

# 입자수치모의를 통한 낙동강 하구 해안부유쓰레기 거동

유창일\* · 윤한삼\*\* · 김규태\*\*\*

\* 부경대학교 해양공학과, \*\* 부경대학교 해양산업개발연구소, \*\*\* 부산광역시청 수산행정과

## The Behavior of Floating Debris in the Nakdong River Estuary using a Simple Numerical Particle Model

Chang-Ill Yoo\* · Han-Sam Yoon\*\* · Gyou-Tae Kim\*\*\*

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

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

\*\*\* Fisheries Administration Div., Busan Metropolitan City, Busan, 611-735, Korea

**요 약** : 본 연구는 낙동강 하구역에 유입되거나 발생된 해안부유쓰레기의 거동특성을 파악하기 위해 2003년 태풍 “매미” 내습시 하구둑 최대 방류량을 조건으로 수치모형을 이용하여 해수유동장을 재현하고 재현된 유동장에 부유쓰레기로 대표되는 입자를 방출하여 입자들의 거동특성을 살펴보고자 하였다. 입자수치모의실험의 결과에 따르면 낙동강 하구역내 존재하는 부유쓰레기는 홍수유량시 72시간 경과시에 낙동강 하구역내 입자 분포 및 거동이 안정상태에 도달하였다. 공간상으로는 진우도를 포함한 가덕도 동측 해안의 경우 초기 33시간까지는 40%까지 증가하나 그 외 주변해역의 경우 20~40% 범위를 유지하였다.

**핵심용어** : 낙동강 하구역, 수치모형실험, 입자추적실험, 부유쓰레기, 거동특성

**Abstract** : This study reviewed the behavior(movement) characteristics of floating marine debris flowing in the Nakdong River Estuary using a simple numerical particle-tracking model on the conditions of the maximum water discharge outflow from the Nakdong River barrage during the passage of typhoon Maemi in 2003. The simulation showed that the particle distribution and movement of floating marine debris in the Nakdong River Estuary reached a stable state at 72 hours after the typhoon had passed, during the flood period of river discharge. The quantity of floating particles distributed on the east coast of Gadeok and Jinu Islands increased by 40% at 33 hours after starting the model, while the change in other sea areas was 20-40%.

**Key Words** : Nakdong river estuary, Numerical modeling, Simple numerical particle model, Floating marine debris, Behavior(movement) characteristics

### 1. 서 론

일반적으로 하구 해역은 육상환경과 해양환경이 인접한 전이지역(transition zone)으로 담수와 해수의 상호작용에 의해 변화양상이 복잡하고 광범위한 시·공간 규모에서 발생한다.

육상으로부터 유입된 부유폐기물(쓰레기)은 대규모 하천유량 유출시 부유상태로 하구역으로 유입되어 천해역에 침적되거나 유출특성에 따라서 외해로 유출되는 양상을 보인다. 낙동강 하구둑에서 유입되는 부유폐기물을 각각의 조성별로 살펴보면 가장 많은 것이 식물쓰레기로서 70%, 플라스틱이 19%, 목재류가 1%, 금속류가 4%, 유리류가 3%, 기타 3%로 분류되고 있다(유 등, 2002a). 낙동강으로부터 유입된 부유폐기물(쓰레기)은 특히 태풍 내습시 이러한 현상이 더욱 두드러지는데, 2003년 태풍 매미 내습후 진우도 해양쓰레기 수거작업시 처리된 해양쓰레기량

이 총 1,800ton에 해당한다(부산광역시 강서구, 2004).

현재까지 이러한 해양폐기물에 대한 조사가 많이 수행되고 있으나 대체로 해안가로 밀려오거나 해저면에 집적된 폐기물 조사에 그치고 있어, 발생원인별 세부적인 조사가 부족한 실정이다(유 등, 2002a).

이에 유 등(2002b)의 DGPS 위치정보 추적실험을 통해 낙동강 하구 육상기인성 부유폐기물의 거동을 살펴본 결과에 따르면 낙동강에서 유출된 부유폐기물은 다대포항 주위에 집적되거나, 부산항을 거쳐 동해안으로 이동하며, 부유폐기물의 이동은 당해역에 있어서는 바람에 의한 취송류와 해류에 의한 영향이 지배적이며 조류에 의한 영향은 상기의 조건에 비하여 낮은 것으로 주장한 바 있다.

반면에 천해역 사주환경이 발달한 낙동강 하구에서의 부유쓰레기의 침적은 조석 및 조류에 의한 사주간의 물질수송능력에 따라서 부유쓰레기의 이동을 평가할 수 있기 때문에, 윤 등(2005)은 낙동강 하구둑 방류량(무방류시 및 홍수기시) 조건을 바탕으로 사주간의 단면유량Flux를 계산하였는데, 그 결과에

\* 대표저자 : mc2002@hanmail.net, 051-620-6222

\*\* 정희원, yoonhans@pknu.ac.kr, 051-620-6256

따르면 홍수 하천유량시 장자도, 백합등, 다대 전면해역에서, 평수기시의 경우 진우도 전면해역에서 물질수지가 가장 크게 나타나 이 해역에서 물질의 퇴적 및 부유쓰레기의 침적활동이 가장 활발할 것으로 예측하였다.

김 등(1999)에 따르면 하구둑 건설후 수문의 인위적인 개폐 작용에 따라 담수와 해수는 급격히 만나 염수쇄기의 형태로 성층화되는 양상을 보이고, 장과 김(2006)은 수문이 인위적으로 개폐되는 관계로 완전히 혼합되지 않은 혼합수가 신자도 아래 해역에서 패치(Pitch) 형태로 출현하며 조류에 의해 창조시 가덕도 방향으로 편향한다고 주장하였다.

최근 이 등(2007)은 낙동강 하구역 진우도 사주 전면해역을 대상으로 해안쓰레기의 공간적 분포를 살펴보고 해양으로부터 유입되는 쓰레기의 조성분석을 실시한 뒤, 낙동강 하구역 사주(진우도, 신자도, 도요등) 전면해안의 전체 해안쓰레기 발생량을 추정하였는데, 그 결과에 따르면 낙동강 하구 사주해안에서 수거된 쓰레기중 가장 많은 양을 차지하는 것이 목재로서 85.86%, 페그물 및 폐부이를 포함하는 어구가 5.13%, 플라스틱류가 4.78%, 생활쓰레기가 2.34%, 유리류가 0.94%, 음료수캔을 포함하는 철제류가 0.27%를 나타내었으며, 일일 단위면적당(1 km<sup>2</sup>) 발생하는 해안쓰레기는 약 400.0kg/km<sup>2</sup>/day의 퇴적속도로 퇴적되는 것으로 산정되었다.

이상의 연구결과를 종합하면 낙동강 하구역내로 유입된 해안부유쓰레기는 조류속에 따라서 침적 또는 이동하는 경향을 보이고 외각 사주를 벗어나 대수심 해역으로 이동할 경우에는 취송류와 해류, 조류의 영향으로 외해로 이동하는 것으로 파악할 수 있다.

이에 본 연구에서는 낙동강 하구역에 유입되거나 발생된 해안부유쓰레기의 거동을 파악하기 위해 2003년 태풍 “매미” 내습시 낙동강 하구둑에서 계측된 최대 방류량을 실험안으로 설정하여 대상 연구해역의 해수유동장을 재현하고 재현된 유동장에 부유쓰레기로 대표되는 수치입자를 방출하여 입자들의 거동을 고찰하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 해수유동 수치모형실험

일반적으로 연안해역의 흐름은 3차원적인 현상으로서 수평 성분 흐름의 연직분포나 연직방향의 흐름이 중요하게 작용하지만, 대상해역인 낙동강 하구역의 유동은 천해역의 사주와 하천 방류량에 따른 변화양상이 지배적이다.

따라서 수심이 낮은 지역에 대해서는 3차원적 현상을 수심평균하여 적분한 2차원 모델에 의해 해역의 흐름특성을 비교적 유사하게 재현할 수 있다. 또한 2차원 단층모델은 다른 다층모델이나 3차원 모델에 비해 간단하고 파라미터가 적기 때문에 취급이 용이하고 실용적인 모델로서, 연안해역의 흐름이나 물질확산의 예측에 많이 이용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 윤 등(2005)이 낙동강 하구역의 사주 간 단면유량플럭스 수치모의시 적용한 2차원 단층모델을 적용

하여 대상해역의 해수유동장을 재현하고, 재현된 수치모의 결과를 바탕으로 낙동강 하구역의 부유쓰레기 추적실험을 위한 기본 유동장으로 사용하고자 하였다. 구축된 모형의 세부적인 내용은 윤 등(2005)의 연구에 제시되어있다.

해수유동 수치모형의 기본방정식은 2차원 연속방정식과 Navier-Stokes방정식을 연직면( $-h \leq z \leq \zeta$ )에 대해 평균하고, 외력으로 지구자전에 의한 영향, 바다의 마찰력 및 중력을 포함시키고, 표층에서 바람에 의한 응력을 무시함으로써 다음과 같이 나타낼 수 있다.

운동방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \\ = f v - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ + A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \left( \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \\ = -f u - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ + A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \left( \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

연속방정식 :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

여기서,  $u, v, w$ 는 각각  $x, y, z$ 방향의 유속,  $f$  Coriolis 계수(  $= 2\omega \sin \phi$ ,  $\phi$ 는 위도),  $\rho$  해수 밀도,  $p$  압력,  $g$  중력가속도,  $A_h, A_v$ 는 각각 수평과 연직 방향의 와동점성 계수,  $t$ 는 시간이다.

전술한 해수유동모형의 경계조건으로는 경계면의 성질에 따라 육지경계조건, 하천경계조건, 해양경계조건 3가지로 구분한다. 육지경계 조건으로는 경계면을 통한 해수의 유출·유입은 0(zero)이다. 즉,  $u \cos \theta + v \sin \theta = 0$ 의 조건이 주어진다. 단,  $\theta$ 는  $x$ 축과 해양법선이 이루는 각도를 나타낸다. 따라서 모형상에서  $x$ 축 방향의 육지 경계면에서는  $v=0$ ,  $y$ 축 방향의 경계면에서  $u=0$ 의 조건이 주어진다.

낙동강 하구역은 극천해의 수심조건에 의해 넓게 분포하는 갯벌 지형을 가지므로 이동경계조건 적용이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 퇴적환경의 변화가 급변함에 따라 조류 및 하천유출수의 특성이 사주 사이에서 크게 변동할 가능성이 있으므로 이동경계조건(moving boundary condition)을 적용하였다. 해안선의 이동경계조건 처리기법은 Flather and Heaps(1975)의 방법을 다소 변형하여 적용하였는데 그 적용조건은 다음과 같다.

- i)  $H_i^{t+\Delta t} > 0, H_{i+1}^{t+\Delta t} > 0$ 이 동시에 만족되는 조건
- ii)  $H_i^{t+\Delta t} > 0, H_{i+1}^{t+\Delta t} \leq 0, d_i^{t+\Delta t} > 0$ 이 동시에 만족되고,  $\zeta_i^{t+\Delta t} - \zeta_{i+1}^{t+\Delta t} > \epsilon$ 이 만족되는 조건

iii)  $H_i^{t+\Delta t} \leq 0, H_{i+1}^{t+\Delta t} > 0, d_i^{t+\Delta t} > 0$ 이 동시에 만족되고,  
 $\zeta_{i+1}^{t+\Delta t} - \zeta_i^{t+\Delta t} < \varepsilon$ 이 만족되는 조건

여기서,  $d_i = \frac{1}{2}(H_i + H_{i+1})$ 며,  $\varepsilon$ 는 특성치이다.

하천경계조건으로는 2003년 태풍 “매미” 내습시 낙동강 하구둑에서 계측된 최대 방류량 17,803m<sup>3</sup>/sec을 기준으로 하구둑 전면 10개의 격자에 각각 1,780.3m<sup>3</sup>/sec로 담수 유출 조건을 설정하였다. 해수유동계산을 위한 경계조건으로서 M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>, O<sub>1</sub> 분조를 모두 고려한 노(2004)의 광역계산으로부터 획득되어진 조위경계조건을 본 연구의 계산영역 개경계조건으로 부여하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 각각 해수유동 수치모형실험을 위한 계산영역 및 격자망도를 나타낸다.

### 2.2 입자추적 수치모형실험

낙동강 하구둑으로부터 유입되는 쓰레기의 거동을 파악하고 그 이동양상을 조사하기 위해 재현된 해수유동장에 수치입자를 투입하고 시간에 따른 이동을 추적하고자 하였다.

실제 입자의 이동을 결정하는 표층에서의 이류속도에 의해 단위시간( $\Delta t$ )동안 한 입자가 이동하는 거리를 다음과 같은 방법으로 계산한다. 시간  $t_0$ 일 때  $\vec{x}_0 = (x_0, y_0)$ 에 위치하던 입자가 시각  $t$ 일 때의 새로운 위치  $x_0 = \vec{x}_0 + \overline{\Delta x}$ 로 움직였다면 Lagrangian 평균속도  $\overline{V}_L\{\vec{x}(\vec{x}, t), t\}$ 는 다음과 같이

주어진다.

$$\overline{V}_L\{\vec{x}(\vec{x}, t), t\} = \overline{V}(\vec{x}, t) + \overline{\Delta x} \cdot \nabla \overline{V}(\vec{x}_0, t) \quad (5)$$

$$\overline{\Delta x} = \int_{t_0}^t \overline{V}(\vec{x}, t) dt \quad (6)$$

식(6)을 미소 시간간격  $\Delta t=(t-t_0)$ 에 대해 적분하면 식(7)와 같은 새로운 위치  $\vec{x}(\vec{x}_0, t)$ 를 구할 수 있다. 이를 성분별로 나타내면 식(8), 식(9)과 같다.

$$\vec{x}(\vec{x}_0, t) = \vec{x}_0 + \int_0^t \overline{V}(\vec{x}, t) dt + \int_0^t \overline{V}(\vec{x}_0, t) dt' \cdot \nabla \overline{V}(\vec{x}_0, t) dt \quad (7)$$

$$x(x_0, t) = x_0 + \int_0^t [u(x_0, y_0, t) dt' + (\int_0^t u(x_0, y_0, t') dt') \frac{\partial}{\partial x} u(x_0, y_0, t) + (\int_0^t u(x_0, y_0, t') dt') \frac{\partial}{\partial y} u(x_0, y_0, t)] dt \quad (8)$$

$$y(y_0, t) = y_0 + \int_0^t [v(x_0, y_0, t) dt' + (\int_0^t v(x_0, y_0, t') dt') \frac{\partial}{\partial x} v(x_0, y_0, t) + (\int_0^t v(x_0, y_0, t') dt') \frac{\partial}{\partial y} v(x_0, y_0, t)] dt \quad (9)$$

여기서, u, v는 입자가 위치한 임의 수층의 이류속도 성분이다.

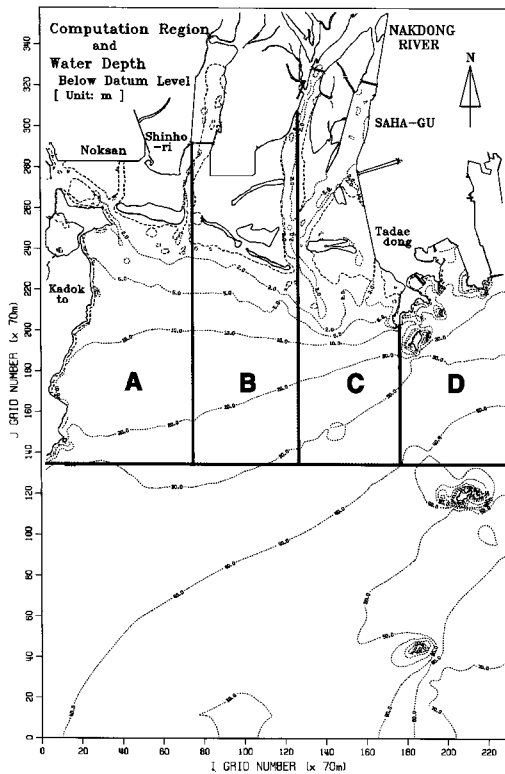


Fig. 1. Four sections(A-D) of computation region and distribution of water depth used in numerical modeling.

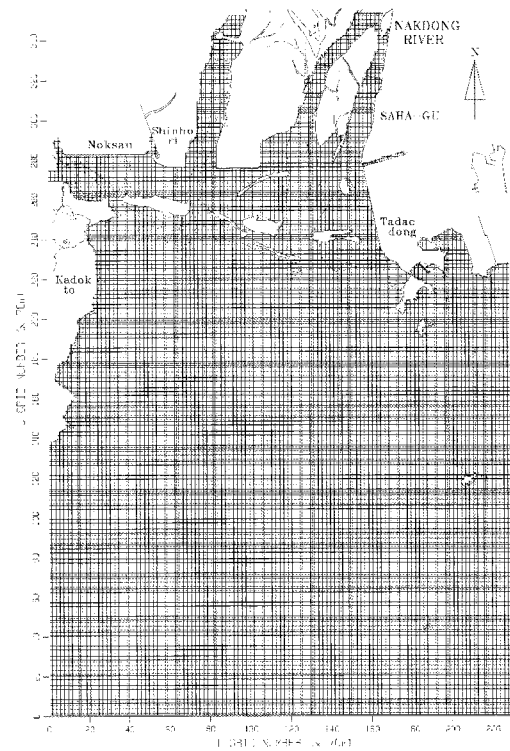


Fig. 2. Grid system(228x356) of the computing region. (Grid size is 70 meters.)

입의 점에 인접한 4개의 격자에 대하여  $i$ 점에 대한  $X$ 방향의 거리는  $G_0$ 이고,  $j$ 점에 대한  $Y$ 방향의 거리는  $(1-G_5)$ 이다. 여기서,  $G_0, G_5$ 는 격자거리를 나타내고  $0 \leq G_0 \leq 1$ 이다. 이들 거리를 1에서 뺀 것을 직접 가중치로 보면 입의의 변수에 대한 입의 점  $L(X, Y)$ 에서의 값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(L) = \frac{G_4(f_{i,j}) + G_3(f_{i,j+1}) + G_2(f_{i+1,j}) + G_1(f_{i+1,j+1})}{G_0 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4} \quad (10)$$

여기서,  $f(L)$ 은 입의의 변수( $u, v, \partial u/\partial x, \partial u/\partial y, \partial v/\partial x, \partial v/\partial y$ )에 대한  $L$ 점의 값이다.  $G_0$ 는  $X(I)-I, G_5$ 는  $Y(L)-J, I$ 는 IFIX [ $X(L)$ ],  $J$ 는 IFIX [ $Y(L)$ ],  $G_1$ 는  $G_0 \cdot G_5, G_2$ 는  $G_0 \cdot (1-G_5), G_3$ 는  $(1-G_0) \cdot G_5, G_4$ 는  $(1-G_0) \cdot (1-G_5) = 1-G_0+G_1-G_5, X(L)$ 은  $L$ 점의  $X$ 좌표,  $Y(L)$ 은  $L$ 점의  $Y$ 좌표이다.

낙동강 하구둑을 통하여 유입되는 부유쓰레기는 수문당 중립입자 1개로 설정하고 계산시간 5분당 10개의 입자를 동시에 방출하도록 설정하였으며 또한 하구둑과 사주 사이의 천해영역의 경우 기준에 부유쓰레기가 유입 및 분포되어있다고 가정하여 입자추적을 실시하였다.

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1 하구둑 방류시 해수유동특성

구축된 모형의 대조기 및 소조기에 대한 조류검증을 윤 등

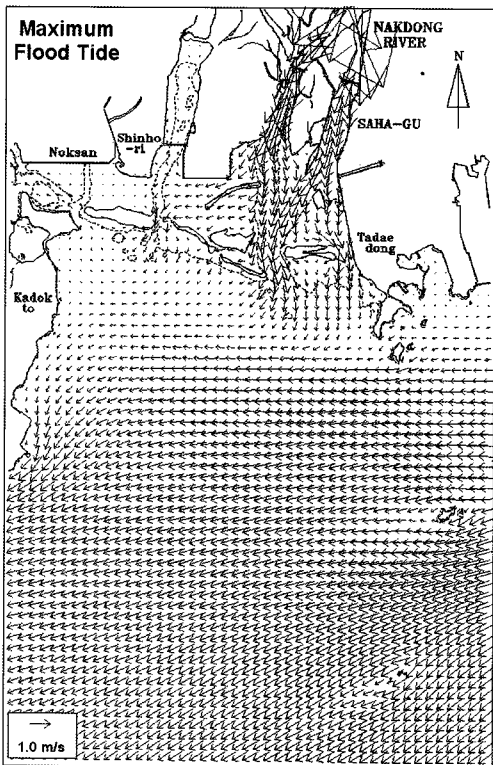


Fig. 3. Maximum flood-tidal current vector diagram(spring tidal period).

(2005)의 논문에서 제시하였으므로 본 연구에서는 생략한다.

상술한 경계조건을 바탕으로 연구 대상해역에서의 대조기 창·낙조 최강류시 유동패턴은 각각 Fig. 3 및 Fig. 4와 같이 나타내었다. 대상해역에서의 해수유동 패턴을 살펴보면 창조류시 부산항 해역으로 유입된 해수가 가덕도 남측 해역으로 흐르는 패턴을 나타내고 있으며 낙조류시에는 이와 반대의 경향을 보였다. 대체적으로 대상해역의 해수유동은 북동-남서 방향의 왕복성 흐름이 탁월하였다.

또한 낙동강 하구둑으로부터 방류된 태풍 ‘매미’시의 하천유량은 사주내에 대단히 큰 유속을 나타내었고 사주내측 해역은 동→서 방향으로 흐르고 사주 외측 해역은 조류 패턴에 따라서 변동함을 알 수 있었다.

#### 3.2 부유쓰레기 입자추적실험 결과

태풍 “매미” 내습시 낙동강 하구둑의 초당 방류량을 입력조건으로 입자를 하천방류 시점으로부터 15일 동안 입자추적실험을 수행한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5는 초기 입자투하 시점부터 360시간이 경과한 후의 입자들의 공간분포를 나타내고 있다. 그림에서 시간대별로 입자들의 공간분포 양상을 살펴보면, 투하된 입자는 하천유량 및 조류의 작용에 의해 주로 대포항 주변과 가덕도 동측 해안가에 집중됨을 알 수 있으며, 외해방향으로는 북형제도 및 목도 주변해역까지 이동하는 것을 알 수 있다. 따라서 낙동강 해역에서 발생하는 부유쓰레기가 목도에 도달하는 것을 본 연구결과를 통해 확인할 수 있었다.

또한 극천해역에서 투하된 입자는 점차 사주 전면해역으로

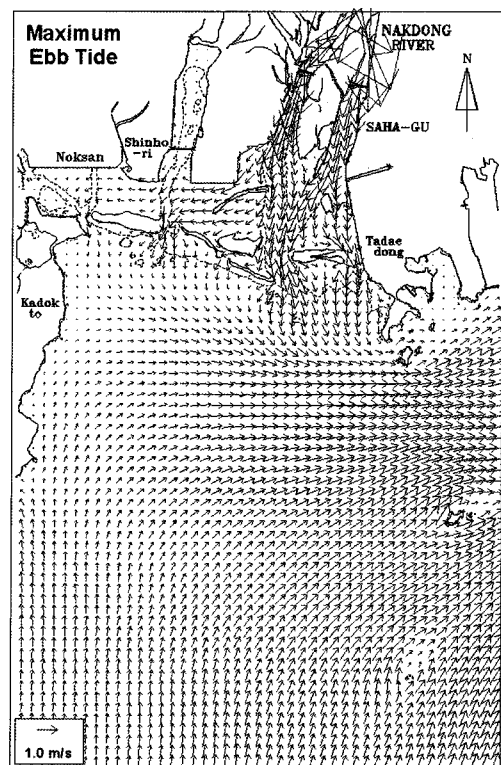


Fig. 4. Maximum ebb-tidal current vector diagram(spring tidal period).

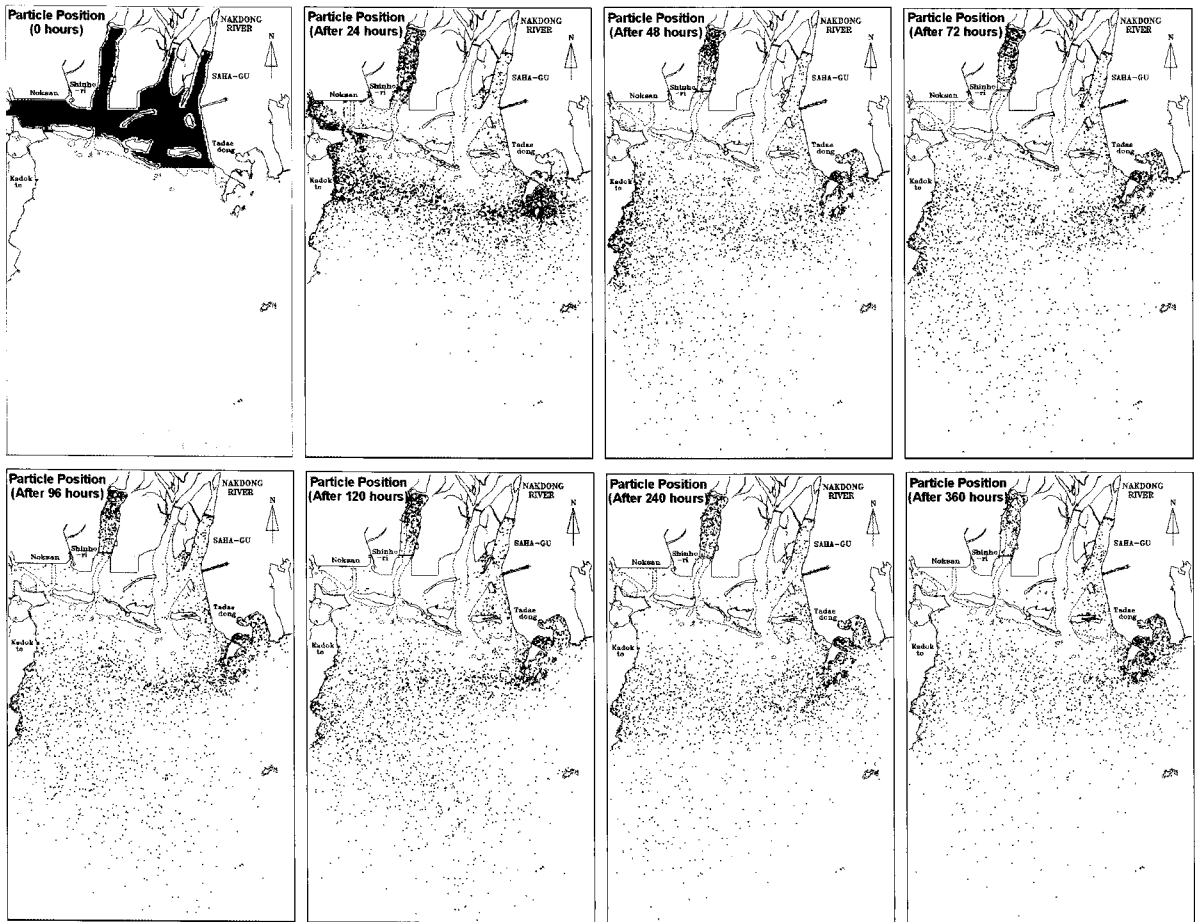


Fig. 5. Spatial distribution of floating marine debris(particle) by calculating time variation.

유출되는 양상을 나타내었으나, 하천 방류가 없는 것으로 고려한 서낙동강 낙산수문 전면의 경우 폐쇄적인 지형효과에 의해 입자의 밀집 현상이 두드러지게 나타났다.

최종적으로 투하된 입자는 약 72시간이 경과한 시점부터 입자가 낙동강 하구역내 일정하게 분포하는 안정상태에 도달하는 것으로 평가되었는데 이는 육상으로부터 유입된 부유쓰레기가 낙동강 하구역내로 유입될 경우 약 3일이 경과된 시점에는 대체로 외해로 유출될 가능성을 암시하는 것이라 생각된다.

Fig. 6은 계산시간에 따른 낙동강 하구둑으로부터의 수치입자의 누적 방출 갯수, 초기 투하 지점에서의 잔존 갯수 그리고 잔존율을 도시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 입자의 잔존량은 계산시간 72시간 이전까지는 급격히 감소하였으나, 그 이후에는 점차 완만하게 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 낙동강 하구둑 방류 이후 72시간 이내에 부유쓰레기의 분포가 결정될 것으로 생각되며 특히, 부유쓰레기의 초기거동이 해안에 집적되는 쓰레기의 중요한 기준이 될 것으로 판단된다.

입자추적 실험 수행 후 계산시간 15일 동안의 부유쓰레기 추적실험 결과에 따르면 입자 방출 후 72시간 이내에 입자의 거동이 낙동강 하구역 해안쓰레기로 퇴적될 가능성이 높다고 할 수 있다. 이는 태풍 등의 홍수 발생시 지속적인 하천유량이 유지되는 것이 아니고 약 2-3일간의 하천유량이 전체 유량이라고 볼 때 사주 전면으로 유출된 입자는 하천수의 영향을 받기 보

다는 파랑의 영향으로 사주 전면해역으로 재반입될 가능성이 높다고 판단된다. 따라서 Fig. 1과 같이 낙동강 하구역 전면해역을 A~D의 4개의 영역으로 구분하여 초기 부유쓰레기의 거동을 수치모의한 결과를 바탕으로 입자의 공간분포 특성을 살펴보고자 하였다. 각 영역내 존재하는 모든 입자들이 파랑작용에 의해 사주 전면으로 재반입되는 것으로 간주하여 각 영역별 입자의 분포량을 산정하였다.

Fig. 7은 각 영역별 입자의 잔존율을 나타낸 것으로 영역 A는 가덕도 동측과 낙동강 서측수로 사이의 영역, B는 낙동강 하구역 동측수로와 서측수로 사이의 영역, C는 동측수로와 다대포 사이의 영역, 마지막으로 D는 다대포와 다대포항 사이의 영역을 나타낸다.

결과적으로 전체 입자수의 각 영역별 잔존 입자수의 비율을 살펴보면, 영역 A는 33시간 이후 20~40% 범위로 증가하고 영역 B와 영역 D는 6시간 이후로 15~25% 범위를 유지하며 영역 C는 낙동강 하구둑이 있는 지역으로서 40%로 수렴하고 있다. 따라서 이들 결과에서 알 수 있듯이 시간 경과에 따라 영역 C에 존재하는 입자의 잔존율은 줄어드는 반면에 영역 A의 입자는 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 낙동강 하구둑으로부터 방출된 입자가 동측 수로를 거쳐 외해로 유출되면서 창조시 조류의 영향을 받아 가덕도 동측 해안가로 이동하는 것으로 보이며, 낙조시에는 다대포항 방향으로 이동하는 패턴을

반복하여 나타난 결과로 사료된다. 현재의 결과는 바람에 의한 취송류와 태풍시 동반하는 너울과 고파랑의 조건이 고려되지 않은 결과이다.

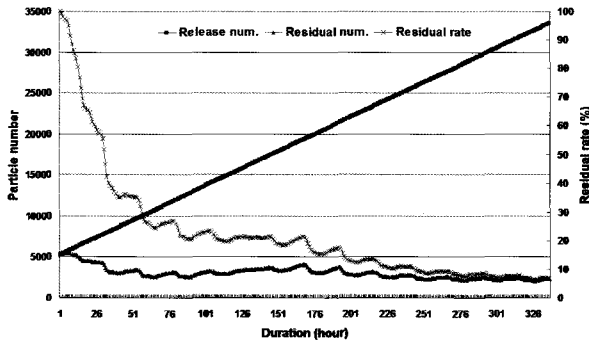


Fig. 6. Particle number and residual rate by calculation time variation.

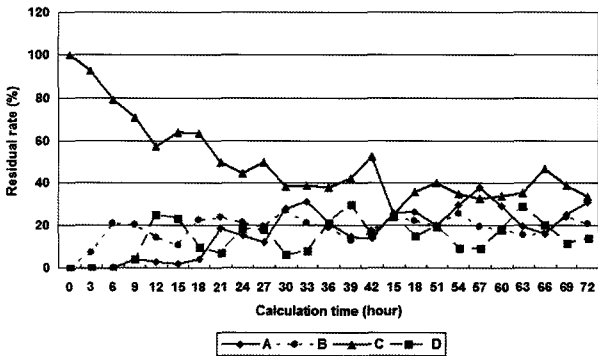


Fig. 7. Comparison of residual rate for each section(A-D) during a stable state 72 hours.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 낙동강 하구역에 유입되거나 발생된 부유(해안)쓰레기의 거동특성을 파악하기 위해 2003년 태풍 “매미” 내습시 낙동강 하구둑에서 계측된 최대 방류량을 실험안으로 설정하여 대상 연구해역의 해수유동장을 재현하고 재현된 유동장에 부유쓰레기로 대표되는 수치입자를 방출하여 입자들의 거동특성을 살펴보고자 하였다. 이상에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 낙동강 하구둑으로부터 방류된 태풍 ‘매미’시의 하천유량은 사주내에 대단히 큰 유속을 나타내었고 사주내측 해역은 동→서 방향으로 흐르고 사주 외측 해역은 조류 패턴에 따라서 변동함을 알 수 있었다.

(2) 태풍 “매미” 내습시 낙동강 하구둑의 초당 방류량은 17,803ton이었으며, 이러한 조건을 부유쓰레기 입자추적 실험의 하천 유출조건으로 적용하여 15일 동안 실험한 결과는 입자 방출 후 72시간 경과시에 낙동강 하구역내 입자 분포 및 거동이 안정상태에 도달하였다.

(3) 낙동강 하구역을 4개의 임의 영역으로 구분하여 각 영역별 잔존하는 입자의 비율을 계산한 결과, 진우도를 포함한 가덕도 동측 해안의 경우 초기부터 33시간까지는 40%까지 증가하고, 그 이후 20~40% 범위를 유지하나, 다대포 해역의 경우 낙

동강 하구둑에서 방출되는 입자가 직접 유입되는 특성에도 불구하고 30~40% 범위로 수렴하였다.

본 연구는 단순 해수유동모델에 수치입자 방류를 통해 낙동강 하구역에서의 부유쓰레기의 거동특성을 살펴봄으로써 개략적인 해안쓰레기의 거동패턴을 확인한다는 측면에서 의미가 있다. 그러나 대상해역의 바람에 의한 취송류와 태풍시 동반하는 너울과 고파랑의 조건 등을 고려하지 못한 결과이므로 향후 이에 대한 보다 정도 높은 모형의 구축 및 다양한 실험조건에 고려가 요구된다고 할 것이다.

#### 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 유창일은 [2단계 BK21사업]의 지원비를 받았음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김기철, 양한섭, 김차겸, 문창호, 장성태(1999), 수문개폐에 따른 낙동강 하구인 하류부의 해양물리환경변화, 한국해양환경공학회지, 제2권, 제2호, pp. 49-59.
- [2] 노재영(2004), 낙동강 유출수의 Plume 거동에 관한 수치적 연구, 부경대학교 석사학위논문, p. 62.
- [3] 부산광역시 강서구(2004), 03.태풍 “매미”복구 해양쓰레기 수거·처리사업 업무편람, pp. 268-282.
- [4] 이영복, 박순, 류청로, 김헌태, 윤한삼(2007), 낙동강 하구 사주 해안에서 수거한 쓰레기 종류 및 분포량 추정, 한국해양환경공학회지, 제10권, 제3호, pp. 148-154.
- [5] 유정석, 윤범상, 노준혁, 윤성환(2002a), 홍수시 4대강에서 유입되는 부유폐기물 성상 조사, 한국해양환경공학회지, 제5권, 제3호, pp. 45-53.
- [6] 유정석, 이문진, 노준혁, 윤성환, 김명훈(2002b), 낙동강 유입 부유폐기물 해상이동경로 추적시험, 한국해양환경공학회지, 제5권, 제3호, pp. 3-9.
- [7] 윤한삼, 이인철, 류청로(2005). 낙동강 하구역내 사주간의 단면유량플릭스 수치모의, 한국해양환경공학회지, 제8권, 제4호, pp. 186-192.
- [8] 장성태, 김기철(2006). 낙동강 하구에서의 해양 환경변화, 한국해양학회지 바다, 제11권, 제1호, pp. 11-20.
- [9] Flather, R.A. and Heaps, N.S., 1975. Tidal computations for Morecambe Bay, Geophys. J. R. Astro. Soc. 42, pp. 489-517.

원고접수일 : 2007년 10월 31일

원고채택일 : 2007년 12월 21일