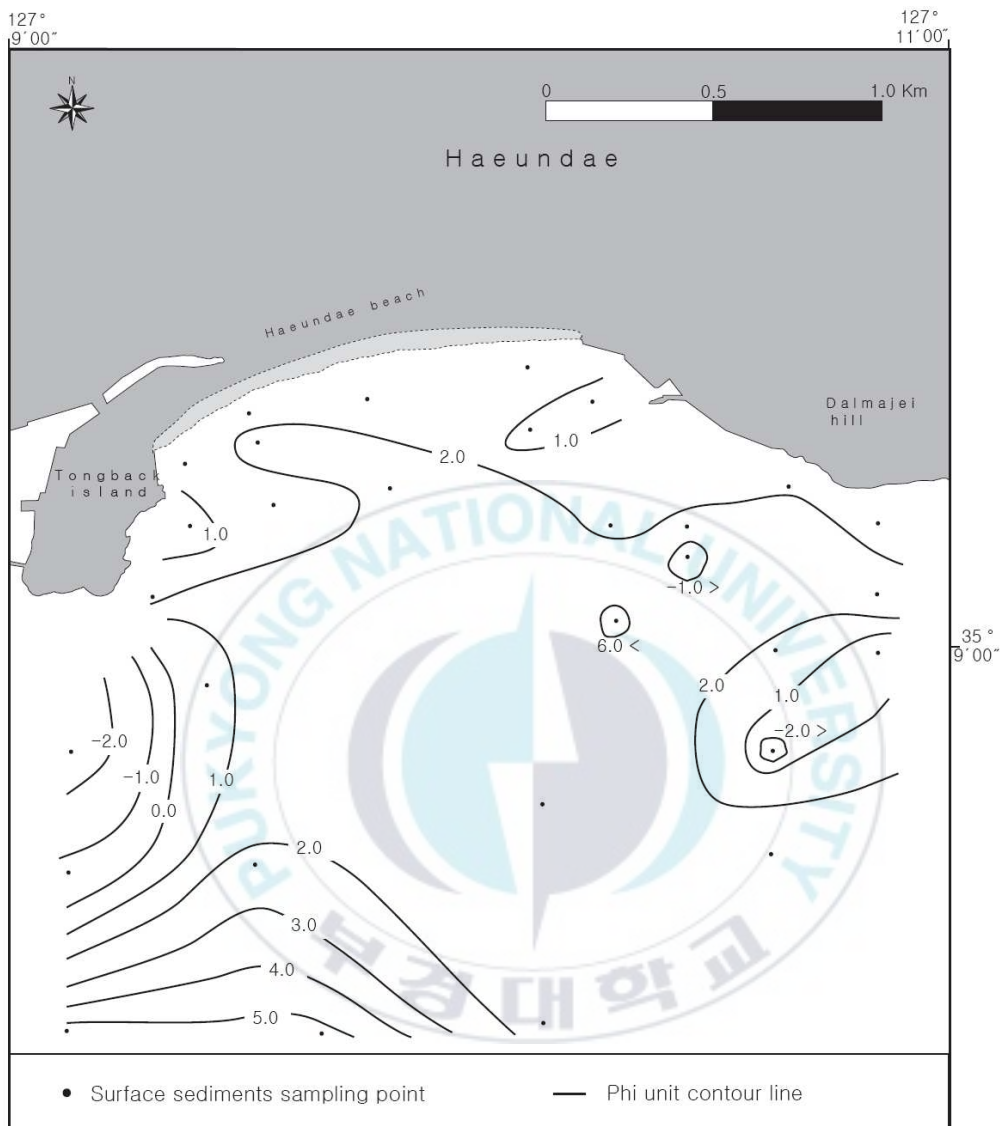
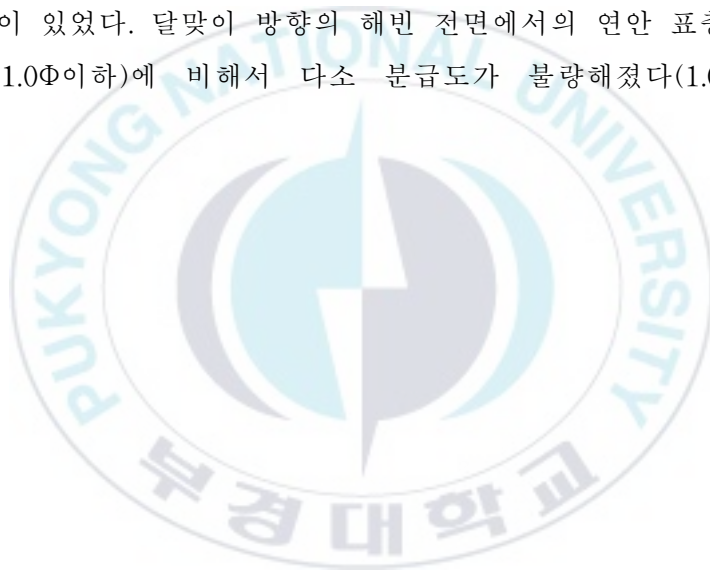


Fig. 30 Mean grain size (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in October, 2005.

3-2-4. 분급도의 수평분포

해운대해수욕장 연안의 표층퇴적물의 분급도의 수평분포는 2005년 4월에는 해빈에서부터 외해쪽 방향으로 분급도의 불량(poorly)함이 관측이 되었다. 또한 동백섬 전면의 연안의 표층퇴적물의 경우 분급도가 불량(3.0Φ 이상)하게 관측되었다. 해빈 근처의 정점들에서는 대다수 양호한 분급도(1.0Φ 이하)가 관측되었다(Fig. 31.). 2005년 10월에도 해빈에서 외해쪽 방향으로 불량한 분급도의 경향은 바뀌지가 않았었고 동백섬 부근의 정점들에서는 분급도가 양호하게 변화하는 특징이 있었다. 달맞이 방향의 해빈 전면에서의 연안 표층퇴적물의 분급도는 4월(1.0Φ 이하)에 비해서 다소 분급도가 불량해졌다($1.0\Phi\sim 2.0\Phi$)(Fig. 32.).



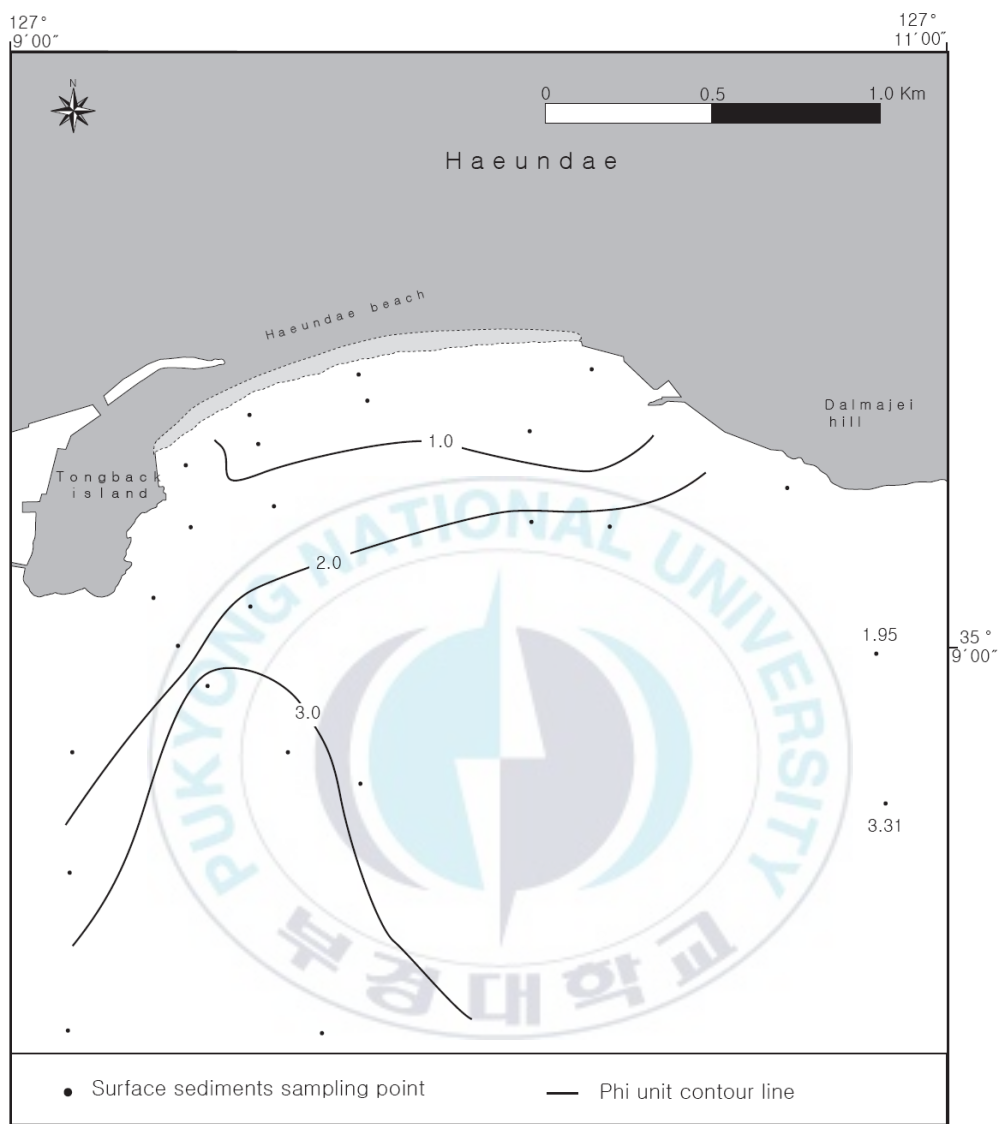


Fig. 31 Sorting (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in April, 2005.

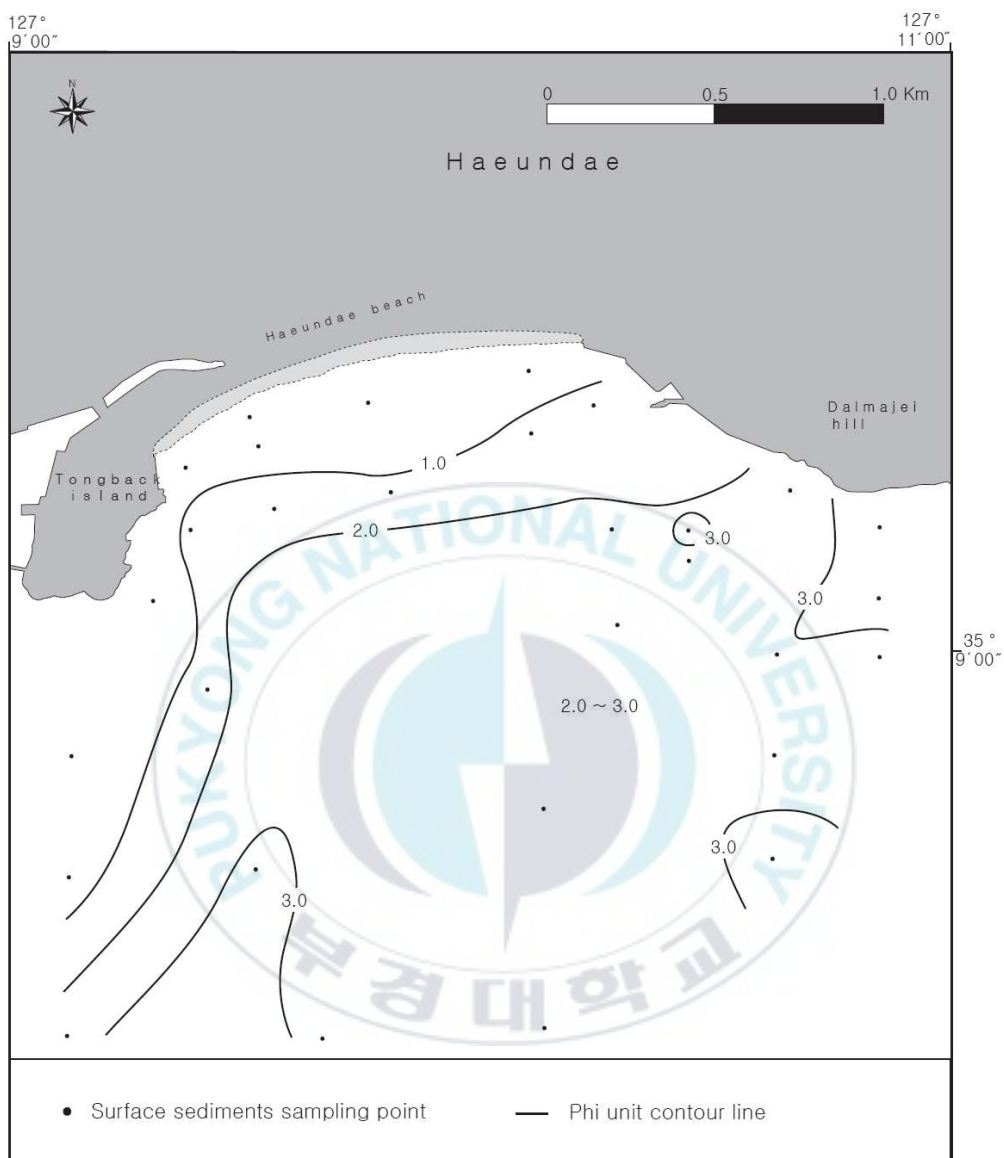


Fig. 32 Sorting (in Φ unit) of Haeundae nearshore surface sediment in October, 2005.

3-3. 퇴적상 분포

해운대 해수욕장 연안의 표층퇴적물의 퇴적물 입도 조직특성을 이용하여 4개의 상(facies)으로 퇴적상을 분리하였다(Table 7.). 퇴적상을 분리한 기준은 구성 성분에서 gravel, sand, mud 가 각 표층퇴적물 중에서 최대의 함량비를 갖는 성분을 중심으로 하였고 저층이 암반(Rocky bottom)인 저층도 하나의 상으로써 구분하였다.

Table 7. Classification of sediment facies

sediment facies	sediment type
Facies I (Sand group)	Sand
	muddy Sand
	slightly gravelly sand
	slightly gravelly muddy sand
	gravelly sand
	gravelly muddy sand
Facies II (Gravel group)	Gravel
	muddy Gravel
	muddy sandy Gravel
	sandy Gravel
Facies III (Rocky bottom)	Rocky bottom
Facies IV (Mud group)	Mud
	sandy Mud
	slightly gravelly Mud
	slightly gravelly sandy Mud
	gravelly Mud

해운대 해변 연안의 2005년 4월의 퇴적상(Fig. 33.)은 해운대 해변 인근의 지역과 동백섬의 앞쪽 정점 해저 표층퇴적물 채취정점 H3, H8 과 달맞이 고개 전면의 정점 H47에서 Facies I 이 관측되며, Facies II가 나타나는 지역은 해운대 해수욕장 전면 중앙의 암초 주위와 동백섬 전면 부분에서 관측되었다. Facies III는 암반으로써 해운대 해수욕장 연안의 암초의 위치와 같다. Facies IV는 H1의 정점과 H44정점에서 관측되었다. 2005년 10월의 퇴적상(Fig. 34.)은 2005년 4월에 비해서 동백섬 전면의 암반(Rocky bottom)부분과 해수욕장

부근의 Facies I 이 관측되는 것은 같으나 정점 H3, H8등에서 퇴적상이 Facies III에서 Facies I 으로 변화한 것을 관측할 수 있었다. 그리고 외해 쪽에서의 Facies IV의 면적이 증가하였고, 해수욕장 부근의 Facies I 이 해변의 서쪽 지역에서 외해 쪽으로 면적이 증가한 것을 관측할 수 있었다.

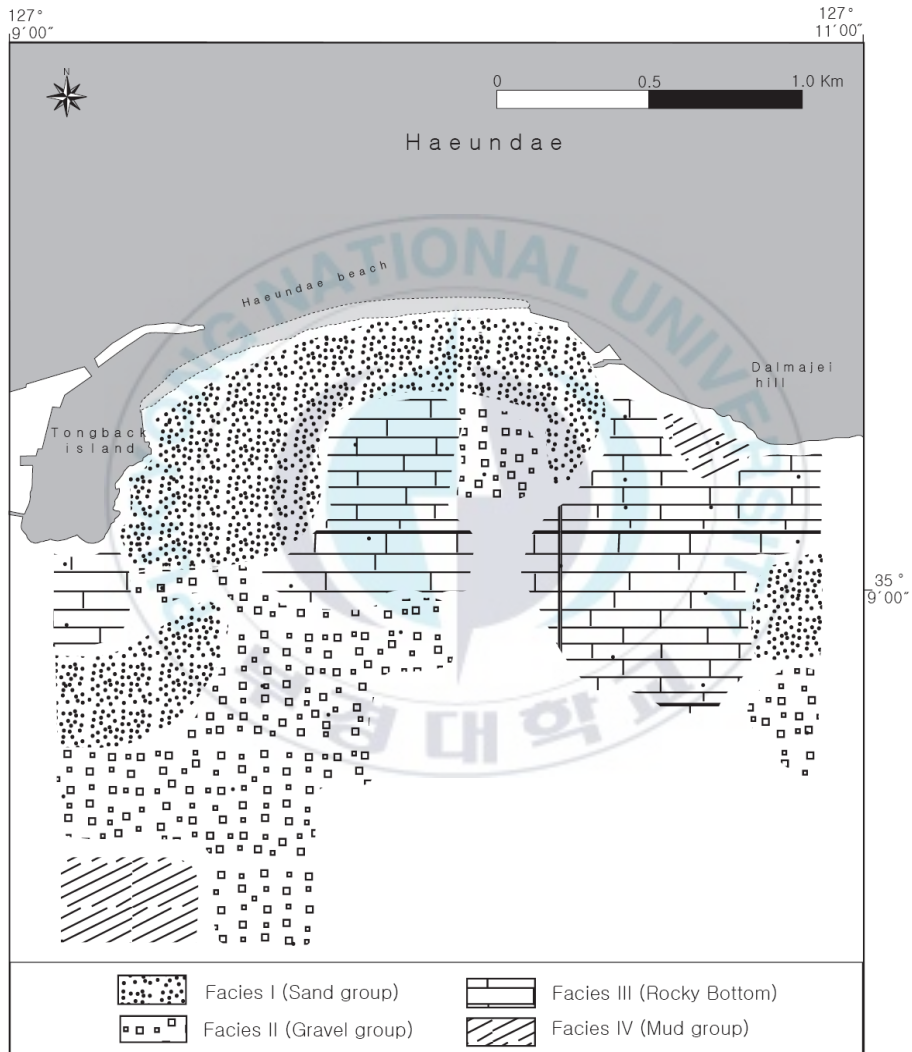


Fig. 33 Sediment facies of Haeundae nearshore in April, 2005.

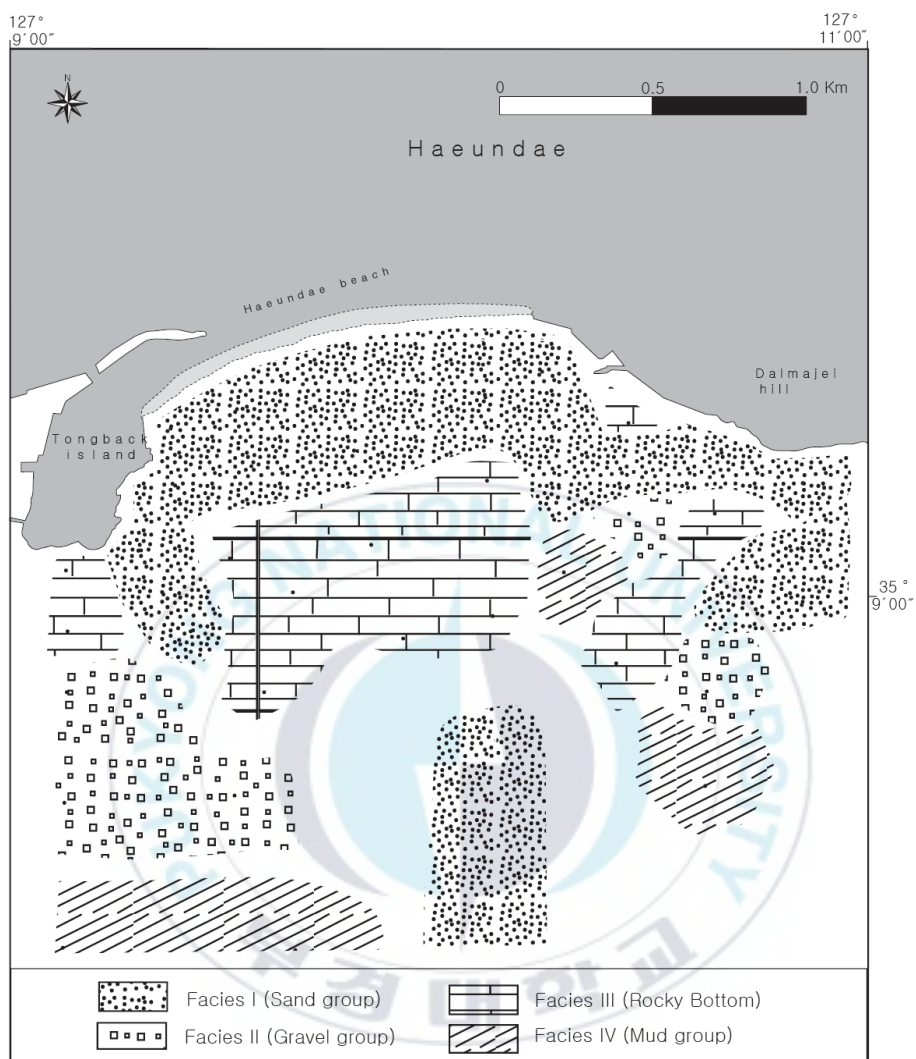


Fig. 34 Sediment facies of Haeundae nearshore in October, 2005.

IV. 고찰

해운대 연안의 모래퇴적상의 이동 경향

해운대 해수욕장 전면에 발달 되어 있는 sand 크기의 퇴적상은 본 연구 조사 기간 동안 퇴적상의 이동이 관측되었다. 4월의 퇴적상(Fig. 33.) 동백섬 인근 지역에서 sand크기의 퇴적상이 발달 되어 있으며, 미포항 까지 sand크기의 퇴적상이 분포가 관측이 되며, 달맞이 고개 전면에서는 암반이 노출되어 있는 것으로 관측이 되었다. 10월의 결과는(Fig. 34.) 4월과 비교해 동백섬 부근 지역에서의 sand크기의 퇴적상의 분포 범위가 감소한 것을 알 수 있으며, 달맞이 부근 지역에서 sand 크기의 퇴적상이 관측되었다. 정(1998)의 연구 결과에 따르면, 해운대 해수욕장에서 3월과 5월까지의 동에서 서쪽으로 퇴적물의 이동이 크게 관측되고, 8월과 10월에는 서쪽에서 동쪽으로 흐르는 연안퇴적물의 이동이 관측된다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과에서 sand 크기의 퇴적상이 4월에는 서쪽에 넓은 범위에 존재 하고, 10월에는 동쪽의 달맞이 부근으로 전반적인 이동이 일어난 것으로 관측된 것과 같은 결과이다. 즉 연안 해류흐름에 의해서 여름철과 가을철에는 sand 크기의 퇴적물들이 서쪽에서 동쪽으로 이동하는 경향이 나타나는 것으로 사료된다.

지형 변화의 원인과 퇴적물의 이동양상

본 연구의 지형 결과를 비교하여 보면 해빈의 경우 동백섬 부근의 해빈에서는 퇴적현상이 관측되었고, 달맞이 고개 방향의 해빈에서는 침식이 관측되었다. 해빈의 중앙부분에서는 전체적으로 퇴적과 침식이 큰 변화의 양상은 보이지 않는바 해빈 퇴적물이 유지되는 결과를 관측 하였다. 해저 지형의 변화의 경우 동백섬 부근에서의 상부지역에서의 퇴적물의 침식이 관측되었고, 하부지역에서는 퇴적이 일어나는 것으로 관측 되었다. 해빈 전면의 해저 중앙부분에

서는 sand의 크기의 퇴적물들이 퇴적이 일어난 것으로 관측이 되었고, 달맞이 고개 쪽의 해저에서는 전체적인 유지가 관측되었다(Fig. 35.).

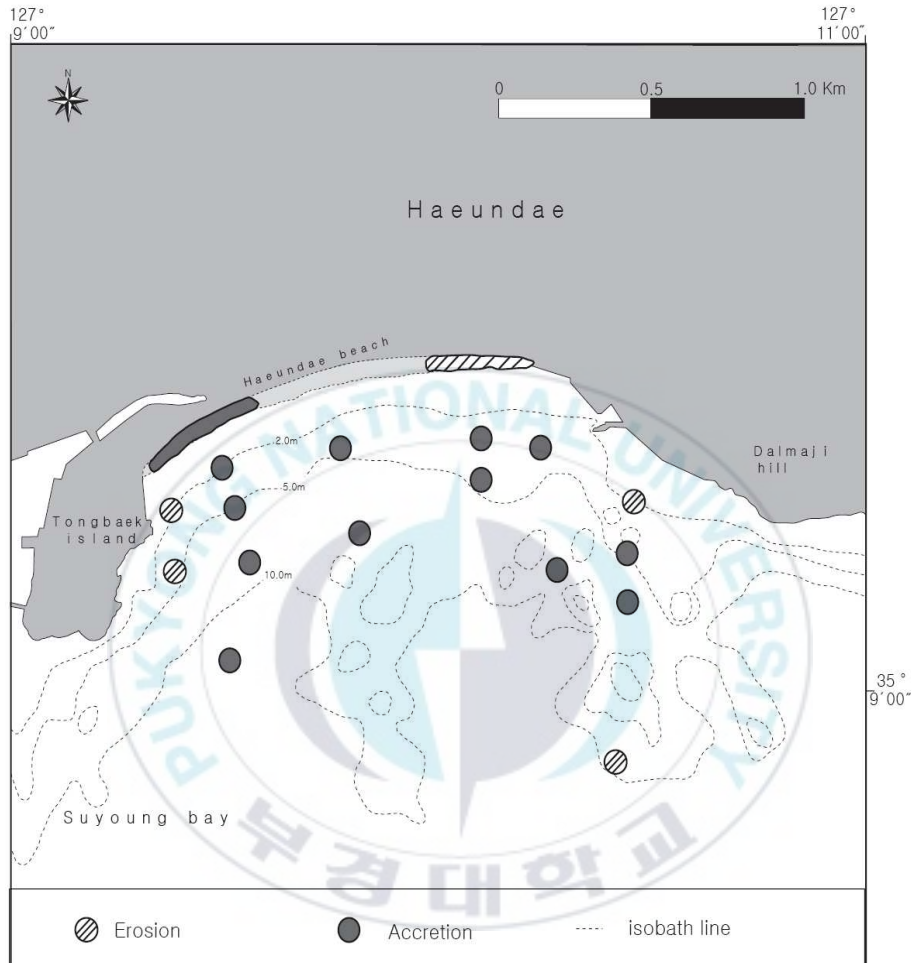


Fig. 35 Areas showing net accretion and net erosion after beach nourishment.

해빈의 서쪽에서는 퇴적이 동쪽에서는 침식이 발생한다. 그 원인은 해운대 연안의 해류에 의한 퇴적물의 이동일 것이다. 해운대 연안의 일반적인 연안류의 흐름은 해빈의 동쪽에서는 서쪽으로, 해빈의 서쪽에서는 동쪽 방향으로 흐르는 연안류가 흐르고, 파라다이스 호텔(해빈 정점 L7) 부근에서 외해로 빠져나가는 이안류(rip current)가 존재하는 형태이다. 해류에 의한 물질 수송량 계

산 결과 동쪽에서 서쪽 방향의 해류 수송량이 서쪽에서 동쪽 방향으로 흐르는 해류 수송량에 비해서 크다(정, 1998). 결과적으로 해빈의 동쪽에서는 침식이 일어나며, 서쪽에서는 퇴적이 천천히 일어날 것이다.

동백섬 부근 연안에서는 연안류에 의해서 창조 동백섬으로 파의 집중으로 인해서 유속이 강하게 발생하고 낙조 때 유속이 창조 때 비해서 약하게 발생한다(박, 2006). 그 결과 동백섬의 전면 방향으로 퇴적물이 이동하여 해빈과 가까운 지역에서 침식이 일어난다.

해빈 전면의 연안에서의 지형변화는 양빈에 의한 퇴적물의 공급으로 인하여 연안 퇴적이 일어난 것과 해빈에서 침식된 해빈 퇴적물들이 퇴적된 것으로 생각된다. 2005년도에 해운대 해빈 침식을 방지하기 위해 양빈 한 모래의 양은 1,764m³로 많은 양을 해운대 해빈 중앙 연안에 투입하였다(해운대구청, 2006). 이 결과 해저에 인위적인 퇴적이 발생한 것으로 생각된다.

양빈으로 인한 표층퇴적물의 변화

해운대 해빈과 연안의 표층퇴적물들은 양빈 전후로 해서 퇴적상의 변화와 함께 퇴적물의 분급 및 왜도의 변화가 관측되었다. 해빈의 서쪽 지역에서는 퇴적이 일어난 지역으로 표층퇴적물의 분급도가 불량해지고 왜도가 양성왜도로 변화하였다. 해빈의 동쪽의 침식 지역의 표층퇴적물은 평균입도가 조립해지며, 분급도는 불량해지고, 자갈의 함유량이 크게 증가하고 있다. 즉 침식 활동에 의해서 입도가 조립해지며 퇴적상이 변화하는 것이다. 퇴적과 침식이 발생한 지역에서 공통적으로 퇴적물의 분급도가 불량해지며, 왜도 값이 양성왜도 값으로 변화한다.

연안 퇴적물의 분급도와 왜도의 경우, 양빈 전후의 값이 다르게 나타나는 것(Fig. 36.)은 해운대 고유의 퇴적물과 타지에서 빌려온(borrowed) 조적이 다른 퇴적물과의 혼합으로 인한 것으로 볼 수 있다(Harvey et al, 1980).

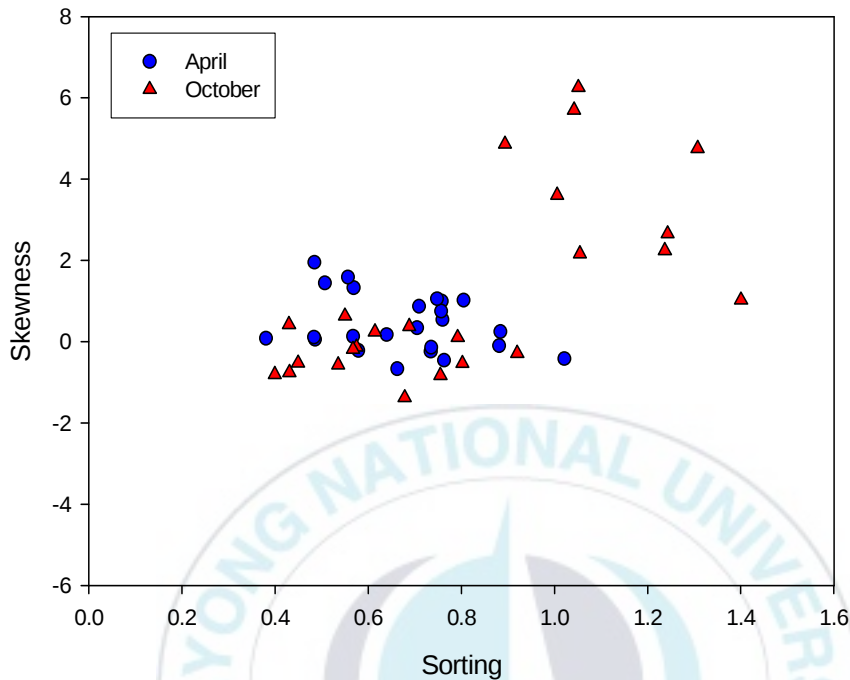


Fig. 36 Textural changes of Haeundae nearshore sediment after beach nourishment.

연안 퇴적상에서 Facies I 의 연안 중심부분의 확장은, 우선적으로, 2005년 6월에 실시한 양빈에 의한 퇴적물의 인위적인 공급이 크게 작용한 것으로 생각할 수 있다. 해저 지형 자료에서도 Line 2에서 Line 5까지 해운대 연안의 중앙부에서 전반적인 지형의 상승이 관측되었다. 둘째로, 해변의 동쪽부분에서 침식된 퇴적물이 중앙부로 이동되었을 가능성도 생각할 수 있겠다.

결론적으로, 침식 방지를 위해 실시한 양빈으로 인해 연안의 중앙부에서는 순퇴적의 결과가 관찰되었지만 해변에서는 동쪽 부분에서는 여전히 침식이 일어나고 있다.

해운대에서는 1990년 이래로 매년 양빈을 실시하고 있으나(Table 8.), 해안선

의 감소와 침식현상은 지속적으로 발생하고 있다. 즉, 양빈의 효과가 다음 해 까지 지속되지는 않는 것으로 추측할 수 있다.

Table 8. History of Haeundae beach nourishment(해운대구청, 2006)

Year	Content
	샌드펌핑(먼바다 모래를 펌핑하여 해안으로 이동)
1990-1991	'90 (7. 25 ~ 8. 23) - 30일간 '91 (6. 1 ~ 8. 24) - 85일간
1992	목포사 3,000m³를 해저굴곡지 투입
1993	목포사 5,000m³를 해저굴곡지 투입
1994	목포사 5,000m³를 해저굴곡지 투입
1995	목포사 3,000m³를 해저굴곡지 투입 (호안도로 개축시 발생모래 3,000m³는 평탄작업후 백사장 확충)
1996	목포사 4,000m³를 해저굴곡지 투입
1997	목포사 4,000m³를 해저굴곡지 투입
1998	목포사 2,000m³를 해저굴곡지 투입
1999	목포사 2,000m³를 해저굴곡지 투입
2000	목포사 2,000m³를 해저굴곡지 투입
2001	목포사 2,000m³를 해저굴곡지 투입
2002	목포사 2,000m³를 해저굴곡지 투입
2003	보령사(충남) 1,700m³ 해저굴곡지 투입 보령사
2004	보령사(충남) 1,980m³ 해저굴곡지 및백사장투입
2005	울진(경북) 1,764m³ 해저굴곡지 투입
2006	울진(경북) 1,740m³ 해저굴곡지 투입
total	41,184m³

항공사진을 통하여 1947년부터 2005년까지의 해운대 해수욕장의 해변 폭의 변화를 살펴보면(Table 9.), 지난 60여 년간 해운대 해수욕장의 폭의 감소는 전체 해수욕장에서 관측이 되었으며, 동백섬 인근 해수욕장에서는 초기의 해변 폭에서 68%가 감소하였으며, 해수욕장의 동쪽 미포 향 부근의 해변에서 해변 폭은 79%가 감소하였다. 중앙지역 해변의 폭의 감소가 가장 적은 것은 양빈에 의한 것으로 사료된다(양. 2006).

Table 9. Change of beach width during the last 60 years(modified from yang(2005))

년도	동백섬 인근 해수욕장	해수욕장 중앙 입구	해수욕장 동쪽
1947	90.9	62.9	26.6
1970	49.7	48.7	26.5
1975	50.6	50.0	17.6
1979	47.1	38.3	15.7
1982	40.3	46.1	18.3
1985	53.1	40.8	9.2
1988	31.1	42.2	13.7
1992	78.0	58.2	13.4
1995	34.0	42.2	1.7
1997	41.3	48.1	15.1
2000	38.7	50.0	10.7
2002	48.4	44.9	4.8
2005	28.9	45.3	5.5

연도별 해변 폭의 변화에서는 양빈이 실시된 1990년대 해변의 폭이 증가하는 것을 관측 할 수 있다(Table 9.). 하지만 양빈 실시가 지속적으로 실행되었던 1992년부터 2005년까지 지속적인 해변 폭의 감소를 관찰할 수 있다. 이는 양빈 양이 1990년부터 1994년까지 증가하나 1995년부터 감소하는데 이와 무관하지 않은 것으로 생각된다 (Table 8.). 이와 유사한 결과로 해운대 해수욕장의 수심 측심결과 1980년대와 1994년도를 비교하였을 때는 퇴적된 것으로 관측이 되고, 1994년과 2005년 비교 결과 침식된 것으로 관측이 되었다(홍 2006).

V. 결론

해운대 해수욕장 해빈과 연안에서의 양빈 전후의 기간인 2005년 4월과 2005년 10월의 지형 변화는 해운대 해빈의 경우 동백섬 부근의 해빈의 경우 양빈 후인 10월 최고 2m가량 퇴적이 일어났다. 해빈의 중앙부는 퇴적과 침식의 정도가 국소적으로 차이가 나며 전반적으로 큰 변화는 없었다. 해빈의 동쪽 달맞이 고개 쪽의 해빈의 경우에 해빈의 고도가 1.4m가량 낮아져 침식이 일어나는 것이 관측이 되었다. 해운대 연안의 해저 지형은 동백섬 부근의 측선 Line 6에서의 침식이 1m이내에서 일어났고 그 외의 측선들(Line 1~Line 5)에서는 퇴적의 양상 내지 유지가 일어났다.

해운대 해빈의 표층퇴적물의 양빈 전 후의 퇴적물 조직 상수의 변화는 평균 입도는 0.66Φ 에서 10월에는 0.75Φ 로 다소 평균입도의 세립화가 관측되었고, 분급도 또한 0.67Φ 에서 0.81Φ 로 다소 불량(poorly)해 졌다. 왜도의 경우에도 음성왜도의 경향에서 양성왜도로 변화하였다. 연안 표층퇴적물의 경우 퇴적물 조직 상수의 변화는 크게 나타나지 않고, 퇴적상의 변화가 달맞이 고개 부근에서 나타나고 있다.

해운대 해수욕장 해빈의 지형변화는 해운대 연안의 해류와 인위적인 양빈에 의해서 일어난다. 해류에 의해서 해빈의 동쪽에서는 침식이 일어나고 서쪽에서는 퇴적이 된다. 인위적 양빈에 의한 영향으로 해빈 전면의 연안에서는 퇴적의 양상이 관찰된다.

해운대 해수욕장에서 실시한 양빈은, 해운대 연안 주변에 일시적인 순퇴적의 결과를 보여주고 있으나, 침식 방지 및 해빈 보호 효과가 지속적이라고 보기는 어렵다.

VI. 참고문헌

기상청홈페이지, 기후자료(평년자료), 부산 해운대

김차균, 이종섭, 1992, 수영만의 조류, 염분 및 부유물질의 분포, 한국수산학회, vol25, p359~370

국립해양조사원, 1991~2002, 조석표

민병형, 옥치율, 유상호, 1987, 해운대해수욕장에 있어서 양빈공법에 관한 실험적 연구, 한국 해양공학회 제1권1호, p84~93

민병형, 옥치율, 김가현, 최도석, 1988, 양빈공법에 관한 실험적연구, 한국해양공학회 제2권 1호, p163~169.

박일흠, 이종섭, 1989, 해운대 해변의 해안선변형 예측 모형, 한국해안 해양공학회지 1권1호, p50~62

박종화, 2006, 해운대 해수욕장의 표사이동 및 지형변화에 관한연구, 부경대학교 대학원, 석사학위논문

부경대학교 해양과학공동연구소 2005, 해운대 해수욕장 연안정비(해빈유실방지)사업 해양 조사 및 연구 최종보고서, p49~129, p189~204

양지연, 2006, GIS/RS를 이용한 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석 부경대학교, 석사학위 논문

유철희, 로버트 딘, 1999, 호안전면에서의 양빈계획 : 수리실험연구, 한국

연안해양공학회, Vol 11, p75~86

장태우, 강필중, 박석환, 황상구, 이동우, 1983, 한국지질도 부산·가덕도폭
(1:50,000)및 도폭설명서, 한국동력자원연구소 p21

정병철, 1998, 해운대 해협의 연안류 및 연근해 해수순환계에 관한 연구,
한국해양대학교, 석사학위 논문

해운대 구청, 2006, 해운대해수욕장의 모래투입량

해양수산부, 2004, 연안침식: 모니터링 체계구축(Ⅰ), p227~278

해양수산부, 2004, 연안침식: 모니터링 체계구축(Ⅱ), p54~151

홍현정, 2006, GIS기법을 활용한 해운대 해저·해빈지형의 3차원 변화탐
지분석, 부경대학교, 석사학위 논문

Richard. A. Davis, 1985, Coastal sedimentary Environments,
Spring-Verlag, 393~401p

Richard. A. Davis, and Fox. W. T. 1972, Four-dimensional model for
beaches and nearshore sedimentation. J.Geology, Vol80,
p484~493

Swart. D. H., 1991, Beach nourishment and particle size effects,
Coastal Engineering, Vol16, p61~81

Flok. R.L., 1968, In: Petrology of sedimentary Rocks, The University of
Texas, HEMPHILL'S Drawer M. University Station Oustin.

Texas.

Holly J. Dail, Mark A. Merrifield, Mike Bevis, 2000, Steep beach morphology changes due to energetic wave forcing, *Marine geology*, 162, p443~458

Harvey Blatt, Gerard Middleton, Raymond Murray, 1980, *Origin of Sedimentary Rocks*, Prentice-hall, second edition, p72~74

Jan van de Graff, Hanz D. Niemeyer, Jan van Overeem, 1991, Beach nourishment, philosophy and coastal protection policy, *Coastal Engineering*, Vol16, p3~22.

Guillen. J. and Hoejstra. P., 1997, Sediment distribution in the nearshore zone: Grain size evolution in response to shoreface nourishment (Island of Terschelling, the Netherlands), *Estuarine, Coastal and Shelf science*, vol 45, p639~652

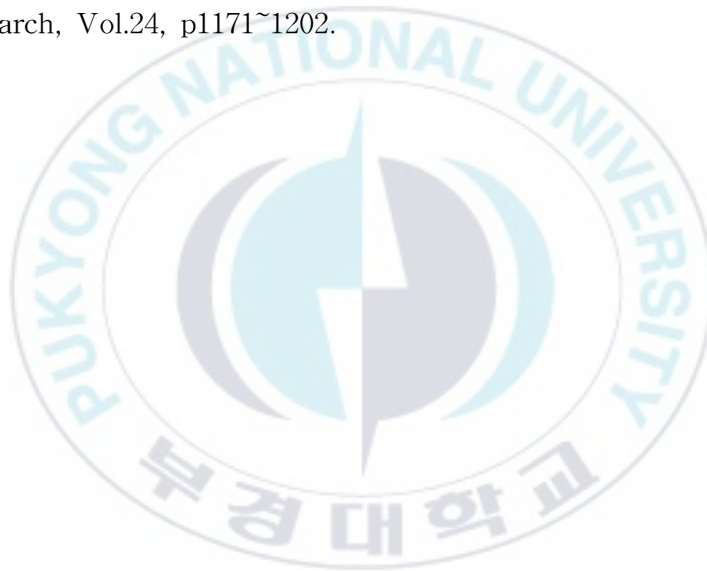
Martin Konert, Jef Vandenberghe, 1997, Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction, *Sedimentology* vol44, p523~535

McManus. J, 1988, Grain size determination and interpretation, In: Tucker, M (Ed), *Techniques in sedimentology*, Blackwell, Oxford, p63~85

Tom Garrison, 2002, *Oceanography*, Thomson, third edition, p287.

van Duin. M.J.P., Wiresma. N. R., Waistra. D.J.R., Van Rijn. L.C., Stive. M.J.F., 2004, Nourishing the shoreface: observations and hindcasting of the Egmond case, the Netherlands, Coastal Engineering, vol 51, p813~837

van Lancker. V., Lanckneus. J., Hearn. S., Hoekstra. P., Levoy. F., Miles. J., Moerkerke. G., Monfort. O., Whitehouse. R., 2004, Coastal and nearshore morphology, bedforms and sediment transport pathways at Teignmouth(UK), Continental Shelf Research, Vol.24, p1171~1202.



VII. 요 약

해운대 해빈과 그 연안에서 해운대 해빈의 보호를 위해서 실행되는 양빈에 의한 해운대 해빈과 연안의 지형과 퇴적물 조직의 특성의 변화를 파악하기 위해서 RTK-GPS와 음향측심기를 이용하여 양빈 전·후의 시기인 2005년 4월과 2005년 10월에 지형의 변화를 관찰하고, 표층퇴적물을 채취하여 퇴적환경의 변화를 관측하였다.

해운대 해빈에서는 양빈이 실시되고 난 뒤 동백섬 부근 해빈에서는 2m가량의 해빈 고도가 높아지고 해안선이 넓어지는 등의 퇴적의 양상이 관찰되고, 달맞이고개 근처의 해빈에서는 1.4m가량의 침식이 일어나고 해안선의 감소가 관측되었다. 퇴적물의 경우에 양빈 후 해빈의 표층퇴적물들은 분급도가 불량(poorly)해지고, 왜도의 양성왜도(positive skewness)특성이 관측되었다.

해운대 연안에서는 동백섬 부근의 측선 line 6의 상부에서는 최대 1m가량의 침식이 관측이 되었고 하부 지역에서는 퇴적이 관측되었다. 해빈의 중앙부분에서는 전반적인 퇴적의 특성이 관찰되었고, 달맞이 고개 부근의 측선에서는 변화의 양상이 관측되지 않았다. 퇴적물의 입도는 전반적인 세립화 되었으며 분급도는 양호한 특성을 보이고 있었다. 퇴적상의 변화는 달맞이 부근 지역에서 모래질의 함량이 크게 증가하는 것이 관측되었다.

해운대 해빈의 침식은 달맞이 부근 지역에서 크게 일어나며, 그 원인으로 연안 지역 해류에 의해서 동에서 서쪽으로 퇴적물이 이동한 것으로 생각된다. 해운대에서 매년 실행하는 양빈은 해운대 해빈과 연안에 영향을 끼치나 침식에 대한 방지 대책으로는 본 연구 결과 그 효용성이 크다고 보기는 힘들다.

감사의 글

둔재인 저를 학부 때부터 석사를 마치는 지금까지 지도해주시며, 음으로 양으로 도와주시고 지도해주셨던 저의 큰 스승이신 김석윤 교수님께 가장먼저 감사드립니다.

미숙한 논문을 끝까지 읽어 주시며 바쁘신 와중에도 심사에 열정을 쏟으며 많은 지도와 조언을 아끼지 않으신 두 분 심사 위원 이종섭 교수님과 김대철 교수님께 감사합니다.

학부때부터 대학원까지 저의 모자란 부분들을 채워 주셨던 해양학과 교수님들 강용균 교수님, 양한섭 교수님, 이재철 교수님, 허성희 교수님, 문창호 교수님, 박미옥 교수님, 그리고 지질학과 백인성 교수님, 이민희 교수님, 논문을 할 수 있도록 많은 부분에서 도와주신 부산대학교 이상룡 교수님께도 감사드립니다.

언제나 못난 후배를 도와주시고 항상 옆에서 저의 일을 도와주었던 이병관 선배님 서울에 계신 이운균 선배님 그리고 저를 부경대학교 해양학과 해양퇴적학 실험실로 이끌어 주신 이상배 선배님, 항상 정의 말을 잘 들어주시고 고민 상담을 들어 주셨던 한선우 선배님, 지금은 실험실에 없지만 저의 착한 박선영 후배, 여호진 후배, 김정민 후배, 염홍균 후배, 박미란 후배, 민찬영 후배에게도 감사의 말을 전합니다. 또한 지금 같이 실험실에서 숨시고 있는 후배들, 언제나 선배를 믿고 따라주는 김억동 후배, 제가 왔던 길을 이제 시작하는 정주봉 후배, 막내 박대훈 후배에게 감사를 전합니다.

필드나 교내에서나 항상 많은 도움을 주신 토목공학과 윤은찬 선배님, 박종화 선배님 그리고 탐사공학과 여정윤씨, 광수씨에게도 감사합니다. 항상 후배 걱정 해주시는 추현기 선배님, 언제나 저를 위해주시는 백근욱 선배님, 대현 선배님, 건방진 후배 때문에 고생하는 김하원 선배님, 박주면 선배님, 대학원 생활에 많은 도움을 주신 김현정 후배, 이주현 후배, 이재도씨, 야외조사를 도와준 고마운 친구 봉준이 그리고 은혜, 학과사무실에서 항상 도와주는 윤자, 은애에게도 감사하다고 전합니다.

배고픈 대학원생 배채워 주느라 수고한 친구 구영민, 언제나 말없이 조용히 옆에 있어주는 박상렬, 섬세하게 신경 써주는 민미정, 김정현, 김현우, 박정구, 이정규, 윤인구, 황인준 등 친구들에게 감사합니다.

끝으로 변함없이 항상 제 옆에서 많이 도와주는 운주, 그리고 나쁜 동생에게 많은 신경을 써주는 누나, 세상에서 저를 가장 사랑하시는 우리 부모님께 감사의 말 대신 사랑한다고 전합니다.

