

PF1

## 가막만 해역의 환경용량 산정에 관한 연구

김종구\*, 강 훈

군산대학교 공과대학 토목환경공학부

### 1. 서 론

가막만은 여천반도 남단에 위치한 여수시의 남해 연안만으로 각종 어선 및 소형객선의 집결지인 여수여항과 직접 연결되고 동쪽 한려수도를 거쳐 북쪽에 위치한 광양만의 여천 공업단지와 연결된다.

가막만은 수질이 깨끗하고 수심이 낮아 양식 시설물의 설치가 용이하고, 하천수에 의한 영양염 등의 유입으로 기초생산력이 높은 해역이며 지형적인 영향으로 양식을 하기에 좋은 조건을 지니고 있어, 어패류 양식장으로 널리 이용되고 있다. 약식생물의 대부분이 수하식 굴 양식장으로서 생산량은 전국의 약 30%를 점하는 중요한 어장이며, 청정 해역으로 지정되어 있지만 과도한 굴 양식과 주변 임해공단으로부터의 오염물질의 유입 및 인구의 집중으로 인한 도시 확장에 따른 도시하수의 유입으로 인하여 가막만 내 수질이 점차 오염되고 있어 수질관리 대책이 시급하며, 특히 자성 능력에 기초를 둔 합리적인 해양 수질관리가 요구되고 있다.

따라서, 본 연구는 3차원 생태계모델을 이용하여 해양오염의 주요인자인 COD를 중심으로 가막만이 가지고 있는 환경의 수용력, 즉 환경용량을 산정하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 1) 대상해역

가막만은 한국 남해안의 여수반도와 돌산도에 둘러싸여 있고, 남쪽의 입구에는 여러 섬들 사이에 좁은 수로들이 형성되어 남해와 접해있으며, 북쪽으로는 돌산대교가 위치한 좁은 수로를 통하여 여수해만과 연결된다. 남북방향의 길이가 약 15km, 동서방향의 길이가 약 9km인 타원형의 내만으로 면적은 147.5km<sup>2</sup>이고, 평균수심은 약 9m인 천해로서 용적은  $10.2 \times 10^8 m^3$ 이다(국립수산진흥원, 전라남도, 1982).

해저 지형은 북서 내만역이 수심이 깊고, 만 중앙이 대체로 얕은 편이고 남쪽으로 갈수록 차츰 깊어지는 양상을 보이며(강, 1980), 해수유동상황은 여수항과 돌산도 사이의 북쪽 협수도와 남쪽 만 입구를 통하여 유출입 되는 왕복성조류의 영향을 받고 가막만은 3개의 수괴가 존재한다고 알려져 있다(이, 1993).

#### 2) 수질조사 및 저질용출량 측정

가막만 해역의 수질 특성을 조사하기 위하여 2003년 4월 22일에 12개 정점에서 층별(표층, 중층, 저층)로 채수하였고, 저질조사는 정점 2~12에서 시료를 채니하였다. 수질 분석은 해양오염공정시험법(해양수산부, 1998) 및 그에 준하는 시험법을 사용하였다.

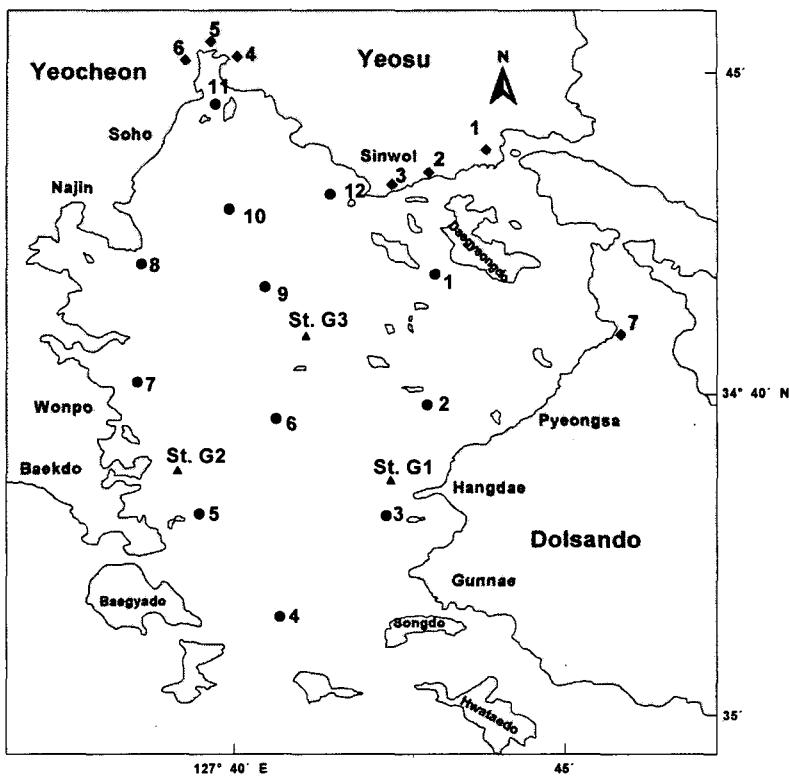


Fig.1. Location of the sampling station in Gamak Bay.

저질 용출특성을 조사하기 위해 11개 지점을 대상으로 용출부하를 측정하였다. 조사방법으로 직경 7cm, 높이 50cm의 아크릴 원통에 저질 15cm를 채취한다. 유입수는 현장수를 GF/C로 여과하여 아크릴 원통에 채운다. 아크릴 원통은  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 조절된 항온수로 옮긴 후, 시간의 경과에 따라 인산인과 암모니아질소를 측정하여 용출부하속도( $R$ )를 산정하였다.

### 3) 해수유동모델 입력자료

해수유동 모델의 영역은 가막만 북부의 돌산대교 아래의 협수로, 송도와 돌산도 사이, 만 남부의 백야도와 송도를 잇는 선, 그리고 백야도와 백도 사이를 잇는 선을 개방경계로 하였다. 격자망의 구성은 지형을 충분히 고려할 수 있도록 가로방향으로 78개, 세로 방향으로 90개 격자로 하였고, 각 격자 간격은 200m로 하였다. 연직 방향으로는 수온약층의 깊이를 고려하고 3개층으로 구분하였다.

Table 3.2. Input data for a hydrodynamic model.

Parameters	Input values
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 200\text{m}$
Total mesh	$78 \times 90 \times 3 = 21,060$
Water depth	chart datum + MSL

Time interval	5sec
Level	1 : 0 ~ 3m 2 : 3 ~ 6m 3 : below 6m
Tidal level and degree at open boundary	A : 103cm, 266. B : 97.0cm, 265. C : 101cm, 264. D : 101cm, 254.
Water temperature and salinity at open boundary	1 : 15.70°C, 31.85‰ 2 : 15.10°C, 31.85‰ 3 : 15.40°C, 31.93‰
Coriolis coefficient	$f = 2 \cdot \omega \cdot \sin \Psi$
Surface & Internal friction coefficient	0.0013
Bottom friction coefficient	0.0025
Horizontal viscosity coefficient	1.0E3 (cm²/s)
Diffusion coefficient	1.0E3 (cm²/s)
Calculation time	20 tidal cycle

#### 4) 생태계모델 입력자료

생태계모델의 모델영역은 해수유동모델에 사용된 격자망과 동일하게 구성하였다. 각 층별 수질인자의 초기농도와 경계농도는 대상해역의 실측치를 토대로 공간적인 분포를 고려하여 보간법으로 계산하여 입력하였다.

Table 3.3. Input data for eutrophication model.

Parameter		Input values						
Mesh size		$\Delta x = \Delta y = 200m$						
Water depth		chart datum + MSL						
Time interval		600sec						
Initial condition for compartments								
level	DO	COD	DIP	DIN	POC	DOC	PHYTO	ZOO
	( mg/l )		( µg-at/l )			( mg-C/m³ )		
1~3	9.62~9.97	1.65~1.71	1.10~1.41	5.69~5.81	308~320	2033~2067	450~470	45~47
Boundary condition for compartments								
level	DO	COD	DIP	DIN	POC	DOC	PHYTO	ZOO
	( mg/l )		( µg-at / l )			( mg-C/m³ )		
A	1	9.93	0.48	1.526	5.520	267.59	2186.0	224.0
	2	9.60	1.68	1.092	4.441	275.04	1553.15	236.4
	3	9.46	1.76	2.483	5.101	282.50	1120.30	259.8
B	1	9.93	0.48	1.526	5.520	267.59	2186.0	224.0
	2	9.60	1.68	1.092	4.441	275.04	1553.15	236.4
	3	9.46	1.76	2.483	5.101	282.50	1120.30	259.8
C	1	9.93	0.48	1.526	5.520	267.59	2186.0	224.0
	2	9.60	1.68	1.092	4.441	275.04	1553.15	236.4
	3	9.46	1.76	2.483	5.101	282.50	1120.30	259.8
D	1	9.93	0.48	1.526	5.520	267.59	2186.0	224.0
	2	9.60	1.68	1.092	4.441	275.04	1553.15	236.4
	3	9.46	1.76	2.483	5.101	282.50	1120.30	259.8

Horizontal viscosity coefficient	1.0 E3(cm/s)
Horizontal diffusion coefficient	1.0 E3(cm <sup>2</sup> /s)
Vertical diffusion coefficient	level 1~3 : 1.0(cm <sup>2</sup> /s)
Calculation time	40 tidal cycles

하천 오염부하량은 가막만 내로 유입되는 7개 하천을 대상으로 산정하였으며, 자료는 여수수산대학 수산연구소(1990) 자료를 이용하였다. 또한 저질용출량자료는 실측을 통해 얻어진 자료를 입력하였다.

### 3. 결 론

가막만 내의 수질관리 개선 대책을 수립하기 위한 환경용량 산정을 위해서는 수질지표가 결정되어야 한다. 해역의 이용목적에 따라 유기 오염도의 지표인 COD, 부영양도의 지표인 N, P와 같은 영양염류를 이용할 수 있다. 본 논문에서는 가막만의 유기 오염도를 산정하기 위하여 하천 유입 부하량을 단계적으로 증가시켜 COD의 변화를 정량적으로 평가하여 현재 수질 등급을 유지하면서 수용할 수 있는 오염부하량이 어느 정도인가를 산정하여 해역의 환경관리를 위한 적절한 수질관리 대책을 도출한 결과는 다음과 같다.

- 1) 가막만 내의 해수 유동 특성을 보면, 창조시의 조석류는 북쪽의 협수로와 남쪽 만구를 통해서 거의 동시에 해수가 유입하는 것을 볼 수 있고, 낙조시의 해수유동은 창조시와 반대의 유동패턴을 보이며 창조류시 개방 경계서 유입한 해수가 대경도와 임도 사이에서 양쪽 만구로 나뉘어 각각 유출하는 경향을 보인다.
- 2) 연안해역의 물질분포에 큰 영향을 미치는 잔차류의 분포는 북쪽 협수로에서 남향하고, 남쪽 만구에서는 의해로 유출하는 흐름을 보이고, 만 북서부 수역은 표층과는 반대로 북서방향의 흐름이 나타났다. 그리고 해수유동 시뮬레이션의 타당성을 검토하기 위하여 2개의 대표 지점에서 관측치와 계산치를 조류타원도를 이용하여 검토한 결과, 유향과 유속이 유사하게 나타나 가막만의 유동을 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.
- 3) 생태계 모델을 이용하여 시뮬레이션 한 결과 COD의 실측치와 계산치의 유의성을 나타내는 상관계수는 0.88이며, 실측치와 계산치의 일치성을 나타내는 상대오차는 평균 1.93%로, 오차범위 30% 이내로 나타나, 재현성이 양호한 것으로 판단된다.
- 4) 가막만에서 COD의 해역 수질 환경기준을 현 II등급에서 III등급으로 유지하기 위해서는 수용 가능한 오염부하량, 즉 환경용량은 현재의 유입부하량의 50배에 해당한다. 하지만 지점별로 보면, 육상의 유입 부하 유입원이 위치하는 연안인 St. 11은 현재 부하량의 5배 초과시부터 해역 수질 환경기준 III등급을 초과하였으며, St. 2는 30배 초과시부터 해역수질 환경기준 III등급을 초과하는 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

김종구, 진해만 해역의 하계 부영양화 모델링, 부산수산대학교 대학원 박사학위 논문, 1994, p.130.1.

- 김양수, 새만금 사업지구의 매립 예정 해역에서 부영양화관리를 위한 생태계모델의 적용, 군산대학교 대학원 석사학위 논문, 2002, p.84.
- 이대인, 어장 기초생산력 향상 방안에 관한 생태계 모델링, 부산대학교 대학원 석사 학위 논문, 1997, p.83.
- 해양수산부, 해양환경공정시험법, 1998
- 해양수산부, 제 1차 가막만 지역포럼 자료집, 2000.
- 姜弼愛 · 朴炅洋 · 李明淑 · 金潤, 굴 양식장 종합조사, 水振院年報, 24, 1980, p .7~46國立水產振興原 · 全羅南道, 全南東部沿岸 養殖漁場 基礎環境 및 底棲貝類에 關한 調查, 1982, pp.7~39.
- 李奎亨, 駕莫灣의 養殖 굴의 生產에 關한 水產海洋學的 研究, 釜山水產大學校 理學博士學位論文, 1993, p.1~180.