

호남지역 동북호와 영산호의 부영양화에 대한 연구

1. 동북호

전남대학교 생물학과 조 기 안

This study was investigated into eutrophication centering around nutrient in TONGBOK lake from OCT. 1991 to SEP. 1993.

The result was reviewed as followed, as a physico-chemical factors, The water temperature was ranged from 1.20 to 31.0°C, and transperance was ranged from 0.6 to 4.0, COD from 0.81 to 9.40mg/l, SS form 1.0 to 109.4 mg/l, pH from 6.4 to 9.0, DO from 0.00 to 12.40mg/l practicaly with very low DO concentration in the site 1 and 2 during the summer as a nutrients, the ammonia was ranged from 0.000 to 1.361 mg/l, nitrate was ranged from 0.058 to 1.188 mg/l. phosphate was ranged from 0.000 to 144ug/l. silicate was ranged 0.035 to 2.806mg/l

서 론

최근 급속한 과학과 산업의 발달은 인구 증가를 유발시켰으며, 또한 인구의 집중화, 도시화를 발생시켰다. 인구의 지역편중 과밀화는 여러가지의 지역 환경문제를 낳았으며, 특히 생활수준의 향상으로 생활용수 즉 상수도용수 및 산업용수의 필요성을 자극하였다. 이처럼 문명의 발달과 문화수준의 향상으로인한 물 수요의 증가는 기존의 자연수에 의한 물의 공급으로는 적정요구량에 제한적일 수 밖에 없었으며, 이러한 물부족 현상을 타개하기 위한 방편으로 인공호의 건설은 필연적이었던 것이다. 그렇지만 근래까지도 인공호를 건설에만 주력하였지, 관리나 보호에는 관심밖이었으며, 특히 호소에 유입되는 유입하천 주변에대한 부적절한 관리로 인한 급속한 부영양화의 추세는 호소의 전반적인 운영에 커다란 문제로 등장하였다. 최근 호소의 부영양화는 전국적인 현상으로 대두되고있는 실정이다. 이 부영양화는 호소수질에 자체적인 문제를 발생시켜 지금까지의 중금속에 의한 수질오염과는 또 다른 차원의 오염을 발생시켜서 상수원수의 커다란 문제로 등장하게 되었다. 즉 조류의 대량증식은 곧 상수원수의 독특한 맛, 색깔, 그리고 냄새를 일으켰으며, 또한 부영양화로 인한 많은 부유생물의 급사는 저층 수질구조에 빈산소층을 발생시켜 혐기성 환경으로 전환시켰으며, 이러한 효과는 저층 퇴적물로부터 암모니아나 인산의 용출을 가속화시키는 작용을 하게 되었다.

본 조사지역인 동북호는 1971년에 준공되어, 3차에 걸친 확장을 걸친 후 이제는 9,200만톤의 저수량을 가진 인공담수호가 되었으며, 근래까지도 수환경의 생태구조는 빈영양상태에 가까웠으나, 최근에는 부영양화단계를 지나 년 중 부영양화상태에 이르게 되었던 것이다. 이러한 호소의

수환경 변화에도 불구하고, 본 조사지역에 대한 연구는 극히 거의 전무한 실정이며, 현재는 상수도 보호지역으로 묶여있어 심도있는 연구는 거의 전무한 실정이다. 특히 하계에 형성되는 빈산소층의 형성은 호소관리 및 보존에 많은 관심을 갖도록 유도하고 있다.

1. 조사기간 및 방법

조사는 1991년 10월부터 1993년 9월까지 19회에 걸쳐 조사를 실시 하였으며, 조사정점은 모두 3개의 정점에서 조사를 시행하였다. 댐 부근에 위치한 하류정점과 하천수가 유입되는 상류정점 그리고 가운데등의 3개 정점에서 조사를 실시하였다(Fig.1-1).

결과 및 고찰

본 조사에서 수온 분포는 1.20 - 31.0°C로서, 93년 12월에 정점3의 저층에서 가장 낮은 1.20°C을 나타냈으며, 역시 92년 7월에 정점3의 표층에서 가장 높은 31.0°C을 나타냈다. 표층 정점간의 수온분포는 유사한 것으로 생각된다. 표,저층간의 수온차이 즉 수온약층의 형성은 수심이 깊은 정점1에서의 수온분포는 93년 6월에 16.7°C으로 가장 큰 수온차이를 형성하였다. 수환경의 투명도는 갈수가 시작되었던 91년 10월에 정점2에서 가장 높은 4.0m의 투명도를 보였으며, 93년 6월에 접근하면서 점점 낮아져 정점3에서 0.6m의 낮은 투명도를 나타냈다. 투명도는 다시 93년 추계에 접근하면서 약간 높아졌다. COD는 유기성, 무기성 부유물질이 산화분해 하면서 주변으로부터 필요로하는 산소의 량으로서, 외부로부터 이러한 부유입자가 유입된다면 그 수환경은 높은 COD를 나타내게 된다. 본 조사기간 동안의 COD는 0.81 - 9.40mg/l로서, 갈수기가 시작되었던 91년 10월 정점2의 중층에서 가장 낮은 0.81mg/l였으며, 93년 6월 초기조사의 정점2 저층에서 가장 높은값을 나타냈다. 수환경의 부유물질은 본조사에서 부유물질의 농도는 1.0-109.4mg/l의 범위로 강수량이 많았던 93년 8월 상류 유입부인 정점3의 저층에서 최대값을 나타냈으나, 그러나 강수량이 풍부했던 93년 하계를 제외하곤 낮은 강수량으로 인하여 조사기간동안 부유물질에 있어서도 낮은값을 나타냈다. 호소의 pH는 6.4-9.0의 범위를 나타냈는데, 동계에는 표,저층간의 혼합이 이루어져 pH차이를 나타내지 않았으나, 하계에 표층은 식물플랑크톤의 활동으로 약알칼리 범위를 나타냈으며, 반면에 식물플랑크톤의 현존량이 빈약한 저층은 무산소층의 형성에 따라 약산성 범위를 나타냈던 것으로 사료된다. 용존산소는 수생물의 분포 및 서식에 깊은 관계를 지니게 된다. 본조사에서 용존산소는 0.00-12.40mg/l으로, 92년 9월에 정점1의 저층에서 0.00mg/l로 최소값을 나타냈으며, 93년 8월에 정점1의 표층에서 12.40mg/l로 최대값을 나타냈다. 더욱이 정점1의 저층을 중심으로한 빈산소층의 형성은 극심한 갈수현상을 나타냈던 92년하계에 특히 심했으며, 이때는 정점1의 저층은 물론 정점2의 저층 및 중층까지도 저산소층이 형성되었다. 그러나 93년 하계의

저층은 92년의 하계에 비하여 빈산소층의 형성이 뚜렷하지 않았는데, 이러한 원인은 93년 하계에는 92년 하계에 비하여 많은 강우로 인하여 상류로부터 용존산소량이 풍부한 하천수 유입에 의한 영향으로 생각된다. 수환경의 암모니아성질소 생성은 여러가지 원인에 의하여 생성된다. 즉 수환경에 존재하는 유기물이나 단백질이나 질소유기화합물이 분해되면서 발생되는데, 대체로 용존산소가 부족한 혐기성 환경 즉, 유기물이 분해되면서 형성될 수 있는 수환경이나 그러한 수환경이 무산소 형성으로 저층에 퇴적된 유기물이 용출될 수 있다(Guy Delince 1992). 본조사에서 이러한 특징이 잘 나타나는데, 암모니아성질소는 0.00 - 1.36mg/l으로 용존산소량이 가장 낮았던 92년 9월의 정점1 저층에서 최대값을 보인 반면에, 91년 10월과 92년 10월에 가장 낮은 암모니아성질소량을 보였다. 연중 농도의 분포는 동계보다는 수온상승으로 유기물의 분해가 활발하며, 수온약층이 형성되어 무산소층에 유리한 하계에 높은 농도의 분포를 나타냈다(Fig.). 층간의 변화는 표층보다는 저층에서 특히 높았는데, 특히 정점1을 중심으로한 하계의 역시 뚜렷한 수온약층 형성과 더불어 무산소층 형성으로 저층의 암모니아성질소 농도를 대단히 높였던 것으로 생각된다. 질산성질소는 1차생산자인 식물플랑크톤이 대부분 질소원으로서는 본조사에서 질산성질소는 0.050- 1.188mg/l의 범위로서, 92년10월 정점1의 저층에서 최소값을 나타냈으며, 93년 7월에 같은 정점 표층에서 최대값을 나타냈다. 대체로 춘계에서 하계로 가면서 질소량의 증가를 나타냈는데, 이것은 상류로부터 벼 이앙기에 따른 농업활동으로 인하여 많은 량의 화학비료 시비로 인하여 토양으로부터 용탈되거나 또는 흡착되지 못한 질산성 화학비료가 유입되어 일어났던 것으로 사료되며((Guy Delince 1992), 그러나 식물플랑크톤의 생물량 증가와함께 질산성질소의 량은 점차 감소하였다(Fig.). 호소의 수생태계에서 인산성인은 조류의 성장을 좌우하는 제한 인자로서 작용하는데, 특히 담수환경에서 인은 호소의 부영양화에 크게 영향을 미친다. 본조사에서 인은 0.00- 144.00ug/l의 범위로서, 92년 9월에 정점1의 저층에서 최대값을 나타냈는데, 반면에 같은해의 하계인 8월에는 정점1의 표층에서 최소값을 나타냈다. 연중 변화를 보면, 하계에는 높은값을 나타냈으나, 질산성질소와는 달리 춘계로부터 하계에 이르면서 낮은값을 나타냈다. 특히 하계에는 저층에서는 매우 높은값을 나타냈는데, 이러한 원인은 암모니아성질소에서 나타난 현상과같이 저층에서 형성되었던 무산소 또는 빈산소층의 혐기성 환경과 연관되어 발생된 것으로 생각되며, 암모니아성 질소의 높은값과도 같은 의미를 지닌것으로 생각된다. 규산성규소는 본조사에서 규산성규소는 0.035-2.806mg/l으로서 91년 12월에 정점3의 표층에서 최소값을 나타냈으며, 93년 9월에 최대값을 나타냈다. 년중 표층 분포에서 식물플랑크톤 특히 규조의 세포분열이 왕성한 6월에 더 낮은값을 나타냈으며, 표,저층간의 분포는 식물플랑크톤

의 생물량이 적은 저층에서 더 높은값을 나타냈다. 수환경에서 제1차 생산자인 식물플랑크톤은 자체내에 가지고있는 색소를 이용하여 빛과 수환경 주변의 영양염을 결합하여 자가 영양활동(autotrophic)을하게 된다. 그러므로 엽록소를 측정 정량화함으로서, 호소의 수환경에 대하여 간접적으로 생물량을 알아 볼 수 있다. 본조사에서 엽록소a는 0.40-32.03 mg/l으로 92년 하계인 7월에 정점2의 저층에서 최소값을 나타냈으며, 8월에 정점1의 표층에서 32.03mg/l으로 최대값을 나타냈다. 연중 표층의 비교에서 동계에는 수온이 하강하여 낮은값을 나타냈으며, 나머지 계절에는 유사하였다.

결 론

본연구호소인 동북호는 적은 상주인구(8166명:화순군 및 담양군 통계연보 1992)와 저수량(최대저수량 9,700만톤)지닌 호소로서 이제까지 빈영양호소에 가까웠으나 근래 상류와 자체에서 발생된 유기물로인하여 중영양단계에서 부영양화로 진행되고있으며, 정점1 즉 댐인근 정점의 저층은 상층의 높은 부영양화와 수온약층의 형성으로 인하여 하계에 무산소층이 형성되어있으며, 특히 본 조사 기간동안 지속된 갈수기로 인하여, 하계에는 낮은 투명도와 높은 부영양호로서 위치를 차지하고 있으며, 동북호의 부영양화는 상류의 처리되지 못한 생활하수와 가축분뇨의 유입 그리고 토양에서 용탈된 화학비료의 유입으로 급격히 진행되고 있는것으로 나타났다.

2. 영산호.

A B S T R A C T

The work on eutropication of YONG SAN LAKE conducted from APR. 1987 to OCT. 1987.

The value of salinity in the study area varied from 0 to 2‰. Water temperature varied from 11.5°C to 27°C with an annual mean of 19.8°C. Conductivity varied from 110 umhors/cm to 800 umhors/cm with an annual mean of 295 umhors/cm. pH varied from 6.1 to 7.4. COD varied from 2.7mg/l to 9.8mg/l with an annual mean 5.42mg/l. Ammonia varied 0.01mg/l to 2.41mg/l with an annual mean of 0.99mg/l. Nitrite varied from 0.01mg/l to 1.20mg/l with an annual mean of 0.35mg/l. The range of nitrate varied from 0.99mg/l to 3.49mg/l with an annual mean of 1.71mg/l. T-nitrogen varied from 1.69mg/l to 5.15mg/l with an annual mean of 3.20mg/l. T-Phosphate varied from 0.01mg/l to 0.14mg/l with an annual mean of 0.04mg/l. Chl.a varied from 0.3mg/l to 56.76mg/l with an annual mean of 15.71mg/l. Standing crops varied from 2135 cells/l to 216,216 cells/l with an annual mean of 42,074 cells/l. The number of phytoplankton species was total 63 species which was composed of 3 phyla, 3 classes, 9 orders, 7 suborders, 17 families.

1. 序 論

근래 農業社會에서 産業社會로 바뀜에 따라 생활환경에 있어 매우 급속한 변화를 가져왔는데 그로 말미암아 유발되는 것은 環境汚染 문제이다. 이러한 環境오염이란 여러가지가 있으나 湖沼에서 汚染을 유발하는것에는 몇가지의 원인을 생각할 수 있다. 湖沼 상류의 인근지역에 존재하는 공장에서 흘러들어오는 産業用 廢水와 생활 주거지에서 흘러나오는 生活下水 그리고 農業用水등으로 나눌수 있는데, 여기에는 미량의 중금속과 다량의 營養鹽類를 들 수 있다. 전자의 중금속에 의한 호소내의 생물에 미치는 영향은 生築穢에 따른 관계로 쉽게 빨리 나타나지 않으나, 한번 나타나면 커다란영향을 주게 되고, 후자의 營養鹽類는 쉽게 나타나며 여러가지 부수적인 영향을 주게된다(Krenkel and Novotmy, 1980). 예를 들면, 과도한 藻類의 성장으로 용존산소가 고갈된다든지, 맛과 냄새에 영향을 준다든지, 이 호소를 수원으로 할때 정화장치에 영향을 주는 것등 여러가지 문제를 수반한다(金等, 1988, 金等, 1989).

그래서 본 연구지역은 최근에 축조된(1981년 12월) 34.6km²의 매우 큰 人工담수호로서, 상류주변에는 급변한 산업활동에 따른 인구증가와 주거지역의 확장등으로, 生活下水의 급등(82년 기준 1.76배, 광주, 전남

통계연보 1982-88)과 농업경작방식에서 변화로 인한 과다한 화학비료의 시비는 본 조사지역인 榮山湖에 富營養化를 유발할 것으로 기대된다.

이러한 변화에도 불구하고 지금까지 연구로는 朱(1971), 魏(1977), 徐(1978), 유등(1981), 吳와 李(1986), 그리고 金等(1987)의 수질오염을 중심으로한 연구가 중점적으로 수행되었으며, 魏等(1978, 1979), 金 과 宋(1984), 崔(1987), 崔 와 鄭(1985) 그리고 劉等(1987)의 생태학적 연구가 있었으나, 湖沼의 富營養化에 대한 연구는 극히 미약하다. 그리하여 본 연구는 富營養化가 발생하기에 비교적 알맞은 1987년 4월부터 동년 10월까지 격월제로 4회에 걸쳐 4개의 정점을 선정하여 物理化學的 그리고 生物學的 조사를 실시하였다(Fig.1).

2. 調査方法

物理化學的 調査方法

水溫, 鹽分度 그리고 전도도는 현장에서 S-C-Tmeter (Y.S.I Model 33, Yellow Springs Ions)를 이용 측정하였으며, pH는 현장에서 pHmeter (CG728, Hydro-Bios)를 이용 측정하였다. COD는 과망간산칼륨법에 따라 분석하였으며, NH_4-N , NO_2-N , NO_3-N , T-N, T-P는 공해공정시험법(환경청, 1985)에 따라 발색시킨 후, Spectrophotometer를 이용 410, 540, 545, 640, 880nm 에서 흡광도를 측정 정량 하였다.

Chl.-a는 시료 11를 직경 47mm, pore size $0.45\mu m$ milliphore Membrane Filter(Type MA)를 이용 여과한 후, 10ml 아세톤 (90%)으로 18시간 냉암실에서 추출하여 Spectrophotometer를 이용 측정하였고, UNESCO Method에 따라 계산정량 하였다(UNESCO, 1966).

富營養化度 指數(TSI)는 Carlson(1977)이 제시한 指數(TSI)를 사용하여 계산하였다.

각 指數의 계산 공식은 다음과 같다.

$$TSI(SD) = 10(6 - \ln(2))$$

$$TSI(Chl. a) = 10(6 - (2.04 - 0.68 \ln(Chl. a)) / \ln(2))$$

$$TSI(TP) = 10(6 - \ln(0.048/TP)) / \ln(2)$$

SD : Sechi Disk Chl. a : Pigment a

TP : Total-Phosphate

生物學的 調査方法

植物 플랑크톤은 定性和 定量분석을 동시에 조사, 실시하였으며 定性分析 직경 30cm, 구경 $50\mu m$ 인 Plankton Net(Muller gauze No.11)를 이용 2분간 서서히 수평끌기를 한후 시료를 채집하여 분석하였으며 위의 용액중 0.5ml를 Pipette를 이용 hole slide glass위에 놓고 400-1000배로 검경하였으며, 필요한 때는 Camera(olympus BHT-32)를 이용하였다.

定量分析을 위한 시료는 Van Dorn Sampler를 이용 표층, 중층, 심층(표면에서 1m 위)에서 11씩 채수 하였으며, 중성포르말린

(A. Sournu, 1987)을 사용하여 선상에서 고정한 후, 실험실에 옮겨와 침전법에 따라 1주일간 침전시켜 상등액을 버리고 침전액을 100-150ml로 농축 시킨다음 Pipette을 이용 1ml씩 취하여 Sedgwick-rafter counting Chamber를 이용 3회 실시하여 그 평균값을 택하였다.

種의 同定과 확인에는 Smith (1950, 1955), Desikachary (1959), 日本淡水Plankton圖鑑(水野壽彦, 1967), Chung ,Y.H. (1960), Chung, J(1979)을 사용하였으며, 同定된 種의 체계로서 구조류는 Cupp(1943), Smith(1950)을 그리고 쌍편모조류는 Shiller(1937)의 체계를 따랐다.

3 結果 및 考察

物理化學的 考察

榮山湖의 鹽分度는 매우 낮게 나타났으며, 정점 4의 심층에서 2‰로 가장 높은 값을 나타냈는데, 金과 宋(1984)의 0.3-0.7%, 崔等(1985)의 0.3-0.4%, 金等(1987)의 0.0-1.8‰로서 河口堰에 가까운데서 특히 변화가 심한데, 이것은 河口堰의 水門開閉때 흘러들어온 것이나 또는 潭水化 과정에 低層에서 溶出되어 나온 것으로 생각되고 있다.

水溫은 정점간의 차이는 적으나, 표·저층사이에서 10월을 제외하고 거의 2℃의 차이를 나타냈다. 전도도는 염분도에서와 같이 기존 海洋 퇴적물로 인하여 저층에서 높게 나타났으며, pH에 있어서는 6.7-7.4로서 상류의 산업폐수의 영향은 크게 받지 않은것으로 나타냈다. COD는 정점1에서 약간 높고, 하류인 정점4가 가장 낮았으며, 증변화는 6월까지 약간 높아지다, 다시 낮아지는 형태로 나타났는데, 이러한 점은 정점1은 상류의 廢水의 영향을 약간 받고 있는것으로 보이며, 6월까지 높아지는 점은 겨울동안에 쌓였던 汚水가 봄이되면서 흘러 내려오는 이유라 생각되며, 그이후는 다시 수량의 감소로 인한 영향으로 생각된다. 透明度는 평균0.7m(0.6-0.8m)로서 높은 混濁을 나타냈다.

營養鹽類로서 암모니아성 질소(NH₄⁺-N)는 평균 0.99mg/l (0.04 - 2.44mg/l)으로 비교적 넓은 범위에서 분포하는데, 이것은 여러 하천에서 유입 되기 때문으로 생각되며, 상류에 위치한 정점1과 정점2는 상류의 높은 농업활동 영향을 받았던 것으로 생각되며, 그러나 8월에는 모든 정점에서 적은 양을 나타냈는데, 이것은 여름철 많은 강우량의 영향을 받은 것으로 생각된다. 질산성 질소(NO₃⁻-N)에 있어서도, 평균 1.71mg/l (0.09 -3.49mg/l)로 매우 높은 값을 나타냈다.

총인산염은 평균 0.04mg/l(0.01-0.14mg/l)로 봄에서 여름까지는 적었으나, 가을에는 약간 높은 값을 나타냈는데, 이것은 갈수기인 가을에 접어들면서 상류에서 줄어든 용수량에 비하여 일정한 양의 생활하수 영향으로 생각된다.

Table. 1. Redfield Ratio of the study area.

Ratio/Month	A P R.	J U N.	A G U.	O C T.

T-N/ T-P	101	110	57	22
----------	-----	-----	----	----

또한 Redfield Ratio에서의 변화는 4월과 6월에는 매우 높은 값을 나타냈으나 8월과 10월에는 조금 더 낮아졌는데(Table 1), 이러한 이유는 수량의 감소로 결국 생활하수의 상대비율을 높여서 나타난 이유라 생각되며 인의 농도가 더욱 높아지게 되면 본 조사지역의 富營養化는 더욱 더 가중되어 일어날 것으로 생각된다.

Chl.a의 값은 평균 15.71mg/m³(0.44-56.76mg/m³)으로 큰 변화폭을 보이고 있으며 특히 4월과 6월 특히 높았으며, 정점으로는 정점1과 정점2에서 높게 나타냈다.

Vollen Weider는 부영양기준을 다음과같이 나누었는데,

평균 1.7ug/l(0.3-4.5ug/l)이면 Oligothrophic

4.7ug/l(8 -11ug/l)이면 Mesotrophic

14.3ug/l(3 -78ug/l)이면 Euthrophic 그 이상이면 Hypertrophic으로 분류했는데, 역시 본조사지역인 榮山湖는 富營養化 상태로의 變移과정에 있다고 생각될 수 있다. 또한 U.S.EPA의 富營養 단계기준에서도 Chl.a는 Mesotrophic에서 Eutrophic단계에 포함되며, Forsbery와 Ryding에 의한 평가기준에서도 역시 Eutrophic단계에 포함된다.

Carlson(1977)은 富營養化 단계를 수치에 의한 표현으로 因子들 사이에 값의 차이를 0-100까지 표현되는 指數로서 나타냈는데, 40은 Mesotrophic 50은 Mesoeutrophic, 60은 Eutrophic으로 분류했는데, 본 조사지역에서의 지수 기준은 대체로 富營養 前段繼에 가깝다고 할수 있다.

○ 植物性 플랑크톤의 種組成과 현존량의 結果 및 考察

조사기간 중 출현 種은 3門 3綱 9目 7亞目 35屬 63種이 출현하였으며(Table.3), 월별로는 8월과 10월에 각각 33속, 31속으로서, 많은 출현을 나타냈다(Fig.7). 營養鹽類가 오히려 좀더 적은 8월에 많은 屬의 출현은 여름철 강우량의 영향으로 상류의 種이 영향을 주었던 것으로 생각되며, 알맞는 N/P Ratio의 효과도 한요인으로 생각된다. 출현종의 구성형태를 보면 6월을 제외하고는 규조류가 대체로 많은 종의 출현을 나타냈으며, 다음으로 녹조류의 출현이 있었다. 월중 支配種의 구성형태를 보면, 4월에는 모든 정점이 42%이하의 優點種들이 지배하고 있으며 모두 27종이 출현하여 거의 비슷한 비율로 榮山湖를 지배하고있으나 *Melosira italica*가 거의 지배하였다. 6월부터는 이와같은 균형이 깨뜨러지기 시작하여 정점1과 4는 *Navicula gracilis*가, 정점2와 3은 *M.italica*가 지배적으로 많이 나타나고, 8월에 접어들면서 *M.italica*는 다시 *M.granulata*로 종의 Table.2. Dominance species of study term(%).

	A P R.	J U N.	A G U.	O C T.

1	<i>Melosira italica</i> (28)	<i>Navicula gracilis</i> (23)	<i>Comphonema clivaceum</i> (13)	<i>Melosira italica</i> (88)
2	" (37)	<i>Melosira italica</i> (64)	<i>Melosira granulata</i> (82)	<i>Asterionella gracillina</i> (77)
3	" (30)	" (77)	" (82)	<i>Melosira italica</i> (75)
4	<i>Havicula gracilis</i> (36)	<i>Navicula gracilis</i> (60)	" (71)	<i>Melosira granulata</i> (75)

천이가 일어났으며 정점 1에는 이 종의 출현이 나타나지 않았다. 10월에 있어서는 이 두 종이 *A. gracillina* 와 함께 70%이상이 우점종으로 나타났으며, 정점 1에서도 *M. italica*가 88%의 우점종으로 나타났다. 정점간의 특징을 살펴보면, 정점 1을 제외하고 나머지 정점에서 6월 8월 10월에 60%이상의 우점종이 구성하였다. 특히 녹조류의 *Scenedesmus*속이 5종이나 출현을 보였는데 이 중 *S. quadricauda*는 연중 계속 나타나 榮山湖는 營養化 단계에 들어가고 있는 것으로 생각된다.

현존량은 평균 42,074cell/1 이며, 최소량은 21,352 cells/1 로 6월에 정점4의 심층에서 나타났다. 정점간의 변화를 보면 조사기간중 정점1에서는 비교적 많은 생물량이 존재하는데, 반하여 정점4는 적은양이 존재하는데, 이점은 정점1은 조사지역 상류에 위치함으로서 생활하수와 주위의 농업용수에 의한 영향으로 生物量에 있어서도 좀더 높은값이 나타난것으로 생각되며, 정점4는 이와는 반대의 영향으로 사료된다.

4. 적 요

榮山湖의 富營養化에 관한 연구가 1987년 4월부터 1987년 10월까지 4회에 걸쳐 조사를 실시하였다. 鹽分度는 0 - 2‰를 나타냈으며, 수온은 1.5 °C - 27 °C로 평균 19.8 °C였다. 전도도는 평균 295 μmhos/cm(110 - 800 μmhos/cm)였고, pH는 6.1에서 7.4였다. COD는 2.7 - 9.8mg/l로 넓은 범위에서 분포하였으며, 평균은 5.42mg/l였다. 營養鹽類로서 암모니아성 질소(NH₄⁺-N)는 0.01mg/l에서 2.41mg/l로 평균 0.99mg/l였다. 아질산성질소(NO₂⁻-N)는 0.01mg/l에서 1.20mg/l 였으며, 평균은 0.36mg/l였다. 질산성질소(NO₃⁻-N)는 0.09mg/l에서 3.49mg/l로 평균은 1.71mg/l였다. 총인산성인(PO₄⁺-P)는 0.01mg/l에서 0.14mg/l로 평균은 0.04mg/l였다. Chl. a은 0.33mg/l에서 56.76mg/l로 평균은 15.71mg/l였다. 현존량은 2135 cells/1에서 216215 cells/1로 평균은 42074.10 cells/1였으며, 출현종은 총 63種으로 3門 3剛 9目 7亞目 17科 35屬이 출현하였다.