

낙동강 하구역의 퇴적물 이동 특성에 관한 연구

전용호* · 이인철** · 류청로**

*부경대학교 해양공학과 대학원, **부경대학교 해양공학과

A Study on characteristics of sediment transfer in Nakdong estuary

Yong-ho Jeon^{*} · In-Cheol Lee^{**} · Cheong-Ro Ryu^{**}

^{*}Graduate school of Ocean Engineering, Pukyong National University

^{**}Ocean Engineering, Pukyong National University

Key Word : 퇴적물이동(Sediment transfer), 낙동강 하구역(Nakdong estuary), 퇴적(Deposition),
왜해(The openn sea)

ABSTRACT: *Research for deposits in Nakdong eatuary that research about Nakdong eatuary's sediment flows out in Nakdong-kang so far had been progressed but research about deposits that is flowed in open sea is insufficient. Observed Nakdong eatuary's characteristic of sediment transfer through observation during the second during Buteo 20 days on February 6, 2004 in this research.*

Resuspension bed load Flux appeared high the first result St.4 point and St.5 point. St.4 branch had much bed load amount that is flowed in the east, and bed load that St.5 branch is flowed in the south appeared much. Tendency such as the first showed in the second result, but compare with the first result and St.5 branch had much bed load that is transfer in end. Bed load that is transfer in observation result Nakdong river was less. As this, can know that amount of sediment that is transfer in open sea more than deposits that is transfer in Nakdong river is much. Is expected to exert effect that deposits that is transfer in open sea is high in Nakdong estuary's topography change. Specially, observation result is expected that Nakdong estuary's deposition tendency becomes Jinwodo southern and Shinho southern.

1. 서 론

하구역에서 퇴적환경은 담수와 해수의 물리적, 화학학적, 생물학적인 복잡한 작용에 의해서 일어난다. 이는 주변 환경의 기후, 강수량, 하천수량 등에 따라서 육지로부터 공급되는 퇴적물의 양이 변동 할 뿐만 아니라, 주기적인 조석작용, 파랑, 하구의 지형적 특성 및 하구내의 흐름 등에 따라 다양한 물질순환특성을 가진다. 이러한 하구역 자체의 독특한 퇴적특성은 한반도 주변 하구역에서 쉽게 찾을 수 있으며, 부유퇴적물의 분포특성에 관하여 비교적 많은 연구가 수행되었다.

그중 우리나라의 대표적인 감소하천인 낙동강의 경우 대규모의 하구언 공사, 인근 연안역의 간척 및 매립공사로 인하여 하구지형의 변화, 하구에서의 수질오염 및 저질오염 등과 같은 문제가 발생하였다. 또한 낙동강 하구주변의

연안역은 가덕도 신항만 개발, 택지조성 등 각종 산업시설 및 주거시설이 건설 중이거나 예정되어 있어 연안 환경에 커다란 변화가 예상되는 지역이다. 실제로 낙동강 하구일대의 지형은 1934년 녹산수문의 건설과 1987년 하구둑 완성으로 인하여 하구역의 해수유동현상 뿐만 아니라, 하구의 퇴적환경이 크게 변화하였다.

낙동강 하구언 건설전의 퇴적특성에 관한 기존의 연구로서는 김과 이(1980)가 낙동강 하구지역에 분포하는 표층퇴적물의 입도분석과 광물분석을 통하여 낙동강 하구 전면의 사주군 퇴적물의 기원을 밝혀서 퇴적물 운반 및 퇴적과정을 고찰하였으며, 박(1985)은 낙동강 하구 진우도 일원의 퇴적물에 대한 입도분석을 통하여 이 지역의 퇴적환경을 구분한 바 있다. 또한 반(1986)은 낙동강 하구 연안 사주지형에 대하여 조사하고 가장 변화가 심한 사주에 초점을 맞추어 퇴적물의 기원과 입도분석을 통하여 그 사주

지형의 형성기구를 고찰 하였다. 하구둑 건설 후의 연구에는 김(1988)이 낙동강 삼각주 일대의 퇴적구조를 기초로 하여 낙동강 하구언을 따라 boring-core를 채취하여 퇴적환경을 분석하였고, 이와 김(1990)은 낙동강 하구역에서 중금속 분포와 입도분포 특성을 통해 퇴적작용에 대한 연구를 하였다. 그리고 오와 조(1992)는 낙동강 하구역에서 4개의 새로운 사주가 발달함을 지적하였으며, 이(1993)는 낙동강 하구역의 표층퇴적물에 대해 실시한 입도분석과 유기물 및 탄산염 함량 등을 분석하여 낙동강 하구역의 퇴적영역에 대한 연구를 한 바 있다.

이처럼 낙동강 하구역은 대규모 공사로 인해 퇴적환경의 변화가 지속적으로 일어나고 있으므로 앞으로의 퇴적 및 그 규모예측에 필요한 조사와 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 특징적인 퇴적환경의 변화를 나타내고 있는 하구 및 주변 연안역에 대한 과거의 퇴적물에 대한 입도 자료 및 지형도를 바탕으로 하구둑에 의한 퇴적환경특성의 기원 및 원인에 대하여 고찰한다. 또한 현장 관측과 수치실험을 통하여 낙동강 하구의 퇴적물 이동특성으로 파악한다.

2. 본 론

2.1 대상해역의 개황

(1) 기상

부산지방은 한반도의 동남쪽 끝의 해안에 접해 있어서 여름철에는 내륙지방보다 기온이 상대적으로 낮으며 겨울철에는 바다와 북쪽 산악지형의 영향으로 기온이 비교적 높은 편이기 때문에 연간 기온의 차이가 그리 크지 않다.

기상청의 기후관측자료(1971년~2000년)를 정리한 부산지방의 기상개요는 Fig. 2.1에서 보는 바와 같이 연평균 기온은 14.5 °C이며, 1월의 평균기온은 2.2 °C로 최저이고, 8월의 평균기온은 25.7 °C로서 연중 가장 높다.

또한 연평균 강수량은 1,491.5 mm로 전체 강수량의 60% 이상이 6월에서 9월 사이에 집중되어 여름철의 우기와 겨울철의 건기가 명확히 구분되는 지역이다.

연평균 증발량은 1187.8 mm로 5월중에 가장 높고, 12월중에 가장 낮은 값을 보인다.

연평균 풍속은 4.0 m/sec이고 계절별로 보았을 때 3~5월의 봄철에 가장 풍속이 강하게 나타나고 12월 현저히 작아지는 값을 가진다.

풍향은 겨울철에 북서풍이, 여름철에 남서풍이 우세하며 연평균 2~3회 정도로 태풍의 영향을 받는다.

수평면 일사량의 경우 연 평균 12.9 MJ/m²의 일사량을 보인다. 일사량이 가장 높은 시기는 절기 중 하지가 포함되어 있는 6월이 가장 높고 동지가 포함된 12월이 가장 낮다.

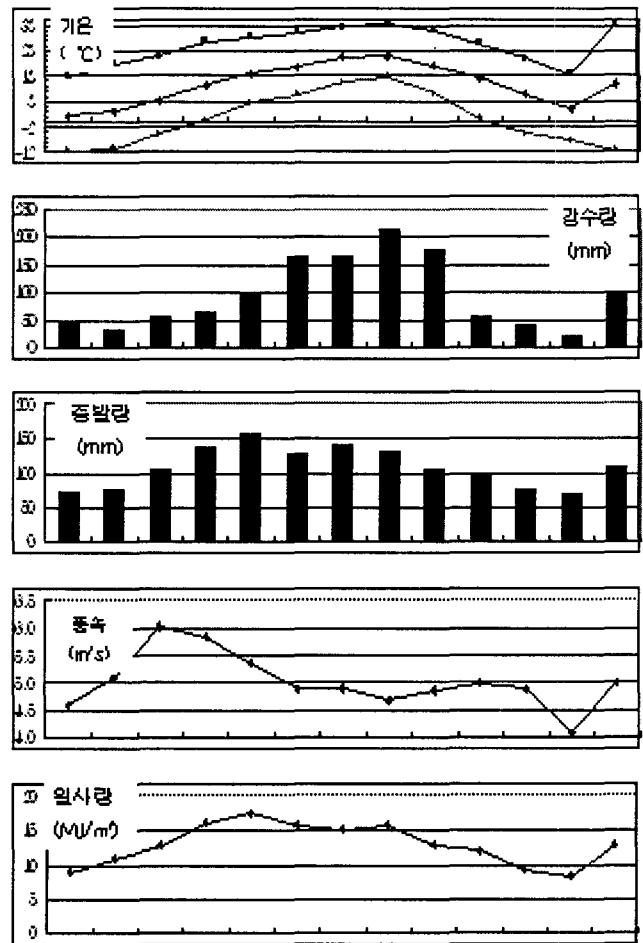


Fig. 1. Monthly variation of meteorological phenomena.

(2) 지형

본 연구의 대상지역은 낙동강 하구 삼각주의 말단으로서 낙동강과 그 지류인 서낙동강이 흘러드는 2개의 하구 전면에 발달한 하중도, 사주, 갯벌(간석지)의 퇴적미지형으로 이루어져 있다.

낙동강 하구 해역의 퇴적미지형은 해안선에 평행하게 동·서로 배열, 분포하는 것이 일반적이며, 하중도와 사주, 그리고 사주와 사주 사이 갯벌이 외해로 향해 발달하여 있다.

하중도는 2개 이상의 사주가 합성되어 나타난 퇴적지형으로 명지를 중심으로 좌·우에 신호와 울속도가 배열되어 있다. 하중도의 대부분이 매립되어져서 농경지·주거지·산업단지 등의 용도로 이용되고 있는데, 조사지역의 미지형 중에서 가장 오래된 것으로 갯벌로 이어지는 주변부에는 갈대가 군락을 이루고 있다.

사주는 고조시에는 물에 잠기지 않으나 일시적인 홍수 또는 태풍이 내습할 때는 그 형태가 변하면서 인접하는 사주와 쉽게 합성되기도 한다. 그러나 시간의 경과에 따라 식생이 정착, 서식함에 따라 그 이후에는 쉽게 지형이 변

하지 않는 특징을 보이고 있다. 그러한 특징을 보이는 사주가 예가 진우도와 대마등이다. 외해와 접해 있으면서 최근에 합성된 도요등은 식생이 서식단계에 있는데다 거친 외해 환경조건에 때문에 정착단계에 이르기까지 여러 면에서 다양한 변화가 앞으로 발생할 것으로 보인다.

사주의 형태는 해안선에 평행하게 발달된 「동-서」이 가장 많으며, 도요등·신자도·진우도·장자도가 이에 속한다. 대마등은 「북동-남서」형이고, 백합등은 「자형」, 그리고 맹금머리등은 「△형」이다.

낙동강 하구 일대의 갯벌은 수로 방향에 거의 직각으로 분포하는 것이 특이하다. 이는 갯벌을 이루는 입자들이 조류에 의해 운반된 뒤 하구사주에 가로막혀 외해로 뺏어나가지 못하는 상태이기 때문에 이러한 지형이 형성되고 있는 것이라 할 수 있을 것이다. 따라서 낙동강 하구 해역 일대의 갯벌은 타 해역의 갯벌 지형과는 달리 해안에 형성되어 있는 크고 작은 사주의 미지형과 밀접한 관계가 있을 것으로 여겨진다.

(3)해양

남해안 동부의 조석특징은 일조부등이 매우 적고 규칙적인 승강을 한다. 그리고 조석의 부등은 저조에는 크고 고조에는 거의 없다. 이에 반하여 두 저조의 높이에 거의 부등은 없으나, 두 고조의 높이에 다소 부등이 있다. 그리고 통상적으로 고고조는 봄철에는 오전에, 여름철에는 야간에, 가을철에는 오후에, 겨울철에는 주간에 일어난다. 고·저조 모두 거의 같은 조시 및 조고의 부등이 있고 저조 다음에는 고고조로 된다. 이 고고조가 일어나는 시간은 남해안의 서부는 거의 같다.

낙동강 하구역의 조화상수 및 비조화 상수는 Table 1과 같다.

조류는 조석과 관련되어 일어나는 해수의 흐름으로 일반적으로 연안해수유동의 대부분을 차지한다. 이는 조석과 직접적으로 관련되어 생기는 흐름이기 때문에 조석과 같은 방법으로 분석이나 예보가 된다.

Table 1 Harmonic constant and non harmonic constant in Nakdong estuary

조 화 상 수				약최고 만조위	대조평균 만 조 위	평 균 만 조 위	소조평균 만 조 위
M ₂ (Hm)	S ₂ (Hs)	K ₁ (H')	O ₁ (Ho)				
47.8	22.3	7.0	4.9	163.8cm	152.0cm	129.7cm	107.5cm

평 균 해 면	소조평균 간조면	평 균 저조위	대조평균 저조위	대조차	평균 조차	소조차	평균 만조간 격
81.9cm	56.4cm	34.1cm	11.8cm	140.2cm	95.6cm	51.1cm	8.17cm

※관측지점 : N36°06' 00", E128°57' 12"

부산 근해 10마일 부근에 있어서 조류는 북동 및 남서로 흐르고, 북동류(남서류)는 부산이 거의 고조(저조)시로부터 거의 저조(고조)시까지 흐르며, 대조기에 있어서의 최강유속은 1~2 kn에 달한다. 그러나 이 부근에서 항상 북동쪽으로 흐르는 해류가 있으며, 그 유속은 끊임없이 변화함으로써 해수의 유동은 매우 복잡하다. 해류가 강할 때에는 조류를 압류하고 해류는 항상 북동쪽으로 흐르며, 유속은 부산이 고저조후 약3시에 최강, 고조시에 최약으로되나 해류가 약할 때에는 고조시와의 중간에서 단시간 남서쪽으로 흐르는 경우도 있다.

가덕도 부근의 창조류(북서류)는 진해항 저조후 약 50분부터 고조전 약 40분까지 흐르며 최강유속은 1.3 kn에 달하고 낙조류(남동류)는 고조전 40분전에 전류하여 고조후 2시 20분에 최강유속이 되며, 창조류보다 약1시간 길게 흐르며, 그 최강유속은 2 kn에 달한다.

기 조사된 국립해양조사원 발행 조류도에 나타난 가덕도 주변해역 창·낙조시 최강유속은 0.1~1.1 m/sec정도이다.

2.2 현장관측실험

(1) 개요

낙동강 하구역의 퇴적물 이동특성을 파악하기 위하여 2004년 2월 6일~26까지 2차에 걸쳐 현장관측을 실시하였다. Fig.2는 재부상 소류사 관측지점 5곳과 해수유동 관측지점 1곳을 타나내고 있다. 재부상 소류사 관측지점은 낙동강 하구역의 퇴적물 이동의 공간적인 분포를 파악하기 위하여 중앙수로와 서낙동강 수로를 기준으로 하여 관측지점을 정하였다.

(가) 해수유동관측

해수유동은 Tp.1의 수심 2 m 지점에 ACM-16M 유속계를 거치하여 관측하였다. 관측기간은 2004년 2월 6일~7일(대조기), 소류사 포집기 교체기간인 2월 13일~16일 및 포집기 회수시점인 2월 23일~24일(중조기)등 총 3회에 걸쳐 계속하였는데, 이는 1차 소류사 포집기 설치시기와 회수시기, 2차 소류사 포집기 설치시기와 회수시기의 유속의 특징을 파악하기 위한 것이다.

(나) 소류사 포집실험

소류사 포집실험은 Fig. 3의 Sp.1~Sp.5에서 2004년 2월 6일~16일 까지 10일간 소류사의 1차 포집실험을 실시하였고, 2월 16일~26일까지 2차 재부상 소류사 포집실험을 실시하였다.

Fig. 3에 나타나있는 PVC와 스테인레스 재질의 소류사 포집장치를 포집기 측면 4방향에 포집기 침하를 고려하여 30 cm 높이에 설치하였다. 포집된 소류사는 영하 70 °C의 초저온 냉동고에 보관한 뒤, 동경건조로 수분을 제거하고 포집중량을 측정하여 소류사 flux를 산정하였다.

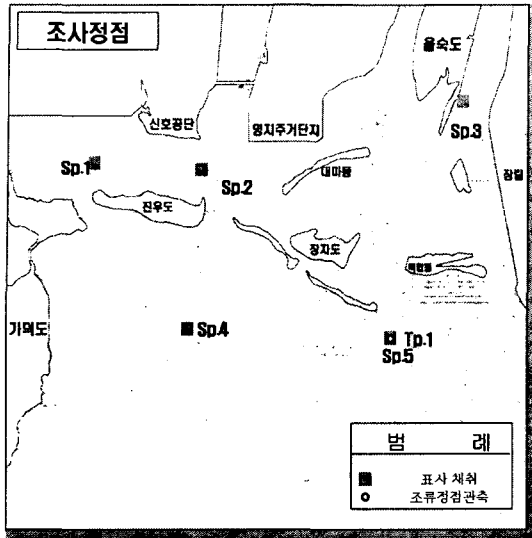


Fig. 2. Map show the bathymetric chart and sample stations. A cross point represent the in-suit collector experiment station of resuspension bed load and square mark appears tidal current observation station.

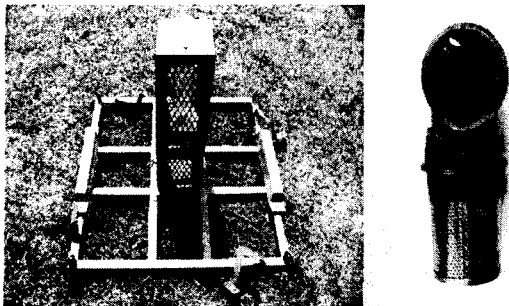


Fig. 3. In-suit experiment system of resuspension bed load.

(2) 현장관측실험 결과

(가) 해수유동관측결과

Fig. 4는 Tp.1에서 관측한 조류타원도를 나타낸 것이다. 낙동강 하구역은 반일주조가 우세한 해역이다. 관측결과 남북방향으로 반일주조가 우세하게 나타났으며, 최대 유속이 0.5 m/s의 크기를 나타내었다.

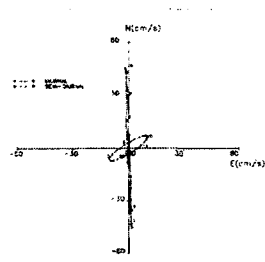


Fig. 4. Result of observation tidal current at St.5 (tidal ellipse).

(나) 소류사 포집실험 결과

Fig. 5~6은 2차에 걸친 소류사 포집실험 관측결과를 나타낸 것이다. 실험 기간 동안 소류사 포집량은 수심 5 m 근방의 외해측의 2개 정점(Sp. 4~5)이 내해측의 정점(Sp. 1~3)보다 많이 나타났다. 1차 결과에서 Sp. 4 지점에서 동측에서의 flux량이 0.788, Sp. 5에서 남측에서 1.124로 높게 나타났다. 수로 관측 지점인 Sp. 3에서 낮게 나타났다. 이는 강에서 흘러나오는 퇴적물이 적다는 것을 의미하는데, 강에서 하구연 공사와 지속적인 준설 때문인 것으로 판단된다. 2차에서는 1차결과와 마찬가지로 수로(Sp. 3)에서 flux량이 0.001~0.014의 범위로 낮게 나타났다. 외해측(Sp.4~5)은 0.762와 0.474fh 높게 나타났다. 특히 Sp.1 지점에서 1차의 결과와는 다르게 높게 나타났는데, 이는 2004년 2월 21일에 파고가 2~3m로 높았기 때문으로 판단된다.

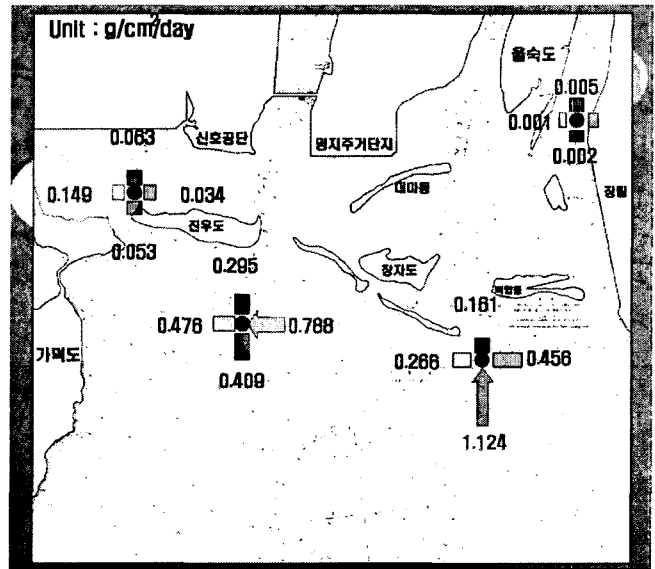


Fig. 5. Distribution of resuspension bed load(1st)

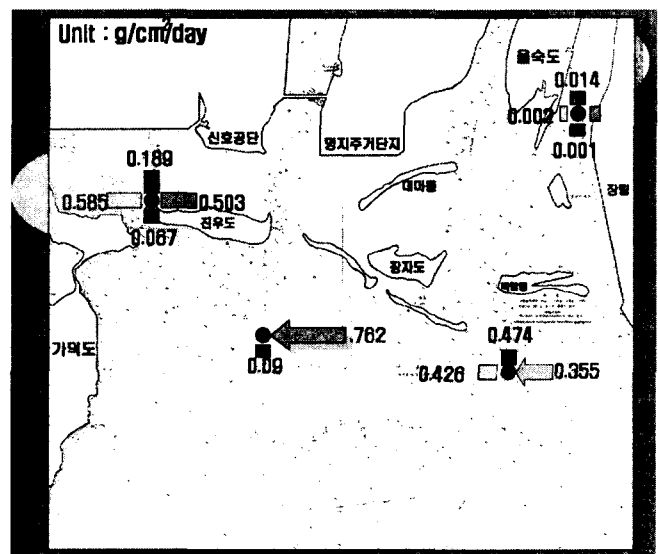


Fig. 6. Distribution of resuspension bed load(2nd).

2.3 수치모형실험

(1) 해수유동 수치모델

본 연구에서는 2차원 단층모델을 적용하여 낙동강 하구역에서 유속장 실험을 수행하기 위해 해수유동모델을 구축하였다. 구축되어진 수치모델의 비압축성 유체에 대한 운동방정식 및 연속방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

운동방정식 :

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

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

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

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 ($= 2\omega \sin \phi$, ϕ 는 위도), ρ : 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 유동방정식을 얻을 수 있다.

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

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

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

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

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

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

(2) 계산조건

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

Table 2 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 (Δt)	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.	$C = 1/0.026 H^{1/6}$

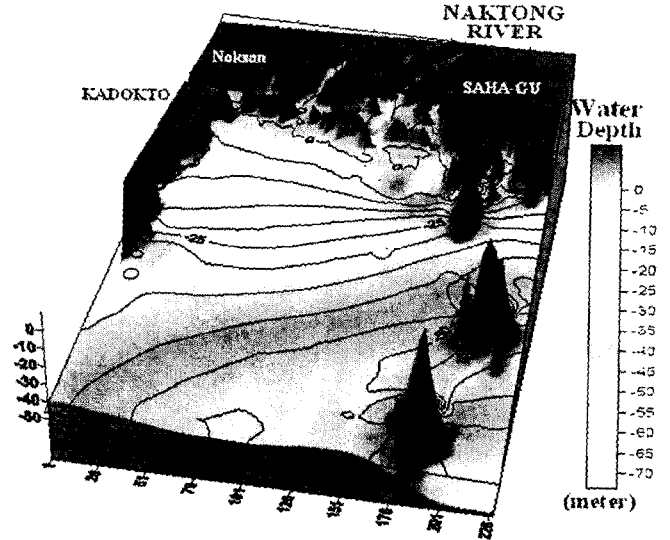


Fig. 7. 3D Bathymetric map of model domain

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 고려하였다. 수평와동점성계수(A_h)는 Richardson의 4/3승 법칙에 기초하여 $A_h = \epsilon (\Delta S)^{4/3}$, 여기서, ϵ : 점수($= 0.01 \sim 0.02$ (C.G.S)), ΔS : 격자간격의 표현식을 이용하여 매시간 step마다 계산되도록 하였다. 수치모델의 계산 시간간격(Δt)은 계산의 안정도를 고려하여 3 sec로, 계산 격자의 간격은 $\Delta x = \Delta y = 70 \text{ m}$ 로 구성하였으며, 수심자료는 수치해도를 사용하였다(Fig. 7). 계산조건을 요약하면 Table 2와 같다.

(3) 하구역의 해수유동특성

Fig. 8와 Fig. 9는 대상해역의 하천 유량이 없는 경우의 해수유동 수치계산결과로서 대조기 최강 창·낙조시 유동벡터도를 나타낸 것이다. 또한 Fig. 10은 대조기 25시간동안의 해수유동을 바탕으로 대상해역에서의 각 격자점별 조류타원도를 나타낸 것이다.

Fig. 8과 Fig. 9에서 하천 유량이 없는 경우의 낙동강 하구역에서 유동 패턴을 살펴보면 장자도와 백합동사이의 수로를 통해 해수의 유출입을 확인할 수 있으며 대체로 유속은 약 0.5 m/sec이고 백합동과 다대동사이의 수로를 통해서는 사주의 퇴적으로 낙동강 상류로부터의 유출은 없는 것으로 확인되었다.

또한 낙조류시의 유동패턴에서 조간대 지역 사이로의 수로를 통해서 대체로 해수의 유출이 있음을 알 수 있으며 유속은 약 0.2-0.3 m/sec의 범위를 나타내었다. 또한 Fig. 10에서의 하천 유량이 없는 경우의 조류타원도를 살펴보면 외해 경계에서는 일반적인 타원의 형태를 나타내지만 조간대가 넓게 분포되어진 사주 해역에서는 대체로 단반경 폭이 좁은 타원을 보이고 있음을 알 수 있다.

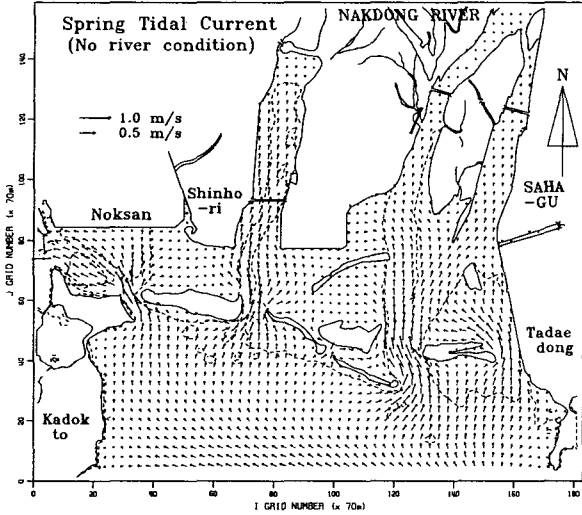


Fig. 8. Max. tidal current vector(Flood of Spring, Without river flow)

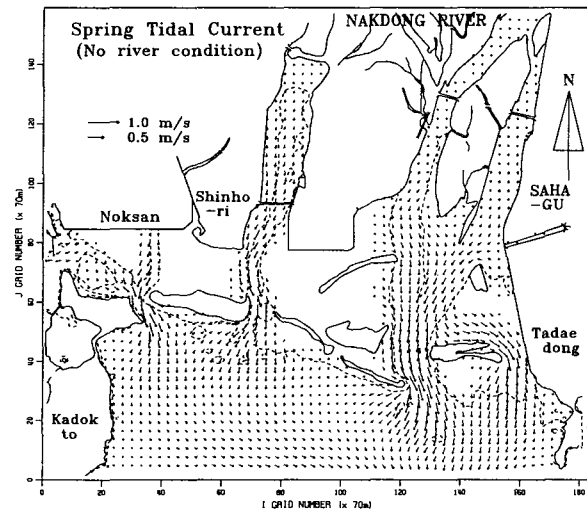


Fig. 9. Max. tidal current vector(Ebb of Spring, Without river flow)

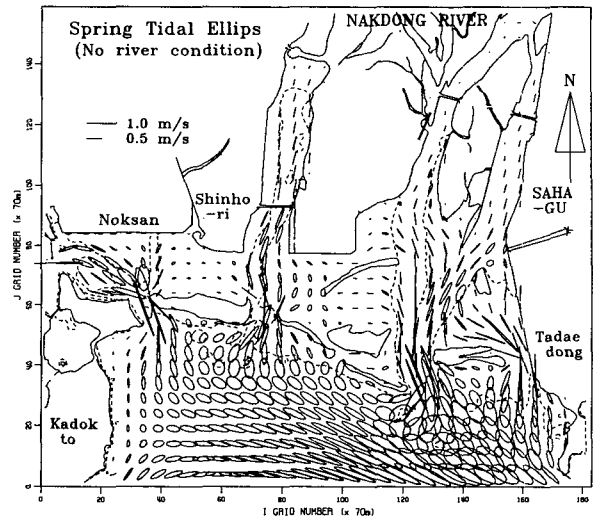


Fig. 10. Tidal current ellipse(Spring, Without river flow)

3. 결과 및 고찰

- (1) 낙동강 하구역 지형변화에 대한 메커니즘을 예측하기 위한 기초적 연구로서 소류사를 포함하여 낙동강 하구로 유입하는 퇴적물의 정량적인 평가를 실시하였다.
- (2) 현장실험을 실시한 결과 낙동강 하구역에서 백합등 남쪽의 Sp. 5 지점과 진우도 남쪽의 Sp. 4 지점에서 재부상 소류사 플럭스 량($g/cm^2/day$)이 크게 나타났다. 1차 현장 실험에서 Sp. 5 지점은 동에서 0.456 남에서 1.124의 값이 나타났고, Sp. 4에서 동에서 0.786, 남에서 0.409가 나타났다.
- (3) 해수유동에서 낙조시 낙동강에서 흐름이 대마등과 백합등 사이로 들어가는 현상이 나타났다. 유속분포는 신자도 남쪽에서 0.5 m/s 로 가장 크게 나타났으며, 진우도 남쪽과 동남쪽에서 흐름이 0.2~0.3 m/s로 나타났다.
- (4) 전체적으로 낙동강 하구에서 진우도 남쪽해역에서 퇴적이 예상되었고, 신호와 진우도 사이에서 퇴적현상이 나타날 것으로 예상되었다. 그리고 담수와 해수의 영향으로 대마등과 백합등에서 퇴적현상이 나타날 것으로 예상된다.

참고 문헌

- 1) 김원형, 이형호, 1980. 낙동강 하구지역의 퇴적물 운반 및 퇴적에 대한 고찰, 지질학회지, 16: 180~188
- 2) 김석운, 하정수, 2001. 낙동강 하구와 주변 연안역의 표층 퇴적상 및 퇴적환경 변화. 한국수산학회지, 제34권 3호, pp 268~278.