

EFDC를 이용한 새만금 유입유사 퇴적해석



정 세 응
충북대학교 환경공학과 부교수
schung@chungbuk.ac.kr



이 흥 수
충북대학교 환경공학과 박사과정
hslee@chungbuk.ac.kr



류 인 구
충북대학교 환경공학과 박사과정
ilovmi@chungbuk.ac.kr



정 희 영
(주) 이산 환경부사원
jhy1256@isg.kr

1. 서 론

2010년 4월 27일, 첫 공사를 시작한지 19년 만에 33.9km의 세계 최장의 새만금 방조제가 준공되었으며, 이제 새만금 사업은 외곽 공정에서 내부 개발 단계로 진입하게 되었다. 정부의 내부 토지 개발 방향에 따라 새만금 간척지의 개발 사업은 본격적인 궤도에 오른 상태이며, 이제 환경을 고려하고 미래세대에도 동일한 가치를 물려 줄 수 있는 지속가능한 개발만이 과제로 남아있다.

새만금 사업의 지속가능한 개발을 위해 가장 중요하게 다루어야 하는 문제 중 하나는 개방 수역에서 폐쇄수역으로 변한 새만금호로 유입하는 유사의 퇴적 문제와 그로 인한 장기적인 수질오염 가능성에 효과적으로 대

처하는 것이다. 향후 새만금 호소의 해수유통이 중단되고 본격적인 담수호 과정이 진행되면 물의 체류시간이 증가하여 상류유역으로부터 유입하는 유사는 호 내에 가라앉게 된다. 이러한 상황이 장기간 지속되면 새만금 담수호에 유입된 유사나 유사의 표면에 흡착되어 부유 상태로 유입한 오염물질들의 많은 부분은 호소 내부 바닥에 축적 될 전망이다. 퇴적량이 과다 할 경우, 하구폐색, 향로 매몰 및 담수호 내용적 감소 등 내부 지형변화의 원인이 될 수 있다. 수질측면에서는 유사에 흡착된 형태로 유입하는 유기물, 영양염류, 중금속 등 오염된 퇴적물은 호소의 저층 생태계에도 적지 않은 영향을 줄 수 있으며, 장기적으로 수질오염을 가중시키는 내부오염원으로 작용할 수 있다. 이러한 영향은 새로운 수질

개선 비용의 지출을 초래할 수 있으며, 새만금 사업의 지속가능한 개발을 저해하는 요인이 될 수 있으므로 사전예방적인 조사와 대책 마련이 필요하다.

호소 또는 저수지에서 유수의 흐름에 의해 이동하는 유사의 운송(Transportation)과 퇴적(Deposition) 현상은 유체가 가지는 수리학적 특성(유량, 유속, 밀도류, 난류확산 등)과 하도의 기하학적 특성(수심, 하폭, 하상경사, 하상재료 구성과 형태, 만곡 등), 그리고 부유사(Suspended sediments) 및 하상퇴적토(Bed sediments)의 물리적인 특성(입경분포, 단위중량, 형상 등)에 영향을 받는다. 따라서 새만금호 상류의 특정 하천지점을 통과하는 유사량의 정량적인 산정과 호내로 유입한 유사의 시공간적인 운송과 퇴적 현상을 정확히 해석하기 위해서는 다양한 수리조건에서 유입하는 유사의 물리적 특성 분석을 위한 수많은 실험분석을 필요로 한다. 특히, 유사의 표면에 흡착되어 유입하는 유기물, 영양염류 및 중금속의 정량적 파악과 하상 퇴적물의 영향을 분석하기 위해서는 이화학적 실험이 추가되어야 한다. 새만금호로 유입한 유사의 퇴적현상은 공간적으로 매우 복잡할 뿐만 아니라 수십 년에 걸쳐 일어나는 장기적인 현상이다. 따라서 홍수시 유입한 유사의 공간적 퇴적 양상을 정량적으로 해석하고 호소 지형의 장기적인 변화를 예측하기 위해서는 다차원 수치모델의 적용이 필요하다. 본 글에서는 하천과 하구담수호에 적용이 가능한 3차원 수리, 수질, 유사 해석 모델인 EFDC를 소개하고, 2009년 수문사상을 대상으로 실측한 새만금호 유입 유사의 물리적 특성을 이용하여 홍수시 유입하는 유사의 공간적 퇴적분포 특성을 고찰하고 모델의 적용성을 평가하였다.

2. EFDC-Sediment 모델

2.1 EFDC 개요

EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모형은 버지니아 해양 과학 연구소(Virginia Institute of Marine Science)에서 개발된 3차원 범용 수리/수질 모형이다. 이모형은 3차원 수리동역학 해석, 유사 수송 해석, 냉온수 배출 해석, TMDL 수질 해석 등에 광범위하게 사용되고 있다. 1990년대 초에 개발되었으며, 버지니아주의 James and York 강 하구와 Chesapeake Bay 하구 등에 적용되었다. Chesapeake Bay 시스템에 대한 점원과 비점원으로 부터의 오염물질과 병원성 유기물의 이동, 굴과 게의 유충의 이동 등의 연구에 이용되었다. 또한 Indian River Lagoon의 북쪽 부분에 대한 담수 유입과 플로리다주의 Everglades에서의 높은 식생 밀도에 의해 통제되는 흐름에 대한 연구에도 적용되었다.

EFDC 모형의 물리학과 수치 계산적 측면은 Blumberg-Mellor모형과 미국공병단의 Chesapeake Bay 모형과 유사하다. 가변 밀도 흐름에 대한 수치적으로 정수압을 가정하며, 자유표면, 그리고 Reynolds 난류 평균의 3차원 운동 방정식의 해를 구한다. 운동방정식에 동력학적으로 연결된 난류운동에너지, 난류 혼합 길이, 염도, 그리고 온도 이송 방정식 또한 함께 풀어지며, 난류관련 변수 2개의 이송방정식은 Mellor-Yamada level 2.5 난류 폐합 방법을 사용한다. EFDC 모형은 용존상 및 부유 입자상 물질에 대한 오일러 방식의 이송 및 수질반응 방정식에 대해 임의의 개수에 대해 동시에 해를 구한다. 또한 부가적인 라그랑지 방식(Lagrangian)

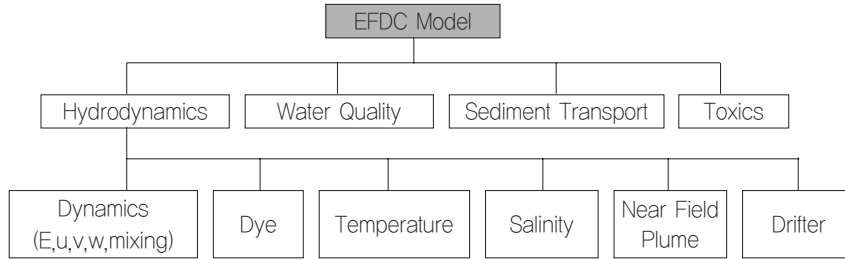


그림 1. F 모델의 모듈 구조

표 1. EFDC 모형의 기본적인 특징

General Model Characteristic	
Developer	John Hamrick Tetra Tech, Inc.
Name of Core Model	Blumberg-Mellor Model Chesapeake Bay Model(USACE)
Dimensions Type	Three Dimensional model
Graphical Interface	EFDC Explorer
Code Available	Yes
License	No
Vector Processing	Yes
Documentation	Yes
Hydrodynamic Model Features	
Spatial Discretization Method	Finite difference
Advection Terms	Upwind difference, Central difference, QUICKEST
Vertical Momentum Equation	Hydrostatic approximation
Turbulence Model	Mellor-Yamada level 2.5 Turbulence closure
Coordinate System	Orthogonal, Cartesian/ Curvilinear in horizontal Sigma stretch, GVC in vertical.
Dynamic/Free Surface	Yes
Density Function	$f(S, T)$
Bottom Friction	Log law
Time Stepping	Semi-explicit mode splitting
Boundary Conditions	Many
Wetting /Drying	Yes

• *sigma stretch = non-orthogonal transformation coordinate for stretching the vertical direction into a discrete number of equally spaced layers or unequally spaced stretched coordinate axis which is the ratio of a discrete distance below the water*

• *S = salinity, T = water temperature*

의 입자 이송 및 수질반응도 모형에서 구현가능하며, 얇은 지점의 건조한 격자와 물이 있는 격자를 구분하여 계산할 수 있다. 일반적인 흐름 통제에 쓰이는 구조물들(위어, 여수로, 암거 등)의 효과에 대한 해석도 가능하다. 식생이 많은 지역의 흐름을 해석하기 위해 EFDC 모델은 2개의 3차원 마찰 방정식을 사용한다. 또한 WASP이나 CE-QUAL-ICM과 같은 수질 모형에 연결되어 사용할 수 있도록 흐름장 출력화일을 제공한다(Hamrick, 1992). EFDC 모형의 기본적인 특징은 표 1에 제시하였다.

EFDC 모델의 구조는 4개의 기본 모듈(수리동역학, 수질, 유사 이송, 독성 모듈)로 구분할 수 있으며(그림1), 수리 동역학 모듈의 모의 결과는 수질모의, 유사 이동, 독성물질 모의에 연동(coupling)되어 사용된다.

2.2 EFDC 유사해석 모델

유사 이송 모듈은 수체와 퇴적층으로 나누어 각각 모의 되며 각각의 수체와 퇴적층에서는 점착성과 비점착성으로 나누어 계산되어 진다(그림2).

기본 지배방정식은 연속방정식, 수평방향(x, y) 운동량방정식, 정수압을 가정한 수직방향(z) 운동량 방정식, 밀도 상태방정식, 물질수송 방정식, 그리고 열수지 방정

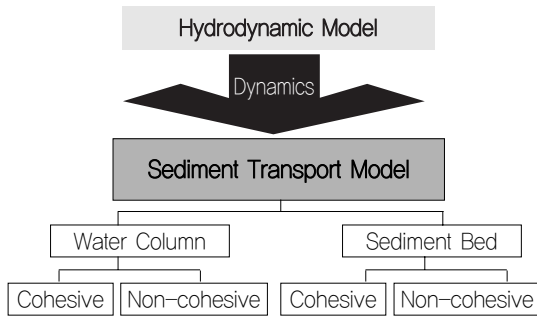


그림 2. EFDC 유사해석 모델의 구조

식을 사용한다. 특히, EFDC-Sediment 모듈은 입자크기별로 구별된 점착성과 비점착성 부유사에 대한 수송 방정식(1)을 계산한다. EFDC-Sediment 모듈의 특징은 다중 입자 크기별 비점착성 유사의 소류사 수송 모의가 가능하며 점착성 및 비점착성 유사의 침강, 퇴적, 재부상, 포획 등의 모의가 가능하다. 또한, 퇴적층은 수직 방향의 입경분포, 공극률, 체적밀도 분포를 나타낼 수 있도록 가변 두께의 몇 개의 층으로 나누어 해석가능하며, 경화(armored) 표층 퇴적층 형성의 모의, 점착성 유사로 된 퇴적층의 압밀 모의, 1차 경험식을 사용한 제방 침식 모의를 수행할 수 있다(Tetra Tech, 2002).

여기서, H : 총수심 ($=h+\zeta$)(m), u, v : 직교하는 곡선좌표계 x, y 에서의 수평유속(m/s), w : 변환된 무차원 연직좌표계 z 에서의 수직유속 (m/s) 성분, 곡선좌표계 임의거리 $ds^2=m_x^2 dx^2+m_y^2 dy^2$ 을 만족시키는 metric tensor의 대각성분의 제곱근, C : 오염물 농도(mg/L), K_v : 수직 방향 난류 확산 계수, K_H : 수평 방향 난류 확산 계수,

w_c : 침강 속도, Q_c : 외부 부하/손실과 반응성 내부 부하/손실이다.

EFDC-Sediment 모형에 적용 되는 침강 속도식은 점착성 퇴적물(Cohesive Sediment)과 비점착성 퇴적물(Non-Cohesive Sediment)을 해석할 때 각각 다른 식이 적용된다. 점착성 퇴적물의 침강 속도식은 Hwang and Mehta(1989), Shrestha and Orlob(1996), Ziegler and Nisbet(1994, 1995) 식을 선택적으로 적용할 수 있으며 각각의 방정식은 (2), (3), (4)과 같다. Hwang and Mehta식은 유사 농도의 증가와 감소에 비례하여 침강속도가 나타나며 흐름 특성에 의존하지 않으며 강력한 흐름이나 빈번한 표면파가 있을 때 쓰이게 된다. Shrestha and Orlob 식은 침강 속도가 유사 농도에 영향을 받는다는 점에서 비슷하지만 수평유속의 수직 전단력의 영향을 받는다는 것이 특징이다. Ziegler and Nisbet 식은 침강속도가 플록(floc)의 직경에 영향을 받는다. 플록의 직경은 실험적으로 결정된 상수, 유사 농도, 그리고 수체에서 난류성 전단응력(turbulent shear stress)에 의해서 결정된다.

여기서, W_s : 침강 속도(m/s), S : 유사 농도(mg/L), a, b, m, n : Sediment coefficient, α_f : 실험적으로 결정된 상수, d_f : 입자의 직경, τ_{xz} : x 방향 난류때문에 발생하는 z 방향 전단응력, τ_{yz} : y 방향 난류때문에 발생하는 z 방향 전단응력, B_1, B_2 : 실험적으로 결정된 상수이다.

비점착성 퇴적물은 침강 속도식 Van Rijn(1984)식을 사용한다(5). 비점착성 퇴적물은 입자의 크기가 비교적

$$\frac{\partial m_x m_y H C}{\partial t} + \frac{\partial m_y H u C}{\partial x} + \frac{\partial m_x H v C}{\partial y} + \frac{\partial m_x m_y w C}{\partial z} - \frac{\partial m_x m_y w_{sc} C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{m_y}{m_x} H K_H \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{m_x}{m_y} H K_H \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(m_x m_y \frac{K_v}{H} \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q_c \quad (1)$$

$$w_s = \frac{aS^m}{(S^2 + b^2)^m} \quad (2)$$

$$w_s = ad_f^b \quad (3)$$

$$d_f = \left(\frac{\alpha_f}{S\sqrt{\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2}} \right)^{1/2}, \quad a = B_1 (S\sqrt{\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2})^{-0.85}$$

$$b = -0.8 - 0.5 \log(S\sqrt{\tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2} - B_2)$$

$$w_s = S^\alpha \exp(-4.21 + 0.147G) \quad (4)$$

$$\alpha = 0.11 + 0.039G, \quad G = \sqrt{(\partial_z u)^2 + (\partial_z v)^2}$$

$$\frac{w_s}{\sqrt{g'd}} = \begin{cases} \frac{R_d}{18} : d \leq 100\mu m \\ \frac{10}{R_d} (\sqrt{1 + 0.01R_d^2} - 1) : 100\mu m < d \leq 1000\mu m \\ 1.1 : d > 1000\mu m \end{cases} \quad (5)$$

$$g' = g \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right), \quad R_d = \frac{d\sqrt{g'd}}{v}$$

크기 때문에 독립적인 침강이 이루어지며, 방정식에서 침강속도는 입자의 직경, 중력, 입자의 밀도와 레이놀즈수에 영향을 받는다.

여기서, W_s : 침강 속도(m/s), g : gravitational acceleration(m/s²), g' : reduced gravitational acceleration(m/s²), ρ : 물 밀도(kg/m³), ρ' : 유사 입자의 밀도(kg/m³), R_d : 유사 입자의 레이놀즈수이다.

3. 입력자료 구성 및 EFDC 수리모델 검증

3.1 입력자료 구성

3.1.1 지형자료의 구성

새만금호의 수치해석을 위한 유한차분 격자는 한국농어촌공사 새만금 사업단에서 측량한 수치지도를 이용하여 구성하였다. 수평방향으로는 직교곡선 좌표계, 수직방향으로는 시그마(sigma) 좌표계를 사용하여 총 활성화된 셀 개수는 1,593개 이고 종단방향 51개, 횡단

방향 66개이다(그림 3). 종단방향의 격자 크기는 178~972m, 횡단방향의 격자 크기는 145~763m로 중요 유입 지점과 방류 지점에 해상도를 좀 더 높게 구성하였다. 수체는 3개의 층으로 나누어 주었으며, 직교곡선좌표계의 직교성 판별을 한 결과 평균값이 12.45정도로 격자구성이 적절히 이루어 졌다(그림 2). 지형자료의 신뢰성을 확인하기 위해 모델에서 계산된 저수지 수위별 저수용량과 실측자료를 비교하여 AME(Absolute Mean Error), RMSE(Root Mean Square Error), R^2 (Coefficient of determination)을 산정하였다. AME와 RMSE는 각각 $15.68 \times 10^6 \text{ m}^3$, $19.08 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 총 저수용량에서 2.03% 오차를 보였으며 R^2 는 0.999로 나타나 지형자료를 적절히 반영하였다.

3.1.2 초기 및 경계 조건 구성

유사 거동/퇴적 모형의 모의 연도는 2009년을 선정하여 모의 하였다. 초기 수온과 염도는 한국농어촌공사

새만금사업단의 월별 측정된 자료를 사용하였다. 퇴적층의 초기 조건은 바닥 퇴적층을 1개의 층으로 구분하고 두께를 0.1m로 입력해 주었다. 건조밀도, 습윤밀도, 공극률은 각각 2.65 ton/m^3 , 1.8 ton/m^3 , 0.4로 기본값을 입력해 주었다.

경계조건은 유입유량, 방류량, 유입수 수온, SS, 염도 그리고 기상자료 등으로 나눌 수 있다. 모의 연도에 대한 상류 하천의 유입량은 만경강 대천 지점과 동진강 신태인 지점에서의 관측 수위를 수위-유량 곡선식에 적용하여 유량을 산정한 후 유역면적비를 적용하여 만경대교 지점과 동진대교 지점에서의 일 유량을 산정하였다. 일유량을 사용할 경우 큰 홍수 사상이 있을 경우 유량과 유사량값을 과소평가할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 홍수 기간에는 수위-유량 곡선식을 사용하여 산정된 시간별 유출량 자료를 사용하였다. 신시 배수갑문과 가력 배수갑문을 통한 방류량은 농어촌공사에서 측정된 2009년 새만금호 내측 수위와 저수지 내용적 관계를 식 (6)과 같은 지수함수로 나타냈고, 각 수위별 저수

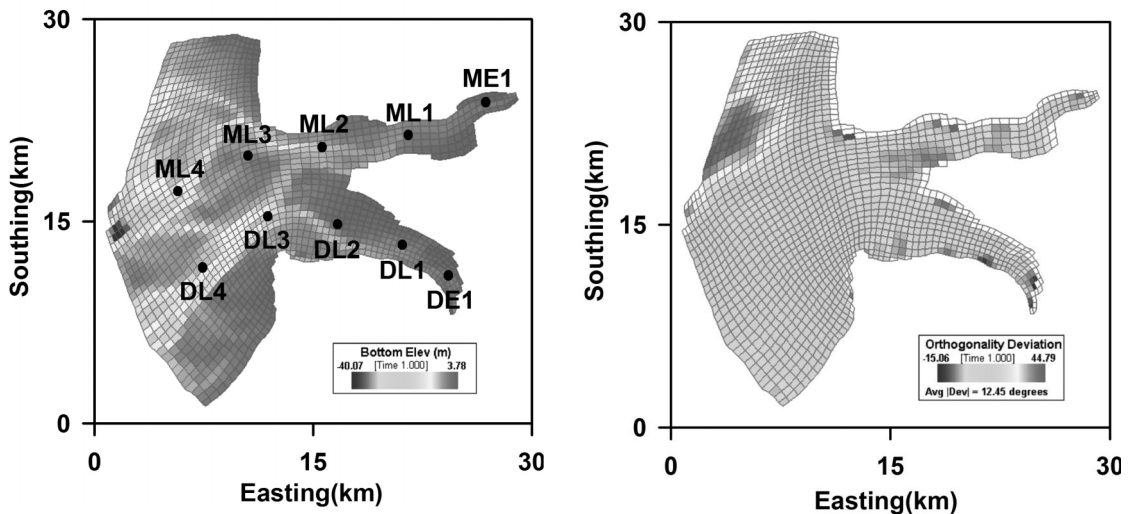


그림 3. 지형자료의 구성 및 직교성 확인(심볼: 실측지점)

용량을 산정한 다음 유입량과 산정된 저수용량을 바탕으로 저류함수식 (7)을 이용하여 방류량을 산정하였다.

$$y=1.281 \times 10^3 e^{0.220x} \quad (6), \quad S_t=S_{t-1}+I_t-O_t \quad (7)$$

여기서, y : 저수 용량 (m^3), x : 새만금호 내측 수위 (m), S_t : 시간 t 에서 저수용량, S_{t-1} : 시간 $t-1$ 의 저수용량, I_t : 시간 t 의 유입량, O_t : 시간 t 일 때의 방류유량 이다.

유입수 수온은 물환경정보시스템에서 제공하는 자료 중 만경 제수문과 동진 제수문의 수온과 유량자료를 활용하고, 전주기상대의 기온 자료를 포함하여 회귀 분석하여 산정 하였다. 만경 대교 지점과 동진 대교 지점의 수온 회귀 방정식을 각각 식 (8)과 식 (9)에 나타내었고 R^2 값은 각각 0.962, 0.935 로 나타났다. 모의 연도에 대해 모의 수온과 실측 수온을 비교하여 최대값과 최소값 그리고 AME, RMSE를 산정하였다(표 2).

$$T_w=5.85-0.0195Q+8.830T_a \quad (8),$$

$$T_w=3.94+0.0357Q+0.801T_a \quad (9)$$

여기서, T_w : 유입수 수온($^{\circ}C$), T_a : 대기 기온($^{\circ}C$), Q : 유입 유량(m^3/s) 이다

표 2. 각 지점별 유입수 수온 최대값, 최소값, 및 오차 분석

지점		Max($^{\circ}C$)	Min($^{\circ}C$)	AME($^{\circ}C$)	RMSE($^{\circ}C$)
만경대교	Simulated	28.46	-2.28	2.07	2.88
	Observed	29.00	3.00		
동진대교	Simulated	28.84	-3.78	2.32	2.81
	Observed	27.00	2.00		

유입수 SS는 2009년 강우시와 비강우시에 유입 경계 지점인 만경대교와 동진대교에서의 현장 실험을 통해 산정된 유량 - TSS곡선식(표 3)을 이용하여 산정하였다. 모델에 입력되는 SS농도는 입자의 크기에 따라 점착성 3개와 비점착성 1개로 나누어 입력되며 각 입경 분포에 해당되는 농도 비율로 입력된다(표 4). 농도 비율의 산출은 2009년 강우시와 비강우시 만경대교와 동진대교에서 현장조사를 통해 채취한 시료의 SS 입경분포

를 측정된 값을 토대로 산정하였다. 강우시와 비강우시 모두 부유사의 입도 분석 결과 90% 이상이 점착성 퇴적물 인 것으로 나타났다.

표 3. 각 지점에서의 유량 - TSS 관계식

지점	유량 - TSS 관계식
만경 대교	$Y=0.0047 X^{1.7565}$
동진 대교	$Y=0.3136 X^{1.1635}$

표 4. 유입 SS의 입경분포 및 유입 유사 농도에 따른 백분율

구분	Cohesive			Non-Cohesive
	입자크기(μm)	50이하	5~50	50~100
농도 비율(%)	15	65	10	10

3.2 수리모의 결과 검증

3.2.1 지형자료의 물 수치 확인

구축된 지형자료에 대한 물수지의 신뢰성을 확인하기 위하여 만경대교와 동진대교에서의 유입량과 앞에서 언급한 방법을 토대로 산정한 신시 배수갑문과 가력배수갑문에서의 방류량을 입력하여 모의하였다. 모의 연도에 따라 신시배수갑문 앞 측에서의 모의 수위와 실측 수위를 비교 평가하였다(그림 4). 2009년에 대해 모의 기간별 비교 평가 방법으로 AME와 RMSE를 산정한 결과 각각 0.175m, 0.239m 로 나타났으며 물수지 평가에 대한 높은 신뢰도를 보였다.

3.2.2 수온 및 염도 시계열 모의 결과 비교

새만금 유입 지점인 만경대교와 동진대교에서의 수온 시계열 변화를 모의값과 월별 실측값을 비교하여 AME, RMSE를 산정하였다. 지점 ME1, ML2, DE1, DL2에 대해 ME1 지점에서 AME, RMSE는 각각 2.07 $^{\circ}C$, 2.74 $^{\circ}C$, ML2 지점에서 2.08 $^{\circ}C$, 2.70 $^{\circ}C$, DE1 지점에서 2.51 $^{\circ}C$, 3.17 $^{\circ}C$, DL2 지점에서 1.91 $^{\circ}C$, 2.15 $^{\circ}C$ 의 값을 보였다. 모의 결과 대체적으로 수온 모의가 적절하게 이루어졌

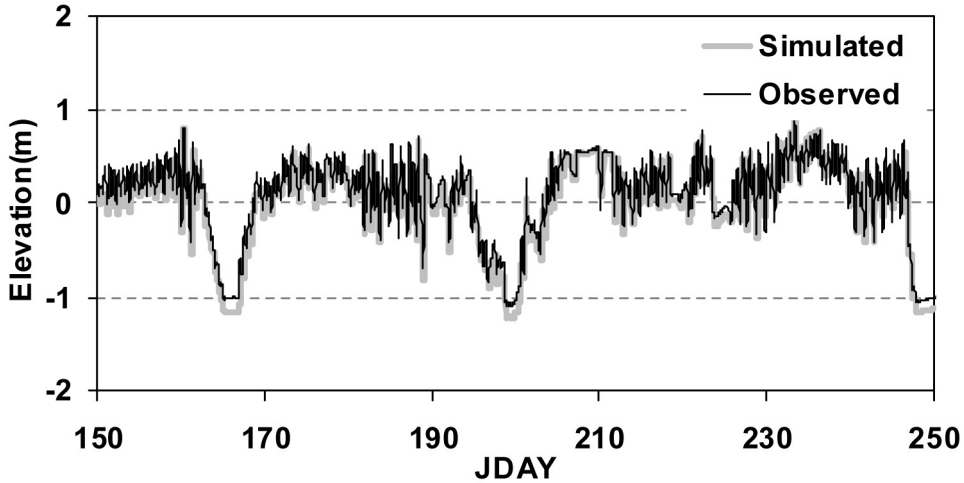


그림 4. 모의 수위와 실측 수위 비교

으나 ME1, ML2, DL2 지점에서 모의 후반부에는 실측 값에 비해 높게 모의되는 경향을 보였다.

해수유통의 영향을 주로 받는 호 내 만경수역과 동진수역의 주요 지점에서의 염도 시계열 변화를 모의값과 월별 실측값을 비교하였으며 각 지점의 염도 최대값과 최소값 그리고 AME와 RMSE 값을 산정하였다. 지점 ML3, ML4, DL3, DL4에 대해 AME와 RMSE은 지점 ML3에서 각각 1.82ppt, 2.58ppt, ML4에서 1.51ppt, 1.72ppt, DL3에서 2.24ppt, 2.71ppt, DL4에서 1.57ppt, 2.02ppt로 나타났다. 모의결과는 적절히 모의 된 것으로 나타났지만, DL3 지점에서 200일 이후부터 염도가 실측값보다 낮게 모의되는 경향을 보였다. 이는 동진내교에서 유입되는 담수의 영향으로 희석되었기 때문으로 판단된다. 오차는 새만금호에서 유입량과 방류량 자료의 시계열 관측이 용이하지 않은 것에 원인이 있다고 판단된다.

4. 유입 유사의 퇴적 거동 모의 결과

4.1 새만금 호 내 퇴적층 두께 변화

2009년은 2 홍수기에 1~2 차례의 큰 강우가 내려 새만금호 내 퇴적두께가 두껍고 퇴적 분포 또한 넓은 것으로 나타났다(그림 5). 170일까지 만경수역의 퇴적은 거의 일어나지 않고 동진수역에서만 퇴적이 발생하였다. 만경강유역에 2009년 7월 6일(187일)에 내린 큰 강우로 인해 만경 수역에 넓게 영향을 미쳤다. 동진수역에서는 호내 유입지점에 많은 유사가 쌓였고, 만경수역에서는 호내 깊숙이 유입 후 주로 퇴적이 일어났으며 퇴적 범위도 넓게 나타났다. 만경수역 상류와 하류 말단에서의 퇴적 두께는 각각 4.8, 20.4mm이고 동진수역에서는 각각 23.1, 4.8mm로 정 반대의 경향성을 나타낸 것을 알 수 있다.

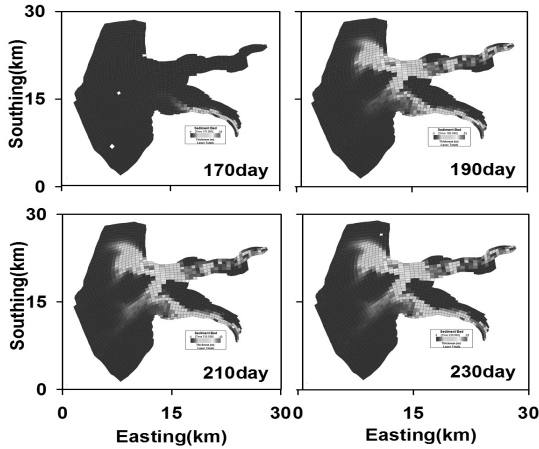


그림 5. 2009년 시점별 퇴적 분포

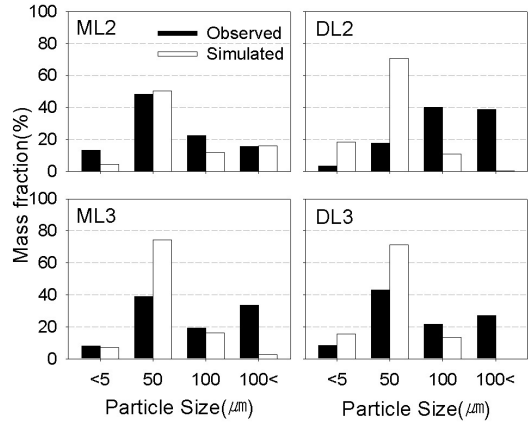


그림 7. 지점별 퇴적물 입경분포 비교B(2009년 7월 9일)

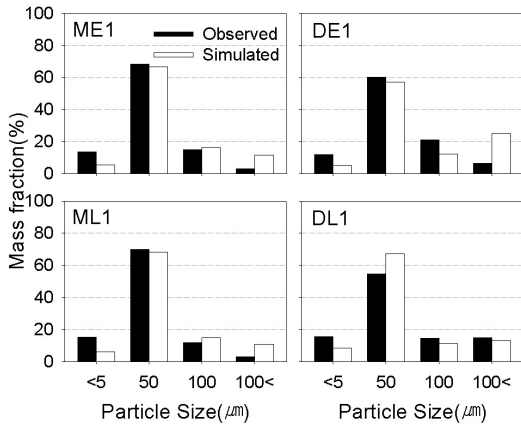


그림 6. 지점별 퇴적물 입경분포 비교 A(2009년 7월 9일)

4.2 유사 입자 크기별 공간적 퇴적분포 비교

2009년도 모의에서는 입경 50 μm 이상의 큰 입자의 비중이 다소 높게 나타났다(그림 6, 7). 이는 2009년 만경 수역에서의 큰 강우로 인한 유입유량의 급증으로 큰 입자가 호 내 ML3, DL3지점까지 이송되어 퇴적된 것으로 판단된다. 모의결과 전체적으로 ME1, ML1, DE1, DL1 지점에서의 입경분포는 모의값과 실측값이 유사한

경향을 나타냈으나 ML2, ML3, DL2, DL3 지점에서 입경 50 μm 이상의 큰 입자의 분포에는 오차를 보였다. 모형에서 새만금 호 내 유입부에서 갑문 방향으로 입경 분포의 경향성 모의는 적절한 것으로 평가되나 급격한 강우사상으로 인한 큰 입자가 하루로 이송되는 현상을 정확하게 모의하지 못한 것으로 판단된다. 유입 유량 자료의 산정과 유사의 농도 분율 입력 자료, 유량-유사량 관계의 불확실성에 대한 오차로 기인한다고 볼 수 있다.

5. 결론

새만금호를 대상으로 3차원 수리, 수질, 유사 해석 모델인 EFDC를 구축하고 2009년 홍수시에 호내로 유입한 유사의 공간적 퇴적분포 모의를 위해 모형을 적용하고 실측자료와 비교함으로써 모델의 적용성을 평가하였다. 물수지의 재현성에 있어 새만금호와 같은 하구담수호는 유입량과 방류량 실측자료가 확보되지 않아 산정된 유입량, 방류량 자료를 사용하였으나, 비교적 물수지 모의를 성공적으로 수행할 수 있었다. 그러나 보다 정확

한 수리 및 수질 모의를 위해서는 경계면 유량자료의 실측 또는 신뢰도 개선이 필요하다고 판단된다. 2009년 을 대상으로 실측한 유입 유사의 양적, 물리적 특성을 바탕으로 EFDC 유사모델의 입력자료를 구성하고 적용한 결과, 유사 거동 및 퇴적 양상을 분석하는데 상당한 신뢰성을 보여주었다. 그러나 새만금호의 퇴적현상은 홍수규모에 따라 상이하며, 공간적으로도 매우 복잡할 뿐만 아니라 수십 년에 걸쳐 일어나는 장기적인 현상임에도 불구하고 가용할 수 있는 실측 유사자료가 제한되어 있어 모델의 충분한 검증은 이루어지지 못하였다. 아울러 퇴적물이 수질에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 추가적인 실험과 더불어 모델의 검증이 요구된다. 특히, 내부 토지 개발은 유사와 수질에 영향을 줄 수 있으므로 보다 신뢰성 있는 유사 및 수질관리 대책 마련을 위해서는 장기적인 안목으로 모델의 검증과 적용이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국농어촌공사의 연구비 지원(과제번호 SH-01-14-02-09)으로 수행되었으며, 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. Batuca, D. G. and Jordaan, J. M. (2002). Silting and

Desilting of Reservoirs. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.

2. Hamrick, J. M. (1992). A three dimensional environmental fluid dynamics computer code: Theoretical and computational aspects, Special Report, The College of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, VA.

3. Hwang and Metha (1989). Erodibility of fine sediment in wave-dominated environments. Master course, University of florida.

4. Tetra Tech, Inc. (2002). Theoretical and Computational Aspects of Sediment contaminant transport in the EFDC Model.

5. van Rijn, L. C. (1984). Sediment transport, Part II: Suspended load transport. J. Hydraulic Eng., 11, pp. 1613-1641.

6. Ziegler, C. K., and Nesbitt, B. (1994). Fine-grained sediment transport in Pawtuxet River, Rhode Island. J. Hydraulic Eng., 120(5), pp. 561-576.

7. Ziegler, C. K., and Nesbitt, B. (1995). Long-term simulation of fine-grained sediment transport in large reservoir. J. Hydraulic Eng., 121(11), pp. 773-781.

8. 국가수자원종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr>)

9. 물환경종합정보시스템 (<http://water.nier.go.kr/smat/index.jsp>)

기획 : 정세웅 편집부위원장(schung@chungbuk.ac.kr)