

태풍 내습후 낙동강 하구 사주해안의 쓰레기 분포

박순* · 윤한삼**

* 부경대학교 해양공학과, ** 부경대학교 해양산업개발연구소

Distribution of Marine Debris collected from the Sandbar Coastline of Nakdong River Estuary after the Typhoons' Passage

Son Park* · Han-Sam Yoon**

* Dept. of Ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

** Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

요 약 : 본 연구는 최근 우리나라에 영향을 미친 태풍 우사기(USAGI)와 나리(NARI) 내습시 낙동강 진우도 해안쓰레기량을 조사하여 그의 양, 종류 및 구성 성분을 평가하고, 수치모형실험을 통한 태풍 내습 파랑분포와의 상관성을 비교하였다. 그 결과에 따르면, (1) 태풍 내습시 낙동강 하구 진우도 해안쓰레기는 5,769.86kg/km²/day의 퇴적속도로 퇴적되는 것으로 산정되었다. 이는 평상시보다 약 14.42배 많은 양이다. (2) 진우도 전면해역에서의 태풍 내습시 파고분포는 4.1-3.5m였으며, 진우도 전면해역이 도요동 전면해역보다 파고비가 약 1.0배에서 2.5배 상승하여, 파랑에너지의 집중도가 크고, 보다 많은 양의 부유물질(쓰레기)의 밀집이 예상된다.

핵심용어 : 낙동강 하구역, 태풍, 내습파랑, 해안쓰레기, 퇴적속도 추정

Abstract : Using field observations, this study estimated the total weight and types of marine debris along the coast of Jinu Island in the Nakdong River Estuary after typhoons Usagi and Nari had passed. A numerical wave model was used to calculate the spatial wave height distribution at the time of the typhoons' passage. This study found that the total accumulation rate of marine debris deposited on the coast after the two typhoons had passed was about 5,769.86 kg/km²/day at this site, which was 14.42 times as high as that in normal weather. The wave height distribution in the sea off Jinu Island, based on numerical modeling, was 4.1~3.5 m, which was 1.0-2.5 times greater than for the case of other islands. Therefore, it is likely that the concentration of wave energy led to the deposition of marine debris.

Key Words : Nakdong River Estuary, Typhoon, Incident Water Wave, Marine Debris, Accumulation Rate Estimation

1. 서 론

최근 전지구적 이상기후변화로 인해 재해발생빈도가 증가함과 아울러 그 규모 또한 대형화되는 추세이다. 우리나라의 경우 최근 10년간(1993-2002)의 재해발생 상황을 원인별로 살펴보면 총 1,216회의 재해가 발생하였으며, 호우로 인한 피해는 469회, 태풍으로 인한 피해는 309회, 위의 2가지 요인의 복합적인 피해가 전체 피해의 64.0%를 차지하고 있다(해양수산부, 2003).

특히 하절기에 열대성 저기압인 태풍의 진로에 위치한 우리나라의 경우 매년 이와 같은 태풍의 영향으로 인해 막대한 물적/인적 피해를 받아온 것이 사실이다. 홍수시 육상으로부터 해상으로 유입, 해안선 주변에서 발생, 해상에서의 인간활동 등 다양한 요인으로 발생하는 해양쓰레기는 태풍 내습후 해안선 주변을 훼손하거나 피해를 주는 주요 인자이다.

Green Peace의 1998년 'Report on the World's Oceans'에 따르면 전세계 해양오염의 주요 발생원은 인간의 육상활동으로

부터 77%(육상 44%, 대기유입 33%), 해상수송으로부터 12%, 해양투기에 의한 것이 10%를 차지하고 있는 것으로 알려져 있다(우, 2001).

일반적인 해양오염은 초기에는 해양의 자정능력만으로도 해결될 수 있었으나, 여러 경로를 통해 누적되어온 해양오염은 최근 대규모의 어업활동과 레저생활을 시작하면서 문제가 표면화되었고, 해양쓰레기로 인한 오염도 더욱 큰 문제시되고 있다(구 등, 2000).

이러한 해양쓰레기가 연안해양에 미치는 영향과 피해는 매우 큰데, 투기된 어망과 플라스틱 제품 등의 화학적 유해 폐기물은 수산·해양생물의 산란장과 서식처를 위협하고 심지어 그 속에 갇혀서 죽어가는 현상(Ghost fishing)을 초래한다(김, 1998). 또한 일단 유입된 쓰레기는 해양생태계를 파괴하여 어족 자원 감소와 해변환경파괴 및 미관훼손으로 인한 관광객 감소, 그리고 반복적인 정화비용 발생과 같은 피해를 야기하게 된다(박과 강, 2005).

육역으로부터의 해안쓰레기 유입이 가장 클 것으로 예상되는 대형하천 주변의 경우 상술한 바와 같이 해안쓰레기의 영향

* 대표저자 : pspjh@pknu.ac.kr, 051-620-6222
** 정회원, yoonhans@pknu.ac.kr, 051-620-6256

에 의한 환경파괴 및 생태계파괴가 더욱 클 것으로 생각된다. 특히 우리나라 동남해역과 인접한 낙동강 하구역은 낙동강으로부터 유입된 부유폐기물(쓰레기)로 인해 큰 문제시되고 있으며 특히 태풍 내습시 이러한 현상이 더욱 두드러지는데, 2003년 태풍 매미 내습후 진우도 해양쓰레기 수거작업시 처리된 해양쓰레기량이 총1,800ton에 해당한다(부산광역시 강서구, 2004).

최근 이 등(2007)은 Fig. 1에서와 같이 낙동강 하구역의 진우도 사주 전면해역을 대상으로 해안쓰레기의 공간적 분포를 살펴보고 해양으로부터 유입되는 쓰레기의 조성분석을 실시한 뒤, 낙동강 하구역 사주(진우도, 신자도, 도요등) 전면해안의 전체 해안쓰레기 발생량을 추정하였다. 그 결과에 따르면 낙동강 하구 사주해안에서 수거된 쓰레기중 가장 많은 양을 차지하는 것이 목재로서 85.86%, 폐그물 및 폐부이를 포함하는 어구가 5.13%, 플라스틱류가 4.78%, 생활쓰레기가 2.34%, 유리류가 0.94%, 음료수캔을 포함하는 철재류가 0.27%를 나타내었으며, 일일 단위면적당(1km²) 발생하는 해안쓰레기는 약 400.0kg/km²/day의 퇴적속도로 퇴적되는 것으로 산정되었다.

하지만 이는 해안쓰레기 수거 현장조사기간이 평상시의 해양환경조건에 해당하며 일반적으로 해양의 고파랑에 의한 해안쓰레기의 유입 조건이 고려되지 않은 결과라 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 이 등(2007)의 연속된 연구결과로서 Fig. 2와 같이 최근 우리나라에 영향을 미친 태풍 우사기(USAGI)와

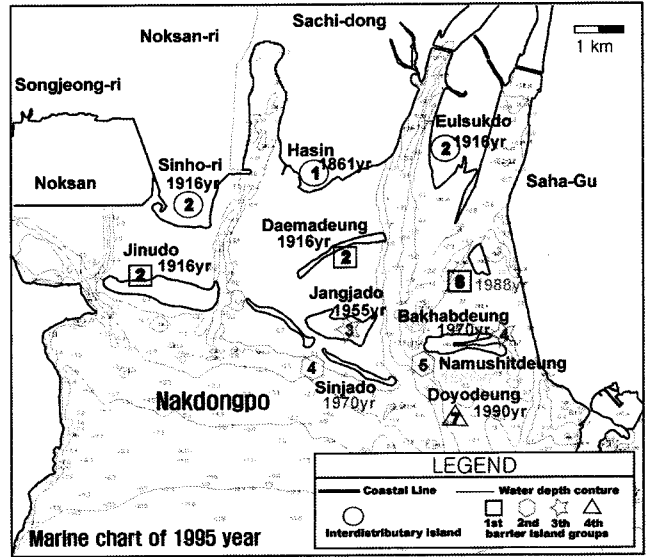


Fig. 1. Development of the barrier islands in the Nakdong River Estuary(Yoon et al., 2007).

나리(NARI)의 영향하에서의 낙동강 진우도 해안쓰레기량을 조사하여, 그의 양, 종류 및 구성 성분을 평가하였다. 또한 태풍 내습시 파랑분포를 수치모의실험을 통해 각 사주별 전면해역에 내습하는 파랑특성을 고찰함으로써 내습파랑과 해안쓰레기 퇴적특성을 개략적으로 평가하고자 한다.

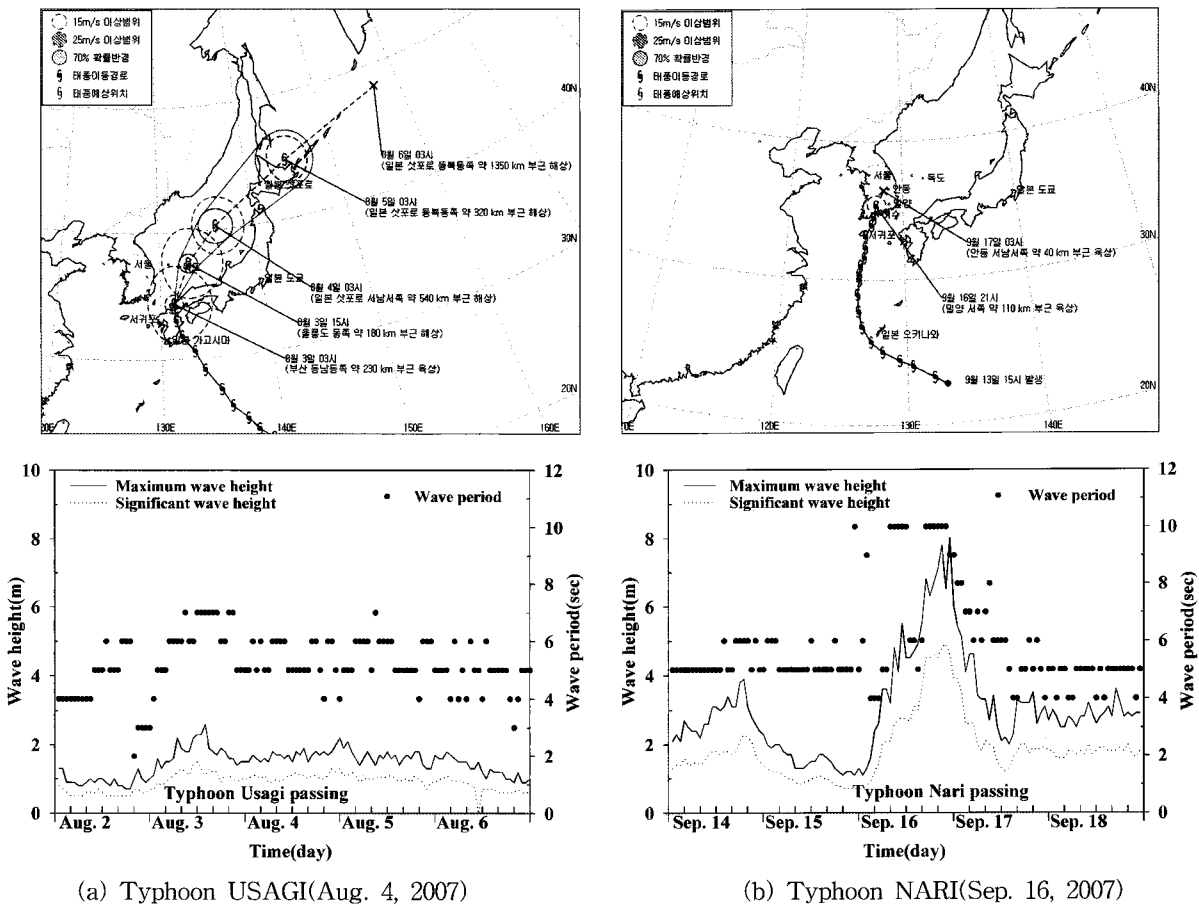


Fig. 2. Routes of the two typhoons and the variation in incident wave height during the typhoons' passage.

2. 재료 및 방법

2.1 낙동강 하구 진우도 해안쓰레기 조사

본 연구는 이 등(2007)이 수행한 연구와 동일하게 낙동강 하구역 진우도 사주 전면해역을 대상으로 2007년 5월경에 50m×50m(=2,500m²) 영역을 설정하고 영역내 모든 해안쓰레기의 퇴적 특성을 조사하였다.

조사 방법은 조사대상 해안의 쓰레기를 모두 수거하여 종류별로 분류한 뒤 각각의 무게를 측정하였다. 또한 모니터링 영역을 깨끗이 청소한 후, 일정 기간이 경과된 시점에서 해안쓰레기를 다시 수거하여 경과된 기간 동안의 해안쓰레기량을 평가하였다. 본 연구에서는 이 등(2007)이 3차 조사시점 이후 Fig. 2와 같이 2개의 태풍이 내습한 10월 17일에 해안쓰레기 수거하여 분석하였다. Fig. 3은 낙동강 진우도 해안 쓰레기 현황 분석을 위한 모니터링 사이트의 쓰레기 수거전 및 수거후의 사진을, Fig. 4~ Fig. 8은 조사결과를 나타내고 있다.

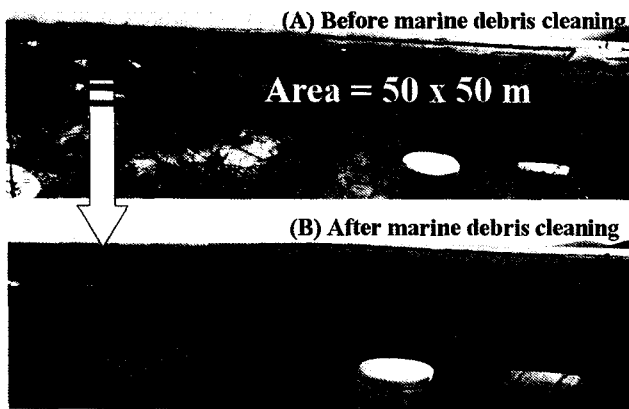


Fig. 3. Monitoring marine debris at a site on the coastline of Jinudo(Island).

2.2 관측기간동안 내습한 태풍

본 연구의 해안쓰레기의 퇴적기간은 이 등(2007)의 3차 조사일(7월 30일)부터 10월 17일까지로 그 기간동안 Fig. 2와 같이 우리 나라에는 태풍 우사기와 나리의 영향을 받았다. 먼저 8월 4일에 내습한 태풍 우사기는 중심기압 990hPa, 최대풍속 23m/sec로 강풍반경이 330km에 달하며 강도는 약하지만 크기는 중형에 해당한다. 또한 9월 16일에 내습한 태풍 나리는 중심기압 994hPa, 최대풍속 19m/sec로 강풍반경이 80km, 강도 및 크기는 각각 약이며 소형이었다(기상청, 2007).

이 두 태풍의 내습경로를 비교해 보면 태풍 우사기는 규모와 강도는 크지만 대상해역이 태풍 진행방향의 좌측에 위치하고, 태풍 나리는 이와는 반대로 규모와 강도는 작지만 대상해역이 태풍 진행방향의 우측에 위치하는 차이점을 나타내었다. 이는 대상해역과 인접한 거제도 해상관측부이로부터 관측된 파랑의 파고·주기 결과에서도 알 수 있다. 즉, 태풍 우사기 내습시 최대파고는 약 3m이내이고 주기는 7sec이지만 태풍 나리의 경우

에는 최대파고는 약 8m, 주기는 10sec에 달한다.

대상해역의 지형적 특성을 고려해 볼 때 두 태풍에 의해 대상해역으로 내습하는 최대파랑 내습시의 파향은 태풍 우사기 내습시는 NE, 태풍 나리는 SW방향의 파랑이 내습한 것으로 나타났다. 태풍 나리는 2003년 9월 한반도에 상륙한 제 14호 태풍 “매미”와 동일한 진행방향을 나타내는 것이 특징이다.

태풍 내습당시 일강우량을 살펴보면 부산기상관측소에서 관측된 태풍 우사기 내습당시인 8월 5일에 최대 52mm, 태풍 나리 내습당시인 9월 15일에 최대 67mm를 나타내었다.

이상의 결과를 종합하면 관측기간동안 내습한 태풍은 각각 대상해역에 영향을 미쳤을 것으로 판단되는데, 태풍 우사기의 경우보다는 태풍 나리에 의한 고파랑과 강우에 의한 하구둑으로부터의 하천수의 영향이 크게 작용하였을 것으로 생각된다.

2.3 파랑변형 모형의 구축

본 연구에서는 태풍 내습시 파랑분포를 수치모의실험을 통해 각 사주별 전면해역에 내습하는 파랑특성을 고찰하고자 하였다. 이를 위해 다방향 불규칙파 변형모형을 구축하고 굴절, 회절, 천수, 쇄파 변형을 고려한 파랑변형실험을 수행하고자 하였다. 구축된 모형의 기본방정식은 Karlsson(1969)의 에너지평형방정식이며 식(1)과 같다.

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \nabla \cdot (S\vec{V}) - Q = 0 \quad (1)$$

$$\nabla = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial t}, \frac{\partial}{\partial \theta} \right\}$$

$$\vec{V} = \begin{Bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_f \\ V_\theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C_g \cos \theta \\ C_g \sin \theta \\ \frac{\partial f}{\partial t} \\ \frac{C_g}{C} \left(\frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right) \end{Bmatrix}$$

$$C_g = \frac{C}{2} \left\{ 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right\}$$

여기서, S(= S(f,θ))는 파랑스펙트럼 에너지밀도, Q는 외부에너지 출입, \vec{V} 는 성분 에너지 전파속도 vector, C_g 는 군속도, C는 파속, k는 파수, d는 수심, f는 주파수, θ는 방향을 나타낸다.

위 식(1)은 1) 파의 상태는 변하지 않는다($\partial S / \partial t = 0$), 2) 성분파의 주기는 변하지 않는다($\partial f / \partial t = 0$), 3) 외부에너지의 출입은 없다($Q = 0$)고 가정하면, 식 (2)와 같이 유도된다.

$$\frac{\partial}{\partial x}(SV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(SV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(SV_\theta) = 0 \quad (2)$$

식(2)는 유한차분법을 사용하여 풀 수 있으며, 입사경계에서는 입사파랑의 파향(평균파향), 파고(유의파고) 및 주기(유의파주기)에 대응되는 방향스펙트럼을 바탕으로 성분파 에너지를 분할·입력시키는 바, 본 모형에서 사용한 방향스펙트럼은 식 (3)~식(8)에서 제시한 바와 같이 주파수 스펙트럼으로는 Bretschneider-Mitsuyasu형을, 방향분포함수로는 Mitsuyasu형을 사용하는 방향스펙트럼을 적용하였다.



Fig. 4. The kinds of plastic collected along the coast of Jinudo(Island).

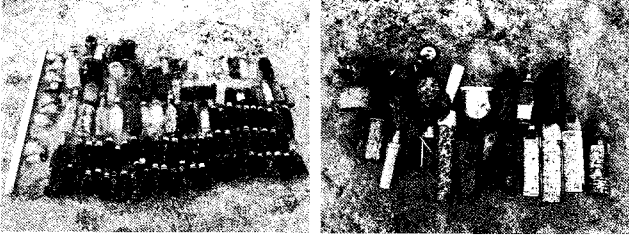


Fig. 5. The kinds of glasses and metals collected along the coast of Jinudo(Island).

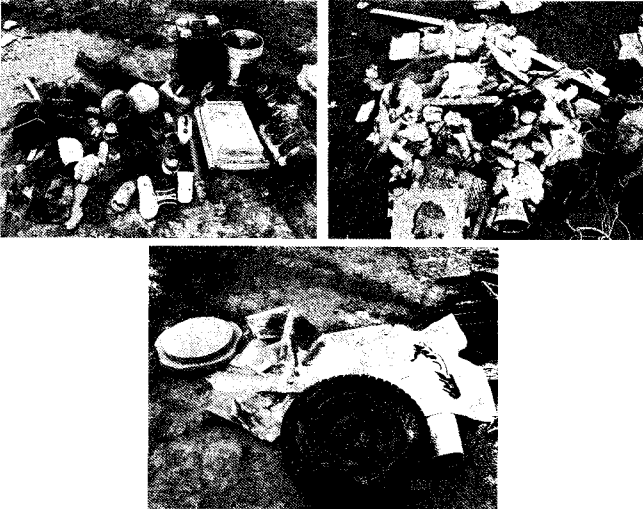


Fig. 6. The kinds of construction and life waste collected along the coast of Jinudo(Island).

$$S(f, \theta) = S(f) G(f; \theta) \quad (3)$$

$$S(f) = 0.25H_{1/3}^2 T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-1.03(T_{1/3} f)^{-4}] \quad (4)$$

$$G(f; \theta) = G_0 \cos^{2s} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (5)$$

$$G_0 = \frac{1}{\pi} 2^{2s-1} \frac{\Gamma^2(s+1)}{\Gamma(2s+1)} \quad (6)$$

$$S = \begin{cases} S_{\max} \cdot (f/f_p)^5 & : f \leq f_p, \\ S_{\max} \cdot (f/f_p)^{-2.5} & : f \geq f_p \end{cases} \quad (7)$$

$$f_p = 1/(1.05T_{1/3}) \quad (8)$$

여기서, $S(f)$ 는 주파수 스펙트럼, $G(f; \theta)$ 는 방향분포함수, Γ 는 감마함수(gamma function), f_p 는 peak 주파수, S_{\max} 는 방향집중도 변수를 나타낸다.

또한 측면경계에서는 경계 내외의 방향스펙트럼을 동일하게 주며, 육지측에서는 파에너지가 육지에 완전 흡수되는 것으로 한다. 수치해는 계산영역내 각 격자점에서 성분파의 에너지밀



Fig. 7. The kinds of woods and metals collected along the coast of Jinudo(Island).

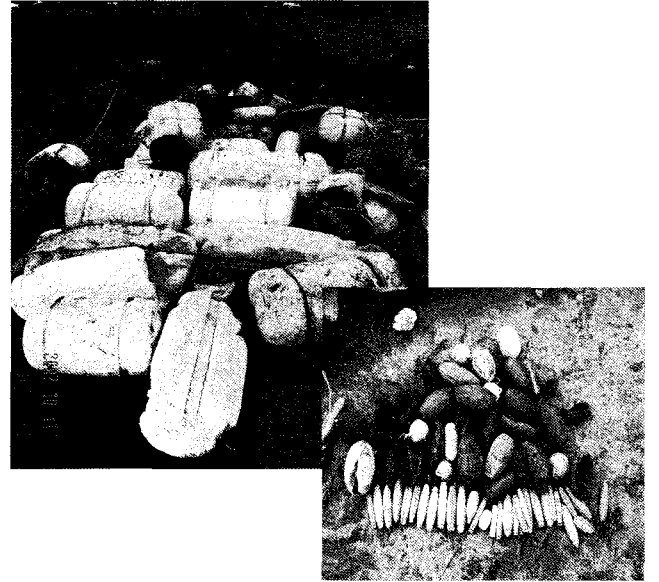


Fig. 8. The kinds of fishing implements and metals collected along the coast of Jinudo(Island).

도 $S(f, \theta)$ 로 산출되고 이를 바탕으로 식(9)~식(11)과 같은 관계를 이용하여 파고, 주기 및 파향을 산출한다.

$$H_{1/3} = 4 \left\{ \int_0^\infty \int_0^{2\pi} F(f, \theta) d\theta df \right\}^{1/2} \quad (9)$$

$$T_{1/3} = 1.22 \left\{ \int_0^\infty \int_0^{2\pi} F(f, \theta) d\theta df / \int_0^\infty \int_0^{2\pi} f^2 F(f, \theta) d\theta df \right\}^{1/2} \quad (10)$$

$$\bar{\theta} = \tan^{-1} \left\{ \frac{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} F(f, \theta) \sin \theta d\theta df}{\int_0^\infty \int_0^{2\pi} F(f, \theta) \cos \theta d\theta df} \right\}^{1/2} \quad (11)$$

한편, 파랑이 해안으로 접근함에 따라 발생하는 쇄파는 상기 방법에 의하여 각 격자점에서 계산된 파고가 식(12)으로 표현된 Goda(1975)의 쇄파관계식으로 계산된 값보다 크지 않는 것으로 한다.

$$H_b/L_0 = A \{ 1 - \exp[-1.5\pi(h_b/L_0)(1 + K(\tan \beta)^6)] \} \quad (12)$$

여기서, H_b 는 쇄파파고, L_0 는 심해파장, A 는 0.12~0.18, K

는 15, s 는 4/3, h_b 는 쇄파수심, $\tan\beta$ 는 해저경사를 나타낸다.

2.4 파랑변형실험의 입력조건

본 연구의 파랑변형실험에서 대상으로 하는 계산영역은 낙동강 하구역을 충분히 포함하는 심해영역까지로 확장하였다. Fig. 9는 파랑수치모형실험을 위한 계산영역의 수심도를 나타내는 것으로 격자간격 70m이며 228×356(=81,168개)의 정방형 격자로 구성되어진 계산영역을 설정하였다.

수산청(1988)의 부산, 다대포 등의 연구대상해역에서의 심해설계파 산정 결과는 Table 1과 같다. 본 연구에서는 제시된 심해파 제원 중에서 재현기간 100년 빈도의 H_S 와 T_S 를 실험입사 파랑제원으로 수치모의하였다. 한편, 낙동강 하구역으로 진입하는 파랑은 SSW방향을 가진 성분들이 70%정도이며, 기존 녹산공단 조성시 사용되어진 심해설계파고는 파향 S10°W, 파고 10m, 주기 15sec이었다.

입사하는 파랑의 주파향은 대상해역에서의 태풍의 진행경로를 고려하여 SSW방향 입사파랑조건에 대해서 고려하였다. 대상해역에서의 수심조건은 수치해도로부터 획득된 입력자료에 평균해면(0.95m)를 더하여 고려하였고, 육상부근에서의 세부조건대 수심자료는 해상수심측량자료(이 등, 2007)를 추가하여 보완하였다.

태풍 내습에 따른 이상수위상승 현상인 해일고에 대해서는 김 등(2007)에 의해 제시되어진 태풍 매미 내습시 진우도 전면해역에서의 해일고 산정결과를 적용하였는데 이는 최근 내습한 태풍과는 적용환경이 다르나 달리 적용할 만한 신뢰성있는 연구결과가 없는 점을 감안하여 본 계산결과는 다소 과대평가될 수 있음을 밝히는 바이다.

본 연구에서는 구축된 모형에 대해서 두가지 실험Case를 선정하였는데 1) 대조평균고조위만을 고려할 시(CASE-1), 2) 대조평균고조위에 해일고(storm surge height)를 더한 수심조건을 고려한 경우(CASE-2)의 2가지 실험 Case에 대해서 실시하였다.

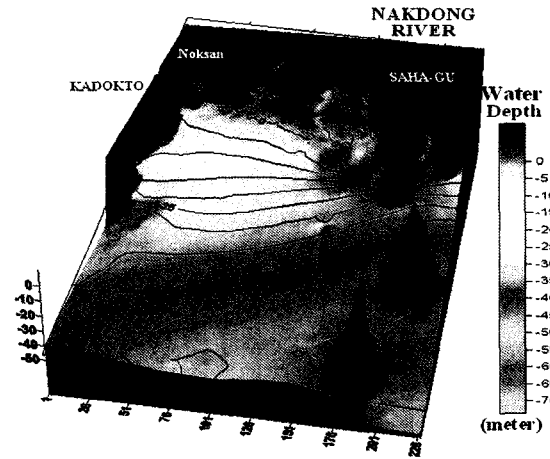


Fig. 9. 3-Dimension water depth diagram.

Table 1. Design wave conditions at this study area

Wave dir.	SSW		SSE		
	Height/Period	H_S (m)	T_S (s)	H_S (m)	T_S (s)
Return period	10	7.7	11.0	3.9	7.0
	20	8.8	12.0	4.5	8.0
	30	9.4	13.0	4.8	8.0
	50	10.2	14.0	5.2	9.0
	70	10.7	14.0	5.4	9.0
100	11.2	15.0	5.7	9.0	
Source	Typhoon		Typhoon		

3. 연구결과 및 고찰

3.1 현장조사 결과-진우도 해안 쓰레기

낙동강 하구역 진우도 사주 전면해역을 대상으로 50m×50m(=0.0025km²) 영역을 설정하고 태풍 내습전과 내습후의 영역내 모든 해안 쓰레기를 수거하여 종류별로 분리한 뒤 무게를 측정하였다. 최근 5월(1차 조사)부터 내습후인 10월까지(4차 조사)의 조사결과를 정리하면 Table 2와 같이 나타낼 수 있다.

3차 조사까지의 조사결과를 종합하면 1차 조사시에 수거된

Table 2. The marine debris collected from the coastline of Jinudo(Island) in the Nakdong River Estuary

Component	Type	1st investigation (19 May, 2007)		2nd investigation (19 June, 2007)		3rd investigation (30 July, 2007)		4th investigation (11 Oct., 2007)	
		Quantity(EA)	Weight(kg)	Quantity(EA)	Weight(kg)	Quantity(EA)	Weight(kg)	Quantity(EA)	Weight(kg)
Plastic	oversize PET	23	34.5	1	3.25	1	5		39
	PET & etc.	34	18.5	10		6			
Glass	beverage bottle	36	10.5	15	2.5	2	1.5		22.5
	liquor bottle	8		1		1			
	etc.	8		1		3			
Fishing implement	fishing net	-	32	1	3.5	-	1		235.5
	buoy	17	25	3		5			
Wood		-	953	-	11	-	33		700
Construction waste		3	7.5	-	-	-	-		4.5
Household waste		-	26	-	3	-	0.5		50.5
Metal	etc.	19	3	1	0.5	1	0.01		4
Total weight(kg)			1,110		23.75		41.1		1,056

총 1,110kg의 해안쓰레기중 가장 많은 양을 차지하는 것이 목재로서 85.86%, 폐그물 및 폐부이를 포함하는 어구가 5.13%, 플라스틱류가 4.78%, 생활쓰레기가 2.34%, 유리류가 0.94%, 음료수캔을 포함하는 철재류가 0.27%를 나타내었다. 또한 2차 조사 시에는 총 23.75kg, 3차 조사 시에는 총 41.1kg의 해안쓰레기가 수거되었는데, 단위면적당(1km²) 발생하는 해안쓰레기량은 각각 총 9,500kg/km²(=23.75kg/0.0025km²)과 16,400kg/km²(=41.1kg/0.0025km²)이다. 2차 조사기간동안(31일)의 퇴적속도로 환산하면 316.67kg/km²/day, 3차 조사기간동안(41일)의 퇴적속도로 환산하면 400.0kg/km²/day의 해안쓰레기가 퇴적되는 것으로 산정되었다. 그러나 태풍 내습후인 10월 11일에 수거한 해안쓰레기량은 총 1,053kg으로서 단위면적당(1km²) 발생하는 해안쓰레기량은 총 421,200kg/km²(=1.053kg/0.0025km²)이었다. 그리고 4차 조사기간동안(73일)의 퇴적속도로 환산하면 5,769.86kg/km²/day의 해안쓰레기가 퇴적되는 것으로 산정되었다. 이는 평상시에 해당하는 3차 조사기간동안 퇴적된 해안쓰레기량보다 약 14.42배 많은 양이 퇴적됨을 나타내고 있다. Fig. 10은 총 4회에 걸쳐서 수행된 현장조사 결과를 시간경과에 따른 퇴적량을 도식화한 결과이다.

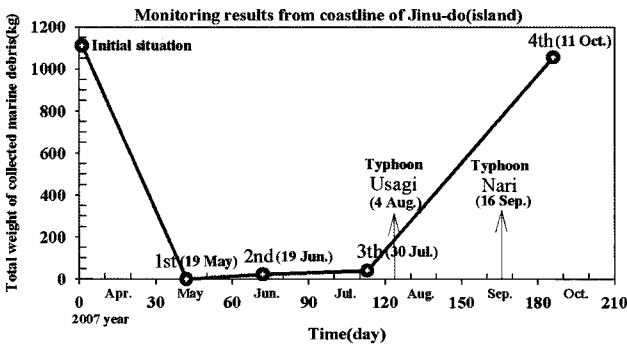


Fig. 10. Monitoring results of marine debris collected from the Sandbar Coastline of Jinudo(Island).

3.2 사주 전면에 내습하는 파랑특성

본 연구에서는 구축된 파랑변형모형을 통해 상술한 바와 같이 사주 전면에 내습하는 파랑특성을 고찰하였다. 상술한 두 실험 CASE에 대한 낙동강 하구역에서의 파랑변형 수치실험 결과는 Table 3과 같이 제시할 수 있다.

계산된 결과를 살펴보면 CASE-1에서 진우도 전면해역에서의 파고분포는 4.1-3.5m, 신자도 전면에서는 3.5-1.5, 도요등 전면해역에서는 2.6-1.4m의 최대-최소 범위를 나타내었다. 도요등에 대한 진우도와 신자도의 파고비를 계산해 보면 진우도의 경우 158-250%, 신자도의 경우 107-135%의 범위를 나타내었는데, 이를 통해 진우도 전면해역(낙동강 사주군의 전면의 서측해역)에서의 파고비가 도요등 전면해역(낙동강 사주군의 전면의 동측해역)보다 약 1.5배에서 2.5배 상승하는 경향을 나타낼 수 있다.

또한 CASE 2에서는 진우도 전면해역에서의 파고분포는 3.6-3.0m, 신자도 전면에서는 2.9-1.4, 도요등 전면해역에서는

2.0-1.4m의 최대-최소범위를 나타내었다. 도요등에 대한 진우도와 신자도의 파고비를 계산해 보면 진우도의 경우 180-214%, 신자도의 경우 100-145%의 범위를 나타내었는데, 이를 통해 진우도 전면해역(낙동강 사주군의 전면의 서측해역)에서의 파고비가 도요등 전면해역(낙동강 사주군의 전면의 동측해역)보다 약 1.0배에서 2.0배 상승하는 경향을 나타낼 수 있다.

그러나 본 실험에서 적용되어진 해일고의 고려방법에 있어서 단순히 수심에 해일고를 더하는 방법의 경우 계산상의 정수면이 고정상태에서 해일고 만큼 수심이 깊어지는 효과로 작용함으로써 CASE-1에 비해서 CASE-2가 천수효과 및 쇄파효과가 작게 작용함에 따라서 수심변화에 따른 파고상승효과가 작게 나타난 결과로 판단된다.

동일한 실험조건에서 연안사주 전면에서의 파고분포가 차이를 나타내는 것은 본 대상해역내로 입사하는 파랑의 작용이 외해와 접한 사주군에 대해서 미치는 영향이 차이가 발생하고 이로 인해 해안쓰레기의 이동 및 퇴적/침식작용에 큰 영향을 미칠 것이라는 것을 추측할 수 있다. 이상의 결과를 종합하면 진우도 전면 해역이 도요등 전면해역보다 파랑에너지의 집중도가 크다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Calculated wave height for two CASEs

Division		Sandbar island		
		Jinu	Shinja	Doyo
CASE-1	Wave height(m)	4.1 ~ 3.5	3.5 ~ 1.5	2.6 ~ 1.4
	%	158-250%	107-135%	100%
CASE-2	Wave height(m)	3.6 ~ 3.0	2.9 ~ 1.4	2.0 ~ 1.4
	%	180-214%	100-145%	100%

3.3 해안쓰레기 분포량과 파랑과의 상호관련성

본 연구에서 구축된 파랑변형모형을 통해 상술한 바와 같이 사주 전면에 내습하는 파랑을 추정해보면 상대적으로 진우도 전면해역이 크고 도요등 전면해역이 작은 경향을 나타낸다. 즉, 진우도 전면해역에서의 파랑에너지 집중에 의해 보다 많은 양의 부유물질(쓰레기)의 밀집이 예상된다.

그러나 낙동강 하구둑과 인접한 신자도와 도요등에서의 퇴적량은 진우도의 파랑에 의한 영향보다는 하천으로부터의 직접적인 쓰레기 유입과 퇴적에 의해 보다 중량의 해안쓰레기가 분포하리라 생각된다.

따라서 해양파랑과 해안쓰레기와의 보다 명확한 상호관련성을 고찰하기 위해서는 신자도 또는 도요등에 현재 진우도와 동일한 방식의 현장 조사 사이트를 설치하여 조사하는 것이 필요하리라 생각된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 최근 우리나라에 영향을 미친 태풍 우사기(USAGI)와 나리(NARI)의 영향하에서의 낙동강 진우도 해안쓰

레기량을 조사하여 그의 양, 종류 및 구성 성분을 평가하였다. 또한 태풍 내습시 파랑분포를 수치모의실험을 통해 각 사주별 전면해역에 내습하는 파랑특성을 고찰함으로써 내습파랑과 해안쓰레기 퇴적특성을 개략적으로 평가하고자 하였다. 이상의 결과를 요약해 보면 다음과 같다.

(1) 태풍 내습시 낙동강 하구 진우도 해안쓰레기는 5,769.86kg/km/day의 퇴적속도로 퇴적되는 것으로 산정되었다. 이는 평상시보다 약 14.42배 많은 양의 해안쓰레기가 퇴적됨을 나타내고 있다.

(2) 관측기간동안 내습한 태풍은 우사기와 나리로서 각각 대상해역에 영향을 미쳤을 것으로 판단되는데, 태풍 우사기의 경우보다는 태풍 나리에 의한 고파랑과 강우에 의한 하구둑으로부터의 하천수의 영향이 크게 작용하였을 것으로 생각된다.

(3) 진우도 전면해역에서의 태풍 내습시 파고분포는 4.1-3.5m, 신자도 전면에서는 3.5-1.5m, 도요등 전면해역에서는 2.6-1.4m의 최대-최소 범위를 나타내며, 진우도 전면해역이 도요등 전면해역보다 파고비가 약 1.0배에서 2.5배 상승하여, 파랑 에너지의 집중도가 크다는 것을 알 수 있었다.

(4) 진우도 전면해역에서의 파랑에너지 집중에 의해 보다 많은 양의 부유물질(쓰레기)의 밀집이 예상되지만, 낙동강 하구둑과 인접한 신자도와 도요등에서의 퇴적량은 진우도의 파랑에 의한 영향보다는 하천으로부터의 직접적인 영향을 받을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 낙동강 진우도 해안에 대한 해안쓰레기 조사에 한정되어 내습 파랑과 해안쓰레기와의 상호관련성을 고찰하였으나, 향후 신자도 또는 도요등에 현재 진우도와 동일한 방식의 현장 조사 사이트를 설치하여 조사하는 것이 필요하리라 생각된다.

후 기

본 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-331-D00700)의 일부 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다. 본 연구에 참여한 박순은 [2단계 BK21사업]의 지원비를 받았음.

참 고 문 헌

- [1] 구본삼, 강현, 허성희(2000), 진해만의 바다밑 쓰레기에 대한 조사연구, 한국해양환경공학회지, 제3권, 제4호, pp. 91-98.
- [2] 기상청(2007), <http://www.kma.go.kr>.
- [3] 김도삼, 김지민, 이광호, 이성대(2007), 연안역에서 고파랑과 폭풍해일을 고려한 침수해석, 한국해양공학회지 제21권, 제2호, pp. 35-41.
- [4] 김종화(1998), 연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성에 관한 연구, 한국어업기술학회지, 제34권, 제3호,

pp. 287-293.

- [5] 박상숙, 강화영(2005), 전남지역 해안에서 수거한 바다쓰레기 발생량 및 성분분석, 한국폐기물학회지, 제22권, 제2호, pp. 203-212.
- [6] 부산광역시 강서구(2004), 03.태풍 “매미”복구 해양쓰레기 수거·처리사업 업무편람, pp. 268-282.
- [7] 수산청(1988), 해역별(동해·남해) 심해파 추산 보고서.
- [8] 우종식(2001), 한국연근해 해양폐기물의 현주소, 대한조선학회, 제38권, 제4호, pp. 50-55.
- [9] 윤한삼, 유창일, 강윤구, 류청로(2007), 낙동강 하구역 삼각주 발달에 관한 문헌 고찰 연구, 한국해양공학회지, 제21권, 제2호, pp. 22-34.
- [10] 이영복, 박순, 류청로, 김헌태, 윤한삼(2007), 낙동강 하구 사주 해안에서 수거한 쓰레기 종류 및 분포량 추정, 한국해양환경공학회지, 제10권, 제3호, pp. 148-154.
- [11] 이인철, 유창일, 윤한삼(2007), 낙동강 부정형적 사주 발달과 환경인자간의 상관성 비교 연구, 한국해양환경공학회지, 제10권, 제1호, pp. 13-20.
- [12] 해양수산부(2003), 연안침식방지 종합대책수립을 위한 조사 연구용역(Ⅱ), 제2차 자문회의자료, pp. 12-13.
- [13] Goda, Y.(1975), Deformation of irregular waves due to depth-controlled wave breaking, Rept. Port and Harbour Res. Inst., Vol.14, No.3, pp. 59-106 (in japanese).
- [14] Karlsson, T.(1969), Refraction of continuous ocean wave spectra, Journal of waterway, Ports, Harbors and Coastal Engineering, ASCE, 95, WW4, pp. 275-287.

원고접수일 : 2007 년 10월 31일

원고채택일 : 2007 년 12월 21일