

# 낙동강 하구역의 사주 퇴적특성과 물질수송플럭스 산정

윤한삼\* · 이인철 · 류청로

\*부경대학교 해양산업개발연구소, 부경대학교 해양공학과

## Deposition Characteristics of the Sandbar and Estimation of the Mass Transport Flux in the Nakdong Estuary

HAN-SAM YOON\*, IN-CHEOL LEE AND CHEONG-RO RYU

\*Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National Univ., Busan, 608-737, Korea  
Department of Ocean Engineering, Pukyong National Univ., Busan 608-737, Korea

**KEY WORDS:** Nakdong estuary 낙동강 하구, section net-flux of water 단면유량flux, deposition characteristics 퇴적특성

**ABSTRACT:** This paper is intended as an investigation of the deposition characteristics and mass transport flux estimation in the Nakdong estuary. In order to understand the effects of the tidal current circulation which influenced to an estuary terrain change, the seawater circulation calculation by the use of 2D numerical model for the three cases of without riverflow, mean and flood riverflow quantity condition practiced and each sectional net-flux of water quantity between sandbars(so called, dung) estimated. It may be that an estuary terrain change due to the large scale construction and reclamation at the Nakdong estuary influence to the long-time deposition characteristics. by the review for the old research, we know that the development of the local sandbars has been moved toward the east-side from the west-side estuary area after the construction of the Nakdong river dike, at present the strong-acted location is the Bakhap-dung of the front sea of Tadae. The seawater circulation pattern at this large scale area of tidal flat bring on a change due to the water quantity outflowing from the Nakdong river. Base on the calculated results for the section net-flux of water quantity, we see that the accumulating action very strong at the local sea around Jangjado, Bakhapdung and Tadae for the case of flood riverflow quantity condition, but at the local sea around Jinudo for the another cases. Consequently, it is emphasized that in the Nakdong estuary the main sensitive regions which influenced from the discharge of riverflow were the local sea around Jangjado, Bakhapdung, Tadae and Jinudo.

### 1. 서 론

하구역은 육상환경과 해양환경이 인접하는 곳으로 담수와 해수의 영향을 동시에 받아 대단히 복잡한 유동 및 퇴적환경을 나타내는 지역이다. 하구역에서의 퇴적환경은 주변 환경의 기후, 강수량, 하천유량 등에 따라서 육지로부터 공급되는 퇴적물의 양이 변동할 뿐만 아니라, 주기적인 조석작용, 파랑, 하구의 지형적 특성 및 하구내의 흐름 등에 따라 다양한 물질순환특성을 가진다(윤, 2004). 이러한 하구역 자체의 독특한 퇴적특성은 한반도 주변 하구역에서 쉽게 찾을 수 있으며, 퇴적물의 분포 특성 및 발생 메카니즘에 대해서 많은 연구가 수행되고 있다(김 등, 1999; 김 등, 2001; 신, 1997). 그 중 우리 나라의 대표적인 감소하천인 낙동강 하구역의 경우 대규모의 하구역 공사, 인근 연안역의 간척 및 매립공사로 인하여 하구지형의 변화, 하구에서의 수질오염 및 저질오염 등의 문제를 초래하고 있다(Fig. 1).

낙동강 하구 주변해역의 해역특성을 살펴보면, 우리 나라 동해안 남부의 대한해협 부근 서수도를 통과하는 쿠로시오 해류의 영향을 받을 뿐만 아니라(류 등, 1979), 하구 조석변동 등으로 대단히 복잡한 해황을 나타내고 있다. 또한 총 유역면적 525 km, 유역면적 23,860 km<sup>2</sup>인 낙동강의 영향권이며, 연평균 강우량

1,166 mm(전국평균 1,262 mm), 연평균 유출량은 139억 톤, 유출계수는 0.49(전국 0.55)이다. 또한 하상구배가 완만하여 하구둑이 건설되기 전의 감소구간은 하구로부터 최대 약 60 km 상류인 수산까지였으며, 갈수기 대조시 약 44 km 상류 삼랑진까지였다.

또한 하구둑 건설 후, 담수 유출을 수문조작에 의하여 조절함으로써 해수 유입에너지와 담수 유출에너지의 평행상태 파괴와 아울러 퇴적환경 변화가 지속적으로 발생한 지역이며, 아울러 가덕도 신항만 개발, 녹산/명지 택지조성 등 각종 산업시설 및 주거시설 건설 등으로 해양환경변화가 예상되는 지역이다(김 등, 2001).

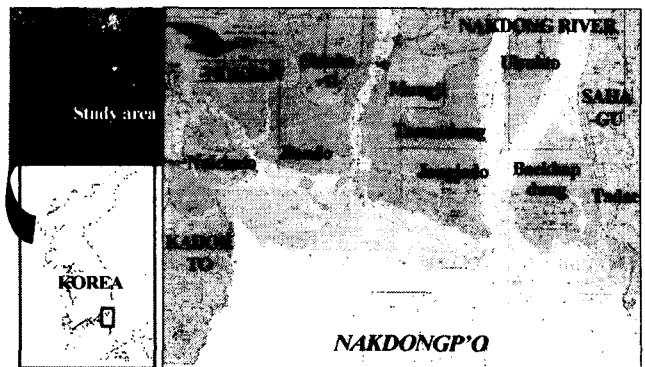


Fig. 1 This study area in the Nakdong river estuary

따라서 본 연구에서는 특징적인 퇴적환경의 변화를 나타내고 있는 낙동강 하구주변에 대한 과거의 퇴적지형에 대한 자료를 바탕으로 낙동강 하구역의 사주 변천과정을 통해 퇴적환경 특성의 기원 및 원인에 대해 고찰한다. 퇴적환경특성의 기원 및 원인에 대해 고찰한다. 또한 하구부변의 연안개발에 따른 지형변화로 인하여 발생하는 해수유동을 재현하여, 사주사이에서 소통되는 유량flux를 계산함으로써 낙동강 하구역에서의 물질수송능력을 평가하고, 이를 사주 퇴적특성과 비교 검토하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 낙동강 하구역의 사주변형

낙동강 하구역의 사주는 크게 상류부의 하중도군과 하류부의 사주군으로 구분되며, 이들 사이에는 갯벌이 분포한다. 이와 같은 삼각주 말단의 사주배열은 상류에서 운반된 토사가 연안류와 조류의 영향으로 점차 말단부에 퇴적되어진 결과로, 갯벌은 낙동강 삼각주의 하중도 및 사주 형성과정과 밀접한 관계가 있다고 보고되어진 바 있다(부산광역시, 1999; 이 등, 1994).

본 연구에서는 낙동강 하구역에서의 하구둑 건설이 미친 지형 변화의 영향을 시·공간적으로 평가하기 위하여 기존의 문헌 및 지형도, 항공사진 등을 바탕으로 하구둑 건설 전·후의 지형변화를 시대별로 정리하였다.

Fig. 2에서와 같이 하구둑 건설 전 및 건설 후, 낙동강 하구역의 가장 큰 변화는 1934년 서낙동강 녹산수문 건설로 인한 흐름 차단으로 해안선과 평행하게 형성되던 사주의 발달이 점차 낙동강 하구역의 동측으로 진행되는 과정을 나타내는 것이다. 이 시기에는 을숙도 대마등, 진우도만이 그 형태를 조금 갖추고 있으며, 명호도와 대마등 사이의 갯벌은 중간부분이 안쪽으로 훌쩍하게 들어가 면적이 좁고 대마등 앞쪽에는 아직까지 갯벌의 형성이 미미한 상태이다. 1970년 낙동강 하구역의 경우, 장자도 남단과 을숙도 남단에서 새로운 사주인 새등과 백합등이 형성되고 있으며, 진우도는 1954년에 비해 규모가 조금 확대되었다.

한편, 낙동강 하구둑 건설기간(1983년 9월-1987년 11월)의 경우 하구둑 조성을 위한 물막이 공사와 이에 따른 영향으로 하상준설토가 하구 밖으로 방출되면서 삼각주 말단의 지형형성기에 큰 변화를 가져왔다. 1984년에는 백합등 남쪽에 새로운 사주인 나무섬 등이 형성, 장자도 동쪽끝이 북쪽을 향하여 성장하여 장자도와 새등이 합성되고, 그 내측의 거대한 갯고랑은 미사의 퇴적으로 저습지 상태로 노출되었다. 그러나 하구둑 물막이 공사 기간중 을숙도 남동단에서 발달한 초승달 모양의 사주등이 형성되었으나, 이를 제외하고는 낙동강 삼각주 말단의 지형적인 변화는 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다.

또한 하구둑 건설후의 경우, 1988년 지형은 명호도와 을숙도의 남단에 1987년에 형성되었던 각종 사주의 형태가 크게 변화되었으며, 1989년에 들어와서는 1988년에 형성되었던 하중도군과 제3사주군 사이에 소규모의 다양한 신사주가 소멸되었고, 대신에 진우도 남단에 2개, 새등 남단에 1개, 나무섬등 남단에

1개 그리고 다대포 서단에 1개 등 새로운 사주가 외해에 형성되고 있는 것이 특징이다. 1990년의 지형변화는 진우도 남단의 신사주가 진우도와 연결되었고, 새등의 서단에 뚜렷한 분기사주가 등장되었으며, 나무섬등 남단의 신사주가 확대된 것이 특징이다.

그리고 다대포 서단에는 대마등과 3개의 소규모 신사주가 형성되어있다. Fig. 2에서의 1996년의 지형의 경우, 현재의 지형과는 큰 차이가 없으며, 도요등과 백합등 사이에 형성되었던 신사주의 동쪽에 보다 작은 규모의 사주가 생성되고 있는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 3의 경우 낙동강 하구역에서의 연간 퇴적량에 대한 준설토량을 비교한 결과로 1990년 이후 급격하게 증가하는 퇴적 및 준설토량의 경년 변동을 알 수 있는데, 이는 최근 준설로 인해 낙동강 하구역의 사주변형이 어느 정도 지연되고 있다는 것으로 추정할 수 있다.

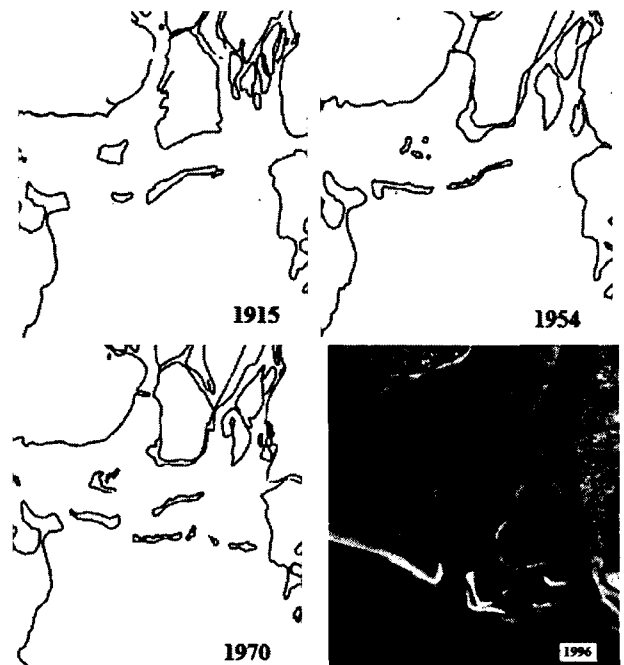


Fig. 2 Yearly distribution of estuary terrain change

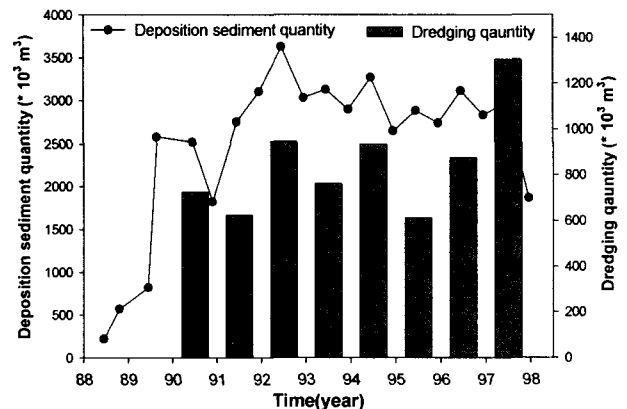


Fig. 3 Yearly variation of deposition sediment and dredging quantity in Nakdong estuary

## 2.2 수치모형실험

### 해수유동 수치모델

본 연구에서는 2차원 단층모델을 적용하여 낙동강 하구역에서의 사주사이에 소통되는 물질플럭스 산정실험을 수행하기 위해 해수유동모델을 구축하였다. 구축되어진 수치모델의 비압축성 유체에 대한 운동방정식 및 연속방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

운동방정식 :

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

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

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g = 0 \quad (3)$$

연속방정식 :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

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

식 (1)-(4)는 다음과 같은 해면( $z = \zeta$ ) 및 해저( $z = -h$ )의 조건과 적분기호아래에서의 미분에 관한 공식을 적분함으로써 다음 식(7)-(9)와 같이 수심방향으로 평균화된 2차원 운동방정식을 얻을 수 있다.

$$-\frac{\partial \zeta}{\partial t} - u \frac{\partial \zeta}{\partial x} - v \frac{\partial \zeta}{\partial y} + w = 0 \quad (5)$$

$$u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + w = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(\zeta + h)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(\zeta + h)v] = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{g u \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h)C^2} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{g v \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h)C^2} = 0 \quad (9)$$

여기서,  $u, v$  :  $-h \leq z \leq \zeta$  사이에서 수심평균 한  $x, y$  방향의 유속,  $A_h$  :  $-h \leq z \leq \zeta$  사이에서 평균화된 수평와동점성계수,  $\zeta$  : 수면변위,  $h$  : 평균수면하의 수심,  $C$  : Chezy의 조도계수이다.

### 계산조건

해수유동계산을 위한 경계치로서 노(2004)의 광역계산으로부터 획득되어진 조위경계조건을 본 연구의 계산영역 개경계 조건으로 부여하였다. 대상으로 하는 낙동강 주변해역의 근접항

Table 1 Computation conditions of the tidal current model

Parameters	Computation conditions
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 70 \text{ m}$
Water depth (h)	2 - 45 m
Time interval ( $\Delta t$ )	3 sec (CFL condition satisfied)
Coriolis coefficient	$f = 2\omega \sin \phi$ , $\omega = 2\pi / (24 \times 60 \times 60)$ , $\phi = 35^\circ 27' \text{ N}$
Bottom friction coeff.	$C = 1/0.026 H^{1/6}$

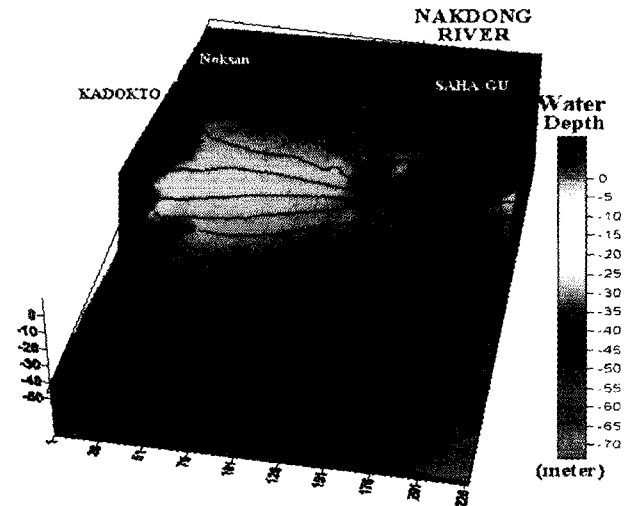


Fig. 4 3D Bathymetric map of model domain

인 부산항의 조석자료를 참고하면, 대상영역의 조석형태수  $F = (K_1 + O_1) / (M_2 + S_2) = 0.294$ 이므로 반일주조가 우세한 혼합조 형태( $0.25 < F < 1.5$ )를 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는  $M_2, S_2, K_1, O_1$  분조를 모두 고려하였다. 수평와동점성계수( $A_h$ )는 Richardson의 4/3승 법칙에 기초하여  $A_h = \epsilon (\Delta S)^{4/3}$ , 여기서,  $\epsilon$  : 정수( $= 0.01 \sim 0.02$  (C.G.S)),  $\Delta S$  : 격자간격의 표현식을 이용하여 매시간 step마다 계산되도록 하였다. 수치모델의 계산 시간간격( $\Delta t$ )은 계산의 안정도를 고려하여 3 sec로, 계산격자의 간격은  $\Delta x = \Delta y = 70 \text{ m}$ 로 구성하였으며, 수심자료는 수치해도를 사용하였다(Fig. 4).

하구역의 육상 담수 유출량은 본 연구의 실험 CASE로서 CASE-1의 경우 무하천량시, CASE-2의 경우 3년 평균 일별하천유량 유입시( $0.367 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ ), CASE-3의 경우 홍수유량시( $986.255 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ )로 선정하여 입력하였다. 이상의 계산조건을 요약하면 Table 1과 같다.

### 2.3 단면유량플럭스 산정실험

본 연구에서는 구축되어진 해수유동모델을 바탕으로 낙동강 하구역에서의 사주사이에 소통되는 단면유량(물질수송)플럭스 산정실험을 수행하였다(이, 2001; 윤 2004).

낙동강 대상해역은 Fig. 5와 같이 7개의 내부Box와 5개의 외부경계box로서 설정하였다. 7개의 내부box의 경우 해수유동에 의한 단면유량플럭스의 상호작용을 가장 효율적으로 파악하기

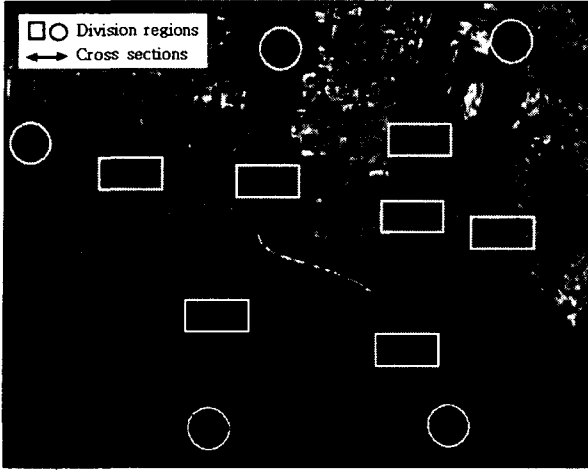


Fig. 5 Set-up of division regions and cross sections for water net-flux calculation

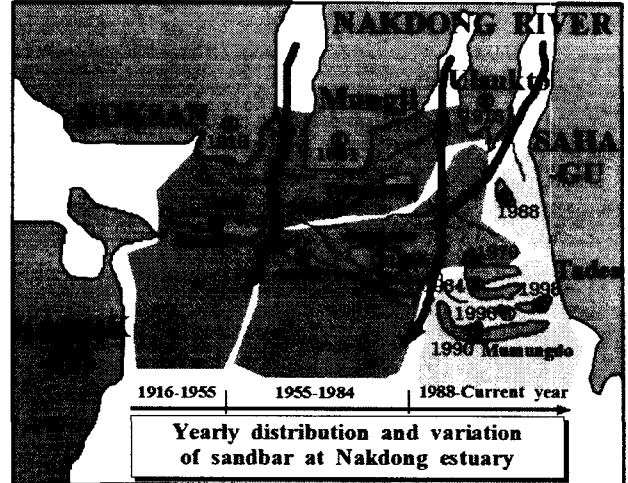


Fig. 6 Yearly distribution and variation of sandbar(Busan Metropolitan City, 1999)

위한 단면으로 분할하였으며 각 단면에서의 유량플럭스를 통해서 단면유량(물질수송)플럭스를 산정하였다. 또한 외부box의 경우는 그림에서 9번과 10번의 경우는 육상으로부터의 담수유입 경계를, 8번은 신항만 건설해역으로부터의 유입/유출 경계를, 11번과 12번은 각각 가덕도 동측해역 및 다대포 전면해역의 외해경계조건을 나타내고 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 하구역의 퇴적특성

연구대상 지역의 지형형성 특성에 가장 많은 영향을 미치고 있는 낙동강의 연간 유출량은  $63 \times 10^9 m^3$ 이며, 그 중 71.4% ( $45 \times 10^9 m^3$ )는 홍수기에 해당하는 6~9월에 집중되고 있다. 대상영역의 퇴적지형을 이루고 있는 퇴적물의 평균입경이 Fig. 7에 나타나고 있는 바와 같이 사주에서는  $\phi = 1.45 \sim 2.65$  범위의 세사(fine sand)~중사(medium sand)로 구성되고, 갯벌은  $\phi = 1.50 \sim 3.12$ 의 미세사(very fine sand)~중사로 구성되어 있으나 장소에 따라 변화하는 경향을 보이고 있다.

낙동강 하구 일대의 사주 발생변천과정을 년도별로 도식화하면 Fig. 6과 같이 정리할 수 있다. 그림에서 육상으로부터 하천유입을 제어하는 시설물(수문)의 건설 시기에 맞추어서 사주군의 형성이 서측으로부터 동측으로 이동하고 있으며, 현재는 다대포 전면해역에서의 사주발달이 활발한 것을 알 수 있다.

#### 3.2 하구역의 해수유동특성

Fig. 7과 Fig. 8은 대상해역의 CASE-1(무하천유량시)일 경우, Fig. 10과 Fig. 11은 CASE-3(홍수시 유량)일 경우의 해수유동 수치계산결과로서 각각 대조기 최강 창·낙조시 유동벡터도이다. 또한 Fig. 9과 Fig. 12은 대조기 25시간동안의 해수유동장을 바탕으로 대상해역에서의 각 격자점별 조류타원도를 나타낸 것이다. 일평균 하천유량 방류시인 CASE-2의 경우는 CASE-1과 거의 유사한 결과를 나타내었으므로 본 논문에서 제외하였다.

Fig. 7과 Fig. 8에서 무하천 유량시의 낙동강 하구역에서의 유동 패턴을 살펴보면 장자도와 백합등사이의 수로를 통해 해수의 유출입을 확인할 수 있으며 대체로 유속은 약 0.5 m/sec 이고 백합등과 다대동사이의 수로를 통해서는 사주의 퇴적지형으로 인해 낙동강 상류로부터의 유출은 없는 것으로 확인되었다. 또한 낙조류시의 유동패턴에서 조건대 지역 사이로의 수로를 통해서 대체로 해수의 유출발생함을 알 수 있으며 유속은 약 0.2-0.3 m/sec의 범위를 나타내었다. 또한 Fig. 9에서의 무하천 유량시의 조류타원도를 살펴보면 외해 경계에서는 일반적인 타원의 형태를 나타내지만 조건대가 넓게 분포되어진 사주 해역에서는 대체로 단반경 폭이 좁은 타원을 보이고 있음을 알 수 있다.

홍수시의 해수유동 계산결과를 나타내는 Fig. 10와 Fig. 11을 살펴보면 낙동강 하구둑으로부터 방류되어진 하천수의 영향으로 창조시와 낙조시의 해수유동 패턴이 무하천 유량시와는 확연히 차이가 남을 알 수 있다. 즉, 장자도와 백합등 사이의 수로를 통해서 유출되는 하천수는 약 1.0-1.3 m/sec의 유속분포를 나타낸다. 또한 무하천 유량시(CASE-1)에는 명지와 대마등, 장자도 사이의 갯벌을 통해서 소통되는 해수유동이 매우 작고 동-서측 수로를 통해서 유출입되는 경향을 나타내지만 홍수시(CASE-3)의 경우에는 일방적으로 낙동강 동측해역으로부터 서측 서낙동강 입구 주변해역으로의 흐름이 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 12의 홍수시 조류타원도를 살펴보면 상류부의 하중도군과 하류부의 사주군사이의 갯벌을 통해서 유통되어지는 해수의 유동패턴이 Fig. 9의 무하천 유량시보다는 크다는 것을 알 수 있다.

따라서 이상의 결과로 볼 때, 본 실험에서 계산된 낙동강 하구역에서의 해수유동양상은 낙동강 하구둑으로부터 방류되어지는 하천수의 영향에 따라서 조건대 지역내의 흐름패턴이 변화한다는 것을 알 수 있었다.

#### 3.2 단면유량플럭스(Flux) 계산결과

Fig. 13-Fig. 15는 해수유동 결과를 바탕으로 무하천 유량시

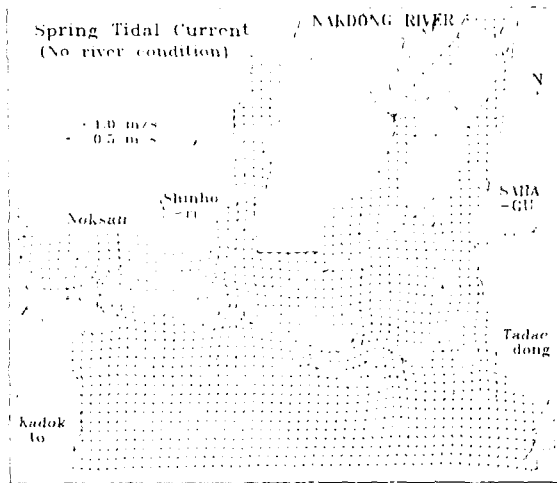


Fig. 7 Max. tidal current vector(Flood of Spring, Without riverflow)

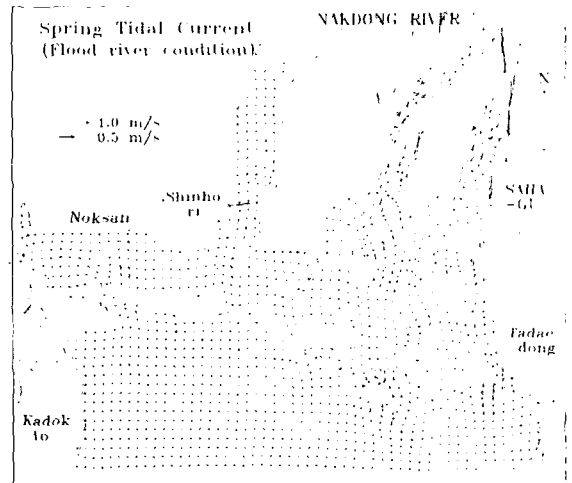


Fig. 10 Max. tidal current vector(Flood of Spring, With flood riverflow)

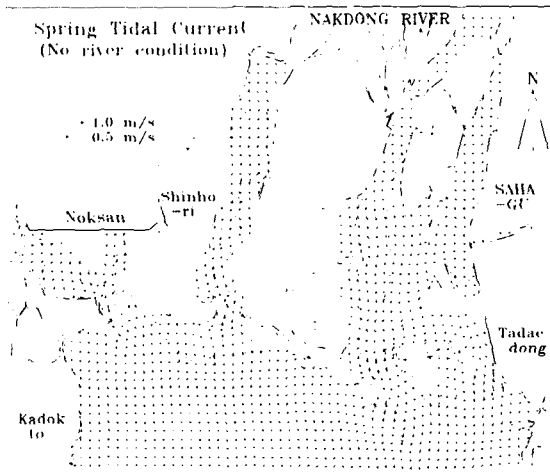


Fig. 8 Max. tidal current vector(Ebb of Spring, Without riverflow)

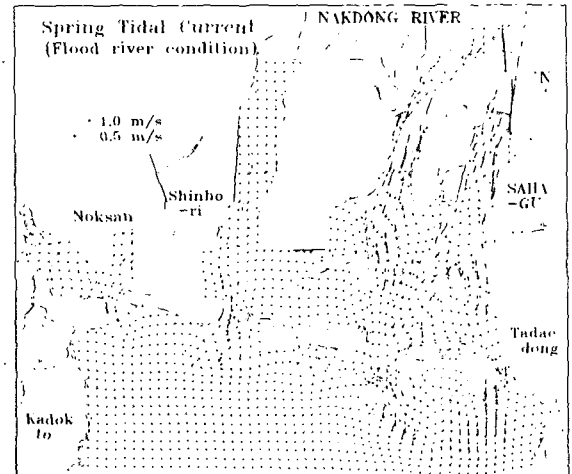


Fig. 11 Max. tidal current vector(Ebb of Spring, With flood riverflow)

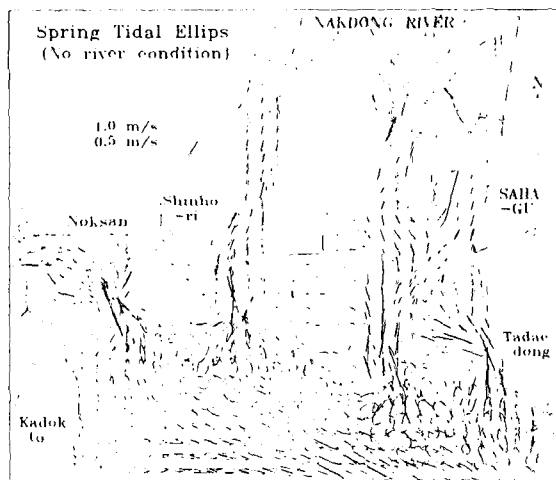


Fig. 9 Tidal current ellipse(Spring, Without riverflow)

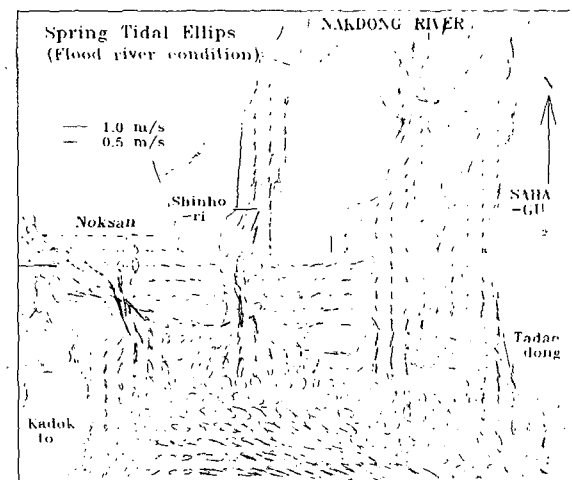


Fig. 12 Tidal current ellipse(Spring, With flood riverflow)

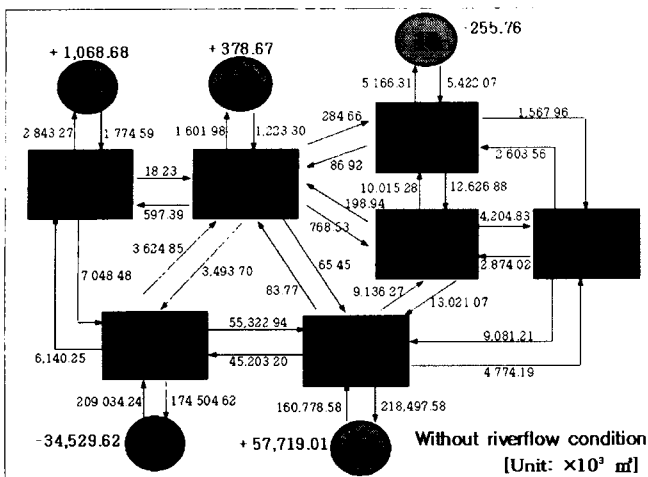


Fig. 13 Divisional distribution of the water net-flux(Case 1)

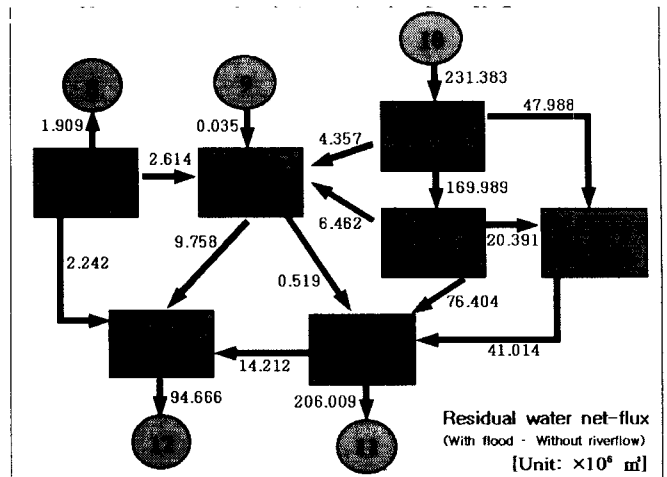


Fig. 16 Divisional distribution of the residual water net-flux

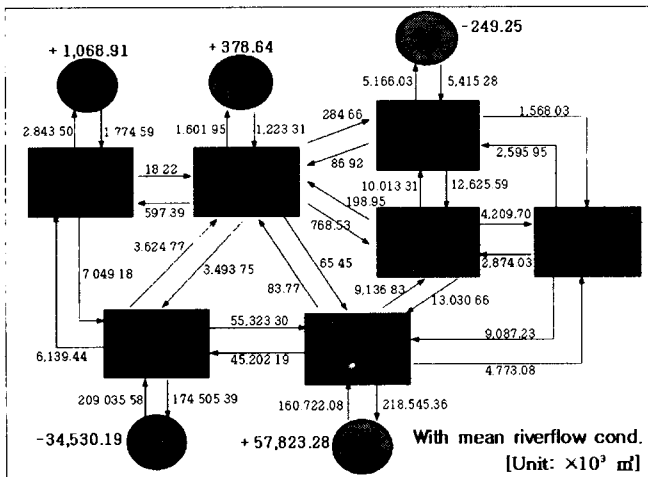


Fig. 14 Divisional distribution of the water net-flux(Case 2)

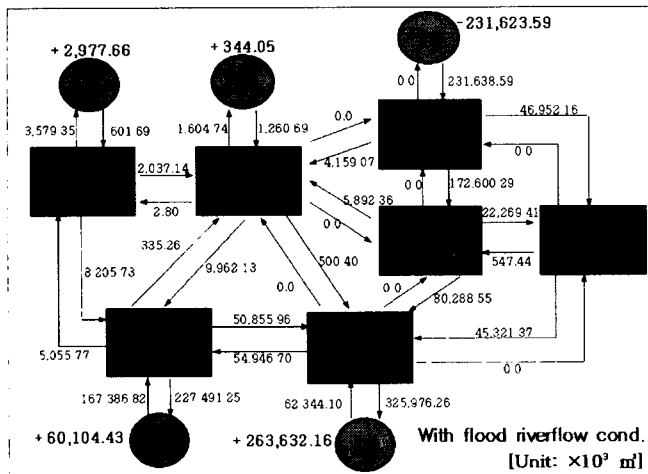


Fig. 15 Divisional distribution of the water net-flux(Case 3)

(CASE-1), 일평균 하천유량 방류시(CASE-2), 홍수유량 방류시(CASE-3)일 때의 대조기시(계산시간 약 7일)의 12시간(창조와 낙조 포함) 동안의 각 단면별, 각 Box별 유량플럭스를 계산한

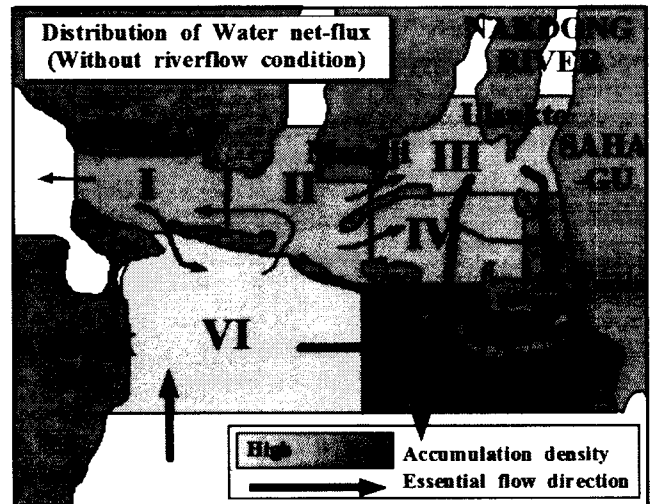


Fig. 17 Calculated results of essential flow direction and Accumulation density of water net-flux at the case without riverflow condition

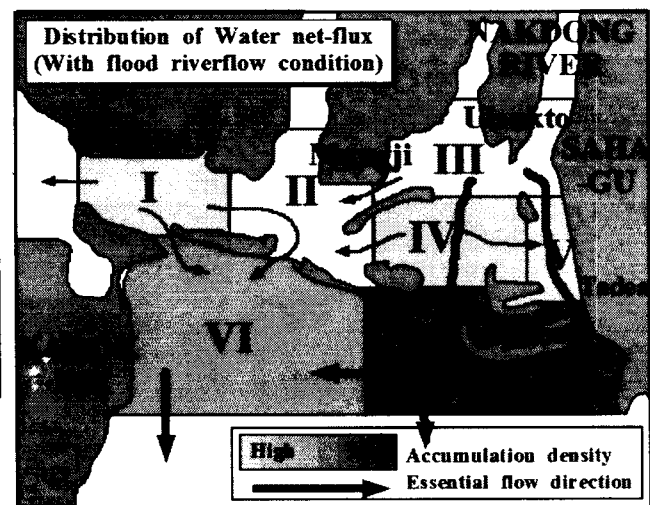


Fig. 18 Calculated results of essential flow direction and Accumulation density of water net-flux at the case with flood riverflow condition

결과이다. 이 결과에서 무하천 유량시(CASE-1)와 일평균 하천 유량 방류시(CASE-2)는 경우는 거의 유사한 패턴을 나타내었으나 홍수유량 방류시(CASE-3)일 때의 계산결과와는 큰 차이를 나타내었다. 따라서 CASE-3에 CASE-1의 계산결과를 뺀 결과를 재정리하면 Fig. 16과 같이 나타낼 수 있다. 이는 낙동강 하구둑으로부터 유출되어진 하천수만의 거동을 각 단면별, 각 Box별로 유량플럭스로 나타낸 결과이다.

또한 이상의 결과를 바탕으로 실제 낙동강 하구역에서의 무하천 유량시(CASE-1)와 홍수유량 방류시(CASE-3)일 때의 유량 플럭스의 주 흐름경로와 각 Box별 물질플럭스의 축적밀도를 구분하여 표기하면 각각 Fig. 17과 Fig. 18과 같다.

유량플럭스 주 흐름경로의 계산결과에서 살펴보면 대체로 Box III→IV→VII를 통한 외해 유출이 확인되었으나 Box I, II, VI에서의 주 흐름경로는 CASE-1과 CASE-3에서 차이가 나타남을 알 수 있다. 즉, Box II의 경우 CASE-1에서는 Box III, IV 및 VI로의 유량플럭스 유출로 인해 플럭스의 축적밀도가 감소하는 반면, CASE-3의 경우에는 Box I, III, IV로부터의 유입으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 Box I의 경우에는 대체로 유량플럭스의 유출이 많은 것으로 나타났으며 Box 8로의 유출량은 CASE-3의 경우가 CASE-1보다 약 3배 증가하는 것으로 계산되었다.

또한 Box별 유량플럭스 축적밀도를 살펴보면 CASE-1의 경우에는 Box VI에서만 양의 수치를 나타내었고, Box VII, V, IV의 순으로 음의 수치가 큰 것으로 계산되었다. 또한 CASE-3의 경우에는 Box IV가 양의 수치가 가장 크고 하중도군과 사주군으로 이루어진 조간대 영역내는 대체로 양의 수치를, 외해와 접한 Box VI, VII에서는 음의 수치를 나타내었다.

이상의 결과를 바탕으로 살펴보면 홍수 하천유량이 방류될 시 낙동강 하구역에서의 사주지역은 유량플럭스의 축적이 발생하는 것으로 나타났는데, 그 중 현재 사주 퇴적이 가장 활발한 지역인 장자도와 백합등, 다대 전면해역에서의 밀도가 가장 크다.

또한 평수시(무하천 유량시 및 일평균 하천유량 방류시)의 유량플럭스의 축적밀도분포를 살펴보면 진우도 전면해역에서 크게 나타났는데 이는 진우도 전면해역에서의 최근 사주퇴적이 급속히 발생하는 지역임을 감안한다면 진우도 전면해역에서의 퇴적은 평수시의 해수유동에 의해서 발생되어진 것으로 판단할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 현재 활발한 퇴적활동이 진행중인 낙동강 하구역을 대상으로 기존 자료를 이용하여 하구역의 토사입경 분포 및 하구지형의 변화를 고찰하였다. 또한 하구지형 변화에 미치는 해수유동특성을 영향을 파악하기 위하여 2차원 수치모델을 이용하여 무하천 유량시, 평수시, 홍수시의 낙동강 하구둑 방류량을 입력조건으로 해수유동장을 재현하고, 사주사이의 단면 물질수송flux를 계산하였다.

이상에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 낙동강 하구역 건설 및 매립 등에 의한 하구주변 연안의 지형변화가 낙동강 하구역의 장기적 퇴적특성에 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

(2) 낙동강 하구 일대의 사주 발생변천과정을 고찰해 본 결과, 대규모 낙동강 하구둑 건설시기에 맞추어서 사주군의 형성이 서측으로부터 동측으로 이동하고 있으며, 현재는 다대포 전면해역에서의 사주발달이 활발한 것으로 나타났다.

(3) 낙동강 하구역에서의 해수유동양상은 낙동강 하구둑으로부터 방류되어지는 하천수량에 따라서 조간대 지역내의 흐름패턴이 변화한다.

(4) 물질flux계산결과를 통해 홍수 하천유량이 방류될 시 낙동강 하구역 중 장자도와 백합등, 다대 전면해역에서의 퇴적활동이 가장 클 것으로 판단된다. 그러나 평수시(무하천 유량시 및 일평균 하천유량 방류시)의 유량플럭스의 축적밀도분포를 살펴보면 진우도 전면해역에서 크게 나타났다.

(5) 이상의 결과를 통해 낙동강 하구역에서의 육상 유입 하천수의 영향을 가장 민감하게 받는 지역으로는 최근 사주퇴적이 급속히 발생하는 지역인 장자도와 백합등, 다대 전면해역과 진우도 전면해역인 것으로 판단된다.

이상의 본 연구는 낙동강 하구역의 해양물리적 환경변동요소인 해수유동장 변화에 대해서 물질flux를 산정함으로써 하구역내에서의 퇴적경향을 추정해 보았다. 차후 연구과제로는 육상으로부터 유출되어진 퇴적토사의 거동에 따른 Langange적 추적방법에 따른 퇴적특성을 고찰해 봄으로써 낙동강 하구역에서의 퇴적경향을 정성적 및 정량적으로 정도 높게 평가할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

김기철, 양한섭, 김차겸, 문창호, 장성태 (1999). "수문개폐에 따른 낙동강 하구둑 하류부의 해양물리환경변화", 한국해양환경공학회지, 2권 2호, pp49-59.

김석운, 하정수 (2001). "낙동강 하구와 주변 연안역의 표층 퇴적상 및 퇴적환경변화", 한국수산학회지, 34권 3호, pp268-278.

노재영 (2004). 낙동강 유출수의 Plume 거동에 관한 수치적 연구, 부경대학교 석사학위논문.

류청로, 장선덕 (1979). "낙동강 하구의 조석과 유동", 한국해양학회지, 14권 2호, pp71-77.

부산광역시 (1999). 낙동강하구일원 환경관리기본계획수립용역 중간보고서.

신동수 (1997). "낙동강하구의 점착성 퇴적물의 이동에 대한 연구", 해산연보 9, pp65-78.

이인철 (2001). "광도만에서의 잔차류와 물질수송의 수치모형실험", 한국해양공학회지 15권 1호, pp45-51.

윤한삼 (2004). 육역-해역혼합모델을 이용한 연안해양환경특성평가 및 해역관리에 관한 연구, 부경대학교 박사학위논문.

이중섭, 박일흠, 김가야, 주귀홍 (1994). "낙동강 하구둑 건설후의 하구사주 변천과정", 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp171-174.