

특별강연

해양환경관리를 위한 생태계모델링

박 청 길

부경대학교 환경공학과 명예교수

1. 기본개념

System(계) : 상호작용을 하는 한 별의 사물의 모임

system의 구분

- 1) boundary(경계)
- 2) input과 output 간의 상호작용 유형
- 3) feedback 유형

Ecosystem(생태계)

생물과 무생물간에 에너지와 물질을 상호교환하면서 안정된 계를 이룩한 자연의 한 단위

Ecology(생태학)

생태계에 관한 학문분야이다. 즉 생물과 환경과의 관계를 연구하는 학문분야이다.

Environmental science(환경과학)

환경오염물질의 거동과 생물에 미치는 영향을 연구하는 학문분야이므로 생태학의 한 분야라고 할 수 있다.

환경모델링(Environmental Modeling)에는 생태계 모델(Ecosystem Model)이 포함되어있다.

수질관리를 위한 부영양화 모델(Eutrophication model), 용존산소모델(DO-model)과 같은 생태계 모델을 이용하고 있다.

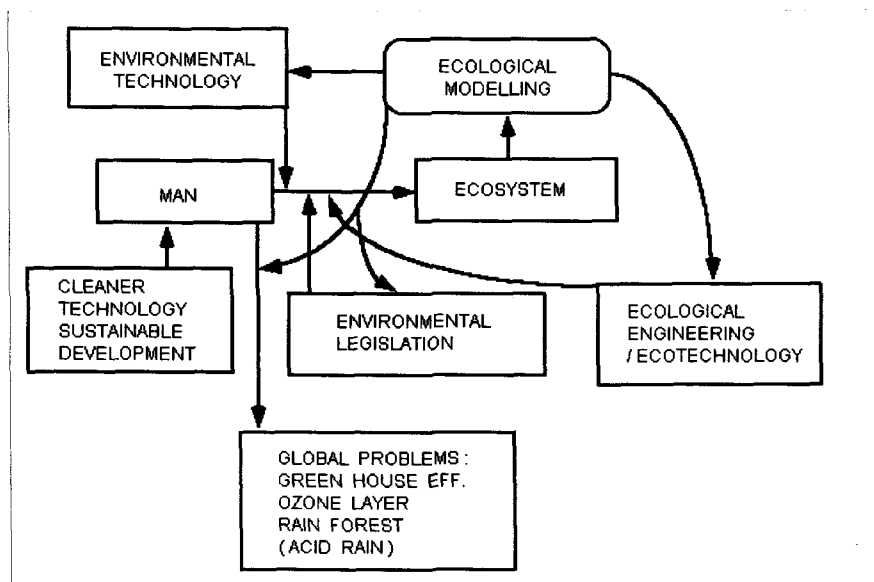


Fig. 1. 환경과학, 생태학, 생태계 모델링과 환경관리와의 관계

2. 생태계 모델의 구성요소

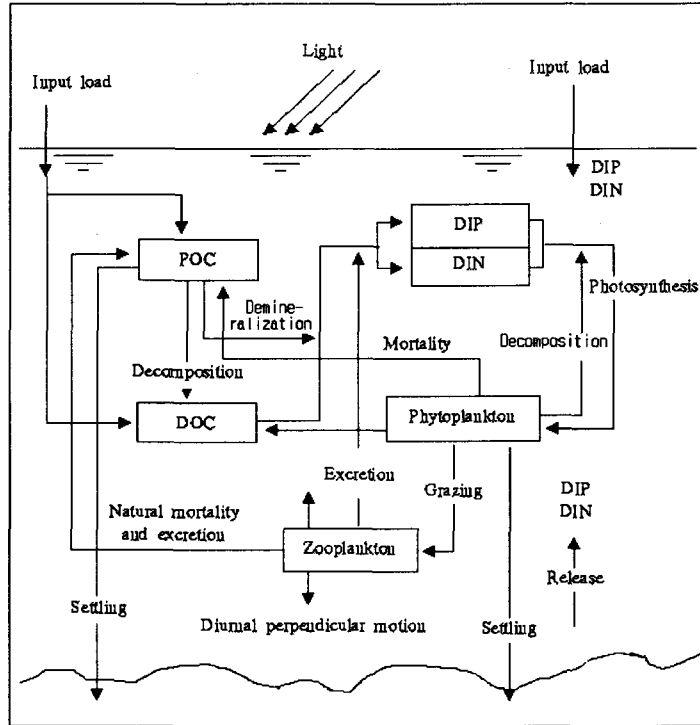


Fig. 2. Ecosystem model scheme.

○ 생태계 모델의 기본 방정식

$$\frac{\partial B}{\partial t} = -u \frac{\partial B}{\partial x} - v \frac{\partial B}{\partial y} - w \frac{\partial B}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial B}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y \frac{\partial B}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K_z \frac{\partial B}{\partial z} \right] + \frac{\partial B}{\partial t}$$

= 移流 + 擴散 + 生物·化學的變化項

여기서, B = 구성요소의 현존량

u, v, w = x, y, z방향의 유속성분

Kx, Ky, Kz = x, y, z방향의 와동확산계수

$\partial B/\partial t$ = 생물·화학적 변화량

Table 1. Compartment of ecological prediction model

Compartment	Label	Unit
Phytoplankton	P	mg C/m ³
Zooplankton	Z	mg C/m ³
Particulate organic matter	POC	mg C/m ³
Dissolved organic matter	DOC	mg C/m ³
Phosphate phosphorus	DIP	ug-at/L
DIN(NH ₄ + NO ₂ + NO ₃)	DIN	ug-at/L
Dissolved oxygen	DO	mg/L
Chemical oxygen demand	COD	mg/L

○ 식물플랑크톤 변화량

$$\frac{dP}{dt} = B_1 - B_2 - B_3 - B_4 - B_5 - B_6 - B_7$$

= 光合成에 의한增殖 - 細胞外分泌 - 呼吸 - 動物플랑크톤에 의한攝取
- *benthos*에 의한攝取 - 枯死 - 沈降

3. 생태계 모델링의 적용과 금후과제

생태계 모델을 이용하여 응용할 수 있는 분야

1) 수질관리

① 부영양화 억제방안

진해만 해역의 하계 부영양화모델링-부영양화 억제방안- (김종구 등,1995)

② 적조제어 방안

A numerical simulation of red tide formation (Yanagi et al.,1995)

③ 빈산소 수괴 형성 해소방안

진해만의 빈산소수괴 형성에 관한 수치실험(최우정 등,1994)

④ 환경영향평가

2) 환경용량산정

① 수질오염물질 허용부하량 산정

생태계모델을 이용한 황해의 환경용량 산정(김광수 등,1996)

② 오염총량관리

3) 수산자원량 및 양식장 관리

① 패류양식장 적정시설량 산정

가막만의 굴양식장 환경용량산정 (조은일 등,1996)

② 내만해역 수산자원량 변동예측

지금까지 개발된 생태계 모델로 산정할 수 있는 생물의 영양단계는 기초생산자인 식물플랑크톤양이다. 금후에는 고차 영양단계인 초식동물(패류), 육식동물(어류)생산량을 연계하는 생태계 모델을 개발하여 천해수산자원량 및 양식어장관리에 적용할 수 있어야 한다.

지금까지 개발된 생태계 모델을 이용하면 부영양화 현상의 정도나 일반규조류에 의한 적조발생은 예측할 수 있다. 규조류의 증식속도는 영양염류 농도와 일정한 상관관계를 가지고 있고 성장제한인자이기 때문에 발생량의 예측과 제어가 가능하다.

그러나 *cochloidium*과 같은 편모조류에 의한 유해적조발생은 예측하기 어렵다. 편모조류는 자력으로 수직운동이 가능하기 때문에 표층수의 영양염류 농도가 결핍된 상태에서도 우점적으로 대량 번식할 수 있기 때문에 영양염류의 농도가 높은 내만보다 영양염류의 농도가 낮은 외해쪽에서 자주 발생한다.

적조중에서 유해적조(편모적조)는 바다의 암과 같은 존재이다. 규조류와 같은 일반 식물플랑크톤의 세포증식속도는 영양염류 농도에 의해서 예측하고 제어할 수 있다. 편모조류세포는 그 발생기작도 잘 알려져 있지 않고 어떤 원인에 의해서 한 번 발생만 하면 다른 일반 규조류에 비하여 우점적으로 대량증식하고 세포내 독성물질이 함유되어있어서 어장환경을 망쳐버리게 된다.

편모조류의 생리, 생태와 발생기작을 더욱 연구하여 이를 수식화한 편모적조 모델을 개발하여 편모조류 제어방안을 마련하는데 이용해야 하겠다.

4. 참고문헌

- [1] 김광수, 박청길, 조은일, 1996, 생태계모델을 이용한 황해의 환경용량산정, 한국수질보전학회지 12(4),383~399.
- [2] 김종구, 유선재, 박청길, 1995, 진해만해역의 하계부영양화모델링(11)-부영양화억제방안-대한환경공학회지,17(3),215~213.
- [3] 조은일, 박청길, 이석모, 1996, 가막만의 환경용량산정(11)-굴양식장 환경용량산정- 한국수산학회지,29(5),709~715.
- [4] 최우정, 박청길, 김광수, 1994, 진해만의 빈산소수괴 형성에 관한 수치실험, 한국수산학회지,27(4),413~433.
- [5] Yanagi,T., T.Yamamoto, Y.Koizumi, T.Ikeda, M.Kamizono, H.Tamori, 1995, A numerical simulation of red tide formation, Journal of Marine System,6,269~285.