

## Pom Wad 모형을 이용한 광양만에서 온배수 확산 수치실험 Thermal Discharge Experiments using Pom-Wad in Gwangyang Bay

박일흠<sup>1</sup>, 최홍배<sup>2</sup>, 이문옥<sup>1</sup>, 이연규<sup>1</sup>

Il Heum Park<sup>1</sup>, Heung Bae Choi<sup>2</sup>, Moon Ock Lee<sup>1</sup> and Yeon Gyu Lee<sup>1</sup>

### 1. 서 론

연안역 개발에 따른 각종 매립공사 및 인공구조물의 축조 등으로 인하여 해양환경에 많은 변화가 나타난다. 특히, 연안에 건설된 각종 발전소에서 유출된 온배수는 주변수역의 수온을 상승 시키고 밀도차에 의해 주변 흐름을 변화시키며, 이러한 현상들로 인해 해양 생태계에 많은 문제를 발생시키고 있다.

본 연구에서는 최근 조간대 처리기법이 도입된 3차원 해수순환 모델인 POM WAD (Oey, 2006)을 이용하여 광양만 해역의 온배수 확산현상을 수치실험으로 재현하였다.

### 2. 수치모형의 개요

Blumberg and Meller(1987)에 의하여 개발된 POM은  $\sigma$ -좌표계를 사용한 고정경계 모형이었으나, 최근 Oey(2005; 2006)에 의하여 조간대 처리기법이 도입됨에 따라, 우리나라 서해안과 남해안과 같은 간석지가 발달한 연안해역에도 효과적으로 사용하게 될 수 있게 되었다. 본 모형에서 사용된 기본 방정식은 비압축성 Navier- Stokes 방정식 형태로 속도, 해수면 승강, 염분, 수온에 의한 밀도장을 기술하고 있으며 단순화를 위한 근사로서는 부시네스크 근사가 사용되었다(Bryan, 1969). 연속방정식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial UD}{\partial x} + \frac{\partial VD}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0 \quad (1)$$

또한, 운동량방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ & = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \\ & \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial x} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + DF_x \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ & = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \\ & \int_{\sigma}^0 \rho d\sigma + \frac{gD}{\rho_0} \frac{\partial D}{\partial y} \int_{\sigma}^0 \sigma \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} d\sigma + DF_y \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,  $\rho_0$ 는 기준밀도,  $\rho$ 는 현장밀도,  $g$ 는 중력가속도,  $K_M$ 은 난류운동량혼합의 연직와동 확산계수이다. 위도 변화에 대한 코리올리 계수  $f$ 는  $\beta$ 평면 근사를 사용하고 있다.

### 3. 현지 관측

수치실험에서 기본외력인 조석 및 조류 자료를 획득하기 위해 Fig.1에 나타나는 St.TE1~TE3지점에서 각각 30일간 조석을 관측하였으며, St.TC1에서 30일 동안 연속측류를, St.TC2~TC3에서 25시간 조류관측을 실시하였다. 그리고 온배수확산 실험의 수온 자료를 획득하기 위해, Fig.2의 St.T1~T11지점에서 표층으로부터 해수면 1m 하에 수온계를 설치하여 장기

1 전남대학교 해양기술학부

2 발표자: 전남대학교 대학원 해양공학과

간에 걸쳐 수온을 측정하였다.

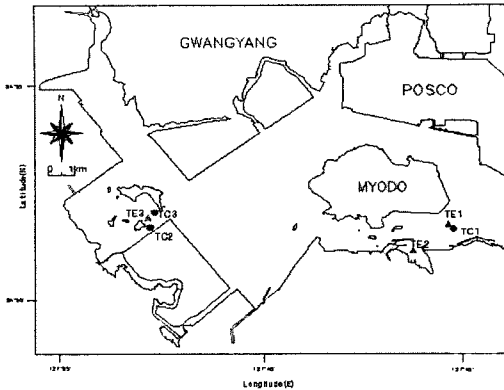


Fig.1. Observation stations of tidal current.

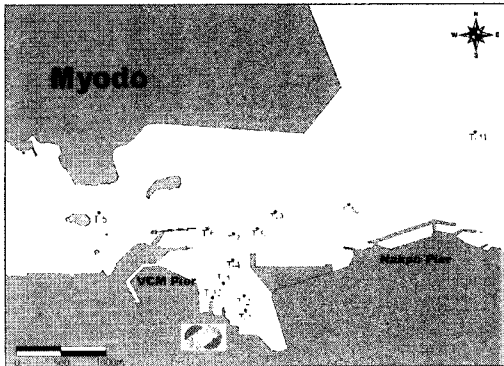


Fig. 2. Observation stations of temperature

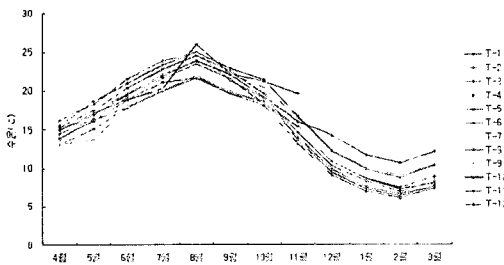


Fig.3. Changes of temperature in the stations for a year

#### 4. 수치모형의 결과

##### 4.1 해수유동

해수유동 수치실험을 모의하기 위해 정방격자를 구성하여 수행 하였으며 x, y방향의 격자크기는 각각 50m로 하였다.

그리고 Fig.4의 광양만 모형해역에서 외해와 접한 개경계의 경계조건으로는 조석에 의한 수위변

화를 주었으며, 조석의 주요 4대분조의  $N_2$  및  $K_2$  분조의 진폭이 당해역에서 크게 나타나므로 이를 고려하여 6개 분조의 진폭과 위상차를 이용하여 해수유동을 수치모의 하였다. 주요입력조건은 다음과 같다.

- 격자간격  $Dx = Dy = 50m$ ,  $360 \times 290$  ( $18km \times 14.5km$ )
- Time interval :  $dt = 0.5sec$

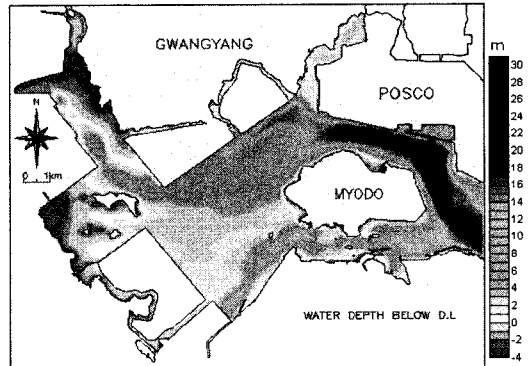
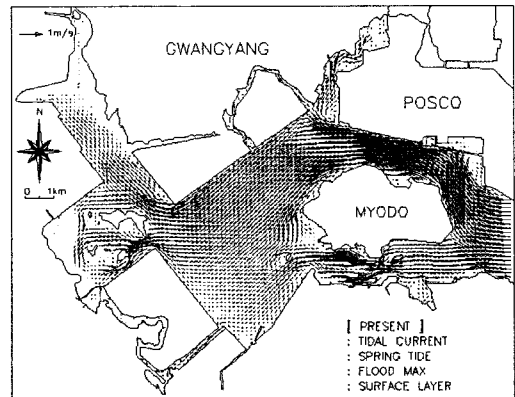


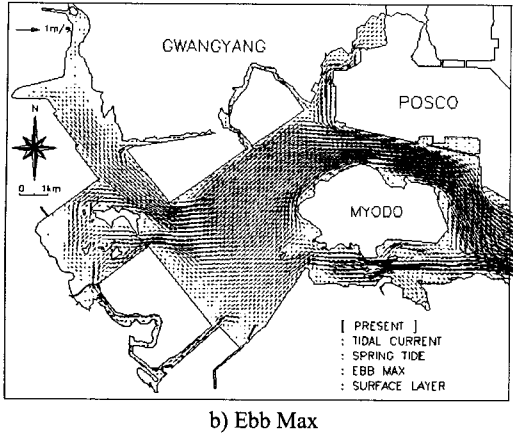
Fig. 4. Water depth below datum level.

##### 4.2 해수유동 결과

광양만구가 동쪽으로 열려있는 지형적인 특성상 전반적으로 창조류는 서향류, 낙조류는 동향류의 특징을 보이며, 묘도 북동측의 최강유속은 60~80cm/s 묘도 남측수로에서는 50~70cm/s 정도이며, 목도부근에서는 최강유속이 부분적으로 90cm/s 이상 달하는 곳도 있다.



a) Flood Max



b) Ebb Max

Fig. 5. Vector diagram of surface tidal currents during the spring tide.

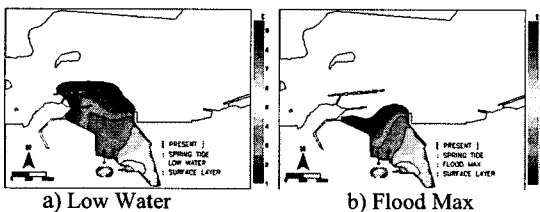
### 4.3 온배수확산 수치실험

대상 연구해역에서 온배수확산 수치실험을 모의 하기 위해, 해수유동 수치실험과 같은 조건에서 수행하였으며, 전수층을 5개층으로 나눠 3차원적 온배수확산을 수치모의 하였다. 그리고 현장조사자료를 바탕으로 해면의 열교환과정 고려하여 열교환계수를 적용하였으며, 주요입력조건은 다음과 같다.

- 배경수온 : 2007 년 평균 수온 17℃
- 열교환계수 : 20 W/m<sup>2</sup>℃
- 염분 32 psu , 1023kg/m<sup>3</sup>

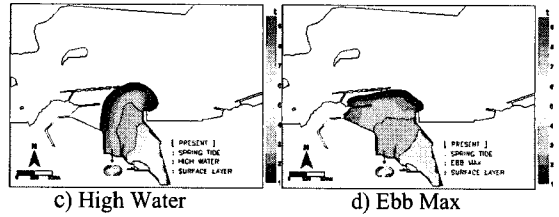
### 4.4 온배수확산 수치실험 결과

온배수확산을 수치계산한 결과 배수구를 통해 유출된 온배수의 주류는 동류하다 주변 지형적인 영향으로 인해 북서류 하며, 묘도 남측수로의 조류 주류를 만나 이류 및 확산되는 것을 알 수 있다. 기타해역에서는 대체적으로 배수구에서 북측으로 가면서 수온이 점차 감소 하며, 배경수온 보다 2~4℃이 정도 상승된 수온분포를 보인다. 한편, 표층과는 달리 중, 저층은 방류된 온배수의 부력작용으로 인해 주로 표층에 집중되고 있다.



a) Low Water

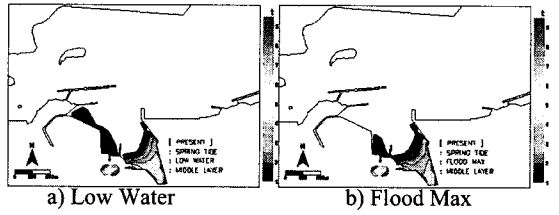
b) Flood Max



c) High Water

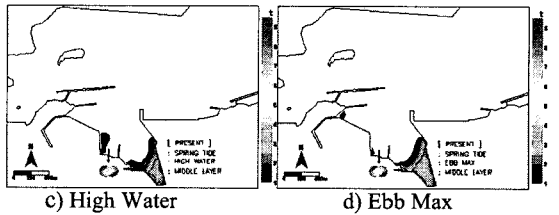
d) Ebb Max

Fig. 6. Horizontal surface temperature distributions during spring tide.



a) Low Water

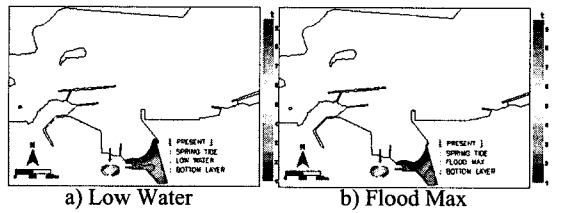
b) Flood Max



c) High Water

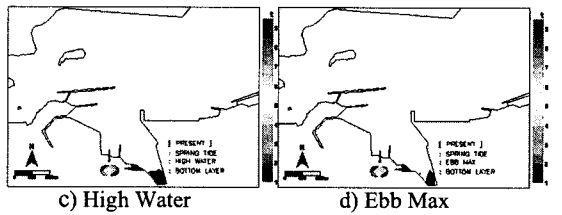
d) Ebb Max

Fig. 7. Horizontal middle temperature distributions during spring tide.



a) Low Water

b) Flood Max



c) High Water

d) Ebb Max

Fig. 8. Horizontal bottom temperature distributions during spring tide.

## 4. 결 론

본 조사연구에서는 경압 3차원 수치모형을 사용해서 광양만 해역에 해수유동과 온배수확산 수치실험을 하였다.

다음과 같은 결과들을 분석해보면, 광양만구가 동쪽으로 열려있는 지형적인 특성상 창조류는 서

향류, 낙조류는 동향류의 특징을 보이며, 묘도 북동측의 최강유속은 60~80cm/s 묘도 남측수로에서는 50~70cm/s 정도이다. 온배수 확산 수치실험 결과, 연구 대상해역에서 유출된 온배수의 주류는 동류하다 주변의 지형적인 영향으로 인해 북서류하며 묘도 남측수로의 조류주류를 만나 이류 및 확산 되는 것을 알수 있다. 그리고 대상해역의 수온분포는 배경수온보다 2~4℃ 정도 상승된 분포를 보이며, 취배수구 주변해역에서는 물때에 관계없이 거의 유사한 온도분포를 보이고 있다. 또한, 방류된 온배수의 부력작용으로 인해 주로 표층에 집중되고 중·저층의 흐름은 이에 연행가 입되는 특성이 보인다. 본 연구를 통해 얻어진 정보는 주변의 해수유동과 온배수 확산을 예측 가능 하며, 추가적으로 좀 더 정확한 결과를 실험하기 위해 모형에 대한 검증 및 연구를 진행할 계획이다.

## 참고문헌

- Blumberg, A.F. and G.L. Mellor, 1987. A coastal ocean circulation model, Three-dimensional Coastal Ocean Model, 4 edited by N. Heaps, American Geophysical Union, Washington, D.C..
- Mellor, G.L. and 1987. Blumberg, A.F., 1985 Modelling Vertical and Horizontal Diffusivities with the Sigma Coordinate System, Monthly Weather Review, American Meteorological Society, 13, 1379~1383.
- Oeey, L.Y., 2005. A wetting and Drying scheme for POM. Ocean Engineering, 9 133~150.
- Oeey, L.Y., 2006. An OGCM with movable land-sea boundaries. Ocean Engineering, 13, 176~195.