

광양만 주변해역의 식물플랑크톤의 군집특성

최 승 호¹⁾ · 노 일²⁾

Characteristics of Phytoplankton Community in the Vicinity of Kwangyang Bay, Korea

ABSTRACT

This study was made in order to clarify species composition, biomass and distribution pattern of phytoplankton community, and to investigate relationship between phytoplankton and environmental factors of the study area.

Sampling and observation of seawater for analysis of physico-chemical parameters and of phytoplankton were made at 11 stations in the vicinity of Kwangyang Bay from January to May and from July to December of 1997.

188 taxa of phytoplankton representing 33 families, 67 genera, 184 species, 2 varieties, and 2 forms have been identified and occurred in this study area were almost neritic species. Monthly succession of dominant species is showed that *Eucampia zodiacus* is predominant in January and February, *Rhizosolenia delicatula* and *Eucampia zodiacus* are predominant in March, *Fragilaria islandica*, *Thalassiothrix frauenfeldii* are predominant in April, *Thalassiothrix frauenfeldii* is predominant in May, *Chaetoceros* sp. A, *Skeletonema costatum* are predominant in July, *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus* are predominant in August, *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum* are predominant in September, *Chaetoceros* sp. A are predominant in October, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira hyalina* are predominant in November and December.

1) 한국해양대학교 해양공학과

2) 한국해양대학교 환경공학과교수

The phytoplankton species composition show maximum in January and minimum in May and standing stocks exhibits relatively similar or larger than those of other coastal areas in the Southern Sea. Especially diatoms appeared that March, August and October were high biomass but April was lowest. On the monthly phytoplankton standing stocks seem to be controlled mainly by nutrient, temperature and grazing.

The species diversity is rather low in general and shows temporal variation, which seem to be controlled mainly by grazing, environmental stability and spatial unstability.

In this study area, distribution of phytoplankton showed that distributional characteristic was supported by oceanic water input and variation of current, partially affected environmental variation by waste water input from manufacturing district and freshwater input.

In order to investigate factors influencing the dominant phytoplankton standing stocks a multiple regression analysis was adopted for the correlation between standing stocks and environmental factors. The results showed that the environmental factors, which predominantly influenced the distribution of the phytoplankton communities were water temperature, dissolved oxygen and nutrient concentration.

Key Words : phytoplankton, environmental

1. 서론

광양만은 경상남도와 전라남도 사이에 위치한 천해성 내만으로 여수반도와 남해도에 둘러싸인 약 230km²의 만으로, 만내에는 묘도를 위시한 이십 여개의 섬들이 산재해 있다. 남쪽으로는 여수해만을 통해 외해와 연결되며, 동쪽은 노랑해협을 통하여 진주만으로 연결된다. 만내로는 여러 하천이 유입하고 있으나 섬진강을 통하여 연간 약 $5.8 \sim 8.7 \times 10^8$ 톤의 하천수가 유입되고 있고 그 외의 하천은 유입량이 많지 않으며(박 등, 1984) 섬진강 하구에는 삼각주가 발달하고 있다. 수심은 만의 서쪽과 북쪽은 대체로 5m이하로 얕으며, 노랑해협에서 여수만으로 이어지는 동쪽은 20m이상의 수심을 갖는다. 만의 중앙에 위치한 묘도의 북쪽과 남쪽은 수심

10m이상으로 조류가 반대로 진입하는 수로를 이루고 있다(Fig. 1).

해양의 수질오염정도를 파악하는 방법으로, 시간적·공간적 한계성을 보완하기 위해 조사 해역의 물리·화학적 특성과 지표생물을 이용한 해양오염 상태를 측정하고 기준치를 통해 수질을 평가하는 방법이 고려되고 있다(국, 1990). 해양 생태계 내에서 식물플랑크톤은 무기물질과 생물계 사이의 주요 연결체로 전 해양 먹이망의 기초가 되는 1차 생산자이다. 따라서 식물플랑크톤의 변화는 곧 전 생태계에 영향을 미치기 때문에 식물플랑크톤의 분포양상과 군집구조를 환경요인과 아울러 연구하는 것은 필수적이다(신, 1984).

본 연구는 지금까지 이화학적 환경요소들에 의해 해양수질을 평가하는 물리·화학적 수질평가 기법과 생물학적 수질평가 기법 등의 기본적인 방법을 사용하여 조사해역의 수질특성을 조사하였으며, 특히 광양만 주변해역의 식물플랑크톤의 종 조성 및 현존량을 조사한 후, 수질특성의 변화와 식물플랑크톤 군집의 상호연관성이부를 찾아내고자 시도하였다.

2. 재료 및 방법

12가지 환경요인의 분석은 수온 및 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO)는 현장에서 직접 측정하였으며, 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 엽록소(Chlorophyll) a, 영양염류(Nutrient)를 위한 해수 시료는 van Dorn 채수기를 사용하여 채수하였고, 채수된 시료는 각 수질 항목에 적절한 방법을 사용하여 분석 전까지 보존하였다(환, 1991). 식물플랑크톤의 정성분석을 위한 시료는 기타하라시 식물플랑크톤 채집망을 사용하여 각 정점에서 경사 예인하여 채집했고 정량적 분포를 알기 위한 시료는 van-Dorn 채수기로 표층과 적층에서 1ℓ씩 채수하였으며, 선상에서 4% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하여 24시간 이상 시료를 잠질시킬 다음 상등액을 제거한 후 150~200㎖로 농축하여 잘 섞은 뒤 automatic pipette(1㎖, Kartell)으로 1㎖를 취하여 Sedgewick Rafter Chamber계수기를 사용하여 100, 150, 400, 1500배의 배율하에서 동정·계수하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 환경특성

수온은 춘계 10.8~12.6℃, 하계 20.0~26.3℃, 추계 17.4~20.4℃, 동계 10.1~16.7℃로 변한다. 계절별 평균 수온이 춘계 11.3℃, 하계 23.3℃, 추계 18.7℃, 동계 11.1℃로 계절에 따른 변화가 큰데 비해 표층과 저층간의 수온변화는 거의 없다.

염분은 춘계 30.8~31.6psu, 하계 27.8~31.4psu, 추계 33.4~34.6psu, 동계 32.3~34.9psu로 변한다. 담수의 유입이 많은 하계에 가장 낮으며, 외해로 갈수록 염분이 증가하는 경향을 보여 섬진강으로부터의 담수유입이 광양만의 염분을 좌우하는 가장 큰 요인으로 작용한다.

수소이온농도(pH)는 춘계 7.99~8.13, 하계 7.92~8.09, 추계 7.30~8.36, 동계 7.90~7.97로 변한다. 표층과 저층간의 pH 농도차는 크지 않았다. 해수에서의 수소이온농도는 pH 7.6에서 8.3 정도의 변화폭을 갖지만(McConnaughey, 1973), 하구 역에서의 수소이온농도는 open sea에서보다 더 큰 변화를 보인다(Harvey, 1960). 또한, 해수의 pH는 자체 내의 완충작용이 크기 때문에 비교적 변화폭이 적은 환경요인 중의 하나로서, pH의 변화에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 다량의 담수 유입, 산성 및 알칼리성의 공장폐수 방출 그리고 식물플랑크톤의 광합성 활동과 같은 생물활동 등을 들 수 있다(서, 1985).

용존산소량은 춘계 7.7~8.4mg/l, 하계 3.8~7.1mg/l, 추계 7.8~8.9mg/l였으며 동계에는 측정하지 못하였다. 비교적 수심이 깊고 외양수와 혼합이 원활한 여수 해만 부근의 정점에서 높게 측정된 반면, 해수의 정체가 나타날 것으로 여겨진 광양만 내만에 인접한 정점에서 낮은 농도값이 조사되었으나 정점간의 변화폭은 크지 않았다. 용존산소의 농도차는 시기적으로 상이한 수온, 염분, 해수 유동 등의 물리적 요인과 플랑크톤 및 각종 미생물의 활동 변화에 의한 생물적인 요인 그리고 조사시기에 대기·해수면 경계층에서의 기체 산소의 분자 확산 및 혼합 등과 같은 물리적인 요인이 크게 작용한 것으로 사료된다. 일반적으로 용존산소는 고온수보다 저온수의 환경에서 용해도가 더 크기때문에 겨울철에 높게 나타나고 여름철에 낮은 농도를 보인다(Riely and Chester, 1971).

화학적 산소요구량은 춘계 1.2~4.8mg/l, 하계 3.0~9.6mg/l, 추계 0.4~3.1mg/l, 동계 1.6~4.6mg/l로 변했다. 전체적으로 광양만에서 외양역으로 갈수록 낮은 농도값이 조사되었으나 정점간 농도차는 최대, 최소치를 제외하면 비교적 소폭의 분

포차를 보이기도 있었다.

부유물질의 농도는 총계 7.9~33.5mg/ℓ, 하계 1.6~48.8mg/ℓ, 추계 10.1~24.1mg/ℓ, 동계 11.4~43.7mg/ℓ의 범위였다. 광양만 내만역과 POSCO 및 하동화력발전소 부근에서 다소 높은 부유물질 농도값이 측정되었으며, 표층보다 저층에서 부유물질의 농도가 더 높게 나타났다. 부유물질은, 조사해역의 해황과 육지로부터 유입되는 많은 입자성 물질에 의해 농도값이 크게 변할 수 있는데, 부유물질 농도의 증가에 대해 장(1996)은 총계 식물플랑크톤의 대변성도 작은 요인이지만 대체로 인근 해역의 배림 및 준설 작업등으로 인한 부유 토사의 발생량 증가에 의한 것이 가장 큰 요인으로 작용함을 고찰한 바, 본 조사해역의 경우, 인근에 위치한 입해 공업단지화 하동화력발전소 등을 왕래하는 많은 선박의 항로 구축을 위한 준설공사, 그리고 POSCO 부근의 배림공사등이 행해지는 것으로 볼 때, 부유물질 농도의 증가 원인은 육지 근원의 부유 입자 유입보다 해역 내의 인위적인 활동에 의한 농도 증가가 큰 것으로 사료된다.

투명도는 평균 1.6~3.2m의 분포범위를 나타냈으며 광양만 내만역에서 낮은 투명도값이 조사되었으며, 진수 해면과 여수 해면 부근에서 높게 측정되었다. 전체적인 투명도는 크게 두 양상으로 나타났는데, 첫째, 광양만 내만에 위치한 정점들로, 이들 정점에서 부유물질 농도가 높게 나타난 것을 비추어 볼때, 본 지역에서 투명도와 부유물질과의 역 관계가 나타나지 않았다 사료된다. 둘째, 여수 해면 부근과 외양역의 정점들로, 본 정점들이 높은 투명도를 보인 것은 내만에 위치한 정점보다 수심이 깊으며 해수의 유동이 크고 오염원으로부터 비교적 멀리 떨어져 있기 때문인 것으로 사료된다.

영양염류는 암모니아태 질소(NH₄-N)의 평균 농도 분포가 2.20~29.9μg/ℓ의 범위로 나타났다. 아질산태 질소(NO₂-N)는 52.73~493.48μg/ℓ의 범위이고, 질산태 질소(NO₃-N)는 128.3~4034.3μg/ℓ의 범위로 나타났다. 질산태 질소(NO₃-N)는 비교적 안정되어 있고 수용성이 매우 크므로 아질산태 질소와는 달리 해수중에 상당량 존재해 있어 해양환경에서 주요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 인산염 인(PO₄-P)은 15.0~146.12μg/ℓ의 범위로 나타났다. 영양염류의 농도는 전반적으로 식물플랑크톤 성장에 요구되는 양보다도 훨씬 높은 정도인 나타났다.

3.2 식물플랑크톤

3.2.1 식물플랑크톤의 종조성

본 연구에서 식물 플랑크톤의 구계를 밝힘에 있어 규조류의 분류는 Simonsen(1974)의 분류체계를 따랐고 다편보조류와 기타의 분류는 Parke and Dixon(1976)의 체계를 따랐다. 본 연구에서 동정된 총 188종류를 분류한 결과 33과 67속 184종 2변종 2품종으로 구성됨이 밝혀졌다.

군집을 구성하는 식물 플랑크톤을 주요군류로 나누어보면 다음과 같다.

1) 矽藻類 : 전 출현종수의 70.8%를 점유하여 전 해역에 걸쳐 연중 공히 가장 우세하게 나타났다. 이들은 주로 연안종, 기수종인 규조류로 이루어져 있어 내만 기수역의 특징을 보이고 있다(Partick, 1967). 한편, 20종의 외양성과 난수종이 발견되었는데 이는 해역이 내만이면서도 조류때문에(Patrick, 1967) Kuroshio current의 영향을 다소 받고 있음을 보인다(최, 1966; Lee, Shim & Kim, 1967; Shim, 1980; Park, 1981; Shin, 1984). 규조류중 주요 속은 26종이 출현하는 Chaetoceros속, 14종이 출현하는 Thalassiosira속, 12종이 출현하는 Coscinodiscus속과 8종이 출현하는 Pleurosigma속이다.

본 조사해역에 출현하는 저생 규조류는 14종으로(Werner, 1977; Yamaji, 1991) 전 출현 규조류의 10.7%를 차지했다. 이 비율은 인천만(정·이, 1976), 경기만(정·심·이, 1971; Choi, 1982) 금강하구(Shim and Yang, 1982), 광양만(Shin, 1984)의 저생 규조류의 비율(13.6~18.6%)보다 다소 낮은 수준이다.

2) 渦鞭毛藻類 : 외편모조류는 모두 19속 49종 1변종이 밝혀졌으며, 춘계 11종, 하계 18종, 추계 3종 동계 1종이었다. 이는 전 출현종수의 26.6%를 점유하여 규조류 다음으로 중요한 구성 종군이다. 그러나 정량적으로 볼 때에는 그 중요성이 크지 않다. 대표적인 종은 *Ceratium furca*, *C. fusus*, *C. tripos*, *Prorocentrum micans* *P. compressum*, *Gonyaulax fractercula*등이다.

3) 기타 : Silicoflagellates 2종, Euglenoid 1종이 자주 출현하는데 비해 양은 매우 적었다. 섬진강 하구역에서는 담수종인 남조류 1종과 녹조류가 2종이 출현하여 담수의 영향이 큼을 뚜렷이 나타내고 있다.

대부분의 부유성 생물은 그들의 생활사가 환경변화의 주기보다 짧기 때문에 군집의 감쇠가 년중 여러차례 나타나게 된다(Jeffries, 1977). 따라서 계절에 따라 또는 월별로 식물플랑크톤의 군집의 종조성이 변한다.

계절별 주요 우점종은 Table 1에 나타냈다. 춘계에는 *Rizosolenia delicatula*가

대발생하여 전 개체수의 87.5%를 점유하여 우점종으로 나타났다. 하계에는 수온이 증가하면서 *Chaetoceros curvisetus*이 19.2%, *Skeletonema costatum*이 17.8% 그리고 *Chaetoceros debile*가 10.5%로 우점 출현하였다. 추계에는 *Chaetoceros debile*가 39.4%로 최우점하였으며, *Leptocylindrus danicus*가 22.1%의 점유율을 나타냈으며, 다른 *Chaetoceros*종들 전체 개체수의 11.5%를 점유해 *Chaetoceros*속의 총 점유율이 50.9%로 *Chaetoceros*속이 많이 출현한 것이 특징이다. 동계에는 *Skeletonema costatum*이 41.9%로 최우점하였고, *Thalassiosira hyalina*가 12.0%, *Asterionella japonica*가 4.0%로 우점 출현하였다.

Table 1. Dominant species of phytoplankton in the study area, 1997

Spring	<i>Eucampia zodiacus</i> , <i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>Chaetoceros curvisetus</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Nitzschia longissima</i> .
Summer	<i>Skeletonema costatum</i>
Autumn	<i>Chaetoceros debile</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i>
Winter	<i>Asterionella japonica</i> , <i>Chaetoceros debile</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Thalassiosira hyalina</i>

주요 분류군의 종조성에 있어서는 연안성 내만 종이 우위를 이루었으나 어수해만 부근의 정점과 일부 내만에 위치한 정점에서는 외양성 종도 출현량은 작으나 빈번히 출현한 것으로 미루어, 본 조사 해역이 내만특성을 잘 나타내면서 시기별로 외양수의 영향을 받는 생태학적으로 다양한 종조성을 나타내는 해역으로 사료된다.

3.2.2. 식물플랑크톤의 현존량 변화

식물플랑크톤의 현존량 측정은 표층과 저층에서 이루어졌으며, 월별 현존량의 변화는 표층과 저층간에 큰 차이는 없었으며, 표층의 경우 평균 106~675cells/ml, 저층의 경우 평균 91~509cells/ml의 변화를 나타냈다. 한편, 만의 위치에 따른 현존량은 다소 차이가 나타났으며, 표층의 현존량은 하동화력발전소 부근의 정점 2에서 연평균 가장 낮은 출현량(평균 207 cells/ml)을 나타냈으며 저층의 경우 내도부근의 정점 3에서 가장 낮은 출현량(평균 164 cells/ml)을 나타냈다. 또한 가장 출현량이 많은 지역은 표층은 광양만 내만쪽인 보도 부근의 정점 7에서(평균 494 cells/ml), 저층의 경우는 광양항 진입구역인 정점 9(평균 409 cells/ml)로 나타났

다. 전체적으로 광양만 내만지역의 정점에서 현존량이 높게 측정되었으며 진주해만쪽의 정점에서 낮게 측정되었다. 이는 여천공업단지와 광양제철소에서 배출되는 오염원과 하동화력발전소의 건설 및 가동에 따른 주변 환경의 변화에 기인한 것으로 사료된다.

광양만의 식물플랑크톤 현존량의 변화양상은 춘계에 *Rhizosolenia delicatula*,와 추계에 *Chaetoceros debilis*, *Leptocylindrus danicus*의 대발생을 보였으며, 이는 온대수역에서 연중 2회 춘·추계에 규조류의 대발생을 보이는(Parsons et al., 1977; Raymont, 1980; Tait, 1981) 전형적인 플랑크톤의 변화양상과 대체로 유사한 경향을 나타냈다.

Table 2. Phytoplankton standing stocks of each station

Unit : cells/ml

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ave.
Spring	S	416	467	690	627	622	752	1235	496	609	1087	427	675
	B	319	471	539	784	298	497	669	570	574	396	484	509
Summer	S	333	447	209	187	243	450	45	88	104	204	172	226
	B	-	-	-	282	97	194	237	153	145	140	129	172
Autumn	S	174	52	231	402	334	394	579	440	226	222	159	292
	B	-	-	-	-	-	-	-	572	422	266	222	371
Winter	S	152	158	50	82	92	236	112	110	81	39	55	106
	B	35	79	39	170	79	54	93	165	177	45	63	91

S : Surface B : Bottom - : not sampled

춘계의 현존량은 표층평균 675 cells/ml, 저층평균 509 cells/ml로 나타났다. 이는 *Rhizosolenia delicatula*의 대발생에 의한 것으로 표층역에서는 여천공업단지 부근의 정점 6, 7에서 각각 752, 1235cells/ml로 높게 나타났고, 여수해만 부근의 정점 10에서도 1087cells/ml로 높게 나타났다. 저층에서는 POSCO 앞 매립지 부근의 정점 4와 묘도 부근의 정점 7에서 784, 669 cells/ml로 높은 현존량을 보였다. 이는 암모니아 농도와 매우 밀접한 상관관계가 있음을 나타내고 있다. 일반적으로 플랑크톤 조류는 영양염류의 농도에 따라 그 생산량이 지배될 뿐아니라(Raymont, 1980) 특히 질소원중 암모니아를 선호하기 때문에(Strickland et al, 1969) 광양만의 경우 공장 폐수가 원인이 되는 암모니아의 양이 높은 수준의 현존량과 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 하계의 현존량 분포는 표층평균 226 cells/ml, 저층평균 172 cells/ml로 나타났다. 정점별로는 표층에서 여천공업단지

부근의 정점 6에서 450 cells/ml로 가장 높은 현존량을 나타냈으며, 묘도부근의 정점 7에서 45 cells/ml로 가장 낮은 현존량을 나타내 위치에 따른 식물플랑크톤의 현존량 변화가 심한 것으로 나타났다. 저층의 경우, POSCO앞 매립지 부근의 정점 4에서 282 cells/ml로 가장 높은 현존량을 나타냈으며, POSCO 부근의 정점 5에서 97 cells/ml로 가장 낮은 현존량 분포를 나타냈다. 하계에는 동물플랑크톤의 현존량이 급격히 감소함에 따른 섭식압력의 저하와 질소계 영양염 중 암모니아태 질소($\text{NH}_4\text{-N}$), 인산염 인($\text{PO}_4\text{-P}$) 등 영양염류의 증가로 인한 식물플랑크톤의 대번성이 이루어진 것으로 사료된다. 이는 Harvey(1955)가 영해협에서 식물플랑크톤과 동물성 부유생물량의 계절적인 변화에 대한 연구보고와 유사한 결과를 나타냈다. 수계 현존량은 표층평균 292 cells/ml, 저층평균 371 cells/ml로 나타났으며, 영양염류의 증가와 더불어 식물플랑크톤의 현존량이 증가하였다. 정점별 현존량 분포는 표층의 경우, 묘도부근의 정점 7에서 579 cells/ml로 가장 높은 현존량을 나타냈고, 하동화력발전소 부근의 정점 2에서 52 cells/ml로 가장 낮은 현존량 분포를 나타냈다. 동계의 현존량 분포는 표층평균 106 cells/ml, 저층평균 91 cells/ml로 나타났으며, 정점간의 분포는 표층의 경우, 여천 공업단지 부근의 정점 6에서 236 cells/ml로 가장 높은 현존량을 나타냈으며, 외양역인 이수해만 부근의 정점 10에서 39 cells/ml로 가장 낮은 현존량 분포를 나타냈다. 저층의 경우, 광양항 진입로 부근인 정점 9에서 177 cells/ml로 가장 높은 현존량을 나타냈으며, 진주해만 부근의 정점 1에서 35 cells/ml로 가장 낮은 밀도의 현존량을 나타냈다.

위의 결과로 미루어 볼 때 조사해역의 식물플랑크톤의 현존량은 남해안의 타해역의 경우와 비교해 볼 때 비슷하거나 다소 높은 수준에 있다. 순계와 추계에 규조류의 대발생이 있었고 월별 식물플랑크톤의 현존량 변화를 지배하는 요인으로 는 암모니아의 농도를 비롯한 질소계 영양염류와 수온, 그리고 동물플랑크톤의 섭식압력으로 판단된다.

3.2.3. 식물플랑크톤 군집의 공간 분포

플랑크톤 군집은 해수의 이동에 의해 공간적 분포가 결정된다는 가장 보편적 원리에 입각하여 플랑크톤 군집의 공간분포를 고찰해 보면, 해수의 유동, 담수의 유입, 화학질량의 분포등이 중요한 변수로 작용한다(신, 1984). 따라서 만의 특성에 따른 지역적인 변화가 예견됨으로 조사해역의 각 정점에서 출현한 식물플랑크톤 분류군의 자료를 근거로 SAS 통계 Package를 이용하여 Cluster 분석과 유의

도를 작성하였다.

집괴분석의 결과를 보면 춘계에는 표층에서 정점 1, 2, 8, 11의 I 수역, 정점 3, 4, 5, 6, 9의 II 수역과 정점 7, 10의 III 수역으로 세 개의 수역으로 구분되었다. I 수역에서는 DO, COD, 투명도가 높게 나타났으며, II 수역에서는 수온, pH, chlorophyll-a, 질산태 질소가 높게 나타났다. III 수역에서는 SS, 암모니아태 질소, 아질산태 질소, 인산염 인이 높게 나타났다. I 수역의 주요종은 *Chaetoceros* sp., *Cyclindrotheca closterium*으로 나타났고, II 수역은 *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Thalassiosira hyalina*가 많이 출현하였다. III 수역에서는 *Asterionella japonica*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira gravida*등이 주요종으로 나타나 구성종의 차이가 난다. 저층의 경우 정점 1과 정점 5가 I 수역으로, 정점 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11이 II 수역, 정점 4와 정점 7이 III 수역으로 구분되었다. I 수역은 수온, pH와 COD가 높게 나타났으며, *Thalassiothrix frauenfeldii*가 주요종으로 나타났고, II 수역은 투명도가 높게 나타났으며, *Asterionella japonica*, *Leptocylindus danicus*, *Prorocentrum micans*등이 주요종으로 나타났다. III 수역은 SS와 암모니아태 질소, 아질산태 질소, 질산태 질소, 인산염 인의 영양염류가 높게 나타났으며, *Pleurosigma normanii*, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Thalassiosira gravida*, *Thalassiosira rotula*, *Thalassiothrix frauenfeldii*가 주요종으로 나타났고 가장 높은 현존량을 보였다. 춘계에는 표층과 저층 모두 *Rhizosolenia delicatula*와 *Eucampia zodiacus*의 현존량 분포에 의해 수역이 구분되었다.

하계에는 표층에서 정점 1과 정점 3이 I 수역으로, 정점 2와 정점 6이 III 수역으로, 그리고 그 외의 정점이 II 수역으로 구분되었다. I 수역에서는 타 수역에 비해 pH, DO와 질산태 질소가 높게 나타났으며, 주요종은 *Chaetoceros curvisetus*, *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*등이다. II 수역은 염분, COD, SS chlorophyll-a, 암모니아태 질소가 높게 나타났으며, 주요종은 *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros debile*, *Chaetoceros* sp., *Cyclindrotheca closterium*, *Cocchloidium catenatum*등이다. III 수역은 타 수역에 비해 수온이 높고 염분이 낮은(27.8psu) 환경이며 가장 높은 현존량을 나타냈는데 이는 광온성 종인 *Skeletonema costatum*의 현존량이 평균 112 cells/ml로 타해역에 비해 높게 나타났기 때문이다. 주요종은 *Chaetoceros curvisetus*, *Nitzschia longissima*, *Skeletonema costatum*등이다. 수역별 현존량은 III 수역이 가장 높은 밀도를 나타냈고, I 수역이 가장 낮은 밀도의 현존량을 나타냈다. 저층의 경우 정점 4가 I 수역, 정점 5, 6, 8, 9,

10이 II 수역, 정점 7이 III 수역으로 구분되었다. I 수역은 염분, pH, COD, 질산태 질소가 높게 나타났으며, II 수역은 타 수역에 비해 수온, SS, chlorophyll-a, 아질산태 질소가 높게 나타났다. III 수역은 암모니아태 질소와 인산염 인의 농도가 높게 나타났다. I 수역의 주요종은 *Thalassionema nitzschioides*, *Streptotheca thamensis*이고, II 수역은 *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros sp.*, *Nitzschia longissima*이다. III 수역은 *Chaetoceros decipines*와 *Nitzschia longissima*로 수역별로 구성의 차이를 보인다. 하계의 식물플랑크톤의 현존량에 의한 정점간 유의도는 크게 POSCO를 기준으로 여수 해반과 광양만, 진주만 일대의 세 영역으로 구분되었는데, 이러한 동물플랑크톤의 분포는 여수 해만을 시점으로 POSCO 부근에서 광양만과 대도 방향의 흐름을 가지는 두 방향의 해수유동(김, 1992; 한, 1995)과 계절에 따른 수온의 변화 등과 같은 일정한 주기의 환경변화에 비해, 일시적이고 예측할 수 없는 염분과 부유물질, 연안역으로 유입되는 불규칙한 담수량 등의 변화에 의한 영향을 더 받는 것으로 판단된다.

추계에는 표층에서 정점 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11이 I 수역으로, 정점 4와 정점 7이 II 수역으로 구분되어 두 개의 수역으로 대별되었다. II 수역은 I 수역에 비해 수온, pH, COD, 인산염 인등이 높게 나타났으며, 주요종은 I, II 수역 모두 우점 출현한 *Chaetoceros debile*, *Leptocylindrus danicus*를 비롯하여, *Nitzschia longissima*, *Thalassiosira rotula*, *Diploneis splendida*등으로 I 수역과 차이가 난다. 저층도 두 개의 수역으로 구분되었는데, 정점 8, 9, 10이 I 수역으로, 정점 11이 II 수역으로 대별되었다. I 수역은 II 수역에 비해 수온, pH, COD 및 영양염의 농도가 높게 나타났으며, 우점 출현한 *Chaetoceros debile*이 약 10배정도의 현존량 차이를 보이며 두 수역을 구분하였다. 이는 영양염의 농도가 I 수역과 II 수역에서 큰 차이를 보이는 것과 관계가 깊은 것으로 판단된다.

동계는 표층의 경우 정점 1, 2, 7, 8이 I 수역, 정점 6이 II 수역, 그 외의 정점이 III 수역으로 구분되어졌다. I 수역은 타수역에 비해 수온, pH, 암모니아태 질소가 높게 나타났으며, 주요종은 *Chaetoceros debile*, *Ditylum brightwellii*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula*이다. II 수역은 SS, 질산태 질소가 높게 나타났으며, *Chaetoceros compressum*, *Coscinodiscus sp.*, *Skeletonema costatum*이 주요종으로 나타났다. III 수역은 염분, chlorophyll-a, 아질산태 질소, 인산염 인, 투명도가 높게 나타났다. 주요종은 *Coscinodiscus sp.*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula*등으로 수역간 구성종의 차이가 크게 나타나지는

않았다. 수역간의 현존량의 분포는 II 수역에서 가장 높은 밀도를 나타냈으며, III 수역에서 가장 낮은 밀도를 나타냈다. 저층은 정점 4와 정점9가 II 수역으로, 정점 8이 III 수역, 그 밖의 정점들이 I 수역으로 구분되어 나타났다. I 수역은 SS와 인산염 인의 농도가 다른 수역에 비해 높게 나타났고, 주요종은 *Asterionella japonica*, *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* 등이다. II 수역은 염분, COD, chlorophyll-a, 암모니아태 질소, 아질산태 질소, 질산태 질소가 타 수역에 비해 높게 나타났으며, 주요종으로는 *Chaetoceros debile*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira rotula* 등이다. III 수역은 수온과 pH가 타 수역에 비해 높게 나타났으며, 주요종은 *Bacillaria paradoxa*, *Chaetoceros decipines*, *Thalassionema nitzschioides* 등으로 수역간 구성종의 차이가 난다.

광양만은 조수 간만의 차가 크고 해수의 유동이 심한 해역이기 때문에 식물플랑크톤의 시간에 따른 변화가 크다. 그러므로 1회 정도의 관측으로 그 달의 식물플랑크톤의 분포양상을 대표하기는 어렵다(Shim and Yoo, 1982). 따라서 수역의 구분은 시료의 채집시간에 따라 크게 바뀔 수 있으므로 본 연구에서 규명된 수역의 구분은 단지 조사 당시의 특성을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

4. 결론

조사기간중 섬진강에서 광양만으로 담수의 유입이 있었으나 하계의 많은 강우량에 의한 경우를 제외하면 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 분포에 큰 영향을 주지 못했으며, 환경요인의 공간분포는 담수와 해수의 혼합이 잘 이루어져 큰 차이를 보이지 않았으나 시기별 변화폭은 주변 환경에 영향을 많이 받는 온대 만의 전형적인 pattern을 따르고 있었다(Kim, 1984).

본 조사시기에 출현한 식물플랑크톤은 33과 67속 184종 2변종 2품종으로 대부분 연안종이었다. 식물플랑크톤의 계절별 우점종의 천이는 춘계에 *Rhizosolenia delicatula*와 *Eucampia zodiacus*, 하계에 *Chaetoceros*속과 *Skeletonema costatum*, 추계에 *Chaetoceros*속, 동계에 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira hyalina* 와 *Asterionella japonica*로 나타났다.

주요 분류군의 종조성에 있어서는 연안성 내만 종이 주류를 이루었으나 여수 해만 부근의 정점과 일부 내만에 위치한 정점에서는 외양성 종도 출현량은 작으

나 빈번히 출현한 것으로 비추어, 본 조사 해역이 내만특성을 잘 나타내면서 서기별로 외양수의 영향을 받는 생태학적으로 다양한 종조성을 나타내는 해역으로 사료된다. 식물플랑크톤의 현존량을 지배하는 요인으로는 암모니아의 농도를 비롯한 질소계 영양염과 수온, 그리고 동물플랑크톤의 섭식압력으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 김자겸·이필용, 1994. 진해만의 수괴구조와 용존산소 분포. 한수지, 27(5), p.572-582.
- [2] 양한준, 김용환, 1981. 광양만 부유생물의 조성 및 양의 계절적 변화. 여수수전 논문집, 15:35~45.
- [3] 노 일, 1981. 여수해단 및 인접해역의 동물성 플랑크톤의 종조성과 양적 분포에 대하여. 서울대 대학원 논문집, p.5-11.
- [4] 박용안, 이창복, 최진혁, 1981. 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한해지 19(1): p.82-88.
- [5] 신윤근, 1984. 1982년도 광양만 식물플랑크톤 군집에 관한 연구, 이학석사학위논문. 서울대학교, 74pp.
- [6] 심재형, 신은령, 최중기, 1981. 여수근해의 쌍편모조류에 관한 분류학적 연구. 한해지 16(2): p57-168
- [7] 심재형, 노 일, 1982. 여수 근해산 동물플랑크톤의 종조성과 양적분포. Proc. Coll. Natur. Sci. S.N.U., 7: 165-183.
- [8] 심한준, 김용환, 1981. 광양만 부유생물의 조성 및 양의 계절적 변화. 여수수전 논문집, 15: p.35-45
- [9] 송준복, 1986. 남해안 광양만의 조간대 해조류에 관한 생태학적 연구. 한해지 1(1): p.203-223.
- [10] 양한준, 1977. 분절 여수연안 규조류의 양과 조성. 여수수전 논문집 11: p71-81
- [11] 양한준, 1987. 분절 여수연안의 식물플랑크톤 색소량 분포. 여수수전 논문집 12: p82-88
- [12] 양한준, 김용환, 1981. 광양만 부유생물의 조성 및 양의 계절적 변화. 여수수전 논문집 15: p35-45
- [13] 이인주, 김영환, 이정호, 홍정우, 1975. 광양만의 해조류에 관한 연구 1. 해조

- 군집의 계절적 변화. 한식지 18(3): p.109-121.
- [14] 유광일, 홍순우, 하영철, 이정호. 1975. 플랑크톤 및 기초생산력 조사 연구. 호남정유공장을 중심으로한 광양만 일대의 수질, 해상 및 생태학적 조사. 과학기술처 STF-74-6: p.120-135.
- [15] 장민철. 1996. 부산 및 진해 연근해에 출현하는 동물플랑크톤 오염지표종 개발에 대한 연구. 한국해양대학교 대학원 석사논문.
- [16] 포항종합제철주식회사, 1988. 광양제철소 부지조성 환경영향평가.
- [17] American Public Health Association, 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19th Edition. p.4-80.
- [18] Choi, J. K. and Shim, J. H., The Ecological Study of Phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. IV. The Successional Mechanism and the Structure of the Phytoplankton Community. *J. Oceanol. Soc. Kor.* 23(1): 1-12.
- [19] Dorris. T. 1968. Biological parameters for water quality criteria. *Bio. Sci.* 18 : 477-81
- [20] EPA, 1976. Water quality criteria research of the U. S. Environmental Protection Agency. *Proceed. of EPA sponsored symp.*, EPA-600 (3-76-079) 185pp.
- [21] Forsberg, C. and S. O, Ryding, 1980. Water quality criteria. *Arch. für. Hydrobiol.*, 89: 189-207.
- [22] Harvey, H. w., 1955. The chemistry and fertility of sea water. Cambridge Univ. Press. 224pp.
- [23] Harvey, H. W., 1960. The Chemistry and Fertility of Sea Water. University Press.
- [24] Kang, C. J. 1974. A study on the seasonal variation of the water masses in the southern sea of Korea. *Bul. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*, 12: 107-121 (in Korean).
- [25] Lee, I. K. and Y. H. Kim, 1977. A study of on the marine algae in the Kwang Yang Bay, 3. The marain algal flora. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU* 2(1) : p.113-153.
- [26] Park, J. S. 1993. Study in the phenomena of coastal eutrophication and red

- tide. BSPE 9-4-1. 99pp
- [27] Park, Y.C. 1981. Community Structure and Spatial distribution of Phytoplankton in the South-Western Sea of Korea in June, 1980. Thesis M. S. Dept. Oceanogr. S.N.U. 50p.
- [28] Parke, R. T. and P. S. Dixon. 1976. Check-list of British Marine Algae 3rd revision. Mar. Biol. Ass. U. K. 56: 527-594.
- [29] Shim, J.H. 1981 Plankton distribution in the South Eastern Sea of Korea in September, 1981. In: Oceanographic Studies on the South Eastern Sea of Korea. Shim et al. 1982. Rep. Res. Inst. Basic Sci., S.N.U. pp. 41-85
- [30] Shim, J. H. 1983. A Biological Oceanographic Study on the Southern Waters of Korea Eastern
- [31] Vollenweider, R. A. and J. S. Kerekers, 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring Assessment and Control. OECD, Paris, 82pp.
- [32] Yoo, K. I. and J. H. Lee. 1980. Environmental studies of the Jinhae Bay 2. Environmental parameters in relation to phytoplankton population dynamics. *J. Oceanol. Soc. Korea*, Vol. 15, No. 1, p.62-65.

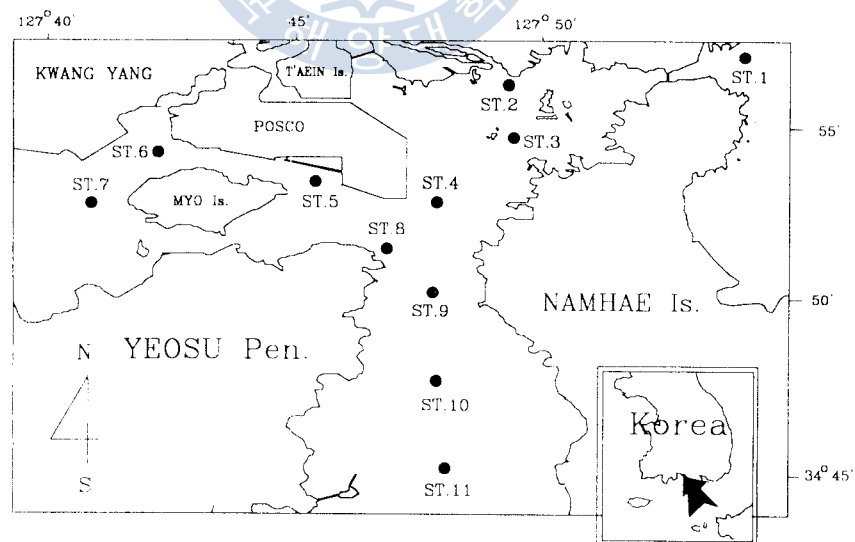


Fig. 1 Map showing the sampling stations in the study area.

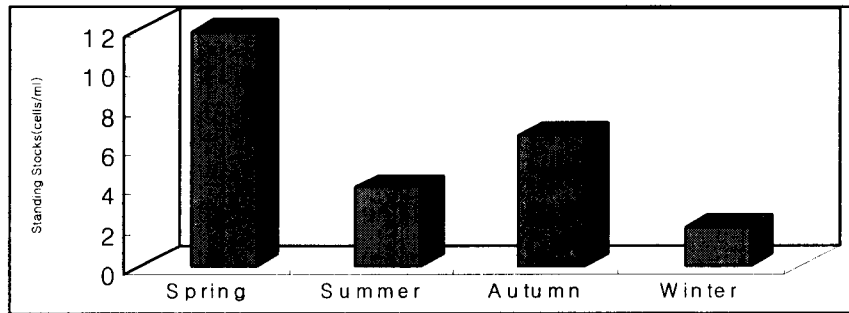


Fig. 2 Seasonal Variations of Phytoplankton Standing stocks in study area

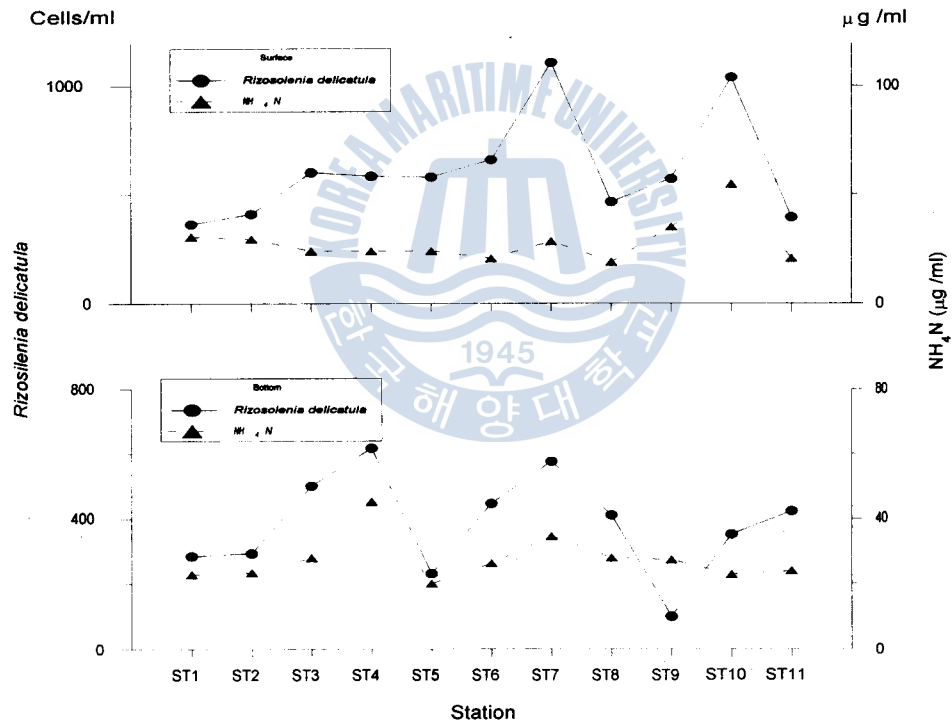


Fig. 3 Relationship between NH₄-N and Rizosolenia delicatula cell density in March, 1997