

PD6) 황해 동부해역에서 식물플랑크톤 군집의
시공간적 분포에 미치는 환경요인에 관한 연구

박승윤, 손재경, 윤숙경, 허승, 김성진
국립수산과학원 서해수산연구소

1. 서 론

황해는 우리나라와 중국 및 북한 등 지리적으로 동일한 환경 영향을 형성하고 있는 해역으로서 최근 이들 국가들의 급격한 경제 성장과 더불어 야기되는 생활하수 및 산업 폐기물의 증가는 해양환경을 오염시키는 주요 원인이 되고 중국 양자강 및 황하과 같은 대규모 하천과 주변 한반도의 하천들로부터 상당량의 부유물질과 오염물이 황해로 유입되고 있어 (Zhou, 1995; Zhang, 1996; 홍 등, 1997; KORDI, 2002) 황해에서 해양식물플랑크톤의 성장에 가장 큰 영향을 미치는 영양염류의 공급원은 점차 증가하고 있는 실정이다. 이러한 환경을 유지하고 있는 황해에서 식물플랑크톤의 연구는 相川과 山田에 의해 1936과 1938년 처음 조사되었고, 이후 크게는 20여년을 주기로 1960년과 1980년대, 2000년대에 황해 근해역에 대한 물리화학적인 조사와 식물플랑크톤의 군집에 대한 조사가 있었으나 황해의 식물플랑크톤에 대해 일정기간 계속적인 시간적 공간적 연구는 미미한 실정으로 이에 대한 연구가 필요한 상황이다. 따라서 식물플랑크톤의 군집에 영향을 미치는 물리화학적 환경요인에 대해 시공간적 및 입체적으로 살펴보고, 기초생산자인 식물플랑크톤의 군집 특성을 계절적으로 파악하여 황해 동부해역의 해양환경에 따른 식물플랑크톤의 조성분포 특성을 구명하고자 한다.

2. 재료 및 실험방법

본 연구를 위한 조사는 2005년 2월부터 2006년 4월까지 격월로 총 8회에 걸쳐 실시하였으며, 조사해역은 124° 22' ~ 126° 01' E, 33° 58' ~ 36° 56' N의 황해 동부 근해역으로 국립수산과학원 서해수산연구소의 서해해양조사 조사정점인 6개선 25 정점에서 조사선(인천 888호, 293톤)을 이용하여 수행되었다.

조사항목은 물리화학적 환경요인으로 수온, 염분, 투명도, DO, COD, SS, 영양염류 (NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, SiO₂-Si), Chl-a 등을 시험선을 이용하여 현장관측 및 시료를 채집하여 전처리한 후 실험실에서 해양수산부의 해양환경공정시험법(2005)에 의거 분석 하였다. 식물플랑크톤은 정량, 정성분석을 위하여 시료를 채집하여 고정한 후 실험실로 운반하여 실험실에서 광학현미경(VANOX AHB T3)하에서 검경 및 Sedgwick Rafter Counting Chamber를 이용하여 계수하였다. 수질환경과 식물플랑크톤의 연관성을 알아보기 위해 PCA(Principal component analysis)의 통계 처리를 하여 상관 상태를 추정하였고, 각 측정 항목의 시공간적인 변동을 규명하기 위하여 제1모형 이항분산분석(Two factor model

I ANOVA)을 이용하였으며, 처리효과는 조사정점(25등급)과 조사월(8그룹) 그리고 조사수층(4등급)이고, 수질변동요인을 구명하기 위하여 격월별 수질항목간 상관분석(Spearman's correlation analysis)을 통하여 $\alpha=0.05$ 유의 수준에서 유의성을 검증하였고, 상기의 분석은 PC SAS를 이용하였다.

3. 결과 및 요약

황해의 25개 조사정점의 표층수에 대한 해양환경요인 및 식물플랑크톤 현존량의 월별 조사결과를 종합하여 주성분분석(PCA)을 실시한 결과 주성분 I에서는 변화를 26.6% 설명할 수 있으며, 이중 질산질소가 가장 많이 기여하였고 이어서 용존무기질소, 규산규소, 수온, 용존산소, 암모니아질소 순으로 기여 하고 있었다. 주성분 II에서는 20.3%를 설명 할 수 있으며, 이중 용존산소가 가장 많이 기여하였고 그 외 엽록소 a, 수온, 염분, 규산규소, 식물플랑크톤 현존량 순으로 기여 하였다. 주성분 III에서는 15.1%를 설명 할 수 있으며, 이중 인산인이 가장 많이 기여하였고 그 외 염분, 아질산질소, 수온, 용존산소, 질산질소, 용존무기질소 순으로 기여하였다. PCA에 이용된 항목 중 부유물질을 제외한 모든 항목은 주성분 I, II, III에 5%이하 유의수준에서 의미 있는 상관성이 있었다.

주성분 I 은 질산성질소, 용존무기질소, 규산규소, 인산인과는 긍정적인 상관성 ($p<0.0001$)을 갖고, 수온, 암모니아질소와는 부정적인 상관성을 보였다 ($p<0.001$). 주성분 II에서는 용존산소, 엽록소 a, 식물플랑크톤 현존량은 긍정적 상관성을 나타내었고, 수온, 염분, 규산규소와는 부정적인 상관성을 보였으며 ($p<0.0001$), 주성분 III에서는 염분, 수온, 질산질소, 용존무기질소, 식물플랑크톤 현존량과는 긍정적인 상관성 ($P<0.0001$)을 나타내었고 인산인, 아질산질소, 용존산소는 부정적인 상관성을 나타내었다 ($p<0.01$).

공간적인 분포특성은 조사정점에 따라 항목별 결과에 대한 분산이 커서 일정한 특성을 도출하기가 어려운 상태이나 대체로 PCA II축을 기준으로 상부인 1/4~2/4분면에 북부와 중부의 조사정점이 위치하고 음의 방향인 3/4~4/4분면에 중부와 남부의 조사정점이 위치하고 있어 북측의 307선과 308선 및 중부의 309선과 310선 그리고 남측의 311선과 312선으로 구분되어지는데 그 중에서 태안반도의 연안역인 307선의 03점은 계절에 변화가 가장 커서 분산의 폭이 심한 상태로서 다른 조사정점들과 구분되어진다. 전반적으로 북측해역에서는 용존산소, 엽록소 a, 식물플랑크톤 현존량이 남측해역에 비해 상대적으로 많은 반면, 남측해역은 수온과 염분 및 규산규소가 높은 상태이었다. 북쪽인 307선과 308선은 연안역과 외해에서 상대적으로 영양염류가 높았으며, 중부인 309선과 310선은 연안역과 준 외해역인 07점과 09점에서 영양염류가 높았었고, 남부 해역인 311선과 312선에서는 연안역에서 영양염류가 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. 즉 황해 동부는 연안역에서는 조석간만의 차가 심하고, 새만금 및 시호호등과 같은 대규모의 간척 매립으로 육상의 오염원이 자정작용을 거치지 못하고 직접 연안으로 유입되고 있는 실정이다. 또한 10여 년 전부터 육지의 모래부족으로 다량의 바다 모래가 채취되어 왔고 그 량이 점차 증가추세이며, 중부 외해역에서는 각종 폐기물 투기로 점차 영양염류의 부하량이 증가되고 있어 특히 질소계와 인의 영양염류 농도가 높아지고 있는 추세이다.

시간적 변동특성은 전반적으로 순환하는 형태를 유지하고 있다. 2005년 2월에는 질산질소, 용존무기질소, 규산규소, 인산인, 용존산소가 높았었으며 4월로 접어들면서 항목 간에 분산되는 경향을 보이면서 수온, 엽록소 a 및 식물플랑크톤이 증가 하면서 해역에 따라 좌우로 분산되는 경향을 나타내었고 6월에는 아질산질소를 제외한 영양염류가 감소하는 경향을 보였다. 8월에는 6월에 비해 수온이 높아지고 규산규소, 질산질소, 용존무기질소 등이 약간 증가추세이었으며 10월로 접어들면서 증가추세가 더 높아졌었고 12월에는 질산질소, 용존무기질소, 규산규소, 인산인, 용존산소가 높아졌었다. 2006년 4월에는 2005년 4월에 비해 수온, 엽록소 a, 식물플랑크톤의 현존량이 높아져서 전년 동시기와 약간 다른 양상을 보이고 있었다. 즉 동계인 2월을 시작으로 반 시계 또는 시계 방향으로 순환하는 형태를 유지하고 있으며, 4월을 2개년 비교해 보았을 때 해마다 해양환경에 따라 그 순환 정도 및 형태가 다를 것으로 추정된다.

감사의글

본 연구는 국립수산과학원 R&D과제인 “서해해양환경연구” 과제의 일환으로 수행된 것으로 현장조사에 적극 협조 해 주신 시험조사선 탐구 8호 직원께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 박승윤 · 박경수 · 김형철 · 김평중 · 김전풍 · 김숙양. 2006. 천수만의 수질환경특성과 장기변동. 한국환경과학회지 15: 447-460.
- 山田鐵雄. 1938. 昭和8年海洋觀測成績. プランクトン. 朝鮮水試 海洋調査要報 No. 8: 11-90.
- 심재형. 1994. 한국동식물도감. 제 34권 식물편 (해양식물플랑크톤). 교육부. 487 pp.
- 유성규. 1962. 1961년 9월 충청남도 연안(어청도, 천수만, 군산연안)에 있어서 Microplankton의 량 및 조성에 대한 연구. 중앙수산시험장 간사지기본조사보고서 제2호: 57-72.
- 윤용훈 · 박용향 · 봉종현. 1991. 황해 저층냉수의 특성과 남하에 대한 재조명. 한국지구과학회지 12: 25-37.
- 조성환. 2005. 황해의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 생태특성. 이학박사 학위논문. 부경대학교, 부산. 142 pp.
- 최 상. 1967. 한국해역의 식물플랑크톤에 관한 연구 II. 한국연안수역의 식물플랑크톤. 한국해양학회지 2: 1-12.
- 최 상. 1969. 한국해역의 식물플랑크톤의 연구. IV. 동해, 남해 및 서해해역의 식물플랑크톤. 한국해양학회지 4: 49-67.
- 한국해양연구원. 2002. 황해오염특성조사연구. 한국해양연구원, 안산. 847 pp.
- 홍기훈 · 김석현 · 정창수. 1997. 황해본역의 환경오염. 해양연구 19: 55-62.
- 해양수산부. 2005. 해양환경공정시험법. 서울. 397 pp
- Kurasige, H. 1943. Quantitative and qualitative characteristics of the marine diatom in the coastal water of Taiyato at the Yellow Sea side of Tyosen, in comparison with that of Tataho Bay at the Southern coast of the Peninsula. Part 1. *Bull.*

Fish. Experiment Station 8: 1-114.

- Kurasige, H. 1944. Quantitative and qualitative characteristics of the marine diatom in the coastal water of Taiyato at the Yellow Sea side of Tyosen, in comparison with that of Tataho Bay at the Southern coast of the Peninsula. Part 2. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 3(4): 254-276.
- Tang, D. L., B. P. Di, G. Wei, I. H. Ni, I. S. Oh and S. F. Wang. 2006. Spatial, seasonal and species variations of harmful algal blooms in the South Yellow Sea and East China Sea. *Hydrobiologia* 568: 245-253.
- Uda, M. 1934. The results of simultaneous oceanographical investigation in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June 1932 (in Japanese). *J. Imperial Fishery Experimental Station* 5: 57-190.
- Wang, B.D., X.I. Wang, R. Zhan. 2003. Nutrient conditions in the Yellow Sea and the East China Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53: 127-136.
- Zhang, J. 1996. Nutrient elements in large Chinese estuaries. *Cont. Shelf Res.* 16: 1023-1045.
- Zhou, M. J., J. Z. Zou, Y. L. Wu, T. Yan and J. Li. 1995. Marine pollution and its control in the Yellow Sea and Bohai Sea. *The Yellow Sea* 1: 9-16.