

낙동강하류의 식물성플랑크톤의 동향

경성대학교 생물학과 이종남

I. 緒論

江河口는 淡水와 海水가 섞이는 汽水域으로 영양염류가 풍부하여 생산성이 높은 곳이며, 淡水種과 海産種, 汽水種의 植物플랑크톤이 함께 출현하는 다양하고 풍부한 種構成을 이루고 있는 것으로 알려져 있다.

洛東江下流 一帶는 下流로서의 특이한 생태적 특징과 三角洲, 砂丘, 潮間帶, 갈대밭들이 형성되어 일 지기 전체의 철새도래지로 알려져 그 중요성이 인정되고 있을 뿐만 아니라 釜山市域의 擴張, 工團造成, 河口둑 建設(1987년 11월 15일 完工), 강변도로, 아파트 주거단지조성 그리고 乙淑島에 조성된 市民의 休息處, 糞尿處理場, 쓰레기 埋立場 등의 형질변화로 말미암아 최근 인근 공단지역에서 배출되는 각종 産業廢棄物과 廢水, 가정의 生活下水, 家畜糞尿, 農藥 등으로 오염이 가속화되고 湯水期의 水門閉鎖로 인한 淡水와 海水의 교류차단으로 인하여 이 일대의 수질을 더욱 악화시켜 낙동강물을 이용하는 釜山· 慶南의 주민들의 생활에는 물론 生態系에도 많은 변화를 일으키고 있다.

따라서 본 연구는 洛東江下流의 河口둑 건설 후 河口둑 상부와 하부의 상이한 환경변화로 말미암아 洛東江下流의 定點간의 生態系가 상당한 차이가 있으리라 생각되어 植物플랑크톤 群集의 動態를 분석 究明코자 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 調査期間 및 水域

1992년 6월부터 1993년 5월까지 매월 1회 통산 12회 시료를 채집, 분석하였으며, 조사대상지로 14 개 定點을 다음과 같이 설정하였다. 정점1은 勿藥의 上水道 取水場 아래, 정점2는 大渚(大同)水門 앞, 정점3은 乙淑島의 동쪽 水資源公社 앞(河口둑의 위쪽), 정점4는 乙淑島의 서쪽 釜山市 orts선수단 연습장(河口둑의 위쪽), 정점5는 婁山水門 위쪽, 정점6은 西洛東江橋 아래(潮滿浦), 정점7은 乙淑島의 동쪽(河口둑 아래), 정점8은 糞尿處理場 및 쓰레기 埋立場 옆, 정점9는 長林川과 長林 下水處理場의 아래, 정점10은 多大浦 海수욕장 부근(현재 대단위 아파트 건설 공사중), 정점11, 麴子島와 長子島 사이, 정점12는 眞友島와 長子島 사이, 정점13은 婁山水門 아래의 굴양식장, 정점14는 鳴笛.

2. 試料의 採集方法

1L들이 채수병으로 각 구역별로 표층수를 두병 채수하여 현장에서 망목 20 μ m인 체 로 거른뒤 20ml의 농축시료를 각각 병에 담아 한 시료는 현장에서 中性 formalin으로 최종 농도가 3% 되게 고정하고 또다른 시료는 그대로 생체관찰 하기 위하여 ice box에 담아서 실험실로 운반하였다. Ice box에 넣어 보관, 운반된 생체시료를 현미경(Olympus BH)으로 검경(100 \times ~ 1,000 \times)하고, 또한 고정시료를 균일하게 분포시킨 후 1ml를 취하여 計數板에 넣어 세포의 수를 計數하여 現存量을 추정하였다. 種의 同定은 廣瀨 山岸(1977), 水野(1977), 山路(1984) 등을 참고하였으며 Engler의 분류체계(Melchior & Verdermann, 1954)

에 따라서 정리하였고 종에 대한 月別, 季節別, 定點別 分布 및 現存量을 구하였으며 군집의 구조와 기능을 분석하기 위하여 優占度指數(McNaughton, 1968)와 種多樣度指數(Shannon and weaver, 1949), 均等性指數(Pielou, 1966), 豐富性指數(Margalef, 1958), 類似度指數(Sorenson, 1948)에 의한 集塊分析(Sneath & Sokal, 1973)을 구하였다.

III. 結果 및 考察

1. 門別區系

본 조사에서 동정된 植物플랑크톤은 총 581종류이며 6門 10綱 4亞綱 27目 12亞目 61科 158屬 485種 79變種 12品種 5變品種 이었다. 문별로는 Chrysophyta가 68속 269종류(46.30%)로 가장 많고 다음에 Chlorophyta가 59속 196종류(33.74%), Cyanophyta가 11속 53종류(9.12%), Euglenophyta가 6속 37종류(6.37%), Pyrrophyta가 13속 25종류(4.3%)의 순이었으며 Charophyta는 1속 1종류(0.17%)뿐 이었다. 또 Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta는 상부역이 하부역에 비하여 많은 종류가 나타났으며 특히 Chrysophyta와 Pyrrophyta는 하부역에서 많이 기록되었다.

전체적으로 보면 정점10, 11, 12, 13을 제외하면 하부역에서 많은 종류가 나타났고 특히 정점7과 8에서 월등히 많은 종류가 기록되었다. 정점10, 11, 12, 13이 특별히 적게 나타난 것은 이 지역이 해수의 영향을 가장 많이 받는 곳으로 담수종이 적게 출현한 결과이며, 또 특히 정점7과 8은 河口獨의 바로 아래쪽 지역으로서 풍부한 담수종에 역시 많은 해산종이 포함된 결과라 하겠다.

2. 出現 種類數의 變化

지금까지 洛東江下流에서 조사된 종에 본 조사결과 추가된 종류는 모두 77속 150종류이었다.

월별 출현종류수의 평균치는 8월에 283종류로서 가장 많이 출현하였고 다음은 5월에 272종류, 3월에 271종류, 11월에 270종류로 많이 출현하였으며, 1월에 203종류, 12월에 210종류로 적게 출현하였다. 또 계절별로는 일반적으로 溫帶水界의 植物플랑크톤의 춘추계 증가현상인 bimodal현상과 차이가 있었고, 문·최(1991)의 낙동강 하구의 조사와 비교해 보아도 춘계와 하계가 높게 나타났다. 이는 본 조사수역이 자연 생태적인 주기 특성보다는 주위의 인위적인 환경변화에 따라 예상하기 어려운 결과를 초래한 것이기 때문일 것이다.

정점별 평균 종류수의 출현 상황은 河口獨의 상부역은 모든 정점에서 비슷하게 나타났으나 정점5에서 특히 종류수가 적게 나타난 것은 이 곳이 정체수역이므로 부영양화 현상에 의하여 소수종이 우점한 결과라고 본다. 하부역에서는 정점7, 8, 9에서 특히 많이 나타났는데 이는 전술한 바와 같이 많은 담수종에 여러 해산종이 첨가된 결과이다.

3. 現存量의 變化

洛東江下流에서 조사된 植物플랑크톤의 월별 현존량은 7월에 1,575,326(평균 112,523) cells/ml로

서 최고치를 나타내었으며 최저값인 1월의 16,836(평균 1,202) cells/ml보다도 무려 93배나 되었다. 이는 최고 優占種인 *Phormidium mucicola*가 대량 발생한 결과였다. 그러나 8월에는 현존량이 7월에 비하여 급격히 감소하였는데 이는 8월의 많은 강수량에 의해서 밀도가 희석된 결과라 하겠다.

정점별 현존량은 西洛東江의 정점5(藁山) 563,213 cells/ml와 정점6(潮滿浦) 1,094,482 cells/ml가 洛東江 本流의 정점3(河口동 상부 下端) 73,143 cells/ml와 정점4(河口동 상부 嘴岬) 82,941 cells/ml보다도 월등히 높은 현존량을 보였는데 이와 같은 현상은 정점5와 6이 들의 정체현상 및 주변의 田畠에서 많은 비로 성분이 유입되어 부영양화된 결과 계속적인 水華現象을 보인 것과도 일치한다. 또 연중 상부역이 하부역보다 비교적 높았다.

4. 主要種

본 조사에서 出現頻度가 총 12회중에서 10회이상이거나 양적으로 10,000 cells/ml(1년 累計)이상으로 다량 출현한 主要種으로서는 *Oscillatoria tenuis*를 비롯하여 41속 84종류이었으며 赤潮原因種은 *Actinopticus senarius*를 비롯하여 36속 51종류였다. 조사기간중 赤潮(水華)를 일으킨 종은 19속 29종류로서 담수종이 18속 28종류이며 해산종은 1속 1종뿐이었으며 *Phormidium mucicola*와 *Microcystis aeruginosa*는 대표적인 赤潮發生種이었다. 赤潮發生의 頻度는 상부역이 하부역에 비하여 월등히 높았다. 특히 정점3, 4, 5, 6에서 많이 발생하였는데 이러한 결과 현존량과 적조발생빈도는 높은 상관관계에 있음을 알 수 있었다. 그리고 월별로는 3월과 6월이 높고 2월과 12월이 낮았다.

5. 赤潮原因種과 赤潮發生

특정의 浮遊生物이 단시일에 異常増殖을 하여 赤潮를 일으키는 종(赤潮原因種)에 대해서 水産廳(1984)은 87속 180종류, 山路(1984)는 58속 127종류, 橫山(1987)는 24속 74종류, 門田(1987)는 18속 31종류, 福代 등(1990)은 45속 198종류를 기록하고 있다. 이를 근거로 본 조사에서 기록된 158속 581종류를 검색하면 적조원인종은 36속 51종류(해산종이 28속 37종, 담수종이 11속 14종)였다.

赤潮로 認識되는 赤潮生物의 농도는 플랑크톤의 크기에 따라서 다르지만 村上(1982)에 의하면 1,000 cells/ml라고 하였는데 본 조사기간중 赤潮(水華)를 일으킨 종은 *Cyclotella meneghiniana*, *Melosira italica*, *Microcystis aeruginosa*를 포함하여 19속 29종류로 해산종 *Thalassiosira subtilis* 1종을 제외하고는 담수종이었다. 赤潮原因種 중에서 해산종은 28속 37종으로 담수종의 11속 14종에 비하여 월등히 많으나 본 조사기간 동안 실제로 赤潮(水華)를 일으킨 19속 29종 중에 해산종이 1종뿐이었다는 것은 赤潮(水華)가 일어난 수역이 대부분 河口동 상부의 담수역이었기 때문이며 기타 지역도 담수의 영향을 많이 받는 수역이었기 때문이다.

赤潮(水華)現象중 가장 많은 양을 보인 종은 *Phormidium mucicola* (7월에 정점5와 6에서 432,000 cells/ml와 1,027,200 cells/ml)와 *Microcystis aeruginosa* (6월에 정점4에서 149 cells/ml, 정점5에서 149 cells/ml, 정점6에서 1,344 cells/ml, 7월에 정점5에서 144 cells/ml)였다.

赤潮(水華)發生을 정점별로 보면 정점3~정점6의 상부역에서 주로 많이 나타났다. 월별로는 6월에 가장 많이 赤潮(水華)가 발생하였고 12월에 가장 적었다.

6. 淡水 및 海産種 比率

洛東江의 14개 정점에서 조사된 총 581종류를 보면 淡水種 410종(71%)과 海産種 163종(28%), 汽水種 8종(1%)으로 나타났다. 또 월별의 경우 해산종은 7월이 가장 적고 다음 5월, 6월, 12월이 비교적 적었으나 그 외의 달은 거의 비슷하다. 정점별로는 정점1~6까지 담수종이 95.4%이상의 높은 비율을 나타내 河口둑과 襄山水門에 의하여 해수와 담수가 교류되지 않고 있어서 담수화되어 있음을 알 수 있다. 하부역에 있어서는 담수의 유입량이 비교적 많은 정점7, 8, 9, 13, 14에 담수종이 비교적 많이 나타났다.

7. 優占種과 優占度指數, 種多樣度指數, 均等性指數, 豊富性指數

優占種은 그 근집을 대표하는 것으로 現存量이 높은 1위를 최고 優占種, 2위를 2차 優占種으로 하였다. 월별 및 정점별로 출현빈도가 가장 높은 종은 *Melosira italica*로서 41회 출현하였고 다음으로 *Fragilaria crotonensis*는 28회, *Asterionella gracilis*는 24회, *Micractinium pusillum*은 22회의 순이었으며, *Skeletonema costatum*, *Melosira granulata* var. *angustissima*, *Cyclotella meneghiniana*, *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros curvisetum* 등은 17회 이상으로 비교적 많이 출현한 종이었다.

優占度指數 및 多樣性에 관한 지수들 간의 상관관계를 보면 優占度指數와 種多樣度指數 사이, 優占度指數와 均等性指數 사이에는 모두 음의 상관관계가 높게 나타났으며, 한편 種多樣度指數와 均等性指數 사이에는 양의 상관관계가 높게 나타났다. 그러나 豊富性指數와 다른 세가지 지수 사이에는 모두 상관성이 없었다.

이들 네 지수의 월평균 범위는 우점도지수가 35.05(4월)~56.53(3월), 종다양도지수가 2.21(3월)~2.93(9월), 균등성지수가 0.54(3월)~0.72(9월), 풍부성지수가 6.36(12월)~9.47(5월)이었다. 9월(35.11)과 4월(35.05)에 우점도지수가 현저히 낮은 반면에 종다양도지수와 균등도지수는 9월에 2.93과 0.72, 4월에 2.90과 0.70으로 높게 나타났는데 이는 종류수는 다양하나 현존량이 적었기 때문이다. 한편 풍부성지수는 앞의 세 지수와는 조금 다른 경향을 취하고 있다. 정점별 평균값을 보면 우점도지수는 35.94(정점12)~59.25(정점5), 종다양도지수는 2.23(정점5)~2.92(정점12), 균등성지수는 0.54(정점5)~0.78(정점12), 풍부성지수는 7.28(정점5, 13)~8.89(정점7)이다. 우점도지수가 정점5에서 59.25로 가장 높게 나타나고 종다양도지수와 균등성지수는 역시 반대현상을 나타내고 있는데 이는 *Phormidium mucicola*가 水華現象을 일으켜 현존량이 높았기 때문이다. 한편 풍부성지수는 정점1과 7이 종류수가 풍부하고 개체수가 적어 높게 나타났으며 정점5와 13은 종류수가 풍부하지 않은데 현존량이 비교적 높아 낮은 경향을 나타냈다.

8. 集塊分析

각 정점간의 類似度指數를 바탕으로 Jaccard's coefficient 법식에 따라 집괴분석한 결과 본 조사 수역은 河口둑과 襄山水門을 경계로 담수성이 높은 상부역과 해수성을 띄는 하부역의 2개 수역으로 구분되고 상부역은 다시 洛東江 本流(정점1~4)와 西洛東江(정점5, 6)으로 구분된다. 정점1과 2는 비교적

유속이 있고 現存量 등이 정점3과 4에 비하여 낮아 공통성이 많은 수역이며, 또 정점3과 4는 하구둑으로 차단되어 거의 정체수역으로서 가정하수 및 공단폐수의 유입량이 많아 부영양화가 되어 있어서 赤潮(水華)發生이 빈번한 수역이다. 정점5와 6은 大瀦水門에 의하여 本流로 부터 물의 흐름이 차단되고 漣山水門에 의하여 해수의 유입도 차단되므로 호소화 현상을 보이며, 우점도지수는 높고 종다양도지수와 균동성지수는 낮아 기타 정점과는 다른 군집구조를 나타낸다.

하부역에서 정점7과 8은 洛東江 本流의 河口둑 바로 아래 근접한 수역으로서 종류수와 현존량이 많고 우점도지수가 높은 점이 유사하여 공통점이 많은 군집구조를 갖고 있다. 명지 앞의 정점14와 장자도와 사자도 사이의 정점11은 거리는 비교적 멀리 떨어져 있으나 조간대의 형성 및 수심이 비슷하고 수종류수, 현존량 등이 유사하여 공통점이 높은 수역이다. 정점9는 거리상으로 정점11과 14에 비하여 정점7과 8에 가까우나 洛東江 河口둑 공사시 乙淑島의 하부를 절단하여 수로를 신설한 관계로 이곳의 환경이 오히려 정점11과 14에 가까운 양상을 보이고 있다. 多大 앞의 정점10은 상기한 바와 같이 상부에서 물의 흐름이 없고 해산종의 비율이 높아 거의 해수환경으로서 기타 정점간의 전혀 다른 군집구조를 보이고 있다.