

EFDC 모형의 낙동강 하류부 수리해석 적용성 평가

Assessment of EFDC Model for Hydrodynamic Analysis in the Nakdong River

허영택* / 박진혁**
Hur, Young-Teck / Park, Jin-Hyeog

Abstract

This study analyzed a hydrodynamic behavior using the EFDC model (Environmental Fluid Dynamics Code) in the downstream of the Nakdong River in the case of a storm surge and a localized torrential rainfall caused by a major typhoon, and the sea level rise caused by global warming. The study area is selected Gaduk island with the lower boundary and Jindong with the upper boundary, to investigate the total river hydrodynamic behavior including the estuary. In order to verify this numerical model, the calculated results was compared with the observed stage at each gauging point in case of the storm rainfall in 2003 and 2006. From the results, it was shown that the numerical model(EFDC) has high accuracy and is useful in simulating more various cases.

keywords : EFDC Model, Orthogonal Curvilinear, Nakdong River Barrage, Storm Surge

요 지

최근 지구온난화에 따른 해수면 상승과 태풍의 내습으로 인하여 발생하는 폭풍해일 및 집중호우에 대하여 낙동강 하류부의 수리거동을 수치모형(EFDC)을 이용하여 해석하였다. 낙동강 하구둑을 포함한 하류부 일대에 대해 수리거동을 해석하기 위하여 대상영역을 진동에서 가덕도를 포함한 외해부까지 확장하였다. 수치모형에 의한 수위의 재현성을 검토하기 위하여 2003년 및 2006년 발생한 태풍 호우사상을 대상으로 각 수위관측지점에서의 관측 수위와 계산수위를 비교 하였다. 금번 실시된 연구결과 수치해석에 사용된 수치모형(EFDC)은 높은 재현성을 가지고 있음을 알 수 있었고 차후 폭넓은 연구에 활용가능성이 높다고 판단되었다.

핵심용어 : EFDC모형, 직교곡선격자, 낙동강 하구둑, 폭풍해일

1. 서 론

낙동강 하구는 인근해역의 섬들과 하구부 주변에 발달된 사주로 인해 복잡한 지형형상을 띄고 있다. 특히 1987년 을숙도를 횡단하여 완공된 하구둑은 원활한 용수공급이라는 목적을 달성하기 위하여 하구둑을 기준

으로 외부는 해수역으로 내부는 저수지로 수역을 분리시키는 기능을 한다. 하구둑에 설치된 10개의 배수문은 평수기에 염수침입을 방지하는 범위 내에서 운영되고, 홍수기에 전 수문의 개방을 통하여 홍수를 배제하고 있다. 하구둑 건설로 인해 건설 전 을숙도 우측수로로 통해 빠져나갔던 유출수가 건설 후 좌측 배수문과 배

* 한국수자원공사 물관리센터 공동연구원
Co-researcher, Water Resources Operations Center, K-Water, Daejeon 306-711, Korea

** 교신저자, 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원
Corresponding Author, Principal Researcher, Korea Institute of Water and Environment, K-Water, Daejeon 306-711, Korea
(e-mail: park5103@kwat.or.kr)

수로를 통해 유출되어 하구부 일대의 사주가 변화하는 등 급격한 해양환경변화가 발생하였다. 변화된 낙동강 하구부 일대에 대하여 장성태와 김기철(2006)은 낙동강 하구둑 하류부의 10여년에 걸친 유속 및 해수물성의 현장 조사 자료와 위성 원격탐사 자료를 이용하여 해양환경변화를 파악하였고, 류청로와 장선덕(1979)은 낙동강 하구둑 건설 전의 조석과 유동해석을 통하여 하구역의 물리환경특성에 대하여 연구하였다. 최근에는 수치해석 기법의 발전에 따라 김자겸과 이종섭(2000)이 낙동강 하구주변에 대하여 3차원 해수유동 및 퇴적물 수송에 대하여 연구하기도 하였다. 이와 더불어 최근 지구온난화에 따른 기상변화로 강우강도가 증가되고 있고 장마철 한반도에 접근하는 태풍의 강도 또한 강해지는 등 유역환경이 변화됨으로 인하여 최근 낙동강 하구둑의 계획홍수량이 22,000m³/s로 증대되었고, 이에 따라 낙동강 하류부에서 발생하는 배수효과로 인한 수위상승에 대하여 HEC-RAS 및 RMA-2를 이용한 다양한 검토가 진행되기도 하였다(건설교통부, 2005). 이외에도 낙동강 하류부에 대한 다양한 분야의 연구가 진행 되었으나 대부분이 낙동강 하구둑을 기준으로 내부수역과 외부수역을 구분하여 내부수역은 하천수리해석을 중심으로 진행하였고, 외부수역은 해수유동 및 해양환경해석을 중심으로 진행하였다. 이렇게 하구둑을 기준으로 연구 대상 범위를 분할하여 수행하는 것은 평수기 하구둑 배수문 운영에 따른 내·외 수역간의 물리특성이 불연속이 될 경우에는 적절하지만, 홍수기 하구둑 전 배수문 개방을 통하여 물리적 연속성을 유지할 경우에는 부적절 하다.

연구에서 사용한 EFDC 모형은 포트란 소스코드가 공개되어 있고, 1차원, 평면2차원 및 연직2차원과 σ -좌표계를 사용한 준3차원 유체거동모의가 가능하고 WASP(Water Quality Analysis Simulation Program) 수질해석 모형과 연계하여 하천과 해양을 통합한 수리·수질 모의에 적용이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 일반적으로 하천에서의 수리거동은 1차원 또는 2차원적 해석으로도 충분한 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다. 그러나 외해를 통한 염수침입의 경우 수평적 거동과 동시에 연직방향으로 밀도차에 의한 층분할 현상이 발생하는 등 외부조건에 의해 강혼합 또는 약혼합의 특성을 나타낼 수 있기 때문에 3차원적 해석이 필요하다.

본 연구에서는 낙동강 하류부에 대해 상·하류 수역의 연속성을 유지한 상태에서 기존의 호우사상을 대상으로 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모형을 이용한 수리해석을 수행하였다. 모의 수행 대상과 목적 및 계산시간을 고려하여 연직층을 1개로 하는 수

심평균 평면 2차원 해석을 하였고 모의결과를 통해 하천 수리해석에서 EFDC모형의 적용가능성을 평가하는데 중점을 두었다.

2. 수치모형

2.1 모형의 개요

EFDC모형은 유동 및 물질수송을 모의하는 다변수 유한차분 수치모형으로서 VIMS(Virginia Institute of Marine Science)에서 개발하였으며, 미국 환경청(Environmental Protection Agency)의 공인모형이다. 모형에 사용되는 격자체계는 수평적으로 직교(Cartesian) 또는 곡면(Curvilinear) 좌표계를 사용하고 수직적으로 σ -좌표계를 사용한다. EFDC모형은 질량 보존기법을 이용하여 천해역에서 조건대 처리가 가능하도록 설계되어져 있어 조건대가 넓게 분포하는 우리나라 연안이나 하천에 용이하게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. EFDC 모형은 현재까지 많은 분야에 적용된 사례가 있으며, 대표적으로 미국의 플로리다주 Okeechobee 호에서 수온모의(Jin and Ji, 2001)에 대한 연구와 국내의 을숙도 우안배수문 증설에 따른 홍수위 저감효과 분석(허영택, 2008)과 평택호와 한강 등 다양한 수역에 EFDC와 WASP를 연계한 수리-수질모의 연구(이정우, 2004)가 있다. Fig. 1에 EFDC의 주요 요소들과 입력인자들과의 연관관계를 계략적으로 나타내었다.

2.2 모형의 기본방정식

EFDC모형은 이론적인 면과 수치해석적인 면에서 Blumberg and Mellor (1987)의 모형과 많은 공통점을 가지며, 연속방정식과 운동방정식은 다음과 같다.

연속방정식:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(uH)}{\partial x} + \frac{\partial(vH)}{\partial y} = Q_H \quad (1)$$

운동방정식:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(uH)}{\partial t} + \frac{\partial(u^2H)}{\partial x} + \frac{\partial(uvH)}{\partial y} - fHv \\ & = -gH \frac{\partial \eta}{\partial x} - C_B |u|u + \frac{\partial}{\partial x} \left(HA_H \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(HA_H \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \tau_x \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(vH)}{\partial t} + \frac{\partial(uvH)}{\partial x} + \frac{\partial(v^2H)}{\partial y} + fHu \\ & = -gH \frac{\partial \eta}{\partial y} - C_B |v|v + \frac{\partial}{\partial x} \left(HA_H \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(HA_H \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \tau_y \end{aligned} \quad (3)$$

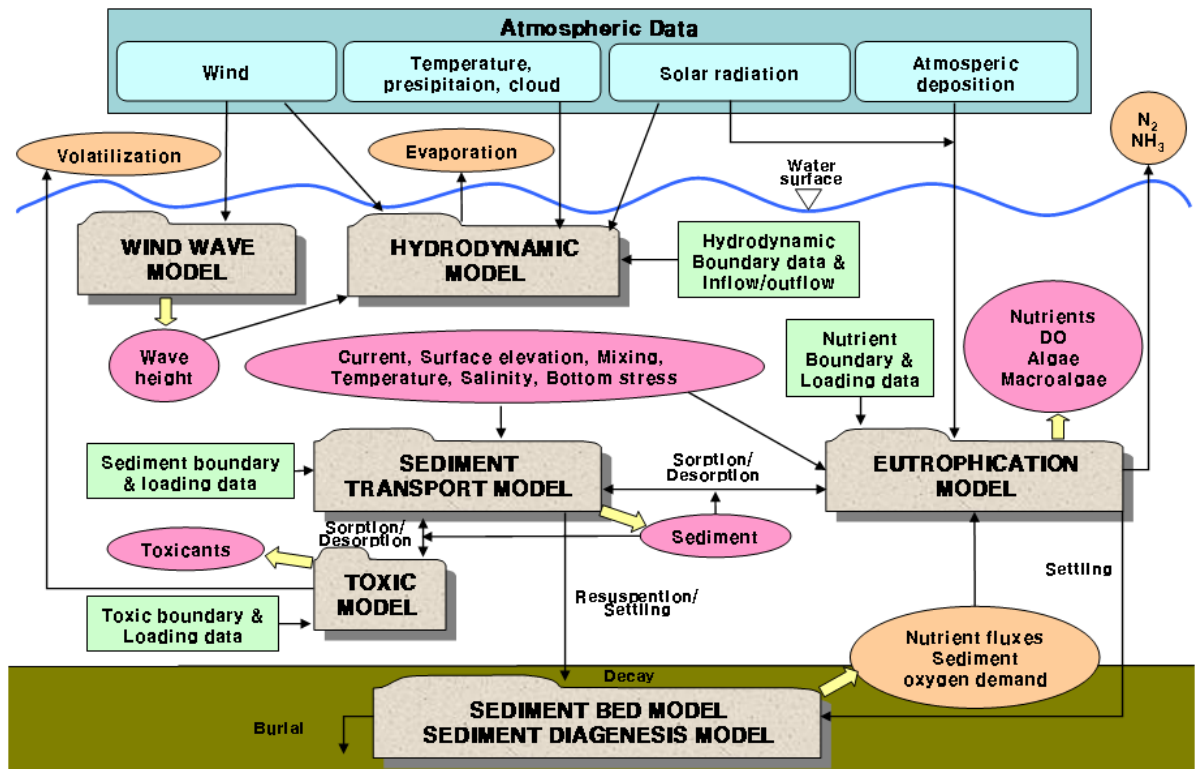


Fig. 1. Major Components of EFDC Model

$$A_H = C\Delta x\Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right]^{1/2},$$

$$C_B = \frac{gn^2}{H^{7/3}} \quad (4)$$

여기서 $H=h+\eta$ 는 기준면 하 수심 h (m)와 기준면 상 수위 η (m)를 합한 총 수심(m), u, v 는 x, y 축에서의 수평유속(m/s), f 는 Coriolis parameter, $|u|=\sqrt{u^2+v^2}$ 는 유속, g 는 중력가속도(m/s^2), C_B 는 바닥면 마찰계수, A_H 는 수평난류점성계수(m^2/s), Q_H 는 외부로부터 유체의 유입/유출량($kg\ m/s$), ρ 는 밀도(kg/m^3), τ_x, τ_y 는 x, y 축에서의 바람응력(m/s), C 는 수평 혼합 상수, $\Delta x, \Delta y$ 는 x, y 축에서 격자크기(m), n 은 Manning의 조도계수이다.

모형의 격자보다 작은 규모의 난류 혼합을 표현하기 위하여 사용된 수평난류점성항 및 난류확산항에서 수평난류점성계수는 격자 크기와 유속 경사에 의해 결정되는 Smagorinsky식(Smagorinsky, 1963)을 통하여 계산된다. 일반적으로 수평난류점성계수와 수평난류확산계수는 같다고 보고 계산 격자 크기가 작아질수록, 유속 경사가 작을수록 수평 난류점성계수가 감소하며 격자가 충분히 작은 경우는 무시될 수 있다(Oey *et al.*, 1985a,b).

3. 지형자료구축 및 입력자료분석

3.1 연구대상지

낙동강유역은 한반도 남동부에 위치하며 한강유역, 금강 및 섬진강유역과 접하고 있는 우리나라 제2의 하천유역으로서 그 유역면적은 23,817km², 유로연장은 521.5km이며 우리나라 국토면적의 24.1%를 차지하고 있다. 연구대상구간은 가덕도 인근해상에서 하구둑 기준 상류쪽 약84km지점까지이다. 대상구간의 하상고는 하구부에서 진동지점까지 0.0001정도로 매우 완만한 경사를 가지고 있고, 삼랑진 지점까지 조위에 의한 수위변동영향이 있으며, 최심부를 연결한 하도선형은 매우 만족한 형태를 보인다.

3.2 연구대상 구간의 격자 분할

하천은 주수로와 홍수터로 구별 지어질 수 있다. 갈수기에 유수의 흐름이 주수로에 국한되어지나 홍수기에 홍수터를 포함한 전 하천단면에서 흐름이 발생하는 등의 특성이 있다. 이러한 일반하천의 특성을 고려하기 위하여 격자를 생성할 경우 횡방향으로 주수로와 홍수터를 구별하여 분할하고, 종방향으로 유수의 흐름방향과 평행하게 분할하는 것이 수치해석상 유리하다. 이러한 장점을 최대한 살리기 위하여 본 연구에서는 유수의

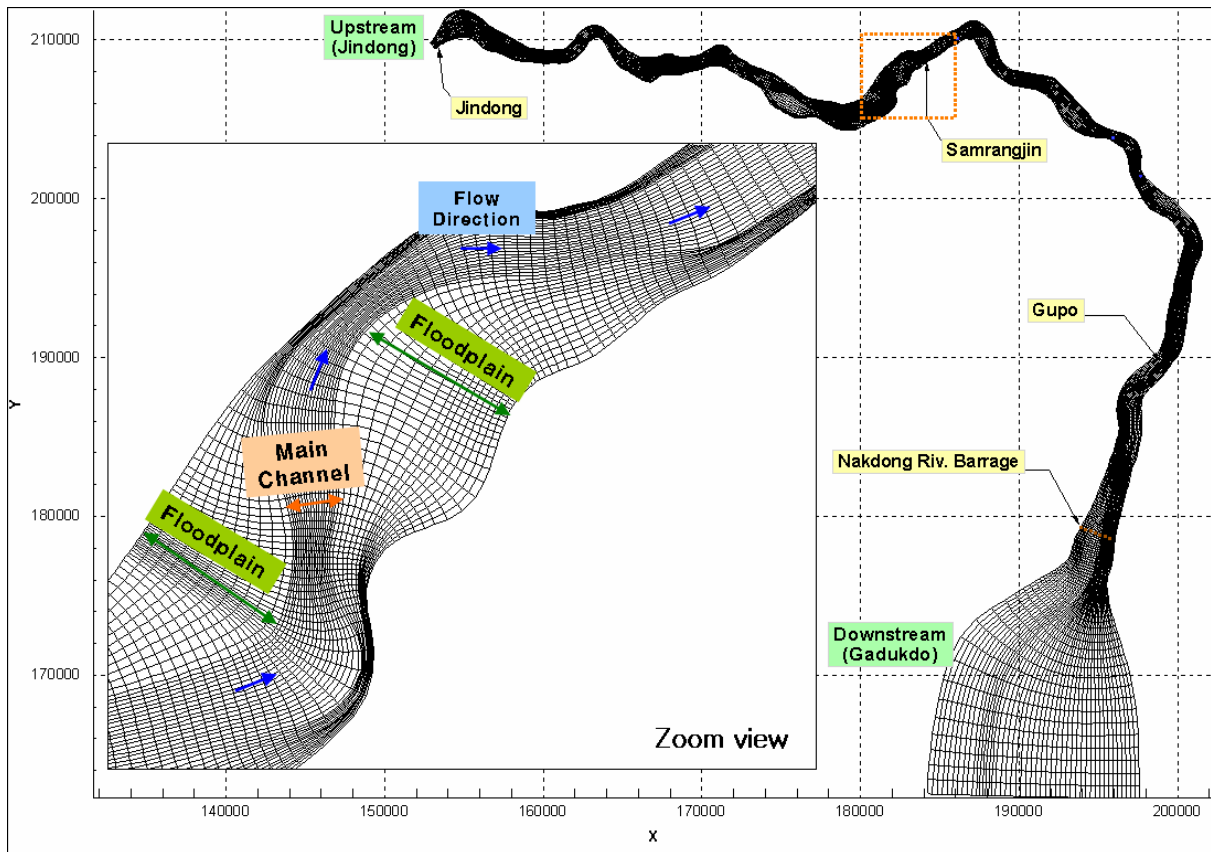


Fig. 2. Horizontal Curvilinear-orthogonal Grid of Nakdong River

흐름방향을 표현하기 위해 최심 하상고를 중심선으로 하는 직교곡선격자망을 구축하였다. Fig. 2는 분할된 직교곡선 격자망을 나타내고 있다. 격자는 종단방향으로 504개, 횡단방향으로 48개로 분할하였고, 격자간격은 종단방향 40~900m, 횡단방향 30~300m이다. 낙동강 하구둑을 포함한 상류지역의 격자 크기는 낙동강 하구둑 배수문 일대를 충분히 표현 가능하고, 주수로와 홍수터 사이의 경사와 하천흐름방향의 경사 등 급격한 지형 변화로 인해 발생하는 수치계산상의 안정성을 확보하도록 분할하였다. 하구둑에서 외해 부분은 해저지형 특성상 상대적으로 유속의 급격한 변화가 작기 때문에 다소 크게 분할하였다. 전체적으로 주 흐름 구간 이거나 급격한 유속 변화가 발생할 부분에는 격자를 촘촘하게 분할하였다. 이와 반대로 유속의 변화가 작거나 주 흐름 구간이 아닐 경우에는 격자를 성기게 분할하여 계산 격자수는 줄임으로서 계산 시간을 단축하도록 하였다.

하천지형의 보간은 보편적으로 사용되는 하천횡단면간의 단순 선형보간법을 지양하고 주수로내의 최심부를 유지하도록 하였다. 주수로와 홍수터의 명확한 구분을 위하여 1차적으로 하천측량 횡단면 자료를 이용하여 선형 보간을 하였고, 2차적으로 평면 지형도를 참고로 수정하였다. 보간은 일반적으로 잘 알려진 Kriging

법을 적용하였다. 사용된 단면자료는 최근 실시된 하천측량자료를 이용하였으며 구간내 단면의 개수는 185개로 하여 단면간 간격은 약 100m~500m이다. 하구둑을 기준으로 상·하류 접근수로는 정밀 측량된 수심 자료를 이용하였고, 하구부에서 가덕도 인근 외해부분은 수치해도를 이용하였다. Fig. 3은 분할된 격자망에 하천측량단면자료를 이용하여 보간된 3차원 하천지형을 인공 위성 사진과 같이 나타내었다. Fig. 3에서 좌측 하단에 위치한 그림은 3차원 격자망에서 낙동강 하구둑 부근을 확대한 것으로 좌안 하구둑 배수문의 통수면적과 하상고를 고려한 격자망을 나타낸다. 낙동강 하구둑 배수문은 47.5m의 수문이 10개 설치되어 있으며 바닥면의 높이(Sill Elevation)는 EL. -6.0m로 구성되어 있기 때문에 격자망에서는 배수문의 전체통수면적을 적용하여 가로방향으로 475m의 폭을 바닥면의 높이는 -6.0m로 하였다.

3.3 연구대상 기간 및 입력자료 분석

연구에 사용한 2개의 호우사상은 2003년 태풍 “매미”와 2006년 태풍 “에위니아”이다. 태풍 “매미(MAEMI)”는 2003년 9월 12일 한반도에 상륙하여 빠른 속도로 한반도를 가로질러 상륙 6시간 만에 해상으

로 빠져나감에 따라 태풍의 영향을 받는 시간이 짧아 총 강수량이 많지 않았지만, 비교적 짧은 시간에 강한 집중호우가 발생하였다. 태풍의 상륙시각이 만조 시각과 겹쳐 태풍 해일이 발생하였고 이때 마산조위관측소에서는 평균 고조위 약 1.80m를 크게 상회하여 4.39m를 기록하였다. 태풍 “에위니아(EWINIAR)”는 2006년 7월 10일부터 7월 11일까지 한반도에 상륙하였다. 태풍 상륙전 발생한 집중호우와 7월 11일부터 7월 13일까지

발생한 집중호우가 동반되어 이중 침투 형태의 수문곡선이 발생하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 2003년 태풍 “메미”와 2006년 태풍 “에위니아”의 호우사상에 대하여 진동지점에서 관측된 유량과 밀양강 합류부 횡유입량을 나타내고 있다. 진동지점의 유입유량은 모형에서 상류단 경계조건으로 사용되고, 밀양강 합류부 횡유입량은 측방유입량으로 사용되었다.

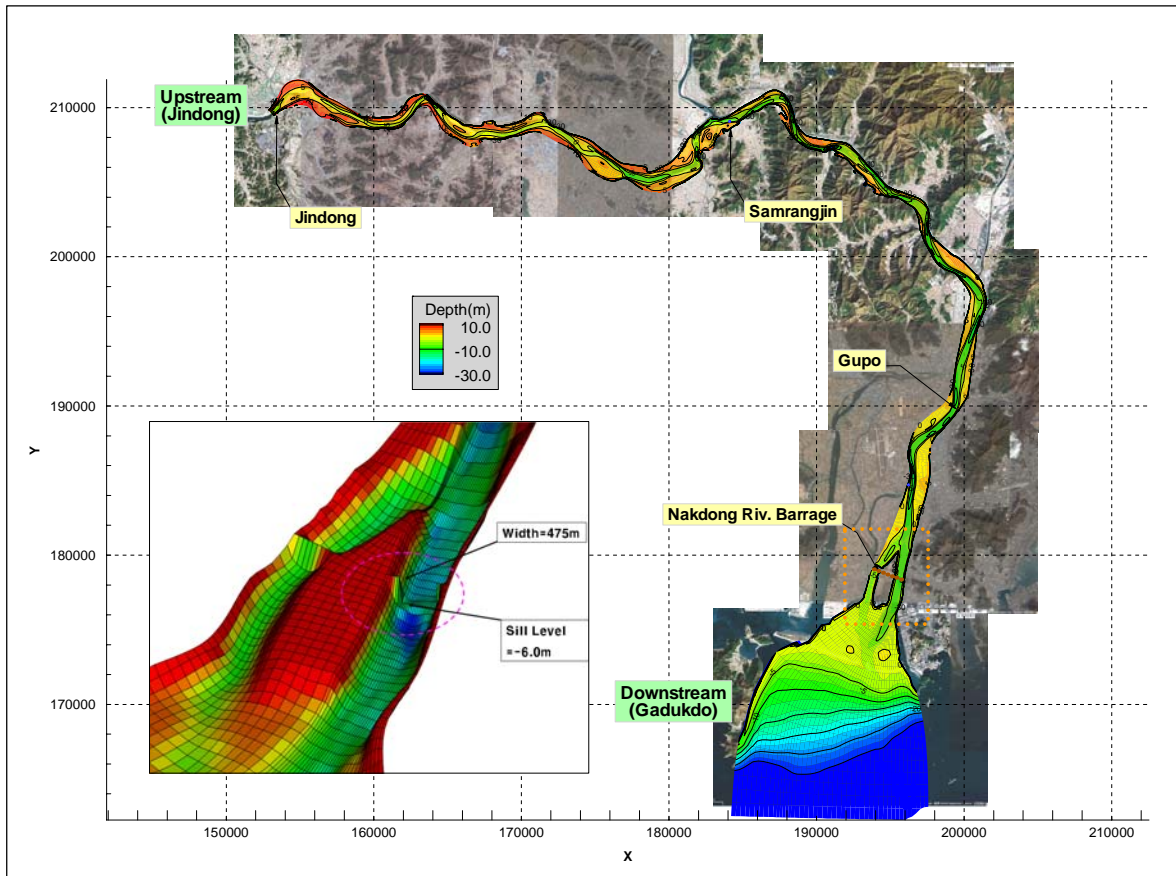


Fig. 3. Nakdong River Bathymetry and Details of Estuary Barrage

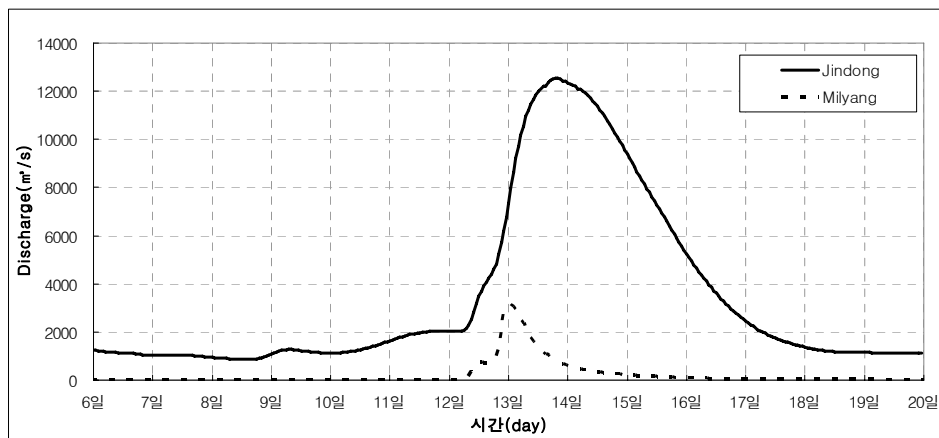


Fig. 4. Discharge Hydrograph(Typhoon "Memi", 2003)

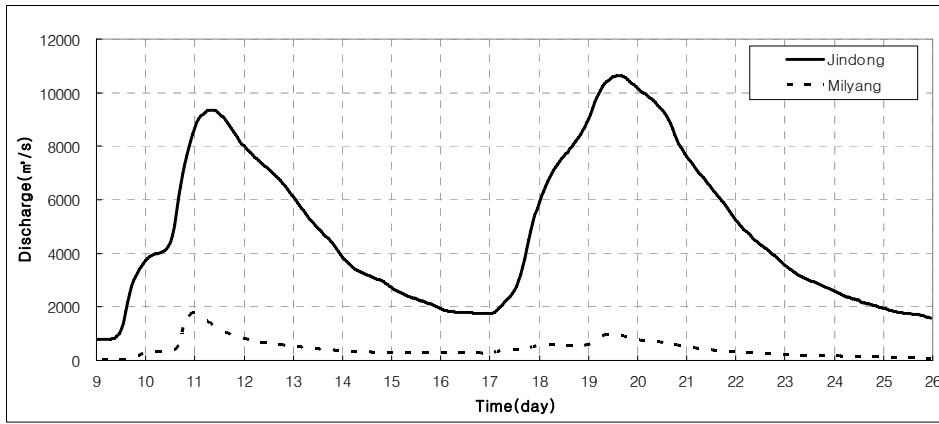


Fig. 5. Discharge Hydrograph(Typhoon "Ewinia", 2006)

Fig. 6은 하류단(가덕도 인근해역)의 경계조건으로 사용될 계산 기간 동안의 가덕도관측조위, 마산관측조위 및 하구둑(외)관측수위를 나타내었다. 하류단 경계조건으로 사용할 가덕도 조위관측 자료 중 2003년 태풍 '매미'로 인해 9월 13일과 9월 15~9월 24일에 결측이 발생하여, 인근의 마산 조위관측 자료를 대신 사용하였다. 가덕도 조위관측 자료와 마산 조위관측 자료를 비교한 결과 두 관측 자료간의 차이가 크지 않고, 마산조위관측소의 조위자료와 하구둑(외)에서 관측된 수위를 비교한 결과 홍수유출 기간을 제외한 나머지 기간 동안 두 자료가 비슷한 경향을 보이기 때문에 하류단 경계조건으로 마산조위관측소 조위자료를 사용하여도 무방한 것으로 판단된다. 특히 낙동강 하구둑(외)수위가 급격히

상승한 2003년 9월 12일 21시(관측수위, 2.96m)의 경우 수위 급상승의 원인은 상류유입유량(약 4,000m³/s)에 의한 수위상승보다 조위의 급격한 상승으로 인한 동반 수위상승인 것으로 판단된다. 이처럼 만조위를 초과하는 급격한 해수면 상승은 당시 태풍 '매미'가 내륙으로 상륙한 결과 태풍 중심 주변해역의 낮은 해면기압 954.0hPa(20시 50분)으로 인해 발생된 폭풍해일이 그 원인인 것으로 분석된다.

Fig. 7은 하류단(가덕도 인근해역)의 경계조건으로 사용될 계산 기간 동안의 관측조위와 하구둑(외)에서의 관측수위이다. 가덕도 조위관측소에서 관측된 최고 조위 관측 값은 1.05m로 검토기간 중 태풍해일 발생에 의한 수위상승 효과는 거의 나타나지 않는다.

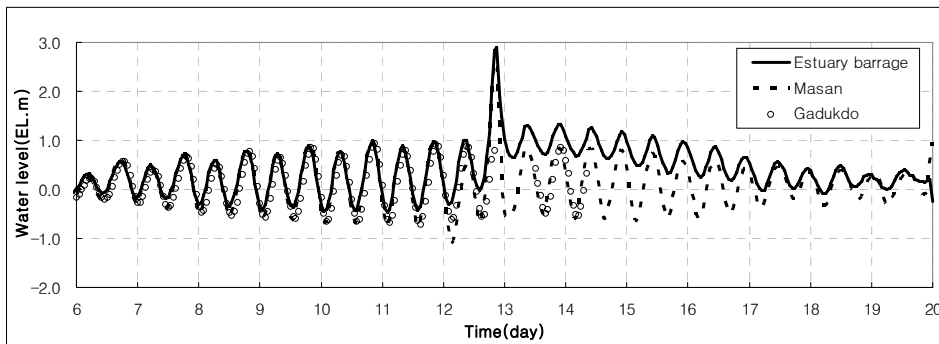


Fig. 6. Tidal and Water Level(Typhoon "Mami", 2003)

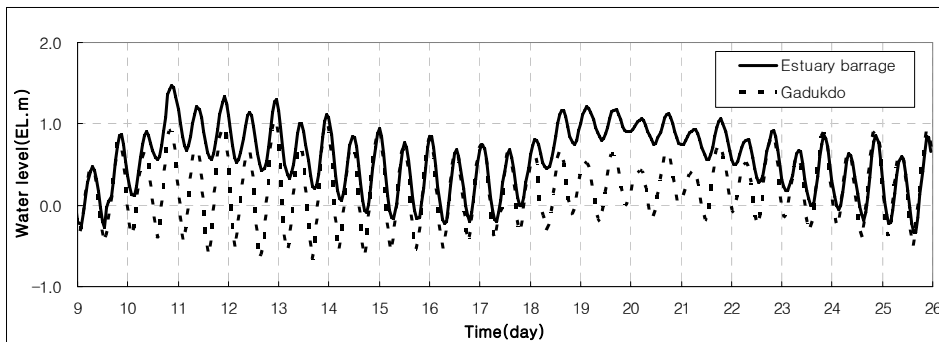


Fig. 7. Tidal and Water Level(Typhoon "Ewinia", 2006)

4. 수치모형의 적용

EFDC 모델을 이용하여 2003년 태풍 “매미”와 2006년 태풍 “에위니아”를 대상으로 실제 관측 유입량에 대한 모형의 수리학적 재현성을 검토하였다. 수치모의시 Courant-Friedrichs-Lewy (CFL)조건을 만족하도록 계산 단위시간은 1초로 하였고, 초기 조건으로 각 격자에서 초기 수위는 상류단에서 5.0m 하류단에서 0.0m로 거리에 따라 선형적으로 분포한다고 가정하였다. 전 구간에 대한 조도계수는 0.005를 일괄 적용하였다. 기상조건에 따른 영향은 계산결과에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단되어 이번 연구에서는 고려하지 않았다.

4.1 2003년 태풍 “매미”사상(9월 6일~9월 20일)

Fig. 8은 2003년 태풍 “매미”시 각 수위관측소에서 관측값과 모형에 의한 계산값을 비교한 그래프로서 진동, 삼랑진, 구포, 하구둑(내)의 지점에 대하여 나타내었다. 이 기간 중 최대 관측조위는 2.96m로 하구둑과 구포지점에서 수위상승이 발생되고 있고, 이외의 기간 중 수위상승은 상류유입유량에 지배를 받는 것으로 나타나고 있다. 진동지점의 계산 결과는 수위가 상승할 경우와 최대수위일 경우 다소 관측값에 비해 작게 나타나고 있지만 전체적으로 좋은 결과를 보여주고 있다. 삼랑진의 경우 최고 수위 발생시간이 다소 늦게 나타나고 있

으며, 전체적으로 계산값이 관측값보다 작게 나타나고 있다. 구포지점과 하구둑 지점의 계산값은 관측값과 대체적으로 일치하는 경향을 보이고 있으나, 상류유입유량에 의한 수위 상승효과는 다소 크게 나타나고 있다.

4.2 2006년 태풍 “에위니아”사상(7월 9일~7월 25일)

Fig. 9는 2006년 태풍 “에위니아”시 각 수위관측소에서 관측된 값과 모형에 의해 계산된 계산값을 비교하여 나타나고 있다. 계산수행기간 중 최고조위 값은 1.3m로 태풍에 의한 해일 발생은 크게 나타나지 않는다. 진동지점과 삼랑진지점의 계산값이 수위상승 기간에는 관측값보다 작게 나타나고 있고, 수위하강 기간에는 관측값보다 크게 나타나고 있다. 계산초기 하구둑 배수문 운영에 의해 발생하는 수위오차를 제외한 이후의 계산값은 대체적으로 관측값과 비슷하게 나타나고 있다. 이번 연구에서 고려하지 않았던 하구둑 수문 운영효과는 상류하천의 수위에 매우 큰 영향을 미치고 있고, 차후 수문운영을 고려한 수리해석 및 검토가 필요하다고 판단된다.

수치모형에 의한 계산 결과와 관측 수위와의 오차분석을 위하여 RMSE(Root Mean Square Error)와 NRMSE(Normalized Root Mean Squared Error)를 계산하였다. RMSE와 NRMSE의 산출 식은 다음과 같다.

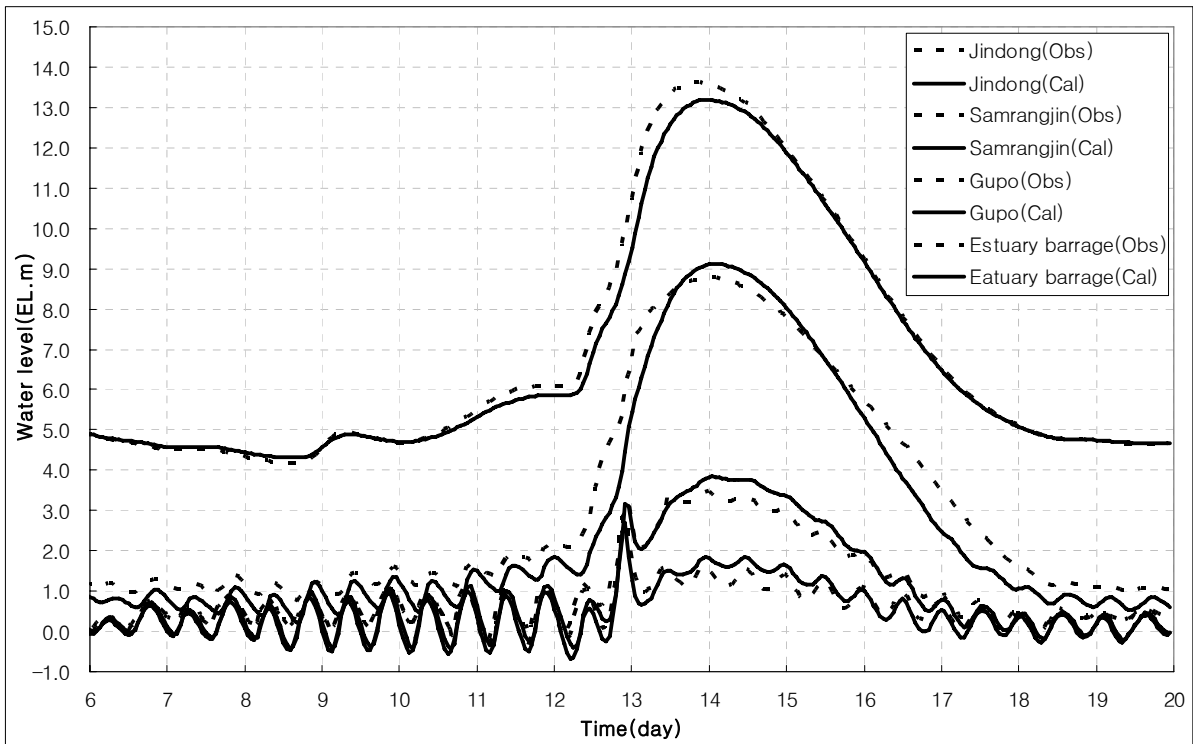


Fig. 8. Comparison between Measured and Calculated Water Level(Typhoon “Memi”)

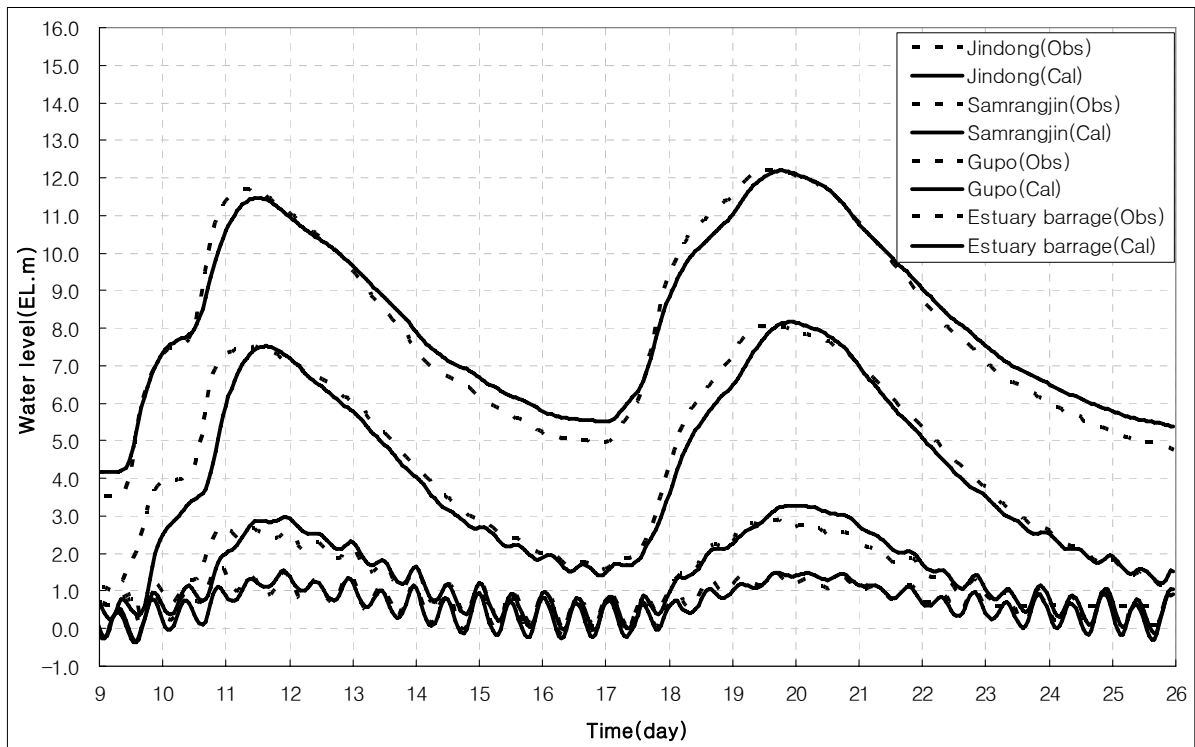


Fig. 9. Comparison between Measured and Calculated Water Level(Typhoon “Ewinar”)

Table 1. Estimation of Simulation Error

Typhoon		Jindong	Samrangjin	Gupo	Estuary barrage
MAEMI	RMSE(m)	0.30	0.56	0.31	0.29
	NRMSE(%)	3.21	6.97	8.33	8.61
EWINIAR	RMSE(m)	0.41	0.65	0.35	0.23
	NRMSE(%)	4.71	9.31	12.03	12.95

$$SE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_{obs,i} - h_{cal,i})^2} \quad (7)$$

$$NRMSE = \frac{SE}{(h_{obs,max} - h_{obs,min})} \quad (8)$$

여기서 n : 총 자료 개수, $h_{obs,i}$: 시간 i 에서의 관측수위, $h_{cal,i}$: 시간 i 에서의 계산수위, $h_{obs,max}$: 최대관측수위, $h_{obs,min}$: 최소관측수위 이다.

태풍 “매미”와 태풍 “에위니아”를 대상으로 계산값과 관측값을 이용하여 RMSE와 NRMSE에 대한 분석결과를 Table 1에 나타내었다.

두 호우사상에 대한 계산 결과, 삼랑진에서 하구둑 지점까지 상류유입유량에 의해 발생하는 수위상승이 조위에 의한 수위상승보다 작을 경우, 하류부의 수위변동은 조위에 의해 지배를 받고 있음을 알 수 있다. 오차분

석 결과 태풍 “매미”의 경우 삼랑진에서 0.56m의 수위 오차가 발생되고 있고 다른 지점에서는 약 0.30m의 수위오차가 발생되고 있다. 그러나 진동과 삼랑진의 경우에는 수위 값의 변동범위가 크기 때문에 NRMSE의 값은 다른 지점에 비해 상대적으로 작게 나타나고 있다. 태풍 “에위니아”의 경우 RMSE 분석결과 삼랑진 지점에서 0.65m의 수위오차가 발생되고 있고, 이외의 지점에서는 수위오차가 0.50m 이하로 나타나고 있다. NRMSE 분석결과 삼랑진의 경우 수위오차가 0.65m 발생하지만 수위변동폭이 크기 때문에 10% 이내로 나타나고 있지만, 구포와 하구둑에서 12% 이상으로 수치모형에 의한 결과의 신뢰도가 다소 낮게 나타나고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 EFDC모형을 이용하여 2003년 태풍 “매미”와 2006년 태풍 “에위니아”의 호우사상에 대하

여 낙동강 하류부 일대에 대한 수리계산을 하였다. 관측수위와 계산수위를 비교·검토 결과 2003년도의 경우와 2006년도의 경우에 대하여 비교적 재현성이 높게 나타났다. 부분적으로 관측 값과 불일치하는 부분에 대해서는 여러 가지 요인이 있을 수 있는데, 그 원인으로는 하천형상과 외해의 해저지형형상을 완벽하게 격자망으로 재현할 수 없는 점과 계산에 사용된 진동지점과 밀양강 합류부의 유입량 산출에서 발생할 수 있는 오차라고 판단된다. 최근의 기후변화에 따른 해수면 상승과 더불어 한반도로 진행되는 태풍의 중심기압이 매우 낮아지고 있는 추세로 보아 장래에 발생할 가능성이 매우 높은 폭풍해일을 고려하고, 집중호우에 의한 홍수유출을 대상으로 유역통합적용이 가능한 수치모형(EFDC)의 활용가능성은 매우 높다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (2005). **낙동강 유역종합치수계획 보고서**, pp. VII95-VIII02.
- 김차겸, 이종섭 (2000). “낙동강 하구 주변해역 3차원 해수유동 및 퇴적물 수송모델링.” **대한토목학회 학술발표회 논문집**, 대한토목학회, pp. 729-732.
- 류청로, 장선덕 (1979). “낙동강 하구의 조석과 유동.” **한국해양학회논문집**, 한국해양학회, 제14권, 제2호, pp. 71-77.
- 이정우 (2004). 3차원 수리수질모형(EFDC)을 이용한 저수지의 수질모의에 관한연구. 석사학위논문, 충남대학교. p. 77.
- 장성태, 김기철 (2006). “낙동강 하구에서의 해양 환경 변화.” **한국해양학회논문집**, 한국해양학회, 제11권, 제1호, pp. 11-20.
- 허영택 (2008). “EFDC모형을 이용한 을숙도 우안배수문 증설에 따른 홍수위 저감효과 분석.” **수자원정보**, 한국수자원공사, 제48호, pp. 66-75.
- Blumberg, A. F. and Mellor, G. L. (1987). “A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In Three-Dimensional Coastal Ocean Models.” *Coastal and Estuarine Science*, American Geophysical Union, Vol. 4, pp. 1-19.
- Galperin, B., Kantha, L. H., Hassid, S. and Rosati, A. (1998). “A quasi-equilibrium turbulent energy model for geophysical flows.” *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 45, pp. 55-62.
- Jin, K. R. and Ji, Z.-G. (2001). “Calibration and verification of a spectral wind-wave model for Lake Okeechobee.” *Ocean Engineering*, Vol. 28, pp. 571-584.
- Mellor, G. L. and Yamada, T. (1982). “Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems.” *Reviews of Geophysics and Space Physics*, Vol. 20, pp. 851-875.
- Oey, L. Y., Mellor, G. L. and Hires, R. I. (1985a). “A three-dimensional simulation of the Hudson-Raritan estuary. Part I: Description of the model and model simulations.” *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 15, pp. 1676-1692.
- Oey, L. Y., Mellor, G. L. and Hires, R. I. (1985b). “A three-dimensional simulation of the Hudson-Raritan estuary. Part II: Comparison with observation.” *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 15, pp. 1693-1709.
- Smagorinsky, J. (1963). “General circulation experiments with the primitive equation, I. The basic experiment.” *Monthly Weather Review*, Vol. 91, pp. 99-164.

(논문번호:08-90/접수:2008.08.21/심사완료:2009.03.16)