

거금수도 양식어장의 해양환경 특성 2. 수질과 엽록소 양의 변동특성

윤양호 · 박종식 · 고남표*

여수대학교 해양학과
*전 여수대학교 양식학과

The Variational Characteristics of Water Quality and Chlorophyll *a* Concentration in Kogum-sudo, Southern Part of Korean Peninsula

Yang Ho Yoon, Jong Sick Park and Nam Pyo Koh*

Dept. of Oceanography, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
*An ex-professor of Yosu National University

Field survey on the variational characteristics of water quality and chlorophyll *a* concentration were carried out at the 25 stations for four seasons in Kogum-sudo(Straits), southern coast of Korean Peninsula from February to October in 1993.

We made an analysis on biological factor as chlorophyll *a* concentration as well as physico-chemical factors such as water temperature, salinity, sigma-t, transparency, dissolved oxygen(DO), chemical oxygen demand (COD), nutrients (ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, and silicate), N/P ratio and suspended solid(SS).

The waters in the Kogum-sudo were not stratified due to the tidal mixing. And the high productivity in photic layer were supported by high nutrients concentration from bottom waters. The high concentrations of suspended solid in straits had a bad influence upon marine biology of nature and cultivations.

In Kogum-sudo had a sufficient nutrients for primary productivity during a year. Especially phosphate and inorganic nitrogen were high, the other side, silicate was very low. The source of nutrients supply depend on rather mineralization of organic matters and input of seawater from outside than input of freshwaters from lands.

Phytoplankton biomass as measured by chlorophyll *a* concentration was very high all the year round, and it was controlled by the combination of several environmental factors, especially of phosphate in summer and dissolved nitrogen in other seasons.

Key words : Variational characteristic, Water quality, Chlorophyll *a*, Nutrients, Seasonal fluctuation, Mineralization, Phosphate, Nitrogen, Kogum-sudo,

서 론

연안해역은 육상과 외해의 접경지로서 육상의 변화를 직접 수용하고 있는 곳이다. 따라서 연안해역은 육상 기원 물질의 유입량이나 기상조건에 따라 해황이나 해양환경 특성을 달리하게 되어, 계절적인 변화 양상이 비교적 뚜렷한 곳이다. 특히 대도시나 임해산업도시를 끼고 있는

연안해역은 근년 급속한 산업화와 생활환경의 개선에 의해 각종 생활하수 및 산업폐수가 다량으로 유입되어 극도의 부영양화가 진행되고 있으며, 이로 인해 인위적인 요인에 의한 연안환경의 변화 점유도가 높아지고 있고, 그에 따른 각종 이상현상들이 빈발하고 있다. 이와 더불어 연안해역은 다양한 어로 및 수산양식 활동이 활발히 수행되고 있는 곳으로서, 최근에는 이들 수산활동에 의한 자

가오염현상도 급격히 진행되고 있어, 해역의 효율적인 이용과 관리가 절실히 요구되고 있는 곳이기도 하다.

본 연구의 대상해역인 거금수도는 전남 고흥반도와 거금도 사이에 위치하는 좁은 수로로서, 서쪽으로는 득량만과 남쪽으로는 남해와 직접 연결되고 있으나, 해수교환은 주로 남쪽 수로를 통해 이루어지고 있는 해역이다(Lee, 1994). 수도내의 수심은 수로부에서는 20m 이상을 나타내고 있으나, 수도의 북쪽과 동쪽인 고흥반도 연안, 즉 풍남만 등은 10m 이하의 낮은 수심을 나타낸다.

또한 본 해역은 해수유동이 원활하고 거금도 등 크고 작은 섬들에 의해 둘러 쌓여 온화한 해역특성을 나타내고 있어서 오래 전부터 수산 양식 등 어업활동이 활발하게 이루어지고 있는 곳으로, 조사시에도 미역, 김 등의 해조류 양식과 전복 등 패류 양식 등이 성행하고 있었다. 특히 이와 같은 양식시설 이용은 만의 북부 해역인 풍남만을 중심으로 하여 거금수로 북부와 동부 해역에서 주로 이루어지고 있다.

그러나 이와 같은 활발한 해역이용에도 불구하고 본 해역을 대상으로 한 해양환경 파악이나 해양생물상 등에 대한 과학적인 조사연구는 현재까지 전무한 실정이며, 다만 득량만의 해수유동 현상을 수치모델 등에 의해 해석하면서 본 해역을 포함한 보고(Lee, 1994)가 보여질 뿐이나, 최근 본 조사에 대한 결과들이 일부 보고되고 있다(윤과 고, 1994; 추 등, 1997).

따라서 본 연구는 연안해역에 무계획적으로 난립하고 있는 연안양식어장을 정비하고 복합적인 해역 이용구상을 마련하기 위해 전라남도가 시행한 어장의 입체적 이용방안을 위한 종합적인 연구의 일부로서, 전보(윤과 고, 1994)에 이어, 어장내의 해양환경 특성, 특히 수질환경 및 식물플랑크톤 생물량의 변동특성을 파악하여, 거금수도 연안해역에서 생물생산기구의 해명파와 양식어장 환경 파악에 필요한 기초자료를 제공하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

거금수도 양식어장의 해양환경특성을 파악하기 위한 현장조사는 1993년 2월(대조), 4월(소조), 8월(소조) 및 10월(대조)의 4회에 걸쳐 계절별로 Fig.1에 표시된 25개 관측점을 대상으로 실시하였다. 채수는 표층과 저층(해저에서 1m 위의 수층)을 대상으로 Van Dorn 채수기를 이용하여 실시하였다. 수질환경과 엽록소 양의 분포특성을 파악

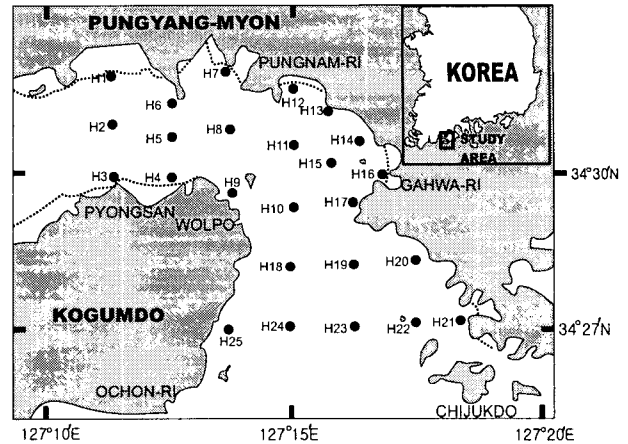


Fig. 1. A map showing sampling stations in Kogum-sudo.

하기 위한 측정항목 및 분석방법은 다음과 같다.

수온, 염분 및 현장밀도는 현장에서 CTD (Seabird Co. Ltd., Model : SEB-19)를 이용하여 측정하였으며, 투명도는 직경 30cm의 백색 투명도판에 의해, 용존산소량은 Winkler변법(日本海洋觀測指針, 1985)에 의해 분석하였으며, 해역의 유기오염정도를 파악하기 위한 화학적 산소요구량은 알칼리성 과망간산카리-요소적정법(日本水産資源保護協會, 1980)으로 분석하였다. 그리고, 용존무기 영양염류는 해수를 membrane filter(pore size: 0.45 μ m, 직경: 47mm)가 장착된 여과기에서 흡인 여과시킨 여액을 분석용 시료로 제공하여, 암모니아염은 인토페놀법, 아질산염은 BR법, 질산염은 Cd-Cu환원칼럼의 의한 방법(日本海洋觀測指針, 1985), 인산염과 규산염은 모리브덴청법(Strickland and Parsons, 1972)에 따라 발색시킨 다음, 분광광도계(Milton Roy Co., Spectronic 20D)에 의해 비색을 측정하는 방법에 준하였다. 또한 해수중의 총 부유물질량은 유리섬유 여과지를 이용한 중량법(日本水産資源保護協會, 1980)에 의하여 분석하였다.

엽록소 a양(Chlorophyll a, Chl-a)으로 표현하는 식물플랑크톤의 생물량은 해수 500ml를 membrane filter(pore size: 0.45 μ m, 직경: 47mm)가 장착된 여과기에서 흡인 여과하여, 여과지 위에 채집된 식물플랑크톤을 90% v/v acetone을 용매로 이용하여 냉암소에서 2시간 이상 색소를 추출시킨 다음, 원심분리기를 이용하여 상등액과 불순물로 분리시켰다(3,000rpm, 10min). 분리된 시료의 상등액은 분광광도계(Spectronic 20D)를 이용하여 색소의 흡광도를 측정하여, 경험식에 의해 Chl-a 양을 산출하였다(SCOR-Unesco, 1966).

결과 및 고찰

1. 물리·화학적 환경요인

계절에 따른 거금수도 내의 수질항목과 엽록소 양 등, 분석 항목의 최소, 최대, 평균 및 표준편차 값을 Table 1에 나타내었으며, 각 요인에 따른 계절별 변동양상 및 공간적 분포특성은 다음과 같다. 다만 요인에 따라 다소 차이는 있으나, 표층과 저층의 층간 변화양상은 유사하기에

표층의 분포경향만으로 고찰을 하고 저층의 변동값과 분포경향은 Table 1과 각 요인별 Figure에 표기해 두었다.

1) 수온, 염분 및 현장밀도

수온은 최저 2월의 6.5℃에서 최고 8월의 25.2℃를 나타내어 18.7℃의 연교차를 나타내었다. 계절별로는 겨울에 낮고, 여름에 높은 값을 보이고 있으나, 봄에는 14.3±0.5℃(평균±표준편차로 이하 같은 방법으로 표시)로 사계절 중에 가장 큰 변화 폭을 보였다(Table 1).

Table 1. The values of the mean, maximum, minimum and standard deviation on analytical parameters in Kogumsudo.

Items	Unit	Depth	winter				spring				summer				autumn			
			min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD
Temp.	℃	S	6.50	6.93	7.30	0.30	13.80	14.27	15.60	0.42	24.20	24.45	25.20	0.28	19.60	19.83	20.10	0.13
		B	6.50	6.94	7.30	0.31	13.50	13.92	15.00	0.42	23.90	24.08	24.30	0.13	19.50	19.71	19.90	0.09
Sal.	psu	S	31.80	32.69	33.35	0.42	33.50	34.02	34.25	0.19	28.61	30.55	31.05	0.57	31.53	32.01	32.92	0.31
		B	32.26	33.16	33.70	0.56	33.90	34.12	34.22	0.08	30.89	31.02	31.17	0.08	31.57	32.06	32.19	0.15
Sig-t	kg/ℓ	S	24.87	25.60	26.07	0.33	24.69	25.37	25.60	0.21	18.65	20.15	20.59	0.48	22.13	22.47	22.64	0.12
		B	25.31	25.98	26.36	0.41	25.12	25.52	25.63	0.15	20.46	20.60	20.72	0.07	22.17	22.60	22.72	0.13
Transp.	m		0.30	0.65	0.90	0.19	1.00	1.46	2.10	0.39	1.50	3.08	4.80	1.03	0.50	1.13	1.80	0.35
DO	ml/ℓ	S	7.39	7.54	7.83	0.13	5.79	6.20	7.64	0.35	4.95	5.38	6.27	0.32	5.34	5.47	5.85	0.16
		B	-0.83	-0.60	-0.49	0.09	-1.92	-0.50	-0.23	0.34	4.37	4.98	5.89	0.34	4.77	5.36	5.86	0.24
AOU	ml/ℓ	S	-0.72	-0.61	-0.52	0.06	-0.55	-0.27	0.36	0.21	-1.05	-0.16	0.25	0.32	-0.58	-0.20	-0.05	0.16
		B	7.37	7.48	7.60	0.08	5.96	6.09	6.32	0.11	-0.69	0.23	0.84	0.34	-0.58	-0.08	0.51	0.24
Do Sat.	%	S	107.10	108.54	111.70	1.23	104.10	108.68	133.40	5.88	95.10	103.19	120.20	6.07	103.32	97.06	111.00	25.14
		B	107.50	108.78	110.50	0.93	103.40	105.49	109.40	1.90	83.90	95.61	113.20	6.53	90.30	101.48	110.90	4.57
COD	mg/ℓ	S	0.04	0.68	1.39	0.47	0.00	0.47	1.76	0.47	0.00	0.79	2.81	0.74	0.07	0.45	1.27	0.37
		B	0.44	0.71	1.07	0.24	0.00	0.56	1.20	0.37	0.00	0.89	2.89	0.82	0.05	0.31	0.80	0.22
Ammonia	μM	S	0.35	0.62	1.46	0.30	1.13	2.43	4.05	0.77	0.73	1.51	4.76	0.79	0.17	1.12	2.54	0.64
		B	0.25	0.51	0.66	0.13	1.79	2.33	2.89	0.31	0.65	2.12	6.61	1.61	0.22	1.32	2.59	0.65
Nitrite	μM	S	0.12	0.32	0.87	0.19	0.15	0.50	1.40	0.28	0.03	0.90	1.75	0.47	0.10	0.27	0.48	0.12
		B	0.06	0.25	0.42	0.11	0.32	0.44	0.88	0.15	0.03	1.06	1.73	0.48	0.12	0.24	0.43	0.09
Nitrate	μM	S	2.74	9.25	64.16	16.64	2.01	4.00	22.74	4.28	1.26	5.95	33.62	6.50	0.97	33.21	396.33	104.56
		B	1.86	3.96	8.02	1.85	2.30	3.05	4.37	0.65	1.14	6.43	41.16	9.18	1.64	6.48	29.28	7.70
DIN	μM	S	3.25	10.19	65.55	16.78	4.38	7.07	27.72	4.92	1.82	8.35	37.06	6.80	1.86	34.59	399.35	105.04
		B	2.45	4.71	8.50	1.79	4.50	5.82	7.23	0.77	1.82	9.61	43.54	9.15	3.10	7.99	30.96	7.85
DIP	μM	S	0.56	0.98	1.40	0.27	0.03	0.12	0.22	0.07	0.10	1.01	3.87	0.68	0.16	0.36	0.59	0.11
		B	0.42	1.01	2.51	0.66	0.03	0.12	0.30	0.07	0.58	1.02	1.45	0.26	0.26	0.35	0.42	0.05
Silicate	μM	S	2.62	4.35	8.29	1.69	2.76	4.27	16.49	2.79	2.97	5.31	10.11	1.43	4.75	5.89	7.09	0.73
		B	2.55	4.63	8.53	2.29	3.14	3.58	4.81	0.53	3.06	4.80	5.93	0.85	5.00	5.73	7.60	0.71
N/P		S	2.87	14.82	117.05	30.97	27.50	78.41	208.00	53.81	2.68	10.42	61.80	11.44	4.16	94.41	1109.31	292.24
		B	1.59	6.61	15.18	5.02	24.10	66.85	174.67	43.32	2.36	10.26	56.55	12.19	8.61	22.56	73.71	18.65
SS	mg/ℓ	S	19.20	38.76	74.60	17.19	7.40	16.46	35.20	7.65					43.00	50.34	67.60	7.17
		B	34.80	52.93	71.20	13.12	9.60	21.30	42.60	9.72					41.00	60.22	70.20	8.21
Chl-a	μg/ℓ	S	0.14	1.89	4.63	1.24	0.19	0.82	2.52	0.60	0.19	3.54	12.33	3.67	0.15	2.76	6.91	2.96
		B	0.29	1.99	3.11	0.90	0.04	0.68	1.55	0.51	0.19	1.56	4.58	1.64	0.15	2.87	6.44	2.94

Temp.; Temperature, Sal.; Salinity, Sig-t; Sigma-t, Transp.; Transparency, DO; Dissolved Oxygen, AOU; Apparent Oxygen Utilization, DO Sat.; Saturation of Dissolved Oxygen, DIN; Dissolved Inorganic Nitrogen, DIP; Dissolved Inorganic Phosphorus, SS; Suspended Solid, COD; Chemical Oxygen Demand, Chl-a; Chlorophyll-a (min.; minimum, max.; maximum, SD; standard deviation)

공간적으로는 계절에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적으로 거금수로 북쪽 및 북동 연안해역 즉, 풍남만 안쪽의 천해 해역에서 겨울에는 낮고, 여름에는 높은 수온을 나타내고 있는 반면, 수로부에서 반대의 경향을 보이고 있어, 연안 천해 해역은 대기의 영향을 비교적 쉽게 받고 있는 것(김 등, 1995)으로 나타났다(Fig. 2).

수층간 수온 차는 봄과 가을에 1~2°C 정도를 나타내고 있으나, 거금수도는 수로적 특성으로 유속이 빠르고, 조석에 의한 해수혼합이 원활히 이루어지고 있어, 고수온기의 연안해역에서 쉽게 관찰되는 성층 현상은 발달되고 있지 않았다(Boaden and Seed, 1985).

염분은 여름에 최저 28.61 psu에서, 봄에 최고 34.22 psu를 나타내어, 5.61 psu의 연교차를 나타내고 있었다. 계절별로는 겨울보다도 봄에 높은 값을 나타내어, 34.02 ± 0.19 psu를 보여주고 있으며, 강수 등에 의해 담수의 유입

의 많은 여름에 가장 낮아 30.55 ± 0.57 psu를 나타내고 있었다. 변동 폭 역시 여름이 가장 크게 나타나고 있으나, 여름에 보여지는 30.55 psu는 육상을 끼고 있는 해역의 값으로서는 비교적 높은 농도로서, 거금수로에는 대규모로 담수가 유입될 수 있는 담수 유입원이 존재하고 있지 않음을 나타내는 것이라 하겠다(Table 1). 그리고 봄철에 가장 높은 염분 농도를 보이고 있는 것에 대하여 추 등(1997)은 본 해역의 수온과 염분의 변동은 기상요인에 의해 크게 지배되고 있으며, 봄철이 타계절에 비해 강우량의 가장 낮은 반면, 일조시간이 가장 길게 나타나고 있는 것으로부터 설명하고 있다. 또한, 인접하고 있는 득량만의 경우에도 유사한 결과를 나타내고 있다(양 등, 1995).

공간적으로는 수심의 얇은 연안부에서 낮은 염분을, 수심이 깊은 수로부에서 비교적 높은 염분을 나타내었다. 여름과 가을에는 표·저층 모두 고염분 해수가 남쪽수로를 통해 풍남만 안쪽으로 유입되는 양상을 나타내고 있어, 계절과 조석에 따라서는 내만 해역까지 외해의 영향을 직접 받고 있는 것으로 판단되어 거금수로 전 해역에서 해수교환이 매우 원활함을 나타내고 있었다(Fig. 3).

현장밀도는 여름에 최저 18.65 kg/l에서, 봄에 최고 25.69 kg/l를 나타내어, 7.04 kg/l의 연교차를 나타내어 비교적 큰 폭의 변화를 보이고 있어(Table 1), 염분의 변화양상과 유사한 결과를 보이고 있으며, 거금수로의 현장밀도는 반폐쇄된 내만 해역과는 달리 수온보다 염분에 의해 지배되는 경향을 나타내고 있었다(윤, 1999).

2) 투명도

투명도는 겨울에 최저 0.3 m에서 여름에 최고 4.8 m를 나타내었다. 계절적으로는 겨울에 가장 낮고 여름에 가장 높은 값을 나타내어, 연중 매우 낮은 투명도 값을 나타내고 있었다. 변동 폭 역시 투명도 값이 높은 여름에 3.1 ± 1.03 m를 나타내어 관측점에 따라 큰 분포 차이를 나타내었다(Table 1).

공간적으로는 계절에 관계없이 수심이 깊은 수로부에서 보다 천해 해역인 연안부에서 낮은 값을 보이고, 생물생산이 낮은 겨울보다 생물생산이 높은 여름에 높은 투명도 값을 나타내고 있어, 거금수로의 투명도는 수로의 특성상 빠른 유속과 강한 조석혼합 등으로 계절적인 변화보다 조석에 의한 영향이 더욱 큰 것(Lee, 1994)으로 보아졌으며, 본 조사에서도 대조시의 겨울과 가을에 낮은 값을, 소조시인 봄과 여름에 높은 값을 나타내고 있었다(Fig. 4).

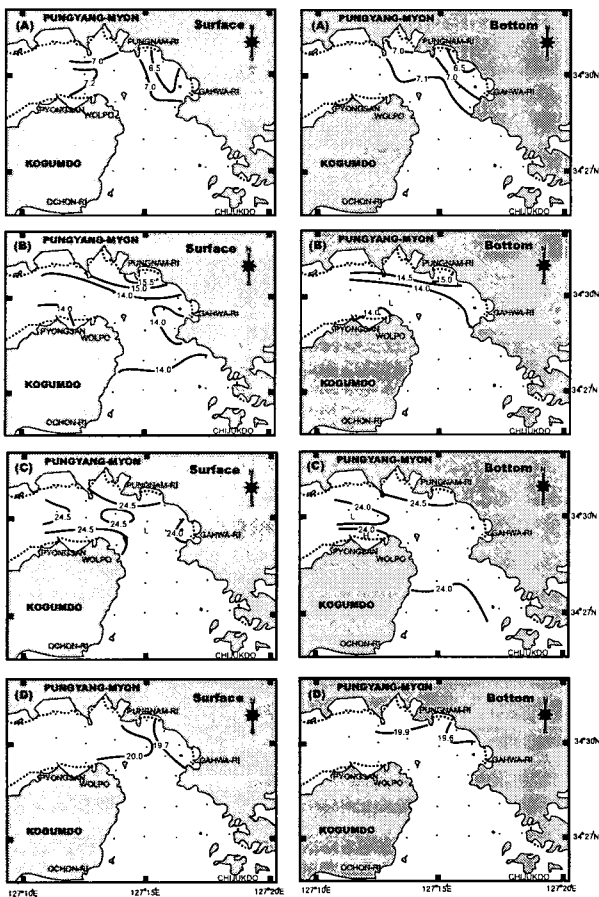


Fig. 2. Horizontal distribution and seasonal variation of water temperature from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

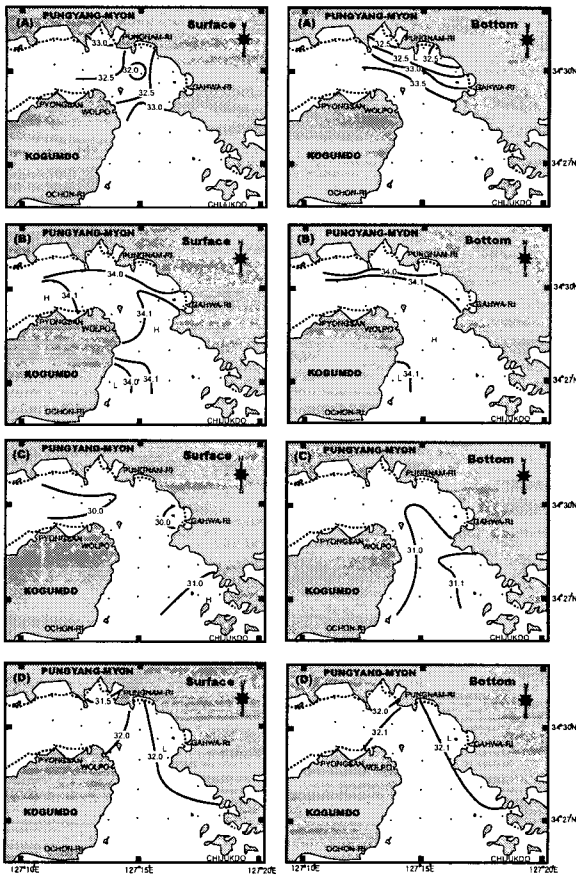


Fig. 3. Horizontal distribution and seasonal variation of salinity from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

3) 용존산소 포화도와 유기오염

용존산소량을 포화도 표시하면 거금수도는 최저, 최고 값 모두 여름에 나타나, 83%에서 120.2%까지의 변화를 보이고 있었다. 계절별로는 겨울과 봄에 높은 용존산소 포화도를 나타내고 있고, 여름과 가을에 낮은 값을 나타내고 있으나, 최고, 최저값이 보여지는 여름에 103.2±6.07%값을 나타내어 관측점 간에 큰 차이를 보여주고 있었다. 또한 여름에는 수심에 따라서도 큰 차이를 나타내고 있었다. (Table 1).

공간적으로는 수로부에서 낮은 값을 나타내는 반면, 연안부에서 높은 산소포화도를 나타내고 있어, 수심이 얇은 연안해역에서 비교적 기초생물에 의한 생물생산이 활발한 것으로 보여졌다. 또한, 산소포화도와 걸보기산소소비량의 분포로부터(Parsons et al., 1984), 여름철 표층에서는 기초생물에 의한 생물생산활성이 매우 높은 반면, 저층에

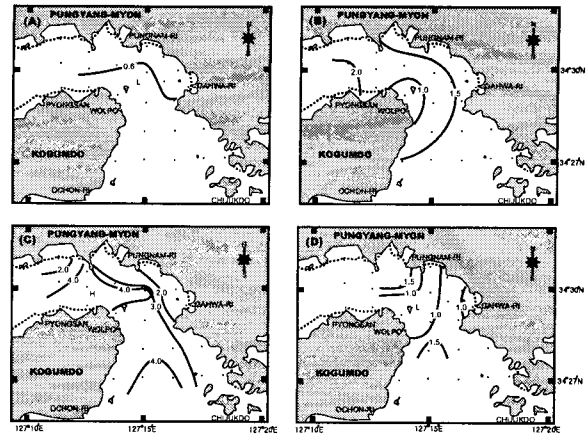


Fig. 4. Horizontal distribution and seasonal variation of transparency from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn)

는 많은 양식 잔해 물질들이 해저에 축적되어, 수온의 상승과 함께 미생물에 의해 분해되면서 수층의 산소를 다량으로 소비하여 낮은 산소 포화도를 나타내고 있었다(Fig. 5).

그리고 관측점에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적으로 사계절 모두 표층 해수는 100% 이상의 과포화 상태를 나타내고 있어, 아직까지 거금수도의 수질환경은 매우 좋은 것으로 판단되었다.

해역에서 수질의 유기물오염을 나타내는 지표로서 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD)이 보편적으로 사용되어진다. 사계절에 걸친 거금수도의 COD농도는 용존산소와 같이 여름에 최저, 최고값 모두가 보여져서, nd(본 방법으로는 검출 안됨)에서 2.81 mg/ℓ를 나타내고 있었다. 계절적으로는 가을에 낮고, 여름과 겨울에 높은 값을 보이고 있으며, 여름에는 0.79±0.74 mg/ℓ로 관측점별 변동 폭이 매우 높게 나타나고 있었다. 그러나 사계절에 걸쳐 거금수로에서 보여지는 COD값은 연안해역에서 관찰되는 것으로서는 매우 낮은 값(통상산업부 등, 1996)이라 할 수 있다(Table 1).

해역적으로는 생물생산활성이 높은 연안부에서 높고, 수로부에서 낮은 경향을 나타내고 있으며, 계절적으로도 겨울과 여름에 높고, 봄과 가을에 낮은 경향을 나타내고 있는 것으로부터, 거금수로 연안해역의 주된 유기물 유입원은 동계에 이루어지고 있는 해조류 양식 생산물의 잔해들로 추정되었다(Fig. 6).

그러나 거금수도 해역은 사계절을 통해, 일부 항내 등의 관측점을 제외한 대부분의 연안해역에서 수층에 관계없이 1.0 mg/ℓ 이하의 COD 값을 보여주고 있고, 환경부

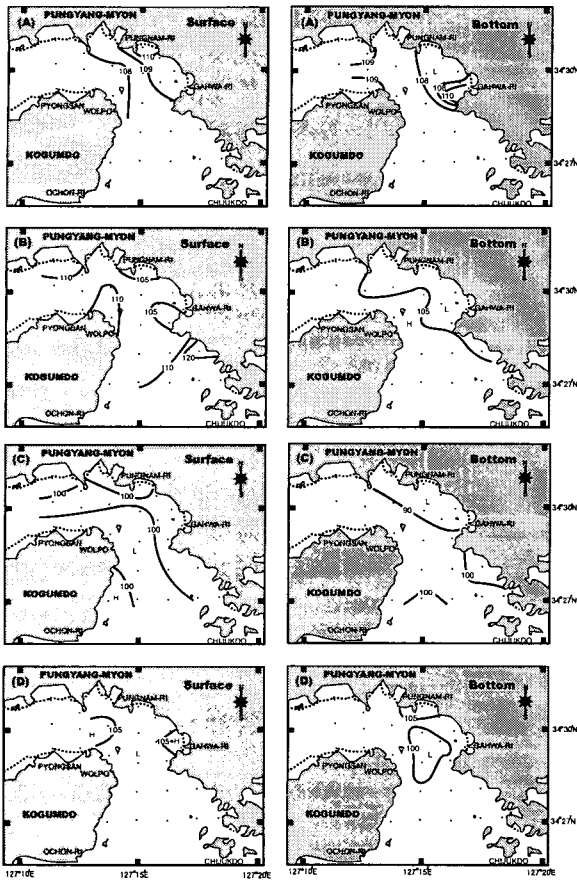


Fig. 5. Horizontal distribution and seasonal variation of the saturation of dissolved oxygen from Feb. to Oct., in 1993.

(A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

에서 정한 해양수질기준으로 I 급수의 매우 좋은 수질 상태를 나타내고 있어, 아직까지 유기물 오탁 현상 등이 문제가 되고는 있지 않으나, 일부 해역에서 보여지는 것과 같이 양식장 등으로부터의 자가오염현상 등은 경계해야 할 것으로 보아졌다.

4) 영양염류

용존무기질소(DIN)는 암모니아염, 아질산염 및 질산염을 합한 값으로 DIN 농도의 변화는 여름에 최저 1.82 μM 에서 가을에 최고 399.35 μM 을 나타내어 매우 큰 폭의 변화양상을 나타내고 있었다. 계절별로는 봄과 여름에 비교적 낮고, 겨울과 가을에 높은 값을 나타내고 있으며, 특히 가을에는 $34.89 \pm 105.0 \mu\text{M}$ 를 나타내어 큰 폭으로 변화하는 양상을 나타내고 있다(Table 1). 그러나 가을과 겨울에는 거금도를 인접하고 있는 H4, H5, 및 H8 등 일부 관

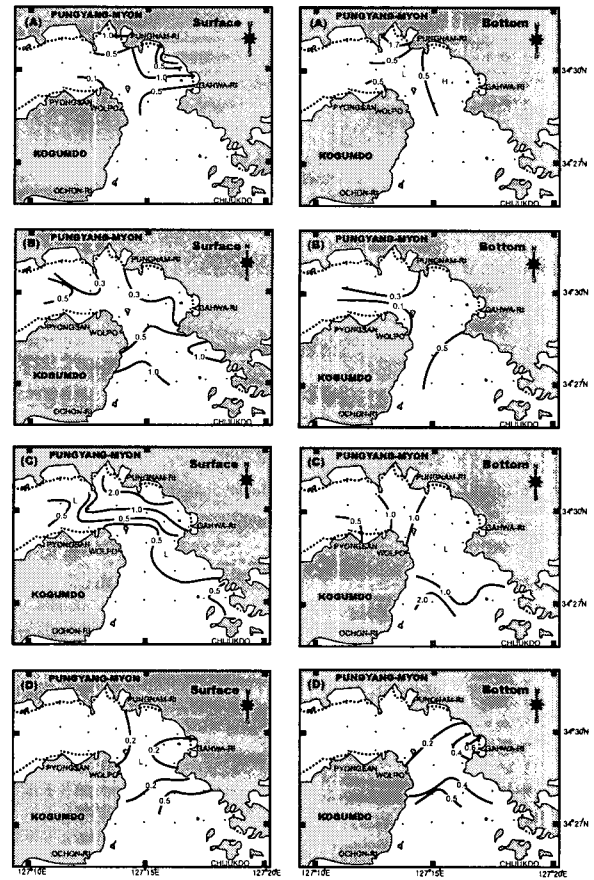


Fig. 6. Horizontal distribution and seasonal variation of chemical oxygen demand from Feb. to Oct., in 1993.

(A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

측점에서 극단적으로 높은 값을 나타내고 있는 것을 제외하면, 전 해역에서 10 μM 내외의 농도를 나타내고 있었다.

공간적으로는 계절에 관계없이 거금도의 북동쪽 해역에서 높고, 거금도 동쪽 수로부에서 낮은 농도를 보이고 있으나, 가을과 겨울의 경우 거금도 북동해역의 일부 관측점에서는 정확한 원인은 알 수 없으나, 폐기물 투기 등을 의심할 수 있을 만큼의 극단적으로 높은 농도가 관측되고 있었다(Fig. 7). 그러나, 전반적인 DIN농도는 해역에 따라 다소 차이는 있으나, 대략 연간 10 μM 내외의 농도를 나타내고 있어 기초생물의 충분한 생산을 영위할 수 있는 영양염 농도를 나타내고 있는 것으로 판단되었다(吉田, 1973).

인산염의 농도는 봄에 nd에서 여름에 최고 3.87 μM 를 나타내어 용존무기질소와 함께 매우 큰 변화양상을 나타내고 있었다. 계절적으로 봄과 가을에 낮고, 겨울과 여름

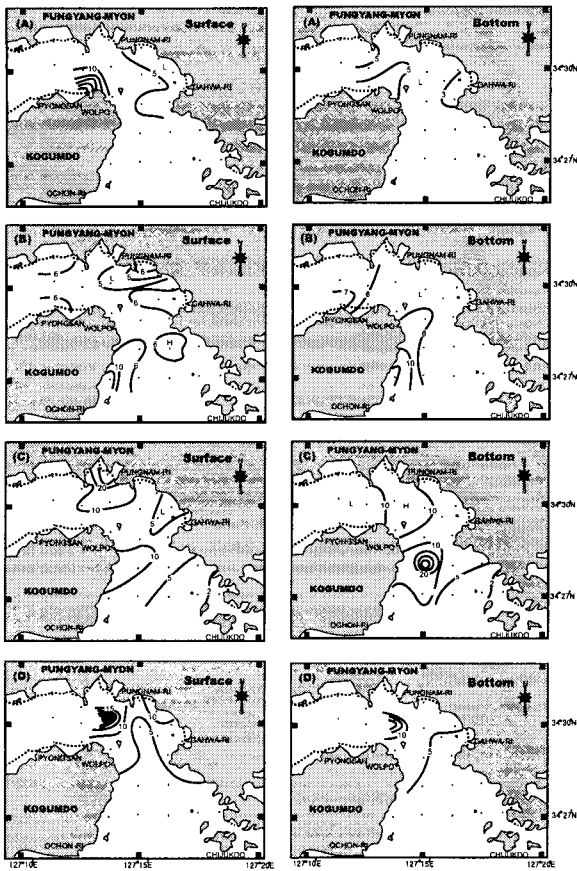


Fig. 7. Horizontal distribution and seasonal variation of dissolved inorganic nitrogen from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

에 높은 값을 나타내나, 여름에는 $1.01 \pm 0.68 \mu\text{M}$ 의 변동 양상으로 우리 나라 연안해역의 값으로서는 매우 높고 (윤, 1999), 관측점에 따른 분포차도 가장 크게 나타났다 (Table 1).

공간적으로는 계절에 따라 다소 차이는 있으나, 풍남만의 천해해역과 수로 중앙부에서 비교적 높은 값을 보이는 반면, 수로의 서측 및 남측 통로부에서 낮은 값을 나타내고 있으며, 용존질소가 높게 나타나고 있는 거금도 북동해역에서 인산염 농도도 높은 값을 보여주고 있었다(Fig. 8).

그리고 용존무기질소와 인 모두에서 봄에 낮은 값을 보여주고 있는 것은, 봄에 식물플랑크톤에 의한 영양염류의 흡수, 동화가 활발히 이루어지고 있는 결과라고 판단된다 (Heinrich, 1962; Rhee, 1978).

규산염은 겨울에 최저 $2.55 \mu\text{M}$ 에서 봄에 최고 $16.49 \mu\text{M}$ 를 나타내었으며, 계절적으로는 겨울이 $4.35 \pm 1.69 \mu\text{M}$,

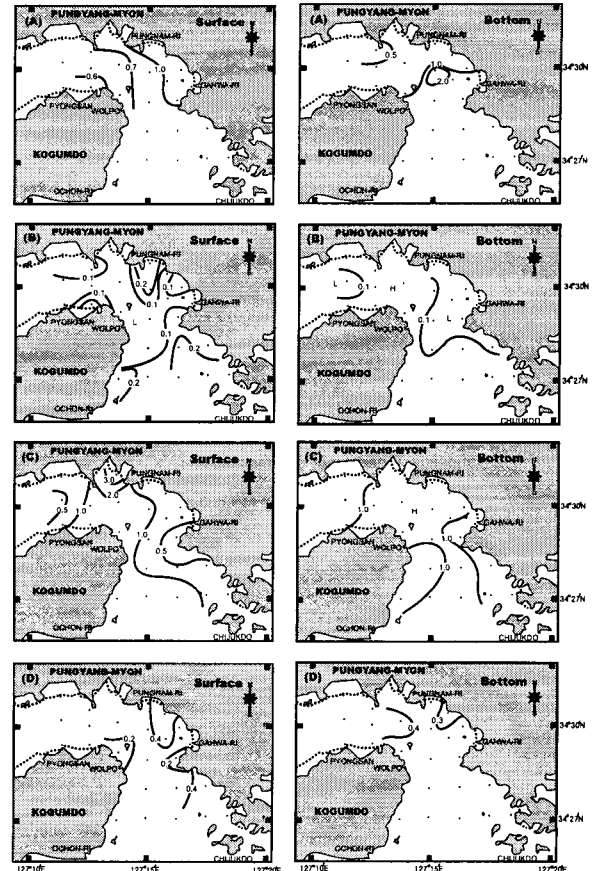


Fig. 8. Horizontal distribution and seasonal variation of phosphate from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

봄이 $4.27 \pm 2.79 \mu\text{M}$, 여름이 $5.31 \pm 1.43 \mu\text{M}$ 그리고 가을이 $5.89 \pm 0.73 \mu\text{M}$ 를 나타내어 계절에 따라 다소의 차이는 있으나, 연간 매우 낮은 규산염 농도를 나타내고 있었다(Table 1). 이와 같이 낮은 규산염을 인접하는 득량만에서의 보고와도 유사한 내용으로(양 등, 1995), 연안해역의 대부분의 규산염은 담수유입에 의해 공급되고 있으나(윤, 1999), 거금수도의 경우 지속적으로 유입되는 담수원이 없기 때문에 판단되며, 낮은 규산염 농도는 규조류 등 규산염을 주요 영양원으로 하는 광합성생물의 활성화에 영향을 미치게 된다. 즉, 근년 연안해역에서 봄철 규조류에 의한 식물플랑크톤의 대발생 이후 식물성 편모조류에 의한 종의 천이는 규산염의 고갈에 기인한다는 보고나(角 楸, 1979; Tsunogai and Watanabe, 1983), 고수온기 연안해역의 양식어장에서 식물성 편모조류를 주로 하는 적조 발생을 예방하기 위해서 양식생물의 사료에 규산염을 첨

가하여 투여함으로써 일부 유해성 적조의 방지 효과를 기대할 수 있다는 보고(板本, 1986) 등은 해역에서의 규산염의 중요성을 강조하는 내용들이나, 거금수도의 경우, 이와 같은 규산염 농도는 연간 매우 낮은 것으로 판명되어, 해역에 유기물의 축적은 바로 식물성 편모조류로 종의 천이를 유발시킬 수 있을 것으로 보아진다(角皆, 1979; Tsunogai and Watanabe, 1983).

공간적으로도 계절에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적으로 수로의 중앙부와 질소, 인의 농도가 극단적으로 높은 거금도의 북동해역에서 비교적 높은 규산염 농도를 보이고 있으며, 풍남만 천해해역이나 기타 수로부에서는 주년에 걸쳐 낮은 농도를 나타내고 있다(Fig. 9).

거금수도에서 연간 높은 영양염류의 농도를 보이고 있는 것은 수로적 특성으로부터 고수온기에 성층이 발달하지 않아, 저층 고농도의 영양염류가 조석혼합 등 해수운

환에 의해 쉽게 표층으로 공급되고 있기 때문이며(Parsons et al., 1984), 이에 따라 거금수도는 광합성생물의 높은 생산을 유지시킬 수 있는 조건이 구비되고 있어, 해조류 양식어장 등으로서는 최적의 조건을 구비하고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 영양염류 농도가 용존산소의 소모량이 많은 여름철에 비교적 높게 나타나고 있어, 거금수도의 영양염류 공급의 상당부분은 해저 표층에 퇴적된 유기물의 분해에 의해 재공급되고 있는 것으로 보아지며, 활발한 생물생산의 영향에 의해 해역의 자가오염현상이 발생 등으로 해저에 유기물 축적 현상이 보다 진행되게 되면 적조발생 등 어장환경에의 바람직하지 않은 악영향도 우려된다(村上, 1986; 윤과 고, 1994).

5) N/P 비

해양의 저차영양단계에 있는 생물체 내의 질소와 인의 비는 원자비로서 16:1를 나타내고 있으며, 이로 인해 기초생산자가 해수 중의 무기영양염류를 흡수할 때에도 이 비에 준한다는 Redfield 비는 잘 알려진 사실이다(Redfield et al., 1963). 이는 해양을 포함한 수권의 질소와 인의 용존농도는 기초생산자의 필요량에 미치지 못하고 있어, 해양의 광합성 식물의 성장에 영향을 미치는 제한인자로서 영양염류를 판단할 때에 질소와 인의 원자 존재비인 N/P 비를 흔히 이용하게 된다(Rhee, 1978).

거금수도의 N/P 비는 겨울에 최저 1.59에서 가을에 최고 1,109.3으로 매우 큰 변동 범위를 나타내고 있었다. 계절별로는 가을에 가장 높고, 여름에 가장 낮은 경향을 나타내고 있으나, 전술의 질소와 인의 항에서 언급한 한 개의 정점에서의 극단적인 값을 제외하면 봄에 가장 높은 값을 나타내게 된다. 또한 봄에는 78.41 ± 53.81 의 값으로 해역에 따라 큰 분포 차이를 나타내고 있었다(Table 1).

공간적으로는 계절에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적으로 수로의 서부해역, 즉 거금도의 북동해역과 가화리 연안해역에서 16이상의 값들이 보여지고 있고, 기타 수로의 남부해역이나 가화리 연안을 제외한 풍남만에서는 16이하의 값들을 나타내고 있었다(Fig. 10).

종합적으로 거금수도의 N/P 비는 가을의 관측점 H8과 봄철을 제외하면 대부분의 해역에서 16이하의 값을 나타내고 있어, 인의 용존량에 비해 질소의 용존량이 적게 나타나 기초생산자인 식물플랑크톤의 성장은 질소의 용존량에 의해 지배되고 있음을 뜻하고 있다(Hecky and Kilham, 1988). 반면, 봄에는 평균 78.4를 나타내어 타 계절과는 전혀 다른 반대의 양상을 보여주고 있는데 이는 일반적인

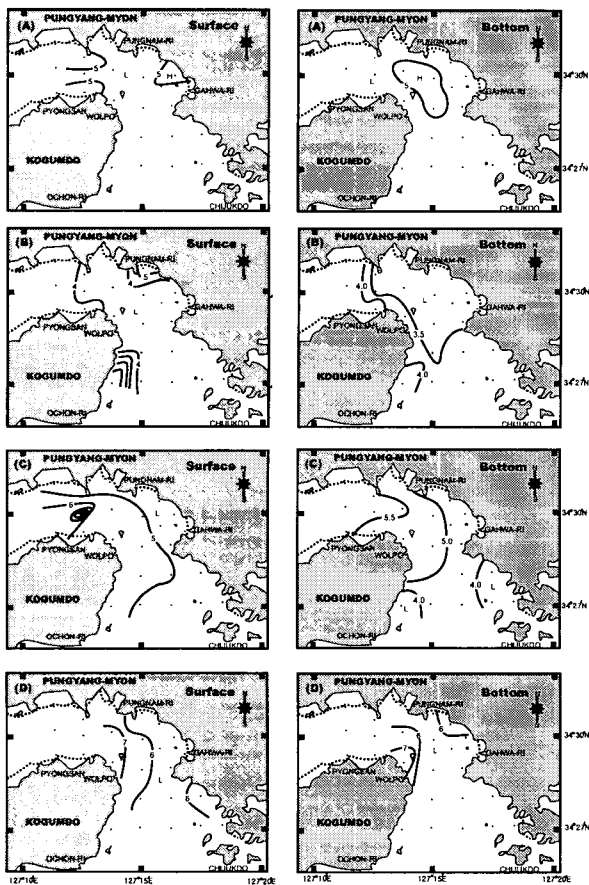


Fig. 9. Horizontal distribution and seasonal variation of silicate from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

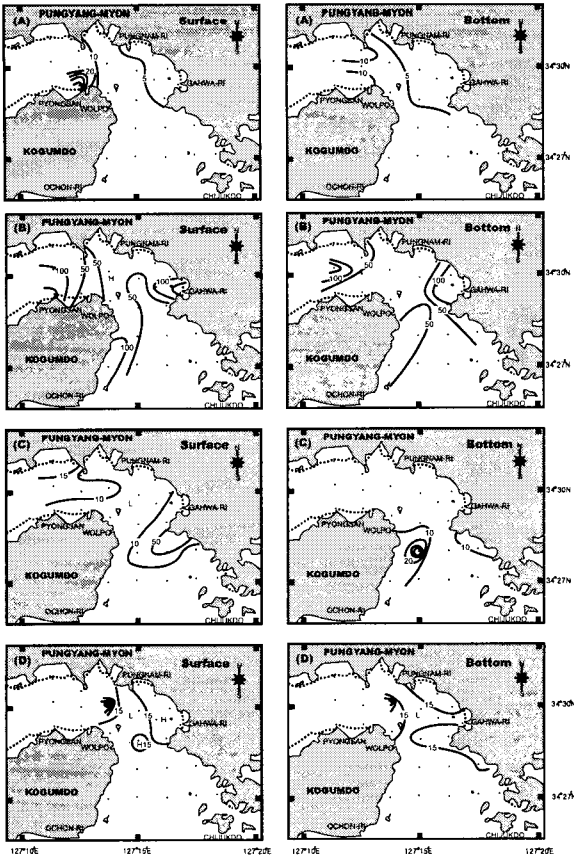


Fig. 10. Horizontal distribution and seasonal variation of N/P ratio from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

해양에서 보고되는 내용이라기 보다 부영양화가 진행된 해역(尹, 1989)이나 육상 수괴에서 보여지는 내용으로, 식물플랑크톤 성장이 인의 용존량의 정도에 따라 지배되고 있음을 뜻한다.

그러나 다양한 생물종에 의해 구성되는 식물플랑크톤 군집의 성장에 N/P 비 값의 대소만으로 제한 인자를 단순히 이해하기는 어렵고(Kein and Fogg, 1960; Strickland et al., 1969), 비교적 환경변화가 심한 연안해역에서는 질소와 인의 용존량을 복합적으로 나타내는 N/P 비 균형에 의해 성장이 지배된다는 보고(윤, 1992)도 있다.

6) 총부유물질량(SS)

부유물질량은 봄에 최저 7.4 mg/l에서 겨울에 최고 74.6 mg/l를 나타내어 매우 심한 시간적 변화양상을 나타내었다. 계절별로는 대조인 겨울이 38.8 ± 17.2 mg/l, 소조인 봄이 31.8 ± 22.0 mg/l 및 대조인 가을에 50.3 ± 7.2

mg/l로, 대조시가 소조시 보다 높은 값을 나타내고 있는 반면, 소조시에 해역별 변동 폭이 더욱 큰 것으로 나타났다(Table 1).

공간적으로도 대조시에는 전 해역에 걸쳐 높은 부유물질량을 나타내고 있는 반면, 소조시에는 연안부에서 낮고, 유속이 빠른 수로부에서 높은 값을 나타내고 있어(Fig. 11), 거금수도의 부유물질량은 계절보다도 조석혼합이나 빠른 유속에 의해 해저퇴적물 중의 일부 부유사가 해수중에 재부유하는 비율에 의존하는 바가 큰 것으로 보였다(Lee, 1994). 그리고 대조시에 보여지는 거금수도의 높은 부유물질량은 일시적인 현상이라고는 하나 해역수질기준으로서는 III급수에 해당되는 값으로서, 해역에 서식하는 해양생물이나 양식생물에 나쁜 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

2. 식물플랑크톤 생물량으로서 염록소 양

거금수도의 Chl-a 농도는 봄에 최저 nd에서 여름에 최고 $12.3 \mu\text{g/l}$ 을 나타내어, 시간적으로 매우 큰 폭으로 변화하고 있었다. 계절적으로는 겨울이 $1.89 \pm 1.24 \mu\text{g/l}$, 봄이 $0.82 \pm 0.60 \mu\text{g/l}$, 여름이 $3.54 \pm 3.67 \mu\text{g/l}$ 및 가을

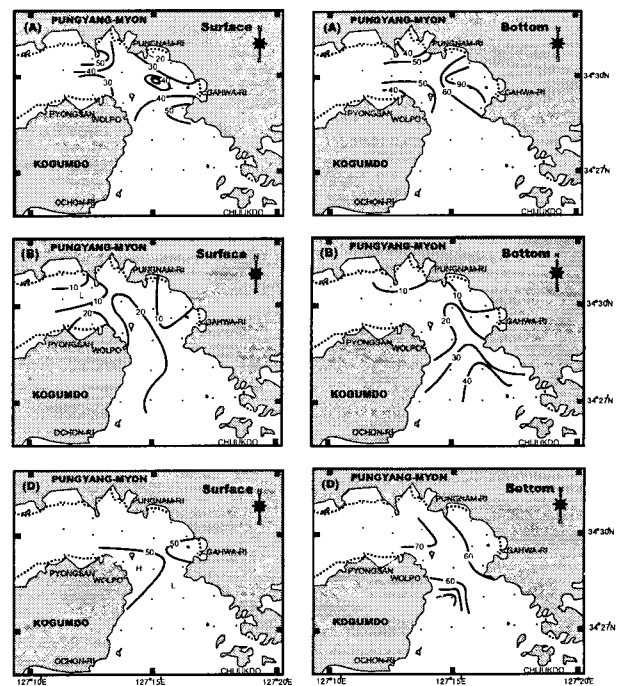


Fig. 11. Horizontal distribution and seasonal variation of suspended solid from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, D; autumn, left; surface, right; bottom)

이 $2.79 \pm 2.96 \mu\text{g}/\ell$ 를 나타내어, 봄에 가장 낮은 식물플랑크톤의 생물량을 나타내고 있는 반면, 여름과 가을에 높은 생물량을 나타내고 있었다(Table 1). 다만, 봄에 낮은 생물량을 나타내고 있는 것으로부터, 거금수로에서는 온대해역에서 보여지는 봄철 규조류의 대발생 현상(Heinrich, 1962; Parsons et al., 1984)이 나타나고 있지 않은 것처럼 보이나, 영양염류 농도 등을 고려하여 고찰하면 봄의 조사시점에서는 규조류의 대발생 이후 영양염류 고갈 등으로 식물플랑크톤 성장이 쇠퇴기에 접어든 시점이었기 때문에 판단되었다(3절 참조).

공간적으로는 가을과 겨울에 해역별로 큰 차이를 나타내고 있으며, 전반적으로 수심이 낮은 연안부에서 높은 값을 수로부에서 낮은 값을 나타내고 있다. 특히 가을은 거금수로의 서부해역과 남부해역 사이에 현저한 생물량의 구배가 보여지는데, 이는 앞에서 언급한 영양염류 항에서 질소, 인 그리고 N/P 비 균형의 차이에 의해 나타나는 현상이라 판단되었다. 또한 여름을 제외한 대부분의 계절에 저층의 표층보다 더 높은 엽록소 양을 나타내고 있는데, 이는 해수의 활발한 혼합에 의해 표층 퇴적물 중의 부유사가 저층 해수에 다량으로 혼합되기 때문으로, 조석차가 큰 우리나라 남해의 연안역에서 쉽게 관찰되는 현상(윤, 1999)이다(Fig. 12). 실제 수심이 얕은 우리나라 연안해역에서는 이와 같은 시기에 해저 표층퇴적물에 다량의 식물 색소량이 존재하고 있는 것으로 보고되고 있다(윤, 1988).

그리고 거금수도의 Chl-a량은 봄철 다소 낮은 값을 고려한다 하더라도 연중 평균 $2 \mu\text{g}/\ell$ 전후의 값을 나타내고 있어, 수질항목과 결부시켜 고찰하면, 거금수로 연안해역은 연중 높은 기초생물생산이 영위될 수 있는 부영양화 단계에 있는 것으로 판단된다(吉田, 1973). 다만, 거금수도의 부영양단계는 임해공업단지가 조성된 일부 연안해역에서 해양오염현상으로 보여지는 것과는 다른 내용이다(윤, 1994).

그러나 거금수도의 수질환경과 생물량으로부터 오랜 기간 지속적으로 현재의 높은 생물생산을 영위하기 위해서는, 보다 효율적으로 연안해역을 이용하고 관리할 수 있는 방안이 시급히 수립되어야 할 것이다.

3. 영양염류와 엽록소 양의 변동특성

거금수도에서 분석된 영양염류와 엽록소 양의 계절적 변동 특성을 이해하기 위해, 계절별 분석 항목 사이의 상

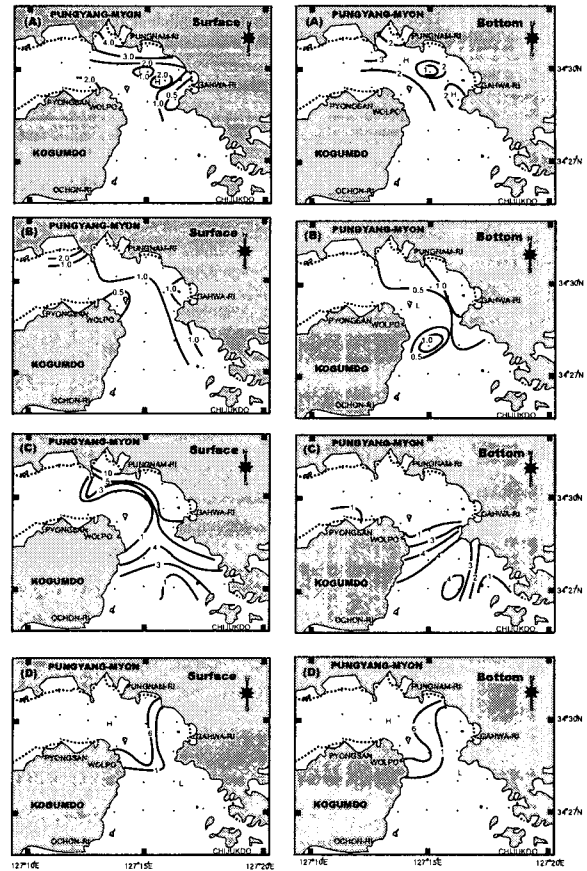


Fig. 12. Horizontal distribution and seasonal variation of chlorophyll a concentration from Feb. to Oct., in 1993. (A; winter, B; spring, C; summer, D; autumn, left; surface, right; bottom)

관행렬을 Table 2(겨울과 봄)와 Table 3(여름과 가을)에 나타내었다.

Table 2에서 겨울철의 경우, 엽록소 양은 암모니아와 강한 음의 상관관을 보이고 있으며, 영양염류 중 DIN은 염분과 약한 음의 상관관을, DIP는 염분과 약한 양의 상관, 수온 및 AOU와 강한 음의 상관관을 보이고 있다. 이로부터 거금수도의 광합성 생물의 성장은 주로 암모니아의 활발한 흡수에 의해 이루어지고 있으며, 영양염류 중 DIN과 규산염은 얼마간 담수에 의해 유입되고 있으나, DIP는 해역내 유기물 분해에 의한 영양염류 재순환 과정에 의해 공급되는 것으로 판단된다. 봄철의 경우, 엽록소 양은 무기질소나 규산염과는 양의 상관관을 나타내고 있으며, 영양염류 항 모두는 염분과 음의 상관관을, COD와 강한 양의 상관관을 나타내고 있다. 이로부터 봄철 식물플랑크톤 생물량은 영양염류의 흡수에 의한 활발한 활성보다 성장 쇠퇴기 단계

Table 2. Correlation matrix between chlorophyll-a and physio-chemical parameters in Kogum-sudo (upper: winter, lower: spring)

	Temp	Sal	Transp	DO	Sat	AOU	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	DIP	SI(OH) ₄	N/P	SS	Chl-a
Temp	1	0.056	-0.666	-0.834	-0.687	0.703	-0.187	0.494	0.276	0.319	0.329	-0.749	-0.094	0.340	0.453	-0.171
Sal	-0.592	1	0.067	-0.335	-0.197	0.213	-0.297	-0.351	-0.246	-0.216	-0.223	0.209	-0.290	-0.224	-0.154	0.034
Transp	-0.163	0.451	1	0.562	0.477	-0.502	0.089	-0.655	-0.240	-0.199	-0.212	0.263	0.053	-0.219	-0.685	0.426
DO	-0.315	0.329	-0.213	1	0.951	-0.960	0.466	-0.286	-0.369	-0.363	-0.369	0.680	-0.018	-0.376	-0.376	0.107
Sat	-0.187	0.261	-0.234	0.991	1	-0.998	0.521	-0.259	-0.456	-0.418	-0.425	0.674	-0.144	-0.429	-0.360	0.080
AOU	0.192	-0.260	0.247	-0.992	-0.999	1	-0.535	0.270	0.450	0.415	0.422	-0.665	0.136	0.426	0.360	-0.107
COD	-0.302	-0.138	-0.285	0.479	0.452	-0.453	1	0.164	-0.479	-0.461	-0.460	0.272	-0.131	-0.453	0.114	0.048
NH ₄	0.046	-0.433	-0.040	-0.208	-0.199	0.209	0.040	1	0.073	-0.101	-0.081	-0.130	-0.386	-0.082	0.651	-0.522
NO ₂	0.208	-0.441	-0.062	-0.022	0.006	-0.003	0.084	0.270	1	0.882	0.887	-0.467	0.429	0.885	-0.136	0.181
NO ₃	-0.128	-0.639	-0.294	0.013	-0.009	0.005	0.631	0.529	0.342	1	1.000	-0.538	0.685	0.999	-0.161	0.069
DIN	-0.106	-0.654	-0.258	-0.032	-0.050	0.048	0.571	0.642	0.394	0.990	1	-0.541	0.677	1.000	-0.149	0.061
DIP	0.159	-0.308	-0.006	0.112	0.140	-0.140	0.413	0.103	0.271	0.381	0.369	1	-0.298	-0.553	-0.155	-0.175
SI(OH) ₄	-0.152	-0.626	-0.275	0.004	-0.020	0.017	0.614	0.536	0.362	0.981	0.975	0.286	1	0.684	-0.244	-0.073
N/P	-0.258	-0.061	-0.069	-0.206	-0.249	0.251	-0.089	0.475	-0.135	0.216	0.257	-0.647	0.296	1	-0.149	0.059
SS	-0.062	0.004	0.005	0.137	0.141	-0.132	0.495	-0.145	-0.046	0.229	0.270	0.309	0.233	-0.082	1	-0.417
Chl	0.137	-0.154	-0.249	0.230	0.261	-0.260	-0.247	0.243	0.514	-0.110	0.055	-0.202	0.456	0.235	-0.165	1

Table 3. Correlation matrix between chlorophyll-a and physio-chemical parameters in Kogum-sudo (upper: summer, lower: autumn)

	Temp	Sal	Transp	DO	Sat	AOU	COD	NH ₄	NO ₂	NO ₃	DIN	DIP	SI(OH) ₄	N/P	SS	Chl-a
Temp	1	-0.850	-0.265	0.482	0.470	-0.487	0.277	-0.009	-0.084	0.198	0.184	-0.011	0.380	0.001		0.145
Sal	-0.060	1	0.213	-0.581	-0.572	0.587	-0.284	0.071	0.121	-0.197	-0.172	0.089	-0.625	-0.134		-0.299
Transp	0.689	-0.218	1	-0.559	-0.558	0.554	-0.376	-0.072	0.482	-0.066	-0.037	0.125	0.392	0.041		-0.564
DO	0.398	-0.068	0.189	1	1.000	-0.998	0.569	-0.258	-0.436	0.372	0.294	0.183	-0.002	-0.008		0.651
Sat	0.111	0.173	0.050	0.193	1	-0.998	0.567	-0.262	-0.440	0.370	0.291	0.183	-0.007	-0.007		0.654
AOU	-0.421	0.077	-0.208	-0.999	-0.164	1	-0.572	0.265	0.425	-0.382	-0.303	-0.189	-0.005	0.003		-0.654
COD	-0.405	-0.076	-0.026	0.034	0.024	-0.024	1	-0.285	-0.145	0.568	0.498	0.554	-0.127	-0.225		0.531
NH ₄	0.275	-0.257	0.325	0.447	0.301	-0.448	0.181	1	0.389	-0.036	0.111	-0.023	-0.010	0.157		-0.259
NO ₂	0.270	0.085	0.325	0.458	-0.243	-0.482	-0.307	0.026	1	0.497	0.593	0.474	0.373	0.140		-0.274
NO ₃	0.367	-0.122	0.572	0.689	0.158	-0.693	-0.117	0.647	0.511	1	0.988	0.854	0.128	0.038		0.359
DIN	0.367	-0.123	0.572	0.690	0.158	-0.693	-0.116	0.650	0.510	1.000	1	0.848	0.149	0.065		0.296
DIP	-0.118	0.474	0.229	-0.379	0.471	0.400	0.080	0.090	-0.342	0.005	0.005	1	-0.040	-0.303		0.291
SI(OH) ₄	0.601	0.096	0.236	0.629	0.259	-0.635	-0.548	0.180	0.292	0.469	0.468	-0.207	1	0.149		-0.129
N/P	0.371	-0.123	0.569	0.695	0.171	-0.699	-0.115	0.653	0.509	1.000	1.000	0.002	0.475	1		0.007
SS	-0.403	0.180	-0.680	0.168	0.072	-0.156	-0.220	-0.233	0.211	-0.228	-0.228	-0.282	0.146	-0.225	1	
Chl-a	0.629	-0.138	0.054	0.494	0.298	-0.503	-0.445	0.547	0.099	0.399	0.401	-0.331	0.690	0.410	0.015	1

에 접어들어 유기물 분해에 의한 영양염류 재순환이 이루어지고 있는 것으로 보여지며(Fogg and Thake, 1987), 영양염류 역시 담수유입에 의해 얼마간 공급은 되고 있으나, 유기물과의 강한 양의 상관으로부터 유기물분해에 의한 재 순환의 비율이 매우 높은 것으로 판단된다.

Table 3에서 여름의 경우, 엽록소 양은 투명도 및 AOU와 강한 음의 상관, 용존산소와 강한 양의 상관 DIN, DIP와는 약한 양의 상관을 보이고 있으며, 영양염류 중 DIN은 염분과 약한 음의 상관, COD와는 비교적 강한 양의 상관을 나타내고 있고, DIP는 염분과 약한 양의 상관, COD

와 강한 양의 상관을 나타내고 있는 반면, 규산염은 염분과 강한 음의 상관, COD와도 약한 음의 상관을 보이고 있다. 이로부터 여름철도 봄철과 같이 식물플랑크톤 생물량은 활발한 영양염류의 흡수, 동화에 의한 생물생산보다 성장 쇠퇴기에 있는 것으로 판단되며, 영양염류 중에 규산염은 전적으로 담수유입에 의해 공급되고 있으나, 기타 질소와 인은 담수 유입보다 유기물 분해에 의한 영양염의 재순환에 의존하는 비율이 높은 것으로 판단된다. 가을철의 경우, 엽록소 양은 수온, 암모니아, 규산염 및 N/P 비와 강한 양의 상관을 나타내는 반면, AOU, DIP와 음의

상관을 나타내고 있고, 영양염류는 염분이나 유기물량 보다 투명도와 강한 양의 상관을 나타내고 있다. 이로부터 가을철 엽록소 양은 질소, 인 등 개별적 변동보다 N/P 비의 변동에 의해 더욱 영향을 받는 것(윤, 1992)으로 보여지며, 영양염류는 담수유입이나 해역내의 영양염의 재순환보다 비교적 맑은 외해수의 유입에 의해 공급되는 것(양 등, 1995)으로 판단되었다. 다만, 본 항에서 언급하는 엽록소 양의 변동요인은 식물플랑크톤 성장단계와 종에 따라 다소 차이는 있으나, 수일 또는 수주를 한 단위로 하고 있기에 계절적인 경향이기 보다 조사시점의 경향으로 보아야 할 것으로 판단된다.

결 론

거금수도 해역은 수로적 특징으로 빠른 유속과 조석혼합 등으로 성층의 발달은 보이지 않았으며, 저층의 풍부한 영양염류가 표층으로 원활히 공급되어, 해조류 양식장 등으로서 최적의 조건을 구비하고 있으나, 높은 부유물질량에 의해 서식생물에의 나쁜 영향도 우려되었다.

영양염류는 연간 기초생물의 생산활동을 영위할 수 있는 충분한 농도가 용존하고 있고, 질소와 인의 농도는 비교적 높은 반면, 규산염의 농도가 매우 낮은 특성을 나타내었다. 특히, 거금수도의 영양염류 공급원은 육상으로부터의 담수유입에 의한 비율보다 해역내 유기물 분해에 의한 영양염의 재순환과 외해수의 유입에 의한 비가 높은 것으로 판단되었다. 이에 따라서 해저에 유기물 축적이 과다하게 이루어질 경우에는 식물플랑크톤 우점종 천이가 발생하여 적조발생 등 어장 환경에의 악영향도 추측된다.

식물플랑크톤의 생물량은 복잡한 물리·화학적 환경요인에 의해 변동되는 특성을 나타내나, 영양염류만을 고려할 때, 여름에는 인산염의 용존량에 의해, 기타 계절은 용존질소의 용존량에 의해 성장이 지배되는 것으로 나타났다. 수질특성과 엽록소 양의 분포경향으로 거금수도는 현재 부영양화의 초기단계 수준으로 현재의 높은 생물생산을 오랜 기간 지속시키기 위해서는 효율적인 해역의 이용과 관리 방안이 시급히 마련되어야 할 것으로 판단되었다.

요 약

거금수도의 수질환경과 엽록소 양의 계절변동 특성을 파악하기 위한 현장조사를 1993년 2월, 4월, 8월과 10월 4

회에 걸쳐 계절별로 수로내 25개 관측점의 표층과 저층 해수를 대상으로 실시하였다.

대상 환경요인은 물리·화학적 환경요인으로 수온, 염분, 현장밀도, 투명도, 용존산소량(산소포화도와 겉보기 산소소비 포함), 화학적산소요구량, 영양염류(암모니아염, 아질산염, 질산염, 인산염 그리고 규산염), N/P 비 그리고 총부유물질량이고, 생물학적으로서 엽록소 양을 측정, 분석하였다.

결과, 거금수도 해역은 빠른 유속과 조석혼합 등으로 성층의 발달은 보이지 않았으며, 일부 계절과 항목을 제외하고는 표층과 저층의 관측 값에 차이를 나타내고 있지 않았다.

또한, 수로적 특성으로 저층의 풍부한 영양염류가 표층으로 원활히 공급되어, 해조류 양식장 등으로서 최적의 조건을 구비하고 있으나, 높은 부유물질량에 의해 서식생물에의 나쁜 영향도 우려되었다.

영양염류는 연간 기초생물의 생산활동을 영위할 수 있는 충분한 농도가 용존하고 있고, 질소와 인의 농도는 비교적 높은 반면, 규산염의 농도가 매우 낮은 특성을 나타내었다. 특히, 거금수도의 영양염류 공급원은 육상으로부터의 담수유입에 의한 비율보다 해역 내 유기물 분해에 의한 영양염류의 재순환과 비교적 높은 영양염류를 포함하는 남해 연안수의 유입에 의한 비가 높은 것으로 판단되었다.

식물플랑크톤의 생물량은 복잡한 물리·화학적 환경요인에 의해 변동되는 특성을 나타내나, 영양염류만을 고려할 때, 여름에는 인산염의 용존량에 의해, 기타 계절은 용존질소의 용존량에 의해 성장이 지배되는 것으로 나타났다.

거금수도는 현재 부영양화의 초기단계 수준으로 높은 생물생산이 가능하나, 영양염류의 불균형, 해저 퇴적물에 유기물의 축적현상 등으로, 현재의 높은 생물생산을 오랜 기간 지속시키기 위해서는 효율적인 해역의 이용과 관리 방안이 시급히 마련되어야 할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 1992년 전라남도가 시행한 “어장의 입체적 이용을 위한 어장환경조사와 복합이용 방안”의 일환으로 이루어진 내용으로, 연구의 기회를 제공해준 전라남도에 감사의 뜻을 전한다. 아울러 현장조사 및 자료분석에 도움을 준 고흥군 풍남 어촌계 관계자와 여수대학교 해양학

과 김성아, 김남동, 정성희, 문경원, 오석진 군 및 동학과 생물해양학 연구실 소속학생 제군들에게도 감사의 뜻을 전한다.

참 고 문 헌

- Boaden, P. J. S. and R. Seed, 1985. An introduction to coastal ecology. Chapman and Hall, New York, America : 218 pp.
- Fogg, G. E. and B. Thake, 1987. Algal cultures and phytoplankton ecology(3rd ed.). The University of Wisconsin Press, Wisconsin, America : 267 pp.
- Hecky, R. E. and P. Kilham, 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments; A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.*, 33 : 796-822.
- Heinrich, A. K., 1962. The life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the ocean. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 27 : 15-24.
- Kain, J. M. and G. E. Fogg, 1960. Studies on the growth of marine phytoplankton. III. *Prorocentrum micans* Ehrenberg. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 39 : 33-50.
- Lee, B.-G., 1994. A study of physical oceanographic characteristics of Deukryang Bay using numerical and analytical model in summer. Ph.D thesis, Nat'l Fish. Univ., Pusan, Korea : 145 pp.
- Parsons, T. R., M. Takahashi and B. Hargrave, 1984. Biological oceanographic processes (3rd ed.). Pergamon press, Oxford, England : 330 pp.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. p. 26~77. *The Sea. Vol. 2, The composition of sea-water comparative and descriptive oceanography* (Hill, M. N.(ed.)). John Wiley & Son, New York, America.
- Rhee, G-Y., 1978. Effect on N/P atomic ratios and nitrate limitation on algae growth, cell composition, and nitrate uptake: a study of dual nutrient limitation. *Limnology and Oceanography*, 23 : 10-25.
- SCOR-Unesco, 1966. Determination of Photosynthetic pigments. p.10-18. *Determination of Photosynthetic Pigments in the Sea-water*(ed, Unesco). Paris, France.
- Strickland, J. D. H., O. Holm-Hansen, R. W. Epply and R. J. Linn, 1969. The use of a deep tank in plankton ecology. I. Studies of the growth and composition of phytoplankton crops at low nutrient levels. *Limnology and Oceanography*, 14 : 23-34.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish. Res. Bd. Canada, Bull., 167 : 310 pp.
- Tsunogai, S., and Y. Watanabe, 1983. Role of dissolved silicate in the occurrence of a phytoplankton bloom. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 39 : 231-239.
- 김상우 · 조규대 · 노홍길 · 이재철 · 김상현 · 신상일, 1995. 1992~93년 하계 득량만의 수온과 염분의 분포. *한국수산학회지*, 28 : 7-14.
- 양한섭 · 김성수 · 김규범, 1995. 득량만 표층수중 영양염류의 시공간적 분포특성 1. 영양염류의 계절변화와 기조생산 제한인자. *한국수산학회지*, 28 : 475-488.
- 윤양호, 1992. 다변량해석에 의한 여수연안해역 식물플랑크톤 군집의 변동특성. *한국수질보전학회지*, 8 : 141-149.
- 윤양호, 1994. 해역의 부영양화와 적조. p.219-231. *해양과학 (양성기 외 2)*. 문운당, 서울, 한국.
- 윤양호 · 고남표, 1994. 거금수도내 양식어장의 해양환경 특성 1. 식물플랑크톤 군집의 계절변동. *한국양식학회지*, 8 : 47-58.
- 윤양호, 1998. 완도 신지도 연안해역 표층퇴적물 중의 유기물 분포에 대하여. *여수대학교 논문집*, 13 : 1135-1151.
- 윤양호, 1999. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성. 2. 수질환경과 엽록소 a량의 변동특성. *한국환경과학회지*, 투고중.
- 추효상 · 이규형 · 윤양호, 1997. 거금수도 해역의 수온과 염분의 변동. *한국수산학회지*, 30 : 252-263.
- 통상산업부 · 환경부 · 건설교통부 · 과학기술처 · 경찰청 · 수산청 · 해운항만청 · 기상청, 1996. *해양오염방지 5개년 계획*. 행정간행물 12000-67440-97-9615 : 438 pp.
- 角皆 静男, 1979. 植物プランクトン組成を決定する第一因子としての溶存ケイ素. *北海道大學水産學部彙報*, 30 : 314~322.
- 坂本 市太郎, 1986. 魚類給飼養殖の視點からの窒素リン負荷の規制. p.96-133. *漁業からみた閉鎖性海域の窒素・リン規制*(村上 彰男編). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 村上 彰南 編, 1986. *漁業からみた閉鎖性海域の窒素リン規制*. 恒星社厚生閣, 東京, 日本 : 155 pp.
- 日本海洋學會 編, 1985. *海洋觀測指針*. 日本海洋學會, 東京, 日本 : 428 pp.
- 日本水産資源保護協會編, 1980. *新編 水質汚濁調査指針*. 恒星社厚生閣. 東京, 日本 : 552 pp.
- 吉田 陽一, 1973. 低次生産段階における生物生産の變化. p. 92-103. *水圏の富營養化と水産増養殖*(日本水産學會 編). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 尹良湖, 1989. 瀬戸内海における植物プランクトン, 特に赤潮生物の増殖に及ぼす環境特性. 廣島大學 大學院 生物圏科學研究科 博士學位論文, 361 pp.