

해양환경-P11 생태계모형을 이용한 새만금지구 연안해역에서의 부영양화관리

김종구*, 김양수, 김준우, 강훈
군산대학교 환경공학과

1. 서론

새만금 사업지구는 1991년 11월에 착공하여 2011년 완공예정으로 대규모 간척사업이 진행되고 있는 지역으로, 총개발면적은 40,100ha로써 토지조성에 28,300ha (70.6%), 수자원 확보를 위한 담수호 조성에 11,800ha(29.4%)로 계획되었다.

새만금 사업처럼 기존 간척지를 토지로 변경 이용하는 경우, 용수원 확보 측면에서 인공호의 수질은 매우 중요하나, 전주·익산시 등의 생활하수 및 주변공단에서의 산업폐수, 김제, 만경평야에서의 농업배수 유출수에 의한 오염부하의 증가로 인한 수질관리문제 대두되었다.

일반적으로 하구호 및 해역의 수질관리를 위해서는 육역에서의 오염부하가 해역에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고, 그에 따른 정확한 대책을 수립하여야 한다.

본 연구에서는 새만금 사업예정지구 연안해역을 대상으로 해양수질 특성을 파악하기 위해 현장조사를 실시하고, 영양염 부하와 관련된 관련인자를 실내실험을 통하여 도출하였다. 그후에 3차원 해수유동모형을 이용하여 새만금 사업지구의 해수유동 특성을 재현한 후, 생태계 모형을 이용하여 식물 플랑크톤 및, 영양염의 농도분포를 재현하였다. 그리고, 하천에서의 오염부하(DIN, DIP)의 감소가 식물플랑크톤의 생산에 미치는 영향을 정량적으로 조사하여 부영양화현상의 발생을 제어할 수 있는 보다 적절한 수질관리 대책을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 현장 조사

1999년 7월부터 격월 간격(7월, 9월, 11월, 2000년 2월, 4월, 6월)으로 지구내 12개 정점을 대상으로 대조기시 채수하여 수질현황을 조사하였다. 저질의 용출특성을 조사하기 위해 4개 지점(D1, D2, M1, M2)을 대상으로 용출부하를 측정하였다.

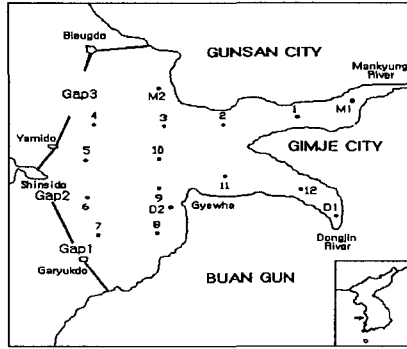


Fig. 1. Location of stations for sampling in the Saemankeum-area.

2.2. 모델의 입력 자료

2.2.1. 3차원 해수유동 모델

모델의 계산 영역은 남북으로 군산시 비응도에서 부안군 변산면까지, 동서로는 만경강·동진강 하구에서 고군산군도까지를 대상해역으로 하였다. 해수유동모델의 입력자료는 Table 1에 제시하였다.

Table 1. Input data for a hydrodynamic model.

Parameters	Input values
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 250m$
Total mesh	$70 \times 70 \times 3 = 14700$
Water depth	chart datum + MSL
Time interval	10sec
Level	1 : 0 ~ 3m 2 : 3 ~ 4m 3 : 4 ~ 10m
Tidal level and degree at open boundary	210 ~ 208cm, 77.0 ° 208 ~ 196cm, 76.0 ~ 77.0 ° 196 ~ 198cm, 76.0 °
Water temperature and salinity at open boundary	level 1, 2, 3 : 20°C, 29‰
Coriolis coefficient	$f = 2 \cdot \omega \cdot \sin \phi$
Surface & Internal friction coefficient	0.0013
Bottom friction coefficient	0.0026
Horizontal viscosity coefficient	5.0E5 (cm ² /s)
Diffusion coefficient	5.0E5 (cm ² /s)
Wind speed	none
Calculation time	40 tidal cycle

2.2.2. 생태계 모델

생태계모델의 모델영역은 해수유동모델에 사용된 격자망과 동일하게 구성하였다. 생태계 모델의 입력자료는 Table 2에 나타내었다. 하천으로부터 유입되는 오염부하량은

Ta3에 나타내었다.

Table 2. Input data for eutrophication model.

Parameter		Input values							
Mesh size		$\Delta x = \Delta y = 250m$							
Water depth		chart datum + MSL							
Time interval		1200sec							
Initial condition for compartments									
level	DO	COD	DIP	DIN	POC	DOC	PHYTO	ZOO	
	(mg/l)	(mg/l)	(mM/m ³)	(mM/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	
1~3	9.07	1.98	0.691	22.497	400.0	1400.0	170.5	80	
Boundary condition for compartments									
level	DO	COD	DIP	DIN	POC	DOC	PHYTO	ZOO	
	(mg/l)	(mg/l)	(mM/m ³)	(mM/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	(mg-C/m ³)	
A	1	8.57	1.20	0.600	15.000	400	1400	80.0	30
	2	8.57	1.10	0.610	14.800	400	1400	80.0	30
	3	8.20	1.06	0.620	14.600	400	1400	60.0	30
B	1	8.54	1.30	0.580	15.000	400	1400	100.0	50
	2	8.54	1.25	0.580	14.500	400	1400	60.0	30
	3	8.54	1.21	0.600	14.000	400	1400	30.0	20
C	1	9.23	1.20	0.900	15.000	400	1400	100.0	50
	2	9.05	1.18	0.910	14.000	400	1400	60.0	30
	3	8.83	1.15	0.940	15.000	400	1400	30.0	15
Horizontal viscosity coefficient					6.5 E5(cm ² /s)				
Horizontal diffusion coefficient					6.0 E5(cm ² /s)				
Vertical diffusion coefficient					level 1~3 : 1.0(cm ² /s)				
Calculation time					40 tidal cycles				

2.2.3. 저질 영양염 용출속도

저질 용출 실험에서 암모니아질소는 8.95~29.30mg/m²/d, 인산인은 3.09~7.13mg/m²/d의 속도로 용출되었다. 지점별로는 만경강·동진강 하구지역이 외해역보다 용출속도가 높게 나타났다. 모델에서 암모니아질소와 인산인의 용출속도는 24.29, 7.13mg/m²/d를 각각 적용하였다.

Table 3. The pollutant loads of rivers flowing into the model region.

Name of river	Pollutant loads						
	River flow	COD	DO	DIP	DIN	POC	DOC
	m ³ /day	(ton/day)	(((()
Mankyung R.	2.29E+06	25	18	480	15000	12000	7600
Dongjin R.	1.83E+06	11	16	164	4500	2000	6200

2.3. 생물학적 파라메타

식물플랑크톤의 최대성장속도는 1.15/day, 호흡속도는 0.040/day를 적용하였다. 동물플랑크톤의 최대섭취속도는 0.040/day를, 식물플랑크톤과 동물플랑크톤의 사멸속도는 0.010/day를 적용하였다. 식물플랑크톤의 용존무기인과 용존무기질소 섭취에 관한 반포화상수는 각각 0.005, $0.070\mu\text{g-at}/\ell$ 를 적용하였다. 엽록소 $a(\text{mg}/\text{m}^3)$ 와 식물플랑크톤의 탄소량(mgC/m^3)에 대한 환산계수는 15를 적용하였다.

3. 결 론

생태계모델을 이용한 새만금 연안 하구해역의 부영양화를 제어를 위한 수질관리 방안을 도출한 결과는 다음과 같다.

새만금 연안해역에서 영양염의 연평균 농도는 용존무기질소가 $1.846\sim 87.939\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 $21.182\mu\text{g-at}/\ell$), 용존무기인이 $\text{ND}\sim 2.013\mu\text{g-at}/\ell$ (평균 $21.182\mu\text{g-at}/\ell$)를 나타내어 일본수산자원보호협회에서 제시한 적조발생가능 농도를 상회하는 것으로 나타났다. 용존무기질소는 만경강하구에서 동진강하구보다 2배정도 높게 나타났으나, 용존무기인은 큰 차이가 없었다.

해수유동모델에서 계산된 새만금 연안해역의 해수유동 특성을 보면, 방조제 사이를 통해 유입된 해수는 대부분 만경강과 동진강 하구 해역으로 유입하였으며, 방조제 내에서 창조시 환류가 관측되었다. 물질이동의 주요성분인 항류는 계화도와 가력도 사이에서 시계방향의 환류가 형성되었다. 층별 변화에서 저층으로 갈수록 밀도성분의 약화로 항류가 하구쪽으로 향하면서, 오염물질이 외해로 유출되지 못하고, 점차적으로 하구 내만에 축적되는 것으로 나타났다.

생태계모델을 이용하여 용존무기인과 용존무기질소의 계산치와 실측치의 관계에서 상관계수는 각각 0.95, 0.97, 상대오차는 19.4%, 20.4%로 재현성은 양호한 것으로 판단되었다.

해역의 부영양에 영향을 주는 각 오염원의 오염부하를 단계적으로 40%, 60%, 80%, 100%로 저감시킬 경우, 해역에서의 영양염 농도를 정량적으로 평가하면, 하천부하량을 80% 저감시, 질소는 59%, 인은 28%이상 제거되는 것으로 나타났으나, 저질의 오염부하를 단계적으로 저감했을 때, 전체적으로 큰 농도변화를 보이지 않았다.

하천에서 부하량을 95%정도 저감시켰을 때 - 즉, 만경강과 동진강에서 유입되는 영양염의 부하량이 용존무기인은 $32.2\text{kg}/\text{d}$, 용존무기질소는 $975\text{kg}/\text{d}$ 이하일 때 - 전체해역의 영양염 평균 농도는 일본 수질환경 수질기준에서 제시한 적조발생 기준농도 이하로 저감되었다.

참 고 문 헌

- 농림부·농어촌진흥공사, 1998. '98 새만금지구 수리실험 및 파랑관측보고서.
- 농어촌진흥공사, 1998. 새만금호 상류유역 오염원 기초 조사 및 수질예측.
- 김동명, 1999. 생태계모델을 이용한 황해의 부영양화 모델링. 부경대학교 대학원 박사학위논문.
- 김중구, 1994. 진해만 해역의 하계 부영양화 모델링. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문.