

육상축양장 배출수 처리에 의한 가막만의 수질개선 시뮬레이션

김동명⁽¹⁾, 장주형⁽²⁾, 조현서⁽³⁾

A Simulation on Water quality improvement by the effluent treatment of landbase-seawater culture system in the Kamak bay

by

Dong-Myung Kim⁽¹⁾, Ju-Hyoung Jang⁽²⁾ and Hyeon-Seo Cho⁽³⁾

요 약

육상축양장 배출수 처리에 의한 대상해역의 수질개선 효과를 산정하기 위하여 생태계 모델 시뮬레이션을 행하였다. 가막만에서의 잔차류 패턴은 해수가 출입하는 북쪽의 협수도에서는 남향류가 강한 것으로 나타났으며, 남쪽 만구부에서는 동향류가 우세하며 시계방향의 환류가 강하게 나타났다. 9개 정점 표층에서의 DIP, DIN과 COD 농도의 지점별 계산치와 관측치를 비교한 결과 DIP의 경우 상대오차는 평균 14.3%, DIN은 평균 25.8% 그리고 COD는 평균 14.4%였다. DIP, DIN과 COD 모두 오염부하의 영향이 큰 만의 북서쪽에서 높은 농도를 나타내었다. 육상축양장 배출수의 오존처리 시스템 처리효율을 DIP 90%, DIN 80% 그리고 COD 60%로 적용하여 시뮬레이션한 결과 DIP의 경우는 9개 정점에서 34.4~54.0% 범위로 평균 46.4%의 수질 개선효과가 나타났으며, DIN의 수질 개선효과는 0.4~25.4% 범위로 평균 8.4%로 나타났다. 그리고 COD는 만 전체적으로 농도가 감소하여 수질환경기준 I 등급 영역이 확장되었으며, 9개 정점에서 15.6~29.4% 범위로 평균 22.7%의 수질 개선효과가 나타났다.

Abstract

The three-dimensional eco-hydrodynamic model was applied to estimate the effect of water quality improvement by the effluent treatment of landbase-seawater culture system in the Kamak bay. The computed residual currents were dominated southward flow at the northern narrow strait and eastward flow and clockwise water circulation at the mouth of the bay, strongly. The mean relative errors of DIP, DIN and COD between the simulated and observed results at 9 stations in the Kamak bay were shown 14.3%, 25.8% and 14.4%, respectively. There were high concentrations of DIP, DIN and COD at the northwestern bay which is influenced by pollution loads. The simulations were performed using an ecosystem model under the conditions of DIP 90%, DIN 80% and COD 60% treatment efficiency by the ozone treatment system of landbase-seawater culture system. As a results of simulation, the improvement effects of DIP, DIN and COD are 34.4~54.0% (average 46.4%), 0.4~25.4%(average 8.4%) and 15.6~29.4%(average 22.7%), respectively. Therefore the area of seawater quality grade I based on COD was extended in the bay.

(1) 정회원, 일본국립환경연구소 화학물질 환경리스크 연구센터

(2) 부경대학교 환경공학과

(3) 정회원, 여수대학교 해양시스템학부

Keywords: Eco-hydrodynamic model, Water quality improvement, Landbase-seawater culture system, Ozone treatment system.

1. 서 론

가막만은 남해안에 위치한 여수반도 남단과 돌산도에 둘러싸인 반폐쇄적 내만으로 기초생산력이 크고 많은 종류의 어패류가 서식하여 각종 어패류 양식이 행해지고 있으며(조[1996]), 해양생태계가 비교적 양호하여 지속적으로 보전할 필요가 있는 환경보전해역으로 지정되어 있다(해양수산부고시 제2000-3호).

그러나 인구집중으로 인한 생활하수 유입의 증가와 주변 양식장으로부터의 양식폐수의 유입으로 인하여 부영양화가 심화되고 적조현상과 빈산소수괴의 발생이 빈발하고, 이로 인한 피해가 속출하는 악순환이 거듭되고 있다. 또한 연안역에 밀집되어 있는 해산어 육상축양장은 인근 해수를 펌핑하여 사육수로서 사용한 후 간단한 침전시설만 거친 후 배출하고 있으며, 이 해수를 다시 사육원수로 사용하고 있어 연안해역의 환경악화에 의한 각종 질병의 다발 등으로 인한 양식 생산성이 감소하고 있는 실정이다(박[2000]). 연안해역의 수질에 영향을 미치는 부하발생원은 점원 오염원과 비점원 오염원으로 구분되는데, 비점원 오염원의 경우는 기간에 따른 유입량과 유입지점의 변동이 심하여 관리에 어려움이 있다. 따라서 점원 오염원에 대한 유입부하관리가 유입부하량 삭감의 주 대상이 되고 있다.

대상해역으로 유입되는 점원 부하원 중 상대적으로 관리가 용이한 해산어 육상축양장으로부터 유입되는 질소, 인, 유기물질 오염부하의 삭감이 연안수질을 관리하기 위해 필요할 것으로 사료되며, 이를 위해 개발된 오존처리시스템(환경부[2000])이 연안역의 환경을 보존·회복하는데 적용할 수 있는가를 평가할 필요가 있다. 이를 위해서는 연안해역의 수질을 예측하고 정량적으로 평가할 수 있는 생태-유체역학모델(Eco-hydrodynamic model)이 유용한 수단이 될 수 있다.

본 연구에서는 여러 해역에 대하여 다양한 방법으로 적용되어 온 생태-유체역학모델(조[1996];

최[1993]; 中田 등[1985])을 이용한 수질 시뮬레이션을 통하여 해산어 육상축양장 배출수의 처리가 가막만의 수질개선에 미치는 효과를 파악하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 생태-유체역학모델의 구성

생태-유체역학 모델(Eco-hydrodynamic model)은 해수유동 시뮬레이션을 위한 다층 모델(Multi-level model)과 수질 시뮬레이션을 위한 생태계모델(Ecosystem model)로 구성되어 있다. 수질을 예측하기 위한 시뮬레이션 순서는 Fig. 1과 같이 다층모델을 이용하여 해수 유동을 재현한 후, 계산된 잔차류를 생태계모델에 입력하여 수질예측 시뮬레이션을 행한다.

2.1.1 해수유동모델

본 연구에 적용된 모델은 조석이 침입하는 내만에서 밀도류계의 3차원 해석을 위한 유체 해석 프로그램으로, 부영양화 대책, 오염물의 확산 및 공장 매립에 대한 평가(assessment) 등에 있어서 기본이 되는 역학 모델 중의 하나로서 생태계모델을 위한 유동장의 모델로서도 이용할 수 있다(中田 등[1985]; 日本通商産業省[1991]). 복잡한 해수의 유동을 정확히 예측하기 위해서 조석이나 바람에 기인하는 해수면 변화(외부요인)와 담수유입 등의 영향으로 생기는 해수의 밀도변화(내부요인)의 영향을 중시하고 흐름에 대한 이런 요인의 효과를 3차원적으로 취급한다.

2.1.2 생태계 모델

해양생태계내의 탄소와 질소 및 인의 순환과 식물플랑크톤과의 관계를 나타내면 Fig. 2와 같다. 생태계모델의 구성 요소로서 4개의 유기태 요소, 2개의 무기태 요소 및 2개의 수질 요소가 있는데, 유기태의 구성 요소에는 식물플랑크톤(P), 동물플랑크톤(Z), 현탁태 비생물 유기물(detritus),

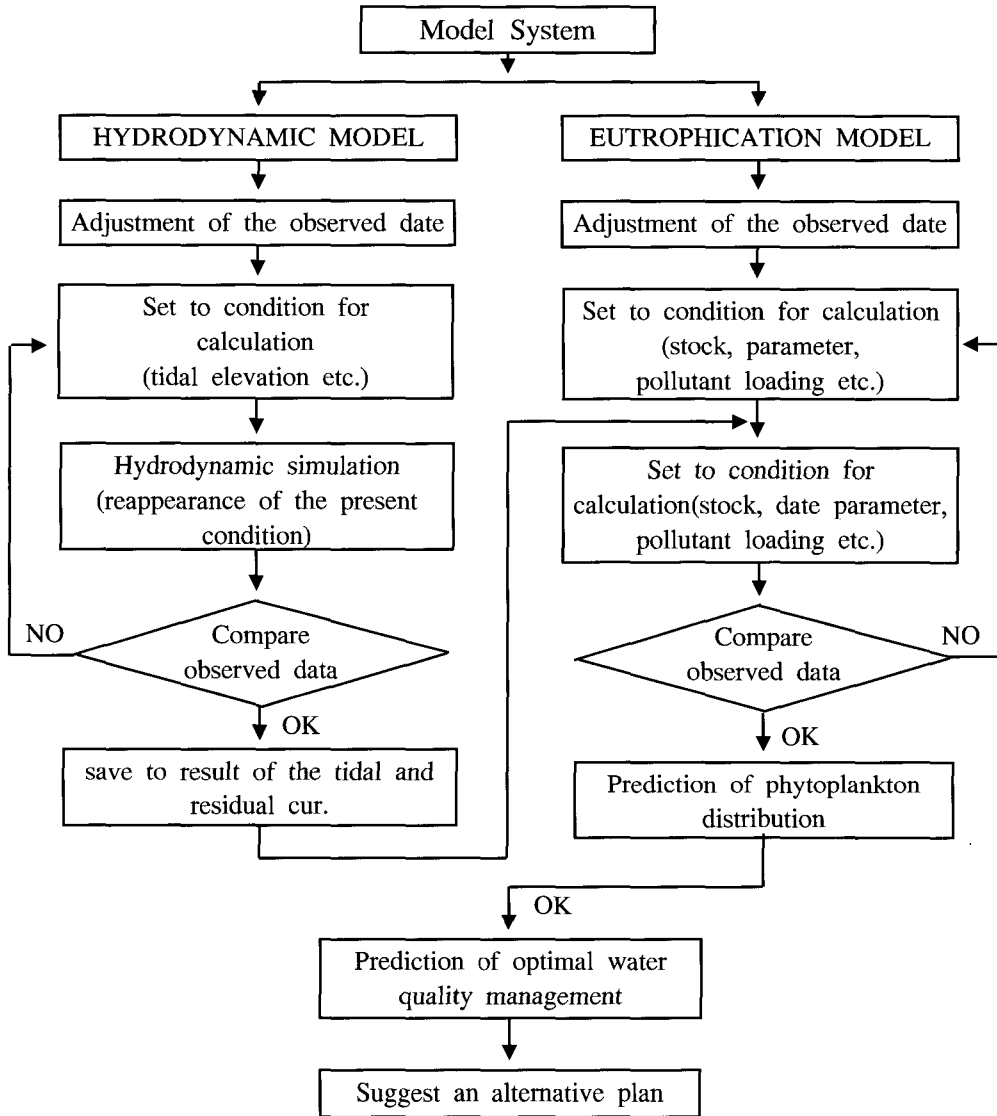


Fig. 1 The schematic diagram of an eco-hydrodynamic model for the flow of simulation.

POM) 및 용존태 유기물(DOM)이 있고 무기태의 구성 요소에는 인산인(DIP)과 용존성 질소(DIN)가 있으며 수질의 구성 요소로서 용존산소(DO)와 화학적 산소요구량(COD)이 정의되어 있다(Nakata et al.[1991]). 이와 같은 과정들을 해역의 임의의 지점에 있어 구성 요소의 현존량 B의 시간에 따른 농도변화로 기술한 방정식(Cerco[1993])은 다음과 같이 기술되며 만내 흐름에 의한 물질수송을 계산하는 점에서 이 모

델은 다층 모델과 연결되어 있다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial B}{\partial t} &= \text{이류} + \text{확산} + \text{생물} \cdot \text{화학적 변화량} \\
 &= -u \frac{\partial B}{\partial x} - v \frac{\partial B}{\partial y} - w \frac{\partial B}{\partial z} \\
 &\quad + \frac{\partial}{\partial x} K_x \left[\frac{\partial B}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} K_y \left[\frac{\partial B}{\partial y} \right] \\
 &\quad + \frac{\partial}{\partial z} K_z \left[\frac{\partial B}{\partial z} \right] + \frac{\partial B}{\partial t}
 \end{aligned}$$

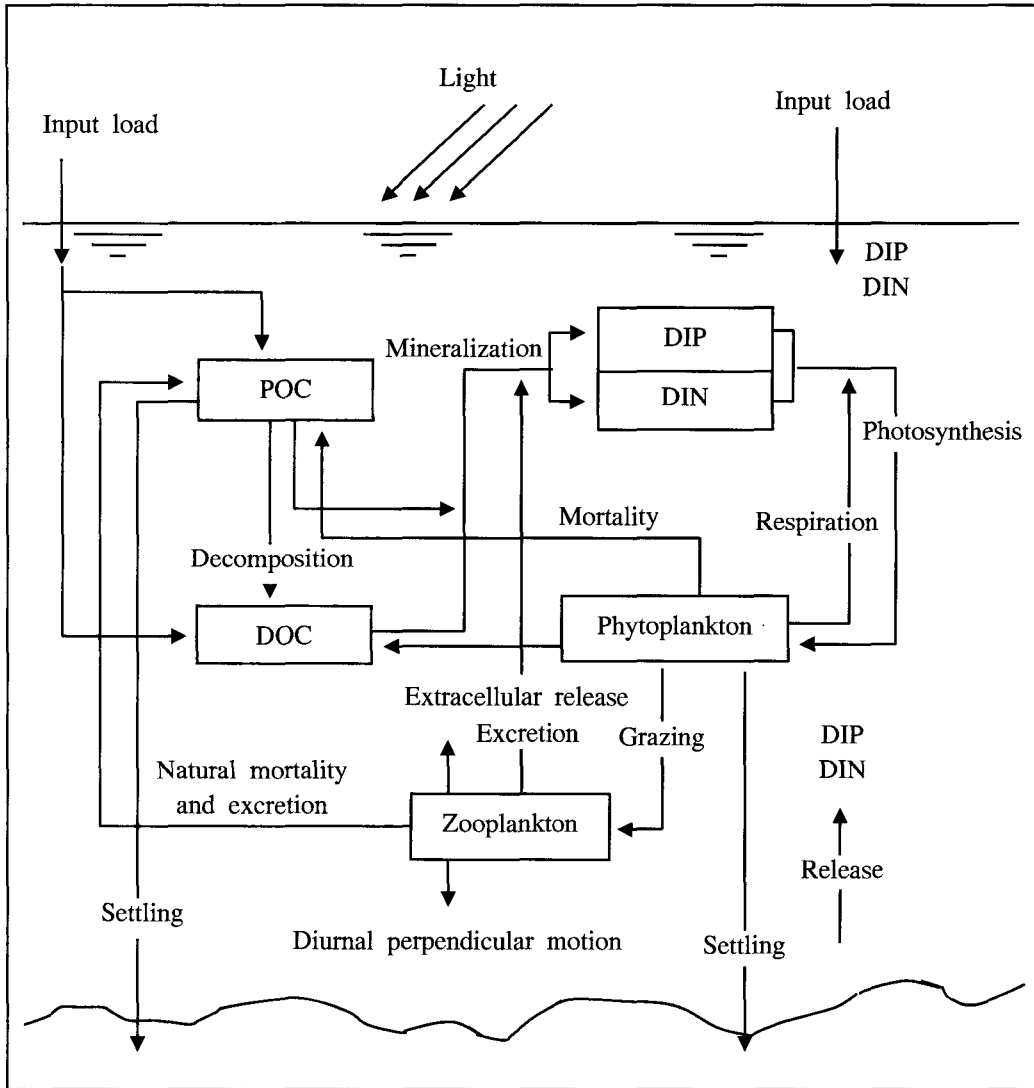


Fig. 2 The schematic diagram for the cycle of nutrients in the marine ecosystem.

여기서, B = 구성 요소의 현존량
 t = 시간
 u, v, w = x, y, z방향의 유속성분
 K_x, K_y, K_z = x, y, z방향의 와동확산 계수
 $\partial B / \partial t$ = 모든 생물·화학적 과정에 의한 단위시간당 구성 요소의 변화량

2.2 시뮬레이션 방법

2.2.1. 해수유동 시뮬레이션

북쪽에서는 돌산대교가 있는 협수도와 남쪽에서는 백야도와 송도를 동서로 연결하는 곳까지를 계산영역으로 하여 가막만의 해수유동을 시뮬레이션하였다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 x, y방향의 격자크기는 각각 250m로 하였으며, 수심방향으로는 표층(0~3m), 중층(3m~6m), 저층(6m

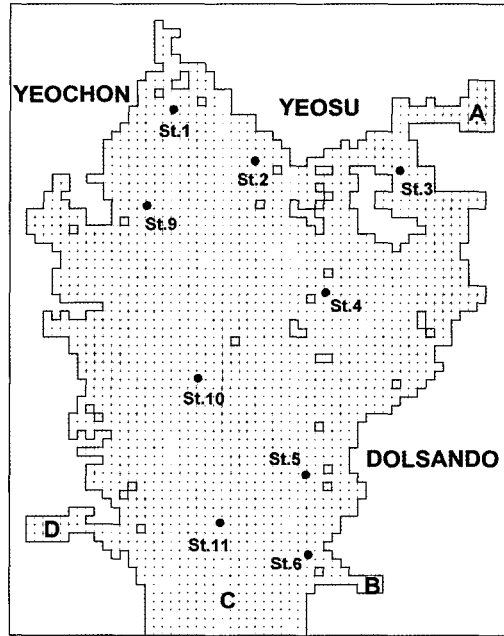


Fig. 3 Finite-difference grid of three-dimensional model in Kamak Bay.

Table 1 Input data for hydrodynamic model.

Parameters	Input values
Mesh size	$\Delta x = \Delta y = 250\text{m}$
Total mesh	$60 \times 75 \times 3 = 13500$
Water depth	chart datum + MSL
Time interval	10sec
Level	1 : 0 ~ 3m 2 : 3 ~ 6m 3 : below 6m
Tidal level and degree at open boundary	A : 101cm, 254° B : 101cm, 264° C : 97cm, 265° D : 103cm, 266°
Water temperature and salinity at open boundary	level 1 : 22.7°C, 32.54 level 2 : 21.7°C, 32.83 level 3 : 21.7°C, 32.83
Coriolis coefficient	$f = 2w \sin\phi$
Surface friction coefficient	0.0013
Internal friction coefficient	0.0013
Bottom friction coefficient	0.0025
Horizontal viscosity	$1.0E5 \text{ (cm}^2\text{/sec)}$
Diffusion coefficient	$1.0E5 \text{ (cm}^2\text{/sec)}$
Calculation time	20 tidal cycles

~해저)으로 구분하여 격자의 총수는 13,500개 (60×75×3)로서 구성하였다. 개방경계는 총 4개로 서 여수항수가 유입되는 북쪽의 협수도와 3개의 만구부이고 조위는 여수항의 조화상수를 기준으로 하여 기막만의 탁월분조인 M₂분조를 평균조석으로 사용하였다. 수평확산계수는 x, y방향 모두 1.0×10⁵cm²/sec를 적용하였다. 그 외의 해수유동모델의 입력자료는 실측자료와 기존의 연구결과를 바탕으로 산정하여 Table 1에 나타내었다 (조[1996]; Nakata et al.[1991]; Cerco[1993]).

총 계산시간은 계산치가 수치적으로 안정을 이루는 20조석까지 계산하였으며 마지막 한 조석에서 잔차류를 계산하여 생태계 모델의 입력인자로 사용하였다.

2.2.2. 생태계 시뮬레이션

육상축양장 배출수 처리에 의한 대상해역의 수질개선 효과를 산정하기 위하여 생태계 모델 시뮬레이션을 행하였다. 생태계 모델은 3차원 해수

Table 2 The biological parameters used in the ecosystem model.

No.	Symbol	Definition	Unit	Used values
1	α_1	maximum growth rate of phytoplankton at 0°C	day ⁻¹	1.56
2	α_2	respiration rate of phytoplankton at 0°C	day ⁻¹	0.05
3	α_3	maximum grazing rate of zooplankton at 0°C	day ⁻¹	0.18
4	α_4	death rate of phytoplankton at 0°C	day ⁻¹	0.03
5	α_5	natural death rate of zooplankton at 0°C	day ⁻¹	0.05
6	α_6	mineralization rate of POC at 0°C	day ⁻¹	0.05
7	α_7	mineralization rate of DOC at 0°C	day ⁻¹	0.003
8	α_8	oxygen consumption rate of sediment at 0°C	day ⁻¹	1.000
9	K_{SP}	half saturation constant for uptake of PO ₄ ³⁻ -P at 0°C	μg at/L	0.536
10	K_{SN}	half saturation constant for uptake of DIN at 0°C	μg at/L	6.057
11	I_{opt}	optimum intensity of radiation for photosynthesis	ly/day	195.8
12	I_{max}	maximum intensity of sunlight at sea surface	ly/day	461.5
13	k_0	dissipation coefficient of light independent of Chl.a	m ⁻¹	0.34
14	P	function of grazing	mg C/m ³	70
15	μ	digestion efficiency of zooplankton	%	70
16	λ	total growth efficiency of zooplankton	%	30
17	κ	percentage of the quantity decomposed from POC to DOC to the quantity mineralized from POC	%	35
18	K_{DO}^1	half concentration of DO for mineralization of POC	mg/L	1.0
19	K_{DO}^2	half concentration of DO for mineralization of DOC	mg/L	1.0
20	W_P	settling velocity of phytoplankton	m/day	0.1
21	W_{POC}	settling velocity of detritus(POC)	m/day	0.3
22	K_a	reaeration coefficient at sea surface	day ⁻¹	0.25

유동모델에서 유속 및 조위가 정상상태에 도달한 후 마지막 한 조석주기 동안의 잔차류를 구하여 모델의 기본 유동자료로 입력하였으며, 수층의 구분과 격자망의 구성은 해수유동모델과 동일하게 구성하였다.

생태계 모델의 수식화에 사용된 생물과라메타의 기호, 정의, 단위, 적용값을 Table 2에 제시하였으며(Epply et al.[1965]; Steele et al.[1962];

Jorgensen[1976]), 초기치와 경계치 및 계수값들은 1997~2001년에 실측한 자료와 기존의 연구에서 적용한 값들을 바탕으로 Table 3과 같이 구성하였다. 또한 모델에 입력되는 하천부하량과 육상축양장으로부터의 부하량은 Table 4와 Table 5에 나타난 바와 같이 2000년에 실측한 년평균 부하량을 적용하였다.

Table 3 Input data for an ecosystem model.

Parameters		Input values							
Mesh size		$\Delta x = \Delta y = 250m$							
Water depth		chart datum + MSL							
Time interval		900sec							
Pollutant loads		Refer to table 4, table 5							
Initial condition for compartments									
level	DO (mg/L)	COD	DIP ($\mu g-at/L$)	DIN	POC (DOC mg-C/m ³	PHYTO)	ZOO	
1	7.56	1.00	0.50	1.00	340.0	1270.0	212.81	25.0	
2	6.49	1.00	0.50	1.10	387.0	1590.0	177.40	25.0	
3	6.49	1.00	0.50	1.10	482.0	1450.0	130.12	25.0	
Boundary condition for compartments									
Level	DO (mg/L)	COD	DIP ($\mu g-at/L$)	DIN	POC (DOC mg-C/m ³	PHYTO)	ZOO	
A	1	8.05	1.02	0.81	0.50	400.0	2500.0	285.35	35.0
	2	6.50	1.10	0.82	0.50	400.0	3500.0	285.35	35.0
	3	6.50	1.10	0.82	0.50	550.0	3500.0	285.35	35.0
B	1	7.48	1.00	0.58	0.60	438.0	2630.0	256.80	35.0
	2	5.53	1.39	0.80	0.60	318.5	3420.0	227.04	35.0
	3	5.53	1.39	0.80	0.60	526.1	3260.0	227.04	35.0
C	1	7.27	1.50	0.50	0.50	438.0	2630.0	256.80	35.0
	2	6.92	2.20	0.50	0.60	318.5	3420.0	227.04	35.0
	3	6.92	2.20	0.50	0.60	526.1	3260.0	227.04	35.0
D	1	7.27	0.93	0.58	1.04	438.0	2630.0	256.80	35.0
	2	6.92	1.20	0.60	2.08	318.5	3420.0	227.04	35.0
	3	6.92	1.20	0.60	2.08	526.1	3260.0	178.66	35.0
Horizontal viscosity coefficient		1.0 E5 (cm ² /s)							
Horizontal diffusion coefficient		1.0 E5 (cm ² /s)							
Vertical diffusion coefficient		Level 1~3 : 0.1 (cm ² /s)							
Calculation time		220 tidal cycles							

3. 결과 및 고찰

3.1 해수유동 시뮬레이션

창조와 낙조시의 조류계산결과는 Fig. 4에 나타내었으며, 잔차류의 계산결과는 Fig. 5에 나타내었다.

창조류시 해수유동패턴을 보면·북쪽의 협수도와 만구부의 남쪽에서 동시에 해수가 유입하는 것으로 나타났으며, 양쪽에서 유입한 해수는 대

경도와 잉도 사이에서 만나 북서방향으로 향하는 것으로 나타났다. 1층에서의 유속을 살펴보면 북쪽의 협수도에서 유입하는 해수는 100cm/sec 이상의 강한 흐름을 보이며, 북서내만역에서는 10cm/sec이하의 약한 유속이 나타났고, 남쪽 만구부에서는 20~35cm/sec의 유속을 나타내었다. 2층과 3층의 흐름패턴은 1층과 유사하게 나타났으며, 유속은 저층으로 갈수록 감소하는 경향을 나타내었다. 낙조류의 해수유동패턴은 창조류와 반대의 유동패턴을 보이는 것으로 나타났다.

Table 4 The pollutant loads of rivers flowing into the model region, 2000.

Name of river	Pollutant loads					
	COD	DO	DIP	DIN	POC	DOC
	(ton/day)		(kg/day)			
Kukdongchun	0.081	0.065	26.23	261.55	14.13	61.50
Bongsanchun	0.044	0.051	8.80	127.13	10.93	24.73
Youndungchun	0.263	0.138	79.62	731.43	18.66	114.99
Phyoungsachun	0.015	0.113	2.26	57.43	6.14	8.94
Woongchun	0.049	0.095	10.10	80.08	71.22	41.73
Youngjuchun	0.004	0.143	1.79	28.81	63.96	56.04
Soho	0.038	0.032	6.43	46.12	21.91	21.85
Sunso A	0.135	0.074	20.67	298.05	11.01	22.50
Sunso B	0.140	0.017	19.89	244.27	4.34	1.30
Sunso 6	0.042	0.006	6.99	90.55	2.52	4.54

Table 5 The pollutant loads of landbase seawater culture system flowing into the model region, 2000.

Area	COD	DIN	DIP
	(kg/d)		
Shinwol	70.6	21.1	9.7
Kunnae	773.5	230.8	106.4
Kumbong	648.8	191.9	87.8
Phyoungsa	101.3	30.3	14.0
Bakya	4.8	1.0	0.3
Anpo	898.8	266.2	121.9
Najin	129.3	38.6	17.8
Youngju	1326.9	396.5	183.0

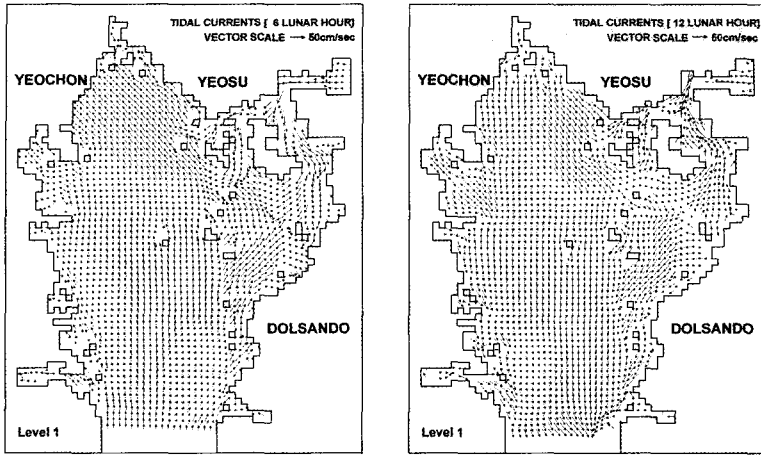


Fig. 4 Computed current vectors at 1st level during the flood and ebb tide.

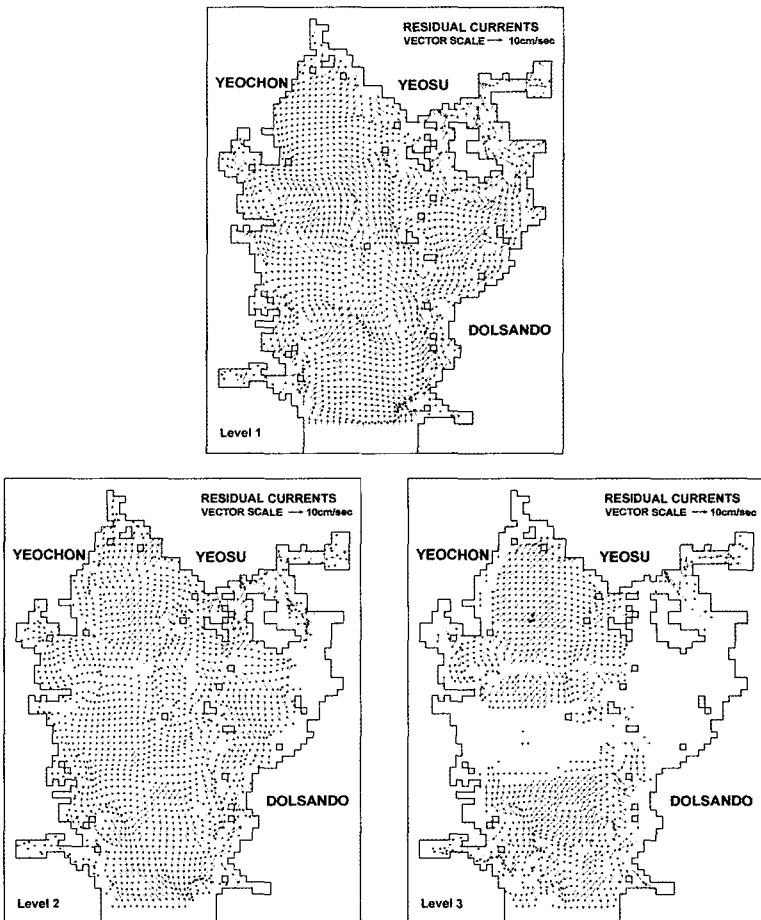


Fig. 5 Computed residual currents at 1st~3rd level in Kamak Bay.

가막만에서의 잔차류의 패턴을 살펴보면, 해수가 출입하는 북쪽의 협수도에서는 남향류가 강한 것으로 나타났으며, 남쪽 만구부에서는 동향류가 우세하며 시계방향의 환류가 강하게 나타났다. 만 내부의 잔차류 패턴은 나진포 앞에서 반시계방향으로 환류가 형성되고, 대경도와 소경도 아래부근에 시계방향의 환류가 형성되는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 살펴볼 때 기존의

연구결과(조[1996])와 잘 일치하는 것으로 나타나 유동특성이 잘 재현된 것으로 사료된다.

3.2 생태계 시뮬레이션

생태계 시뮬레이션 결과가 실제 가막만의 수질을 잘 재현하는지 검토하기 위하여 2001년 하계의 실측치와 비교하여 Table 6에 나타내었다.

Table 6 The comparison of computed with the observed DIP, DIN and COD at surface level in the Kamak bay, 2001.

Item	St.	Computed (A)	Observed (B)	Error (B-A)	R.E.(%) B-A /B	
DIP ($\mu\text{g-at/L}$)	1	1.208	1.040	-0.168	16.15	
	2	1.125	1.200	0.075	6.25	
	3	0.945	0.810	-0.135	16.67	
	4	0.768	0.810	0.042	5.20	
	5	0.662	0.780	0.118	15.13	
	6	0.521	0.730	0.209	28.63	
	9	1.152	1.010	-0.142	14.06	
	10	0.842	0.840	-0.002	0.23	
	11	0.784	0.620	-0.164	26.45	
	Mean		0.890	0.871		14.31
	DIN ($\mu\text{g-at/L}$)	1	2.244	3.000	0.756	25.20
2		2.116	3.440	1.324	38.49	
3		2.813	2.760	-0.053	1.92	
4		1.285	1.120	-0.165	14.73	
5		1.635	1.150	-0.485	42.17	
6		1.481	1.080	-0.401	37.13	
9		1.389	1.070	-0.319	29.81	
10		1.478	1.290	-0.188	14.57	
11		1.911	1.490	-0.421	28.26	
Mean			1.817	1.822		25.81
COD (mg/L)		1	2.30	1.70	-0.60	35.29
	2	1.67	1.70	0.03	1.76	
	3	1.05	1.02	-0.03	2.94	
	4	1.03	1.25	0.22	17.60	
	5	0.86	0.91	0.05	5.49	
	6	0.75	0.99	0.24	24.24	
	9	1.81	1.43	-0.38	26.57	
	10	1.08	0.96	-0.12	12.50	
	11	1.24	1.20	-0.04	3.33	
	Mean		1.31	1.24		14.41

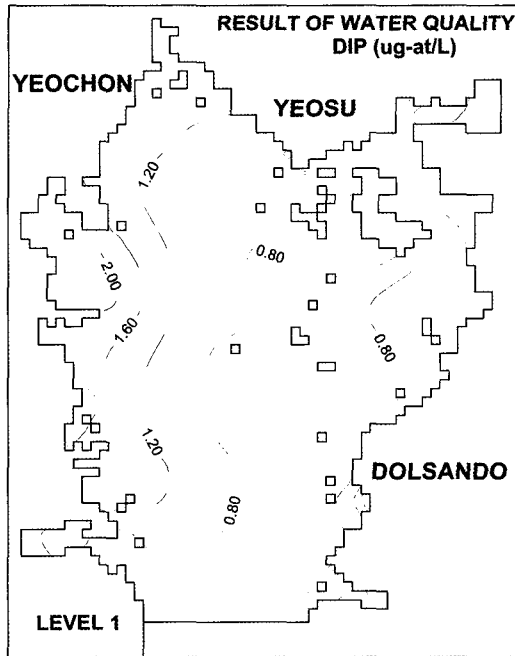


Fig. 6 The distribution of computed DIP at surface level in the model area.

Fig. 3에서 나타낸 9개 정점의 표층에서 DIP, DIN과 COD 농도의 계산치와 관측치의 지점별 상대오차를 이용하여 비교한 결과 DIP 농도의 상대오차는 평균 14.3%, DIN은 평균 25.8% 그리고 COD는 평균 14.4%를 나타내었다.

DIP의 농도 분포는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 하천으로부터의 오염부하의 영향이 큰 만의 북서쪽에서는 $1.20\mu\text{g-at/L}$ 이상의 농도를 나타내었고, 만의 중앙부와 남서쪽에서 $0.8\mu\text{g-at/L}$ 이하의 낮은 농도를 보였다. DIN의 농도 분포는 오염부하의 영향이 큰 해안선 가까운 지역에서는 높은 농도를 나타내었고, 만의 중앙부에서는 낮은 농도를 보였다(Fig. 7). COD의 농도분포는 DIP와 유사한 분포패턴으로 만의 북서쪽 일부에서 해역의 수질환경기준 III등급을 넘어서지만 만 전체적으로는 해역의 수질환경기준 II등급 이내의 수질을 보였다(Fig. 8).

3.3 육상축양장 배출수 처리에 의한 수질 개선효과

육상축양장 배출수에 의한 오염부하량을 감소시

켰을 경우에 가막만에서의 수질 개선효과를 파악하기 위하여 수질 시뮬레이션을 행하였다. 수질 시뮬레이션에는 육상축양장 배출수의 오존처리 시스템 처리효율을 DIP 90%, DIN 80% 그리고 COD 60%(환경부[2000])로 각각 적용하였다.

9개 정점에서의 DIP, DIN 그리고 COD의 농도변화를 Fig. 9에 나타내었다.

먼저 DIP는 9개 정점에서 34.4~54.0%의 범위로 평균 46.4%의 수질 개선효과를 나타내었으며, DIN의 수질 개선효과는 0.4~25.4%의 범위로 평균 8.4%로 나타났다. 그리고 COD는 15.6~29.4%의 범위로 평균 22.7%의 수질 개선효과를 나타내었다.

DIP의 농도의 분포는 Fig. 10과 같이 만 전체적으로 농도가 크게 감소하는 것으로 나타났으며, DIN의 농도분포는 만 중앙과 남서쪽에서 다소 농도가 감소하였다(Fig. 11). COD 농도분포는 만 전체적으로 농도가 감소하여 수질환경기준 I 등급의 영역이 확장되는 것으로 나타났다(Fig. 12).

따라서 가막만의 수질환경을 개선하기 위해서는 육상축양장으로부터의 오염부하량을 저감시

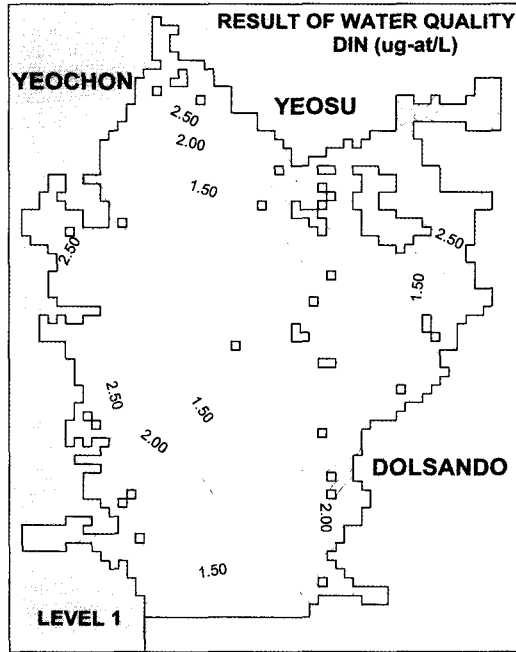


Fig. 7 The distribution of computed DIN at surface level in the model area.

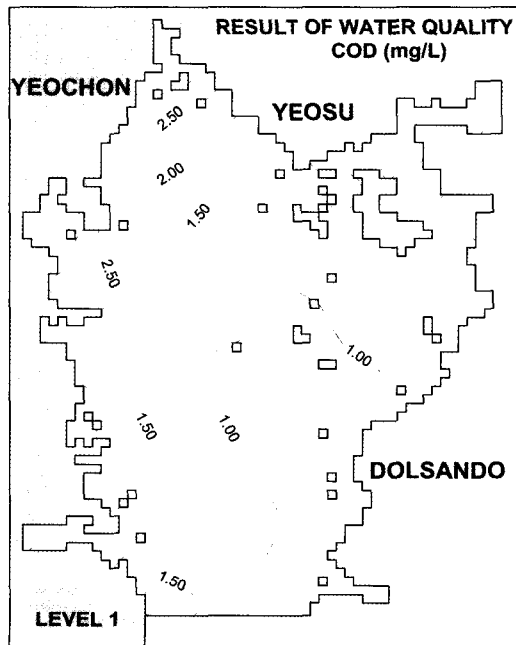


Fig. 8 The distribution of computed COD at surface level in the model area.

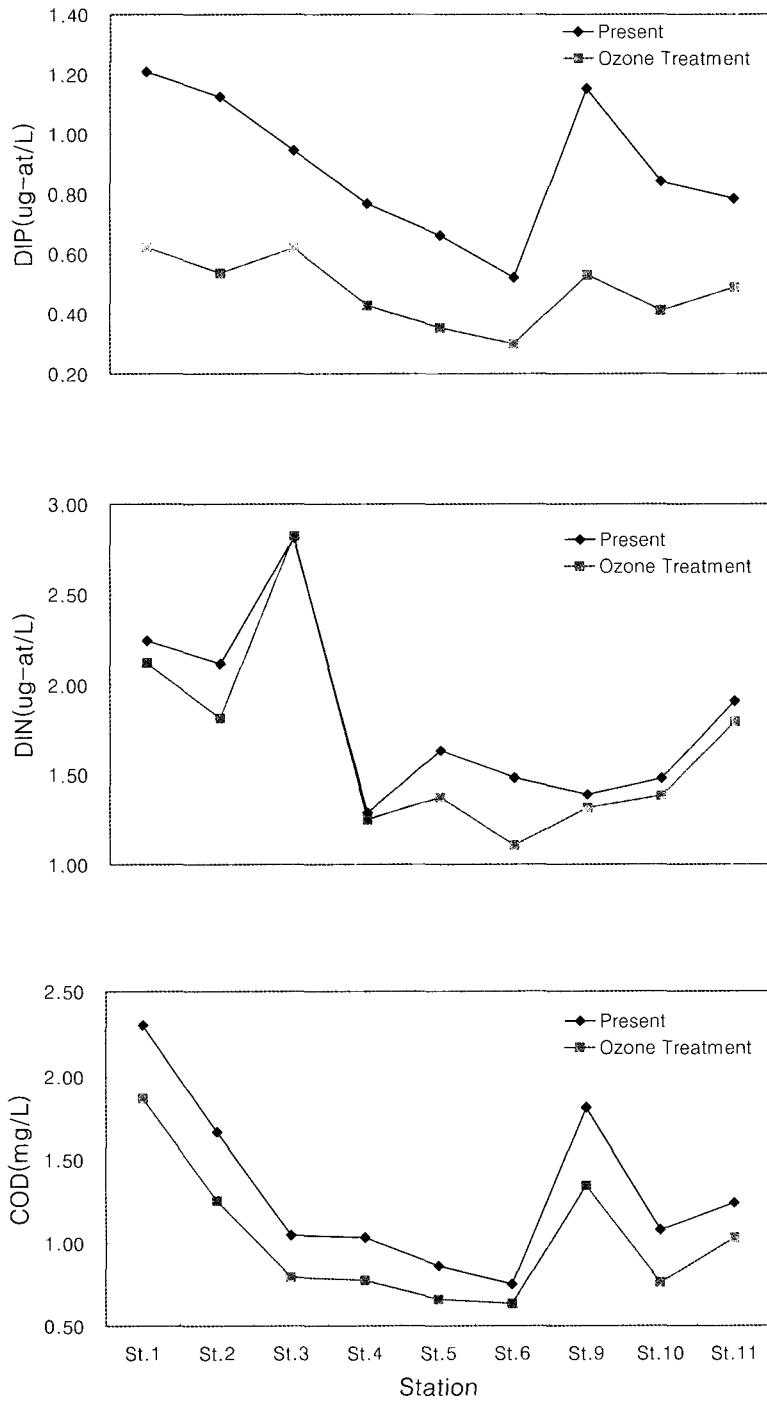


Fig. 9 DIP, DIN and COD concentration variation at surface level under the ozone treatment condition of effluent in landbase-seawater culture system.

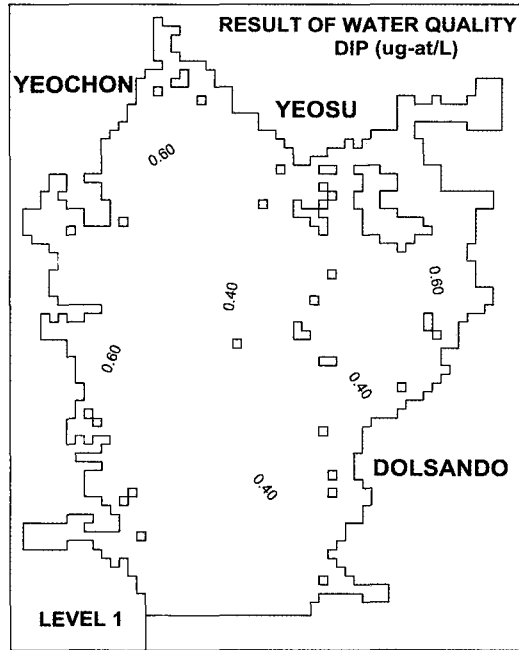


Fig. 10 The distribution of computed DIP at surface level in the model area under the ozone treatment condition.

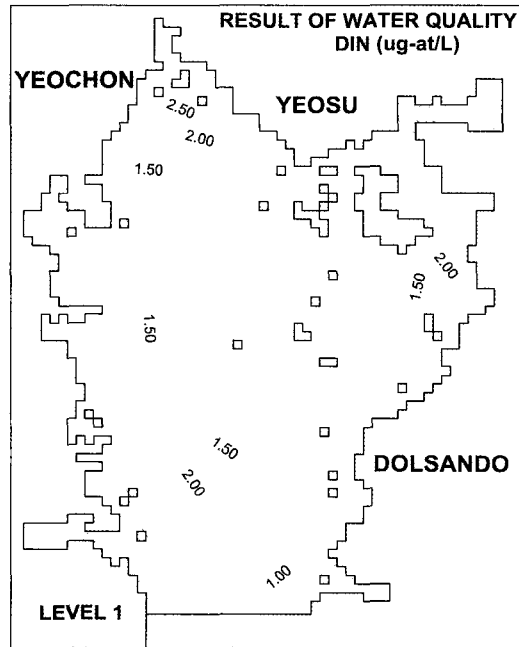


Fig. 11 The distribution of computed DIN at surface level in the model area under the ozone treatment condition.

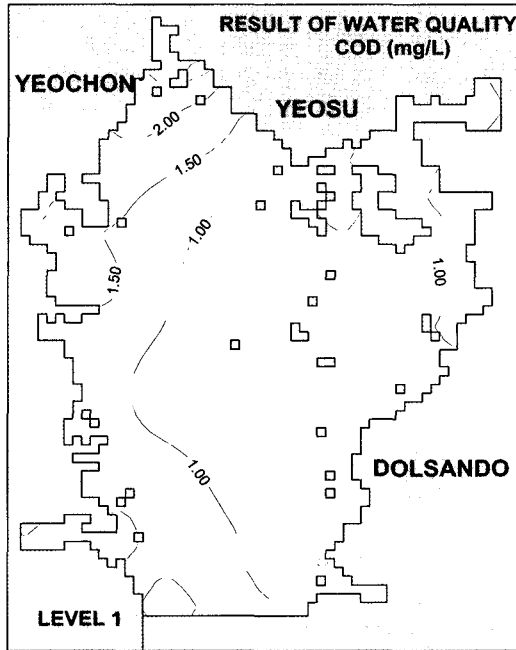


Fig. 12 The distribution of computed COD at surface level in the model area under the ozone treatment condition.

키는 배출수 처리시스템의 도입이 필수적이라 판단된다.

4. 결 론

육상축양장 배출수 처리에 의한 대상해역의 수질개선 효과를 산정하기 위하여 생태계 모델 시뮬레이션을 행한 결과는 다음과 같다.

1) 가막만에서의 잔차류 패턴은 해수가 출입하는 북쪽의 협수도에서는 남향류가 강한 것으로 나타났으며, 남쪽 만구부에서는 동향류가 우세하며 시계방향의 환류가 강하게 나타났다.

2) 9개 정점 표층에서의 DIP, DIN과 COD 농도의 지점별 계산치와 관측치를 비교한 결과 DIP의 경우 상대오차는 평균 14.3%, DIN은 평균 25.8% 그리고 COD는 평균 14.4%였다. DIP, DIN과 COD 모두 오염부하의 영향이 큰 만의 북서쪽에서 높은 농도를 나타내었다.

3) 육상축양장 배출수의 오존처리 시스템 처리효율을 DIP 90%, DIN 80% 그리고 COD 60%

로 적용하여 시뮬레이션한 결과 DIP의 경우는 9개 정점에서 34.4~54.0% 범위로 평균 46.4%의 수질 개선효과가 나타났으며, DIN의 수질 개선 효과는 0.4~25.4% 범위로 평균 8.4%로 나타났다. 그리고 COD는 만 전체적으로 농도가 감소하여 수질환경기준 I 등급 영역이 확장되었으며, 9개 정점에서 15.6~29.4% 범위로 평균 22.7%의 수질 개선효과가 나타났다.

5. 참고문헌

[1] 박순현, 2000, 해산어 육상축양장의 수질개선을 위한 오존처리 시스템의 적용에 관한 연구, 여수대학교 대학원 석사학위논문, 1~125.
 [2] 조은일, 1996, 생태계모델을 이용한 어장환경용량 산정, 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 1~119.
 [3] 최우정, 1993, 진해만의 빈산소수괴 형성에 관한 시뮬레이션, 부산수산대학교 대학원 박사학위논문, 1~96.
 [4] 환경부, 2000, 해산어 육상축양장의 수질개선

- 및 연안환경 개선을 위한 오존처리 시스템의 개발, 123.
- [5] 日本通商産業省, 1991, 兵名湖・磐田地域 産業公害 総合事前調査, 資源環境技術研究所.
- [6] 中田喜三郎・石川公敏・松川康夫, 1985, 内灣の流動場の數値實驗, 沿岸海洋研究ノト, 22(2), pp. 96~108.
- [7] Cerco, C. F. and T. Cole, 1993, Three-Dimensional Eutrophication Model of Chesapeake Bay. *Journal of Environmental Engineering*, 119(6), 1006~1025.
- [8] Epply, R. W. and P. R. Sloan, 1965, Carbon balance experiments with marin phytoplankton. *J. Fish. Res. Bol*, 25, 1083~1097.
- [9] Jorgensen, S. E., 1976, A eutrophication model for a lake. *Ecol. Modeling*, 2, 147-165.
- [10] Nakata. T. K., 1991, A model of the formation of oxygen delpeted waters in Tokyo Bay, *KAIKOU*5-2, 1~26.
- [11] Steele, J. H. and I. E. Baird, 1962, Father relations between primary production, cholophyll and paticulate carbon. *Limnol. oceanogr.*, 7, 12-17.