

## 태풍에 의한 해변 퇴적물 조성 및 지형 변화(동해, 나아해빈)

이연규<sup>1,†</sup> · 신현옥<sup>2</sup> · 이종섭<sup>3</sup> · 박일흠<sup>1</sup> · 최정민<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연수대학교 해양시스템학부, <sup>2</sup>부경대학교 해양생산관리학과,  
<sup>3</sup>부경대학교 토목공학과

## The Change of Beach Sediment Composition and Geography by Typhoon (Naa Beach, East Sea)

Yeon Gyu Lee<sup>1,†</sup>, Hyeon Ok Shin<sup>2</sup>, Jeong Sup Lee<sup>3</sup>, Park Il Heum<sup>1</sup> and Jeong Min Choi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of ocean system, Yosu national university, Dundok-dong, Yeosu, Jeollanam-do, 550-749, Korea.

<sup>2</sup>Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>3</sup>Department of Civil Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

### 요 약

동해 남부 연안에 위치한 나아해빈을 대상으로 태풍(매미)에 의한 해변영향을 파악하기 위하여 태풍 전·후의 표층 퇴적물조성, 해변의 해안선 및 단면변화를 관측하였다. 그 결과 해변의 후빈(backshore)에서는 자갈량이 감소하고 사질함량이 증가하였고, 해변 전 지역이 침식, 평탄화 되었다. 해저지형변화는 태풍 후 퇴적층 두께 약 4m까지 침식을 일으키고, 이런 영향은 수심 약 10m까지 달하며, 해안선은 약 12m까지 후퇴한 것으로 나타났다. 이것은 해변에 태풍이 영향을 미칠 때, 높은 파고를 가진 파랑은 해변의 저부 또는 외해의 저층에 까지 침식작용을 일으키고, 해변의 상부는 광범위하게 침식된 후 사질로 구성된 퇴적물들이 재퇴적된 것에 기인하는 것으로 생각된다.

**Abstract** – The change of surface sediment composition, shoreline and transection of geography were studied to investigate the Typhoon(Maemi) effect in Naa Beach located in the south area of East sea. In the backshore the volume of gravel is decreased, and increased in the volume of sand. The erosion in the sediment occurred to 4 m in the thickness and effected to 10 m in depth. And the coastline retreated to 12 m after typhoon. During typhoon conditions, higher amplitude waves deepen the wave base, causing much of the lower beach face and the offshore. The upper beach face is extensively eroded during typhoon and sand sediment is redeposited.

**Keywords:** Typhoon(태풍), Sediment Composition(퇴적물 조성), Shoreline(해안선), Geography(지형), Change(변화)

### 1. 서 론

해빈(Beaches)이란 연안환경(coastal environments)들 중에서 가장 잘 알려져 있고, 비고화되어 투수성이 좋고 유동성이 있는 사질과 자갈로 구성되어 있으며, 거칠은 폭풍 파랑 등이 해안에 끊임없이 영향을 미치고 있는 환경이다. 사질과 자갈은 매우 유동적이어서 파랑 에너지에 조화롭게 그들의 형태를 변형하며 해변에 지속적으로 존립하고 있다. 특히 연안의 단단한 연안 구조물들은 외부 파랑으로부터 영향을 받고, 침식되고 있으나, 해변은 형태를 변형시키면서 침식되지 않고 파랑과 조화롭게 공존하는 환

경으로 알려져 있다(S.K. Haslett[2003]). 해변은 구성퇴적물에 따라 사질해빈, 자갈해빈 및 생물유해해빈으로 분류될 수 있고 세계적으로 사질해빈이 많고 다음으로 자갈해빈이 많이 분포한다(Davis, 1985). 자갈해빈(Gravel beaches)은 주로 직경 2-2000 mm사이의 입자가 큰 퇴적물로 구성되어 있는 해변으로서, 사질해빈과 달리 높은 에너지, 파괴적인 조건을 수반하는 형성기작에 대한 접근성의 어려움 때문에 많은 연구가 수행되어 있지 않고 있으며(Carter and Orford[1993]), 주로 빙하지역, 구조운동에 수반된 연안 그리고 파랑이 우세한 지역에 분포하는 것으로 알려져 있다.

한반도는 년중 하기에 수회에 걸쳐 태풍이 지나가는 지역으로서, 이러한 태풍은 해변의 퇴적환경에 중요한 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Moutzouris and Kypraios[1987]). 본 연구는

<sup>†</sup>Corresponding author: LYG6342@yosu.ac.kr

동해연안 남부지역에 위치한 나아해빈을 대상으로 태풍 발생시 자갈해빈에 미치는 영향을 파악하는데 그 목적이 있다.

### 2. 연구지역

본 연구는 경상북도 경주군 상남면에 속하며 동해안에 위치한 나아해빈(Fig. 1)을 대상으로 수행되었다. 나아해빈은 최대폭이 약 70 m, 길이 약 1.2 km로서 주로 역질의 조립질퇴적물로 구성된 해빈으로서, 동해에 전면 노출되어 파랑의 영향을 크게 받는 해안이다. 조석은 대조차 20 cm 정도로서 아주 작으며 조석 형태수는 0.74-1.90 정도로서 일주조가 탁월하며 일조부등 현상이 매우 두드러지게 나타난다. 그리고 본 해역에 영향을 미치는 대표파랑은 준계에는 WSW 파랑과 SSW 및 NE 파랑이 주파향이고, 하계에는 SSW 계통의 파랑과 NE파랑이 주파향이며, 추, 동계에는 NE 계통의 파랑이 주파향으로 알려져 있다. 본 해역의 평균유속은 약 5.7 cm/s, 최대유속은 약 17.8 cm/s로서 북동 및 남서방향으로 탁월한 조류흐름을 보이며, 9월과 11월은 파랑이 북쪽에서 남쪽으로 흐르는 해빈류를 형성하는 북동계열의 바람이 분다. 해빈류의 평균속도는 0.16 m/s(6월), 0.18 m/s-0.20 m/s(9월)로 알려져 있다(이중섭 등[2004]).

나아해빈의 지형특성(Photo. 1)을 보면, 북측에 월성 원자력발전소의 취·배수 구조물이 축조되어 있으며, 남측에는 본 연구지역의 대표파랑인 NE계열의 파랑을 직접적으로 받기 때문에 파랑 영향을 감쇄시키기 위하여 테트라포드(Tetrapod)가 설치되어 있고, 테트라포드 남단에는 읍천어항 방파제가 위치한다. 테트라포드의 북측에는 해변전면(foreshore) 가까이 약 3 m 정도의 평단면을 형성한 정단(berm)구조가 나타나며, 북측으로 다소 기복을 가지는 지형특성을 보인다.

### 3. 연구방법

해빈 전면이 노출되어 파랑의 영향을 직접받는 나아해빈을 대상으로 태풍이 해빈에 미치는 영향을 파악하기 위하여 표층퇴적물

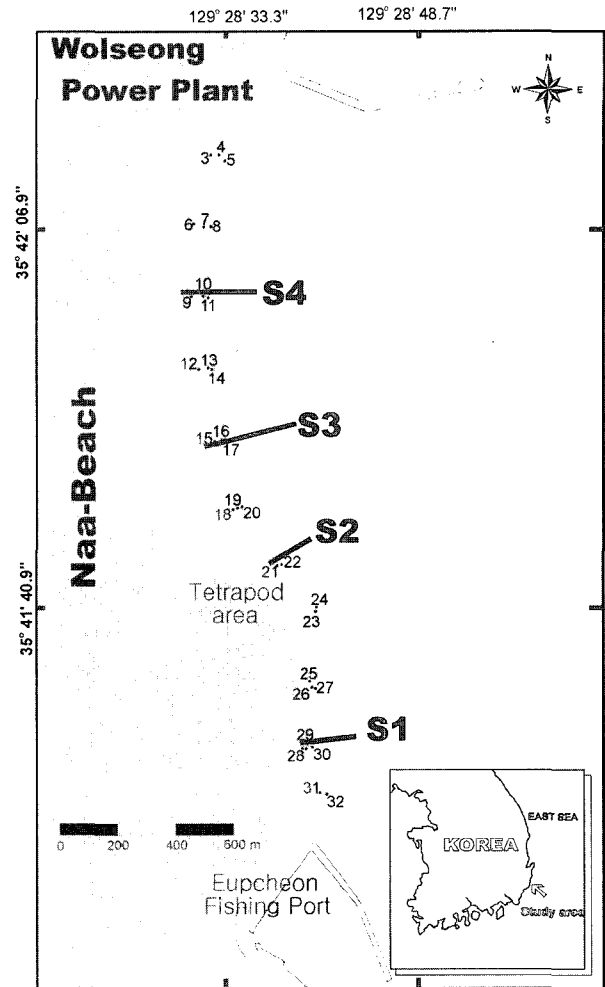


Fig. 1. Map showing the sampling stations of surface sediment and transection lines (S1-S4) in the study area.

조성, 해빈의 해안선 및 단면변화를 관측하였다. 본 연구지역의 퇴적물 조성을 파악하기 위하여 150 m 등간격으로 11개 측선을 선정하고 측선당 2-3개 정점에서 총 30개 시료를 채취하였다(Fig. 1). 채취된 시료는 실험실로 운반 입도분석을 행하였다. 퇴적물 입도

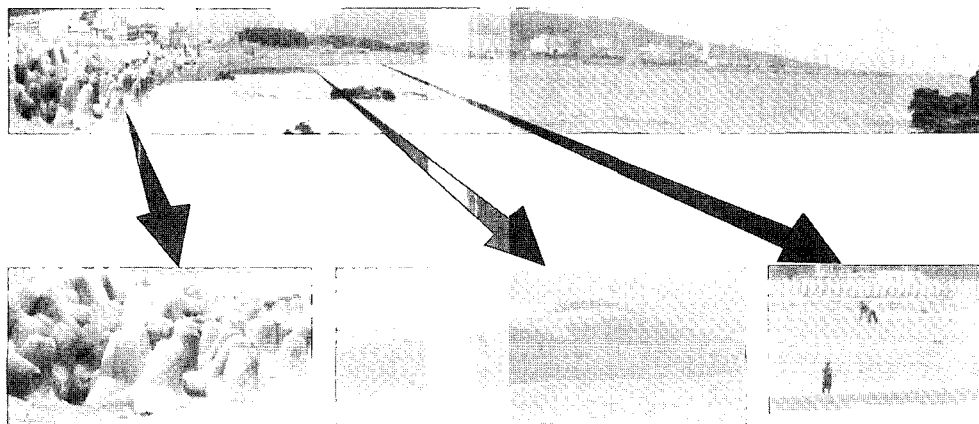


Photo 1. Naa Beach view before Typhoon. Note: Sand sediment captured by tetrapod, Beach with berm structure and relief.

**Table 1.** Measurement standard point (MSP)

MSP	Latitude(N)	Longitude(E)
CP.1	35°41'38.3"	129°28'41.5"
CP.2	35°41'40.7"	129°28'41.0"
CP.3	35°42'09.4"	129°28'31.5"

분석은 먼저 퇴적물 시료를 10%의 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)와 0.1N의 염산(HCl)을 차례로 넣어 유기물과 탄산염을 완전히 제거한 후, 잔류하는 과산화수소와 염산은 증류수를 이용한 반복적 희석에 의해 완전히 제거시킨다. 전처리 과정이 끝난 쇄설성 퇴적물은 40 표준체(0.063 mm)를 이용한 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리하고, 조립질 시료는 건조기에서 건조시킨 후 진탕기를 사용하여 체질하고, 입도별로 무게를 구한다. 세립질 시료는 자동입도분석기 sedigraph 5100을 사용하여 입도를 구한다. 각각의 조립질 및 세립질 시료 무게는 각 구간에서 무게 백분율에 의해 나타내었다(Ingram[1971]).

그리고 해빈의 해안선 및 단면의 변화를 파악하기 위하여 2003년 6월(태풍 영향 전), 9월(태풍 영향 후)의 2회에 걸쳐 측량을 하였다. 본 측량에 사용한 기기로서는 SOKKIA Total Station Powerset 2010 광파거리 측거의(Sokkia co., JAPAN)를 사용하였다.

해빈 쪽은 남북방향 해안선을 따라 측량하였으며, 단면측량은

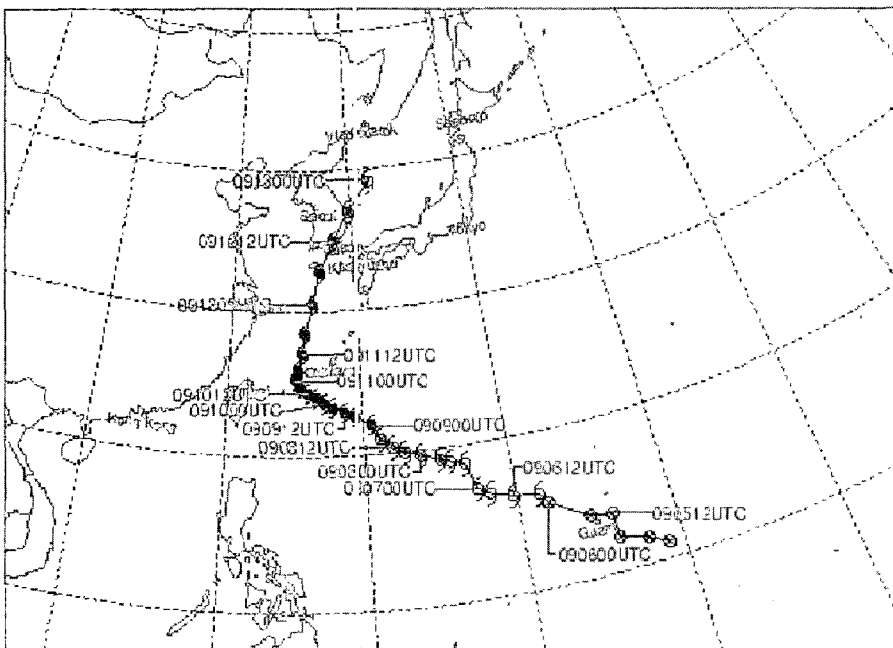
나아해빈 4개 측선에서 동서방향으로 해빈의 단면표고를 측량하였다(Fig. 1). 측량에 사용한 프리즘은 일정한 높이(1.5 m)에 기준을 두었고 좌표 값은 좌표기준점을 3점 설정하여 측정된 값을 사용하였다(Table 1, 2). 해안선 측량은 Powerset 2010 광파거리 측거의(Sokkia co., JAPAN)로 일차 측량하고, 이후 DGPS를 이용하여 검증하였다.

#### 4. 제14호 태풍 매미(Maemi)

제14호 태풍 “매미”는 2003년 9월 6일 15시경 괌섬 북서쪽 약 400 km 부근 해상(16.0N, 141.5E)에서 발생하여 느리게 북서진 한 후, 9일 09시경에 태풍으로 발달한 후 11일 09시경에 중심기압이 910 hPa로 가장 낮아졌다. 이후 11일 09시부터 전향하기 시작하여 12일 06시경부터 북북동진 하면서 빠른 속도로 진행하였고, 12일 18시경 제주도 성산포 동쪽 부근해상을 거쳐 12일 20시경에 경상남도 사천시 부근 해안으로 상륙하였다. 우리나라 육상에 상륙한 태풍은 북북동진하여 경남 함안을 거쳐 13일 02시 30분경에 울진 부근 해안을 통해 동해상으로 진출하였다(Fig. 2). 태풍 매미가 경남 사천시 부근 해안에 상륙할 때의 중심기압은 950 hPa로 분석되며, 중심부근 최대풍속 40 m/s 이었고, 풍속 15 m/s 이상의 태풍 중심반경이 약 330 km 이내로, 태풍의 강도는

**Table 2.** Latitude and longitude of the start and terminal point in the measurement of transection to Naa Beach

Section	Start Point		Terminal Point	
	Latitude(N)	Longitude(E)	Latitude(N)	Longitude(E)
S1	35°41'31.5"	129°28'39.3"	35°41'33.3"	129°28'47.2"
S2	35°41'43.8"	129°28'36.7"	35°41'45.9"	129°28'41.4"
S3	35°41'51.7"	129°28'31.3"	35°41'55.1"	129°28'43.5"
S4	35°42'01.1"	129°28'29.8"	35°42'01.4"	129°28'40.3"

**Fig. 2.** Movement route of Thyphoon “Maemi”(Korean Meteorological Administration, 2003).

“강”, 크기는 “중형”이었다(기상청[2003]). 이상과 같이 태풍 매미는 나아해빈에 2003년 9월 13일에 상륙하여 영향을 미친 것으로 나타난다.

## 5. 결 과

### 5.1 태풍전후 표층퇴적물 조성변화

본 연구지역 총 30개 정점에 대한 퇴적물 입도분석 결과(Appendix 1) 니질(mud)의 세립질 퇴적물은 분포하지 않고 자갈(gravel) 및 사질(sand)의 조립질 퇴적물로 구성되어있음을 알 수 있다. 자갈

의 총 평균 함량비율 96.28%, 사질은 3.72%로서 조립질에서도 원전방파제에 가장 인접한 정점 Naa-3정점을 제외하고 대부분 정점이 자갈로 구성되어 있으며, 자갈 퇴적상(gravel facies: G)을 형성하고 있다. 태풍후 각 정점별 입도의 평균함량비율은 자갈이 88.84%, 사질이 11.13%, 니질이 0.03%로서 태풍전과 비교하면 자갈의 함량이 줄고 사질 함량이 뚜렷하게 증가한 것으로 나타나고 있다. 각 정점별 함량비율을 히스토그램(Fig. 3, 4)에서 보면, 정점 3이 자갈함량 99.45%로서 태풍전에 비해 85.24% 증가하였으며, 정점 9와 12에서는 사질함량이 99.48%, 99.32%로서 태풍전에 비해 각각 93.12%, 85.28% 증가한 것으로 나타나고 있다. 그 외 정점 14,

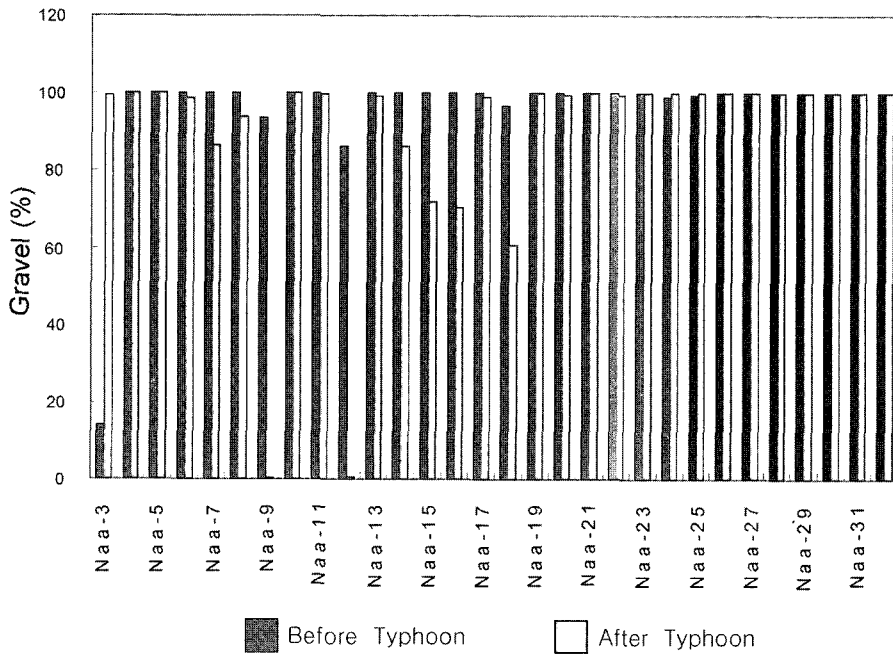


Fig. 3. Histogram of the volume content (%) in gravel before and after Typhoon.

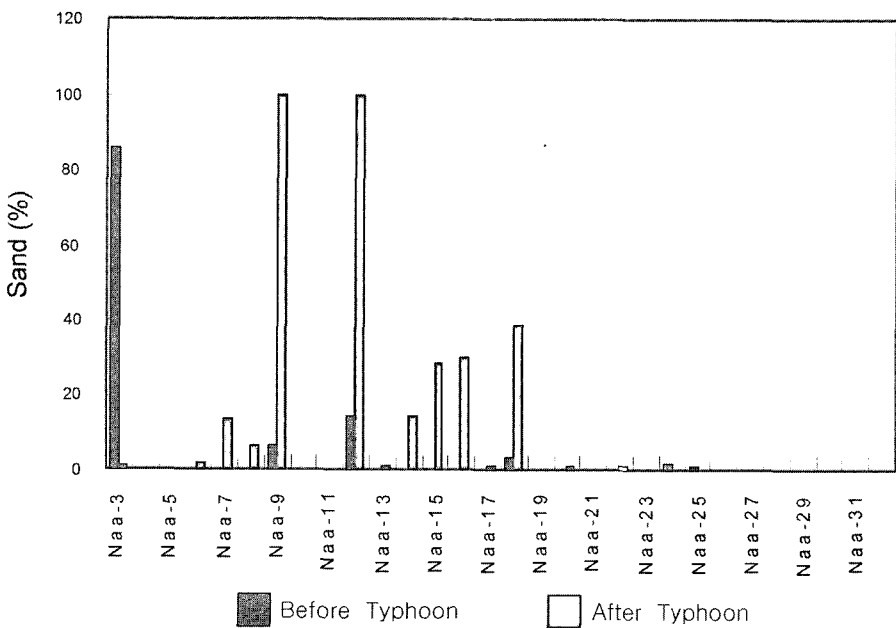


Fig. 4. Histogram of the volume content (%) in sand before and after Typhoon.

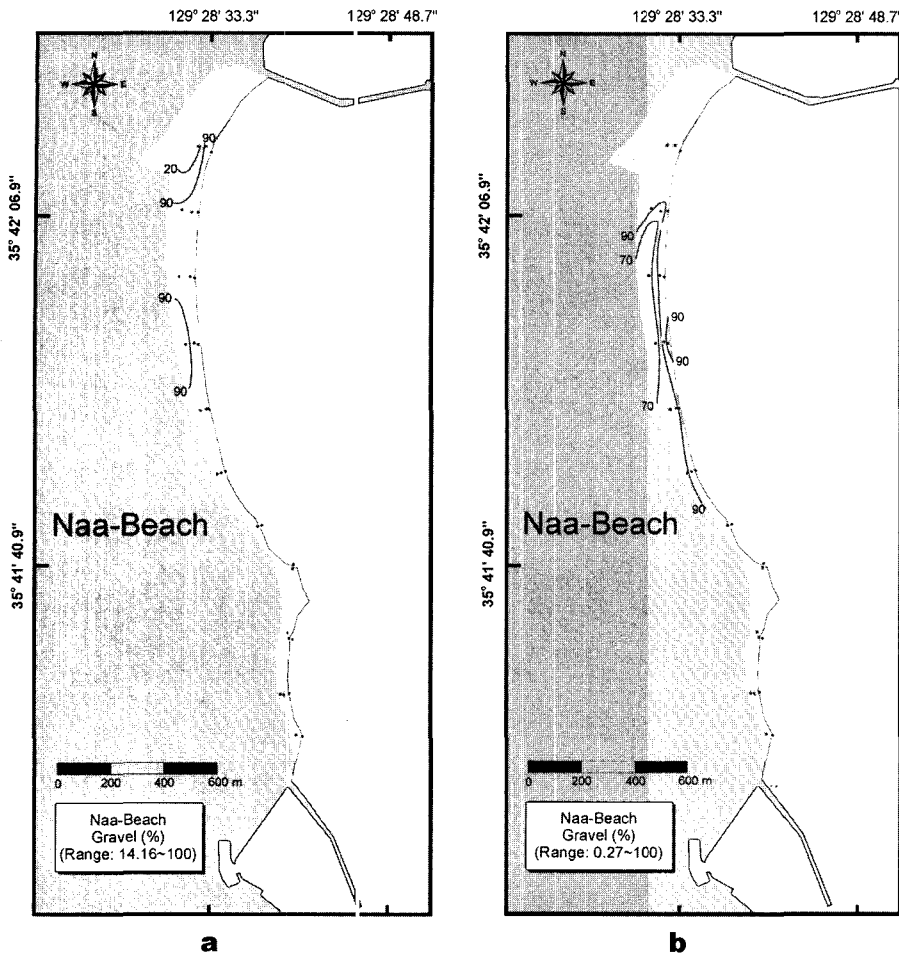


Fig. 5. Comparison of gravel distribution in Naa beach before (a) and after (b) Typhoon.

15, 16, 18에서도 태풍 후에 사질 함량이 약 30-40% 뚜렷이 증가한 것으로 나타나고 있다. 각 정점별 퇴적물 조성 분포는 다음과 같다.

5.1.1 자갈 분포

자갈의 함량비율은 14.16-100%, 평균은 96.28%로서 본 연구지역 표층퇴적물의 주 구성퇴적물이다 이들의 분포를 보면(Fig. 5), 태풍 전 해변 북측의 월성 원전 방파제 인접지역에서 자갈 함량이 14.16%로서 극히 매우 낮은 함량분포를 보이나 그 외 지역에서는 전반적으로 90%이상의 높은 함량분포를 보인다. 그러나 태풍 후 나아해빈 중앙부 육지 가까운 해변에서는 70%로 매우 낮은 함량분포대가 형성되어 있음을 알 수 있으며, 정점 3의 원전 방파제 인접 지역에서 자갈 함량이 90%이상 함량분포를 변화를 보인다.

5.1.2. 모래 분포

모래의 함량분포는 태풍 전 북측의 정점 3에서만 80% 이상의 함량분포를 보이고 그 외의 지역에서는 10%이하의 극히 매우 낮은 분포를 보인다(Fig. 6). 태풍 후 나아해빈 중앙부에서 50%이상의 함량분포를 형성하며, 태풍 전후 뚜렷한 함량분포 변화를 보인다.

5.1.3. 평균입도 분포

나아해빈 표층퇴적물의 평균입도는 -4.43~0.57 $\phi$ 로서 극조립사질로부터 잔자갈의 조립질 퇴적물로 구성되어 있다. 이들 분포를

보면(Fig. 7), 태풍전 해변 북측의 월성 원전 방파제 인접지역에서 조립사질의 0 $\phi$ 에서 나아해빈 중앙부 육지 인접 지역으로부터 바다쪽으로 향하여 -3 $\phi$ 이상으로 점진적으로 평균입도가 커지는 경향을 보인다. 이후 중앙부부터 남측지역까지는 -3 $\phi$  전후의 분포대를 형성하고 있다. 태풍 후 즉 나아해빈 중간지역의 -3 $\phi$  이상분포대를 중심으로 양측으로 변화하는 양상을 보인다.

5.1.4. 퇴적상 분포

나아해빈의 폭풍 전 각 정점별 퇴적상은 해변 북측의 월성 원전 방파제 인접지역 정점 3의 함력사질퇴적상(gravelly sand facies: gS)를 제외하고 전정점이 역질 퇴적상(gravel facies)을 나타내고 있다(Fig. 8). 태풍 후 북측지역이 역질 퇴적상, 중앙부가 사질 및 사질역 퇴적상으로 변화했다. 사질 함량의 증가로 다소 세립화되는 경향을 보이고 있다.

5.2 지형변화

5.2.1 해변단면 변화

나아해빈 지형단면 4개 측선에 대한 각각의 단면 및 변화특성(Fig. 9)은 다음과 같다.

5.2.1.1 측선 S1

측선 S1(Fig. 9a)은 나아해빈 최남측, 읍천항 지역에 위치한 측

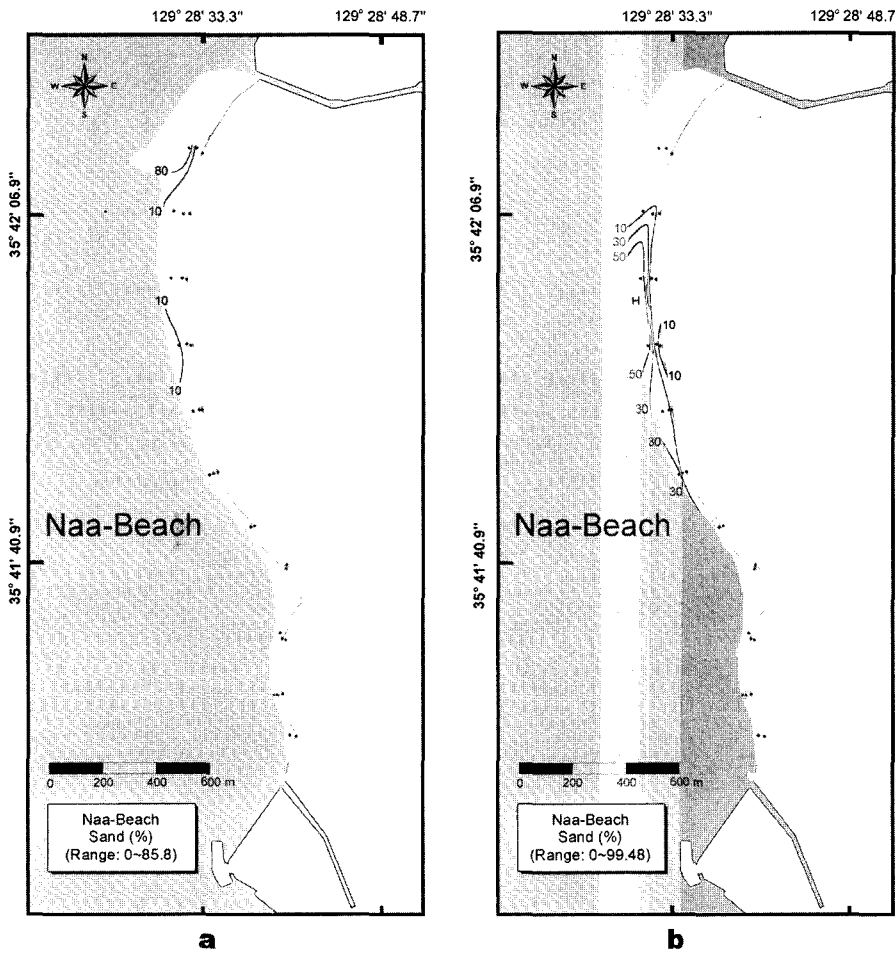


Fig. 6. Comparison of sand distribution in Naa beach before (a) and after (b) Typhoon.

선으로서 해변 폭 약 22 m로서 육지로부터 폭 약 10 m까지는 평탄하나 이후 해수면까지는 다소 기복이 있으며 경사면을 형성하고 있다. 단면측선 길이는 약 200 m로서 폭풍 내습 후 측선길이 약 100 m, 수심 약 3.3 m까지는 지형변화가 거의 없으나 이후 측선에서 침식현상이 두드러지며 수심 약 10 m까지 영향을 미치는 것으로 나타났다.

5.2.1.2 측선 S2

측선 S2(Fig. 9b)는 나아해빈 중앙부 남단의 테트라포드가 위치한 곳으로서, 총길이 135 m, 해변 폭 26 m, 수심 약 4 m로서 기복을 가지는 지형특성을 보인다. 태풍 후 전 지형단면에서 약 2 m 내외의 퇴적층 침식현상이 일어나며, 해안선은 약 12 m 육지로 후퇴한 것으로 나타났다. 특히 해저표면은 지형기복이 없는 매우 평탄하게 삭박된 것이 특징적이다.

5.2.1.3 측선 S3

측선 S3(Fig. 9c)는 나아해빈 중앙부에 위치한 측선으로서 총길이 약 300 m, 해변 폭 26 m, 수심 약 11 m에 다소 기복을 가지며, 해안선으로부터 다소 급격히 깊어지는 경향을 보인다. 태풍 후 퇴적층 두께 약 4 m까지 침식을 일으키며, 이런 영향은 수심 약 10 m까지 달하는 것으로 나타났다. 특히 본 측선에서는 해안선 가까이에서 침식현상이 급격히 일어나고 있음이 특

징적이다.

5.2.1.4 측선 S4

측선 S4(Fig. 9d)는 나아해빈 북측에 위치한 측선으로서 총길이 275 m, 해변 폭 약 34 m, 수심 약 10 m의 다소 완만하고 평탄한 지형을 보인다. 본 측선에서 태풍 후 해안선 가까운 해역에서 다소 침식현상이 나타나 전반적으로 지형단면 변화는 뚜렷이 나타나지 않는다.

태풍의 영향을 파악하기 위한 4개의 지형단면 측선조사 결과, 해저지형 기복이 없어져 평탄화되며, 나아해빈 북측(S4)에서는 폭풍 전후 지형변화는 거의 없는 것으로 나타나며, 남측 읍천어항 부근(S1)에서는 외해에서만 침식현상이 나타난다. 그러나 나아해빈의 중앙부에서는 수심 10 m까지 침식현상이 일어나며(S3), 해안선은 약 12 m까지 후퇴한 것으로 나타났다(S2).

5.2.2 해안선변화

나아해빈의 태풍 전·후 해안선 변화를 보면(Fig. 10), 북측의 원전 방파제 인접지역에서는 해안선의 뚜렷한 변화가 나타나지 않으나, 중앙부에서 남측으로 향하여 태풍 후 해안선이 육지로 후퇴하는 양상을 파악 할 수 있다. 특히 테트라포드가 위치한 지역에서 가장 뚜렷하며, 지형단면 측선(S2)에서 약 12 m의 해안선 후퇴가 관측되었다.

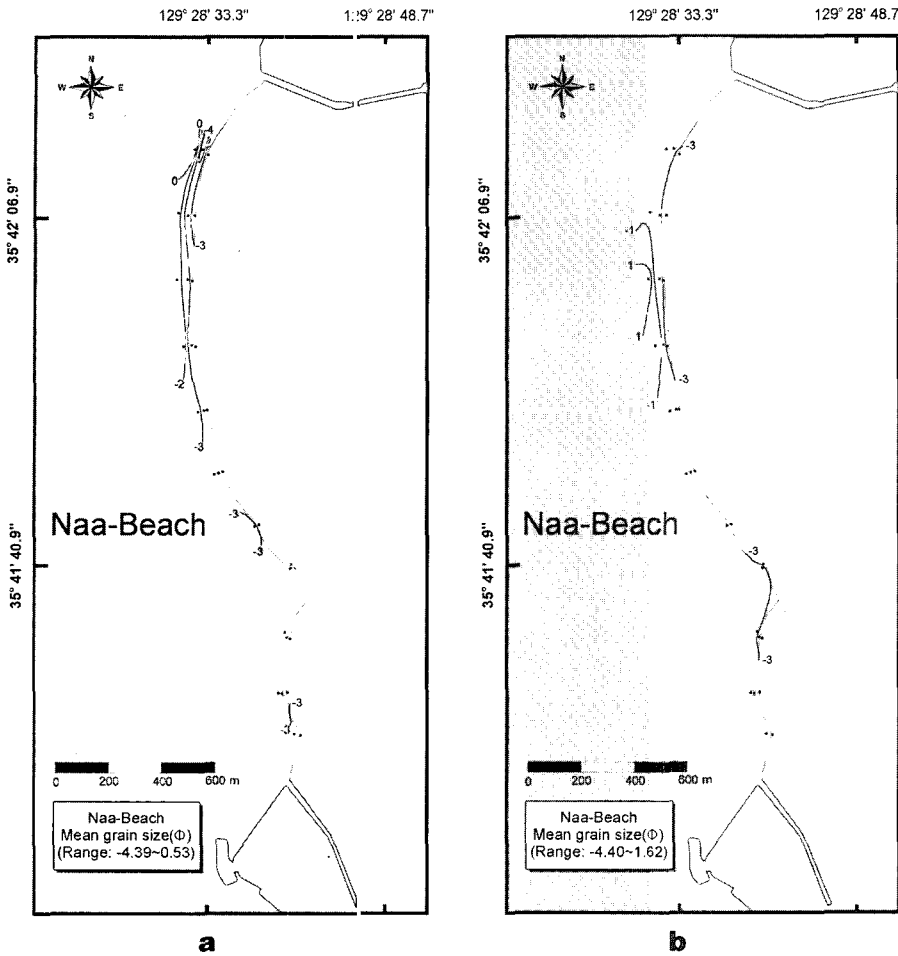
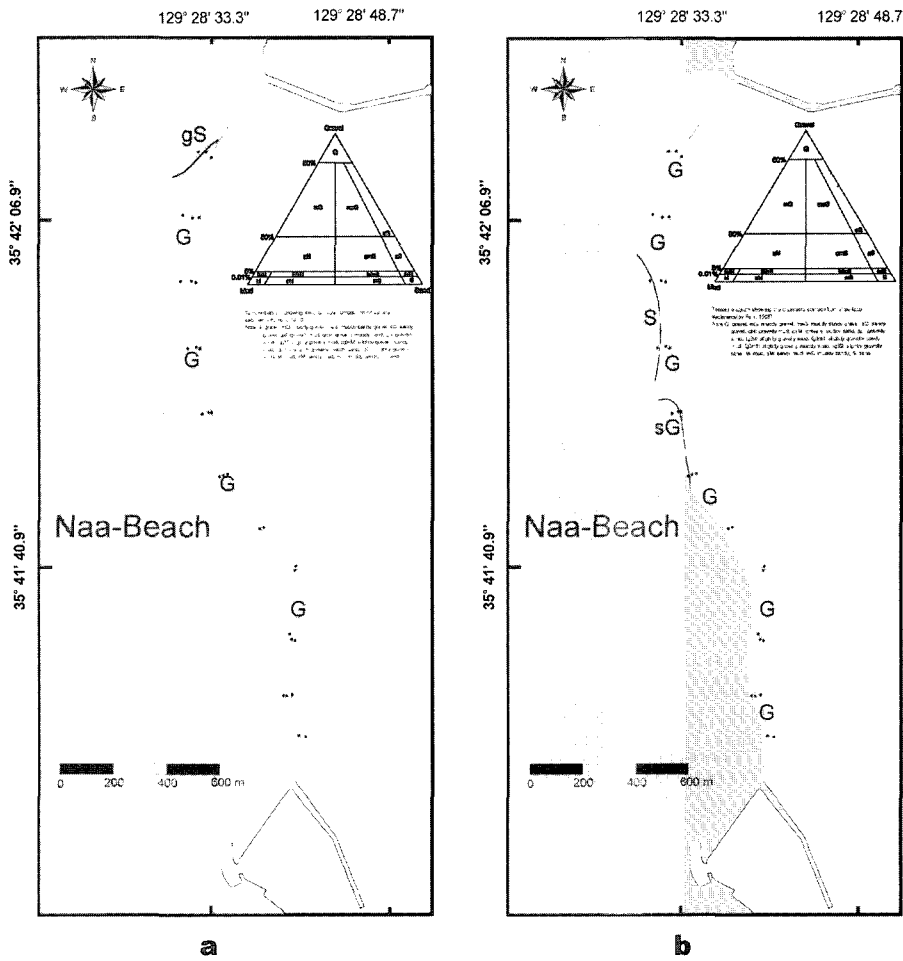


Fig. 7. Comparison of mean grain size distribution in Naa beach before (a) and after (b) Typhoon.

6. 고 찰

경상북도 경주시 나아해빈은 동해남부지역에 위치하며 NE방 향의 외해파랑 영향을 직접 받고 북측에는 월성원자력발전소 건 설에 따른 취·배수 구조물이 축조되어 있으며 남측에는 읍성방 파제가 위치한다. 나아해빈 퇴적물은 주로 자갈로 구성되어 있 으며, 북측 방조제 부근지역에서만 일부 모래가 분포하는 것으 로 나타난다. 나아해빈은 북측의 월성원자력발전소 방파제가 축 조되기 이전에는 전 해빈이 거의 자갈로 형성되어져(박준용 [1992]), 지금의 퇴적물 분포와는 차이가 있으며, 이는 방조제 축 조에 따른 외해 파랑 영향이 감소되어 나타나는 결과로 알려져 있다(이종섭 등[2004]). 나아해빈의 지형단면은 기복을 가지며 지역에 따라 차이를 보이고 있다. 특히 정단구조 남부지역에 잘 나타나고 북쪽으로 갈수록 약해지는 경향을 보인다. 정단구조는 해빈에서 파도의 영향에 의해 해빈퇴적물이 상부로 밀려올라가 형성되는 구조(Bascom[1954])로서 파도 크기, 영향에 따라 지 배되는 구조이다. 정단구조가 남부지역에 잘 나타나고 북쪽에 약 해져 평탄해지는 이러한 지형 특성도 남측보다 북측에서 외해 파랑의 영향을 적게 받는 방조제 축조에 따른 외해 파랑 영향의 감소 결과로 생각된다.

2003년 9월 13일에 중심기압은 950 hPa, 중심부근 최대풍속 40 m/s, 풍속 15 m/s 이상의 태풍 중심반경이 약 330 km 이네, 태풍 강도 “강”, 크기는 “중형”인 태풍 “매미”가 본 연구지역에 영 향을 미쳤다(기상청[2003]). 그 결과 해빈 전 지역에 침식현상 이 두드러지며, 매우 평탄화된 지형 특성을 보이고 있다(Photo. 2). 이 런 현상은 해빈 퇴적물 조성 및 지형단면에도 변화를 야기 시 킨 것으로서 이들을 종합하면 다음과 같다(Fig. 11). 북측 방조 제 인접지역에서는 태풍후 사질량이 감소하고 자갈량이 증가 하였으며, 해빈 중앙부에서는 육지를 따라 길게 자갈량이 감소 하고 사질함량이 증가된 분포대가 나타나며, 테트라포드 위치 지역에서는 퇴적물이 다량 침식된 양상을 보인다. 그리고 지형 단면 변화는 테트라포드 주변지역에서 나타나며 태풍 후 퇴적 층 두께 약 4 m까지 침식을 일으키고, 이런 영향은 수심 약 10 m 까지 달하며, 해안선은 약 12 m까지 후퇴한 것으로 나타났다. 즉 태풍에 따른 외해 파랑 영향을 나아해빈 내에서도 방조제 영향에 따라 각기 달리 나타나고 있음을 알 수 있다. 나아해빈에 추계의 주된 파랑방향은 NE방향으로서 태풍시 파랑영향을 가장 크게 받 은 지역이 테트라포드 지역으로서 해안선 후퇴, 해빈침식 및 지형 변화가 가장 두드러지게 나타난 것으로 생각된다. 중앙부지역에서 는 해저지형단면 등에서는 뚜렷한 변화가 나타나지 않는다. 그리



**Fig. 8.** Comparison of facies distribution in Naa beach before (a) and after (b) Typhoon. Note G: gravel, SG: sandy gravel, GS: gravelly sand.

나 육지쪽 해변 구성 퇴적물에서 사질함량이 증가된 분포대를 보인다. 박준용[1992], 이종섭 등[2004]에 의하면 나아해빈의 외측 해역에는 니사질 퇴적층들이 주로 분포하는 것으로 알려져 있다. 이들 퇴적층들이 태풍의 파랑에 의해 부유, 운반되어 해변의 상단부(육지쪽)에 침적된 것으로 생각된다. 해변에 폭풍에 영향을 미칠 때, 높은 파고를 가진 파랑은 해변의 저부 또는 외해의 저층에 까지 침식작용을 일으키고, 해변의 상부는 광범위한 침식된 후 사질퇴적물들이 재퇴적되는 것으로 알려져 있다(H.G. Reading[1986]).

북측의 방조제 인접지역은 평상시 방조제에 의해 파랑 영향을 적게 받아 사질퇴적물이 침적되었던 지역으로서, 태풍에 의해 파랑의 영향이 커짐에 따라 사질퇴적물이 침식현상이 일어난 것으로 생각된다. 이와같이 나아해빈에서 태풍의 영향은 북측에서 남쪽으로 갈수록 강하게 영향을 미쳤던 것으로 나타난다. 이런 결과는 외해파랑 입사방향 NE 방향에 대한 원전 방조제의 파랑영향 감소효과에 의한 것으로 생각된다. 그리고 동해연안에서 자갈로 구성된 해변에 태풍강도 “강”, 크기는 중형의 태풍이 미치는 영향은 퇴적층 두께 약 4 m까지 침식을 일으키고, 이런 영향은 수심 약 10 m까지 달하며, 해안선은 약 12 m까지 후퇴한 것으로 나타났다.

## 7. 결 론

(1) 2003년 9월 13일에 중심기압은 950 hPa, 중심부근 최대 풍속 40 m/s, 풍속 15 m/s 이상의 태풍 중심반경이 약 330 km 이내, 태풍강도 “강”, 크기는 “중형”인 태풍 “매미”가 나아해빈에 영향을 미쳤다. 그 결과 해변 전 지역에 침식현상이 두드러지며, 매우 평탄화된 지형 특성을 보이며, 이런 현상은 해변 퇴적물 조성 및 지형단면에도 변화를 야기 시킨 것으로 나타났다.

(2) 나아해빈의 퇴적물조성은 자갈이 총 평균 함량비율 96.28%, 사질이 3.72%로서 주로 자갈로 구성되나, 태풍후 자갈이 88.84%, 사질이 11.13%, 니질이 0.03%로서 태풍전과 비교하면 자갈의 함량이 줄고 사질 함량이 뚜렷하게 증가한 것으로 나타나고 있다. 퇴적상 분포를 보면, 태풍전 북측의 월성 원전 방파제 인접지역의 함력사질퇴적상을 제외하고 전지역이 역질 퇴적상으로 나타났으나, 태풍 후 북측지역이 역질 퇴적상, 중앙부가 사질 및 사질역 퇴적상으로 변하며, 사질 함량의 증가로 다소 세립화되는 경향을 보이고 있다.

(3) 해저지형은 나아해빈 북측(S4)에서 폭풍 전후 지형변화가 거의 없는 것으로 나타나고, 남측 읍천어항 부근(S1)에서는 외해에서만 침식현상이 나타난다. 그러나 나아해빈의 중앙부에서는 수



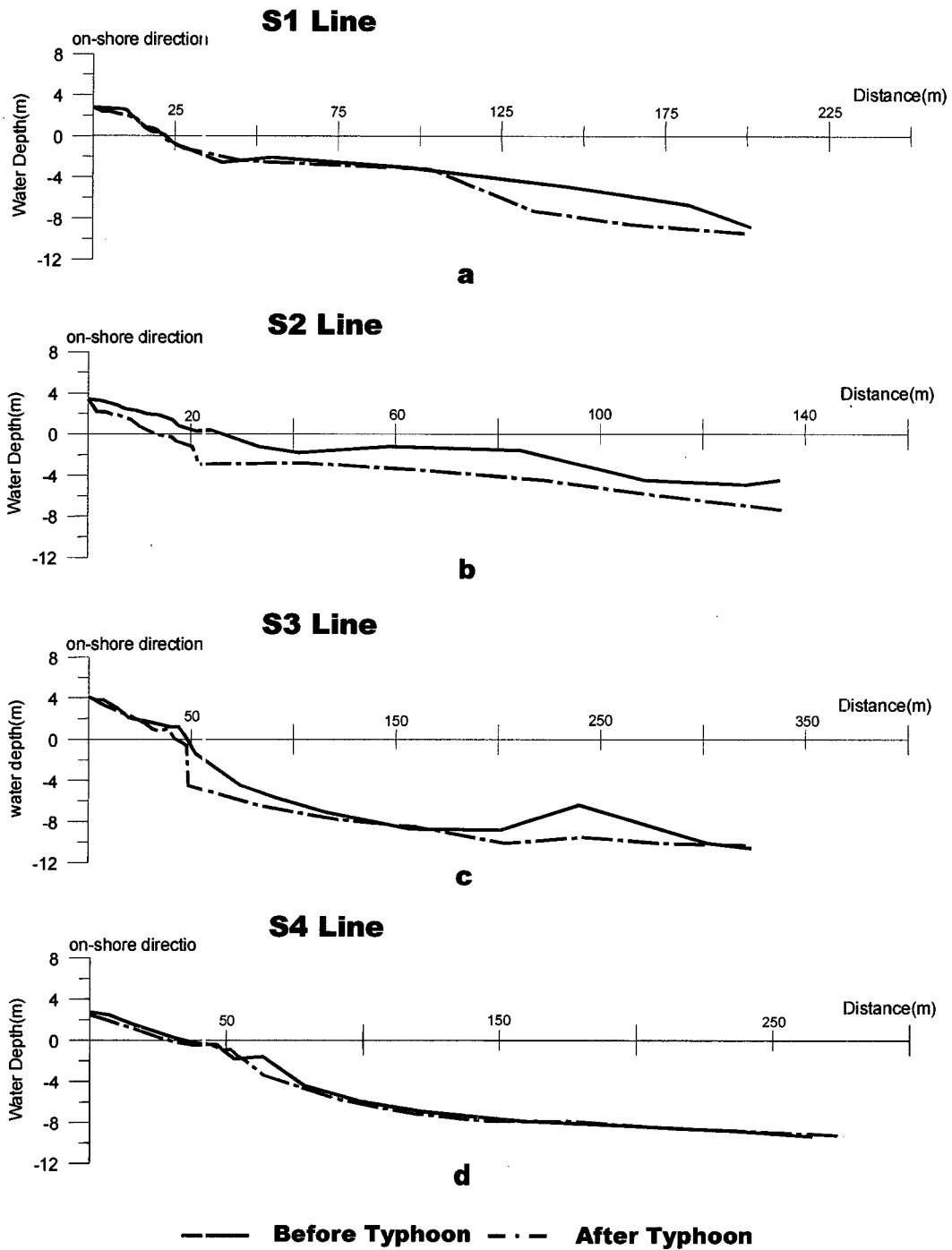


Fig. 9. Comparison of geography transection in Naa beach before and after Typhoon.

심 10 m까지 침식현상이 일어나며(S3), 해안선은 약 12 m까지 후퇴한 것으로 나타났다(S2).

(4) 북측 방조제 인접지역에서는 태풍후 사질량이 감소하고 자갈량이 증가 하였으며, 해빈 중앙부에서는 육지를 따라 길게 자갈량이 감소하고 사질함량이 증가된 분포대를 형성하고, 테트라포드 위치 지역에서는 퇴적물이 다량 침식된 양상을 보인다. 지형단면 변화는 태풍 후 퇴적층 두께 약 4 m까지 침식을 일

으키고, 이런 영향은 수심 약 10 m까지 달하며, 해안선은 약 12 m까지 후퇴한 것으로 나타났다. 그리고 이런 지형단면변화는 테트라포드 주변지역에서만 일어나고 있다. 즉 태풍에 의한 퇴적물 조성변화, 해저지형 및 해안선 변화 등이 지역에 따라 다름을 알 수 있다. 이것은 추계의 주된 파랑방향인 NE방향인 외해파랑 영향이 나아해빈 내에서도 다르며, 이는 방조제 영향에 따라 각기 달리 나타나고 있는 것으로 생각된다.

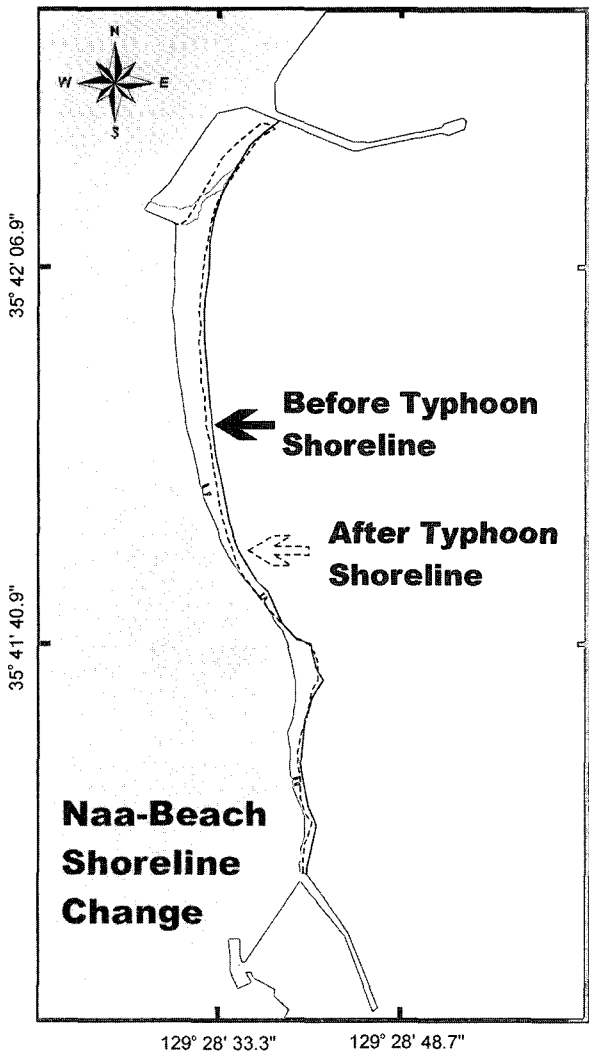


Fig. 10. Comparison of shoreline change in Naa beach before and after Typhoon.

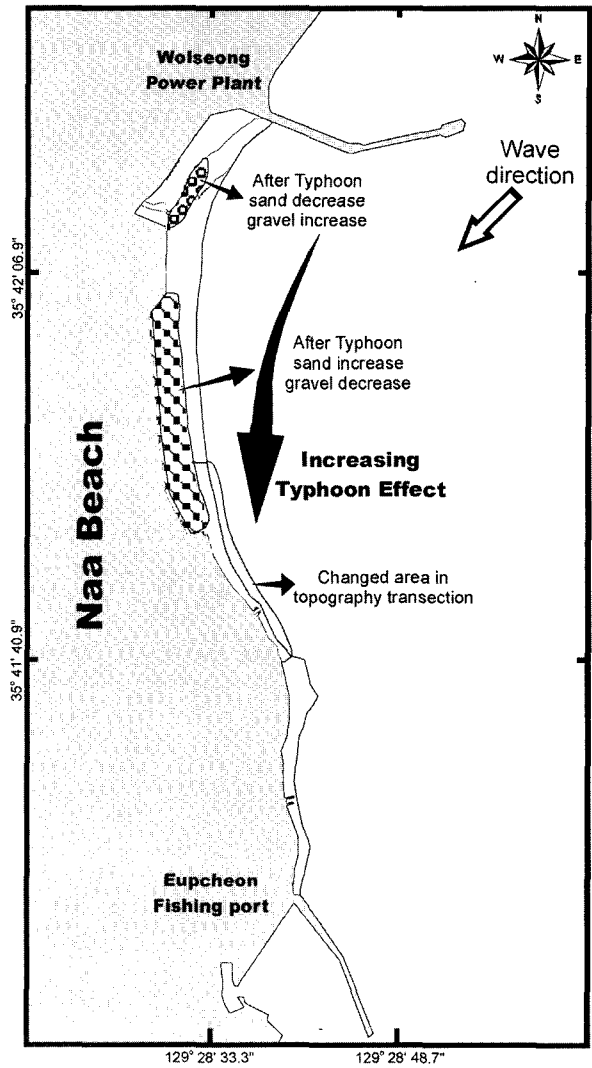


Fig. 11. Synthesis Map showing the effect by Typhoon ("Maemi").

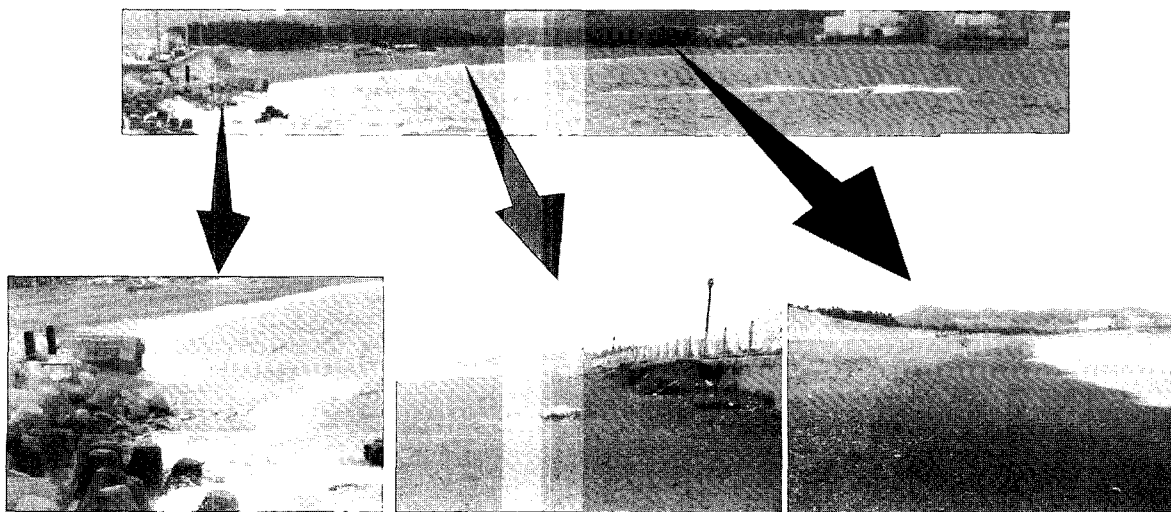


Photo 2. Naa Beach view after Typhoon. Note: eroded and flatted beach surface.

(5) 육지쪽 해변 구성 퇴적물에서 사질함량이 증가한 것은 이들 퇴적물들이 태풍의 파랑에 의해 부유, 운반되어 해변의 상단부(육지쪽)에 집적된 것으로 생각된다. 해변에 폭풍에 영향을 미칠 때, 높은 파고를 가진 파랑은 해변의 저부 또는 외해의 저층에 까지 침식작용을 일으키고, 해변의 상부는 광범위한 침식된 후 사질 퇴적물이 재퇴적된 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- [1] 기상청, 2003, 12, 태풍 “매미” 백서, 88p
- [2] 박준용, 1992, 경상북도 경주군 나아리 해안의 자갈 해변에서의 퇴적작용. 서울대학교 대학원 석사학위논문, p. 146.
- [3] 이종섭, 이상호, 김석윤, 신현옥, 박일흠, 이연규, 김종규, 배기성, 2004, 월성원자력발전소 인근(읍천리)해안 침·퇴적영향조사보고서. 부경대학교 수산과학연구원, p. 632.
- [4] Bascom, W.H., 1954, Characteristics of natural beaches. Proc. 4th Conf. on Coast. Eng., p. 163-180.
- [5] Carter, R.W. G and Orford, J. D., 1993, “The morphodynamics of coarse clastic beaches and barriers: a short-and long-term perspective”, Journal of Coastal Research. Special Issue, 15, 158-179.
- [6] Davis, R.A., 1985, Coastal sedimentary environments. Springer-Verlag, New York.
- [7] Ingram, R.L., 1971, Sieve analysis: in Carver, R.E. (ed.). Process in Sedimentary Petrology. Willey-Inter Science. 49-67.
- [8] Moutzouris, C.I., and Kypraios, N.G., 1987, Temporal and spatial grain size distribution of sediment in a tidalless pocket beach In: C.K. Nicholas (Editor); Coastal sediments 87, 2, p. 1909-1924.
- [9] Reading, H.G., 1986, Sedimentary Environments and facies. Backwell Scientific Publication, p. 615.
- [10] Simon K. Haslett, 2003, Coastal Systems. Routledge, p. 218.

2005년 6월 13일 원고접수

2005년 8월 5일 수정본 채택

**Appendix 1.** The texture parameter of surface sediments in Naa beach before and after typhoon. Note: G: gravel, sG: sandy gravel, gS: gravelly sand, S: sand, Mz: mean grain size

Sample No.	Before Typhoon				After Typhoon					
	Composition(%)			Sediment Type by Folk	Mz (Ø)	Composition(%)			Sediment Type by Folk	Mz (Ø)
	Gravel	Sand	Mud			Gravel	Sand	Mud		
Naa-3	14.16	85.84	0.00	gS	0.53	99.40	0.60	0.00	G	-1.89
Naa-4	100.00	0.00	0.00	G	-4.39	100.00	0.00	0.00	G	-2.30
Naa-5	100.00	0.00	0.00	G	-2.29	100.00	0.00	0.00	G	-3.70
Naa-6	100.00	0.00	0.00	G	-0.48	98.48	1.52	0.00	G	-2.13
Naa-7	100.00	0.00	0.00	G	-3.72	86.32	13.68	0.00	G	-3.25
Naa-8	100.00	0.00	0.00	G	-2.51	93.95	6.05	0.00	G	-1.43
Naa-9	93.64	6.36	0.00	G	-1.96	0.27	99.48	0.25	S	1.62
Naa-10	100.00	0.00	0.00	G	-2.54	99.94	0.06	0.00	G	-3.77
Naa-11	99.98	0.02	0.00	G	-3.84	99.85	0.15	0.00	G	-2.57
Naa-12	85.96	14.04	0.00	G	-1.92	0.49	99.32	0.19	S	0.42
Naa-13	100.00	0.00	0.00	G	-3.40	99.27	0.73	0.00	G	-3.66
Naa-14	99.91	0.09	0.00	G	-2.13	86.16	13.84	0.00	G	-1.24
Naa-15	100.00	0.00	0.00	G	-3.65	71.90	27.93	0.17	sG	-1.27
Naa-16	100.00	0.00	0.00	G	-2.43	70.50	29.50	0.00	sG	-1.06
Naa-17	100.00	0.00	0.00	G	-2.94	98.93	1.07	0.00	G	-1.53
Naa-18	96.67	3.33	0.00	G	-2.43	61.00	38.63	0.37	sG	-1.33
Naa-19	100.00	0.00	0.00	G	-2.45	99.99	0.01	0.00	G	-2.20
Naa-20	99.92	0.08	0.00	G	-2.66	99.41	0.59	0.00	G	-2.30
Naa-21	100.00	0.00	0.00	G	-3.18	100.00	0.00	0.00	G	-2.35
Naa-22	100.00	0.00	0.00	G	-2.58	99.54	0.46	0.00	G	-1.89
Naa-23	100.00	0.00	0.00	G	-2.93	99.96	0.04	0.00	G	-2.87
Naa-24	98.79	1.21	0.00	G	-2.35	100.00	0.00	0.00	G	-3.45
Naa-25	99.38	0.62	0.00	G	-2.23	100.00	0.00	0.00	G	-4.40
Naa-26	99.96	0.04	0.00	G	-2.61	100.00	0.00	0.00	G	-2.88
Naa-27	100.00	0.00	0.00	G	-2.48	99.97	0.03	0.00	G	-2.48
Naa-28	99.99	0.01	0.00	G	-2.03	99.93	0.07	0.00	G	-3.87
Naa-29	100.00	0.00	0.00	G	-2.68	100.00	0.00	0.00	G	-3.87
Naa-30	100.00	0.00	0.00	G	-2.78	100.00	0.00	0.00	G	-3.02
Naa-31	100.00	0.00	0.00	G	-3.91	100.00	0.00	0.00	G	-2.95
Naa-32	100.00	0.00	0.00	G	-3.45	100.00	0.00	0.00	G	-3.63
MIN.	14.16	0.00	0.00		-4.39	0.27	0.00	0.00		-4.40
MAX.	100.00	85.84	0.00		0.53	100.00	99.48	0.37		1.62
AVG.	96.28	3.72	0.00		-2.61	88.84	11.13	0.03		-2.38