

# 낙동강 연구를 통하여 본 한국의 담수 생태계의 부영양화 연구 방법론

부산대학교 생물학과 주 기 재

지난 수십년간의 급속한 공업화와 그에 따른 수자원에 대한 수요증가로 현재 우리나라의 강과 호수는 심각한 수질오염과 부영양화의 위기를 맞고 있다. 특히 우리나라의 경우 담수 수자원이 식수원으로서의 위치가 매우 높은 만큼 심각한 사회 경제적 문제를 야기하고 있는 실정이다. 부영양화 개념은 80년대 말 소양호 연구를 계기로 우리나라에 소개된 이후 광범위하게 사용되어 왔으나 실제 부영양화의 과정을 밝히거나 정확한 실상이 체계적, 장기적으로 조사된 적이 거의 없었다. 기초적인 육수학 자료의 누적없이 수년 혹은 수십년에 걸쳐 변화하는 담수생태계의 변화과정을 정확히 진단 예측하기 어렵다.

본 발표는 한국의 대표적 수계중의 하나인 낙동강에 관해 발표된 논문들의 연구를 통하여 지난 30년간 어떤 연구가 어디서 어떻게 진행되어 왔는지 고찰해 본 다음 우리나라 담수생태계 연구의 전반적인 문제점을 제기하고자 한다. 낙동강에 관하여 발표된 논문들을 먼저 연도별, 연구 분야별로 고찰한 다음 부영양화와 직접 관련이 있는 육수학 관련 논문을 세부적으로 고찰하고자 한다. 또한 1993년 3월부터 1994년 4월까지 물금지역에서 주별 조사한 육수학적인 자료를 토대로 조사간격 및 조사항목 선정의 중요성을 살펴보고자 한다.

## I. 지난 30년간 발표된 낙동강 관련 논문의 특성

발표된 학술논문(135편)의 편수를 연도별로 살펴보면 50년대와 60년대는 4편으로 극히 미진했으며 70년대에는 23편으로 다소 증가했으며 80년대에는 총 74 편의 논문이 발표되었고 90-93년 사이에는 34편의 논문이 발표되어 낙동강 하구둑 건설(1987) 전후를 기점으로 크게 증가하는 추세를 보이고 있다. 또한 발표된 대부분의 논문은 하류지역(물금-하구)의 연구에 편중되어 있어 조사지역의 불균형성을 여실히 보여주고 있다. 발표된 논문들을 주요 분야별로 분석해 보면 동물학에 관련된 논문이 32%이 가장 많았고 육수학 24%, 일반 생태 17% 식물학 12%, 미생물 7%, 지질학 5% 대기 1% 순의 양상을 보였다. 육수학 관련 논문의 경우 총 30여편이었으며 그중 수질을 집중적으로 다룬 논문이 20편 정도로 가장 많았고 1차 생산력(8편), 부영양화에 관련된 논문은 5편 미만이었다. 육수학적인 논문들은 생물종의 분포나 출현 빈도에 치우쳐 있으며 식물성 플랑크톤이 주요 대상이었다. 강생태계의 중요 생물 구성인자의 경우 아직도 한번도 연구가 되지 않는 생물상이 있어 생물 분야의 연구에 있어서도 큰 불균형성을 보여주고 있다. 그 일례로 강의 호수화로 인해 동물성 플랑크톤이 빈번히 출현하고 있음에도 불구하고 그에 대한 분

류 및 생태에 관한 논문은 한 편도 찾아볼 수 없었다. 최근 5,6년 동안 미생물에 관한 논문들이 급증하고 있으나 앞으로 미생물 먹이망 및 유기물 분해기작을 이해하기 위해서는 박테리아의 생체량과 증식에 관한 연구가 요망된다.

#### I-1. 시공간적 조사

대부분의 논문은 조사 지점수는 비교적 많은 편이나 조사 간격이 매우 길었다. 연 4회 정도의 조사가 대부분이었으며 최근 2,3년간 발표된 논문에서는 조사 횟수가 다소 증가하는 추세를 보이고 있다(예: 연 6-12회). 따라서 70년대와 80년대 초반에 발표된 논문의 생화학적인 자료와 현재의 자료를 비교 분석하는데 어려움이 있다.

#### I-2. 자료의 표준화

동일 계절, 동일 지역, 동일 일지에서 조사된 자료의 경우에도 큰 상이점을 보이고 있어 조사방법의 표준화가 절실한 실정이다. 특히 영양염류의 경우 수십배까지 차이를 보이는 경우도 있어 연도별 추이 파악의 어려움은 물론 후학들의 발전된 연구를 위한 기초자료로서의 효용가치가 높지 않은 편이다. 이러한 문제점은 궁극적으로 낙동강 연구의 연속성과 자료의 데이터 베이스화를 막고 있는 장애 요인이기도 하다.

#### I-3. 조사 지점 선정의 타당성.

대부분의 육수학 관련 논문들은 조사 지점수가 많은 편이나 앞에서 언급한대로 조사 간격이 길어 강이 가지는 역동적 생태 특성을 고려하면 조사 지점보다는 조사 횟수에 더 큰 비중을 두어야 한다. 또한 대부분의 학자들이 공감할 수 있는 대표적이 조사 지점(bench mark station)이 정해져야 하고 장기적인 자료가 누적되었을 경우에만 자료의 분석의 합리성을 극대화할 수 있다.

#### I-4. 조사 항목의 적절성.

연구 목적에 따라 조사항목이 크게 달라질 수 있으나 주요 물리화학적 요인(온도, 빛, 산소, 전기전도도, pH 등)은 정확한 일시, 장소, 방법 등이 발표된 논문에 명시되어야만 할 것이다. 부영양화 추이 변화의 경우 80년대 말부터 월별 조사된 BOD와 COD를 제외하면 극히 제한된 항목이 조사되었으며 조류의 생체량 변화에 관한 비교는 90년대 이후 자료에서만 가능하다. 부영양화 현상의 좋은 지표가 되는 조류의 경우 대부분 출현 개체수 분석에 치중하고 있으며 개별 종의 생체 체적 및 탄소 함유량으로 개별 종의 중요도 평가는 이루어진 적이 거의 없었다.

## II. 물금 지역에서의 자료를 통하여 본 조사방법론의 문제점

1993년 3월부터 1994년 4월까지 낙동강 하류지역(물금)에서 1주일 간격으로 조사한 육수학 자료의 일부(온도, 방류량, pH, Chl a, 용존 산소, silica)는 그림 1과 같다. 만약 동일 조사기간중 조사가 월별로 이루어졌을 경우를 가상하여 매일 중순경의 자료만을 연결하여 도표화 해 보았을 경우 일부 항목에서 주별 및 월별 조사의 큰 차이점이 나타난다. 거의 대부분 항목에서 주별 및 월별 조사 자료의 연평균치는 전체적으로 비슷하다 할 지라도 개개의 월별조사는 강의 역동적인 생태적 특성이 잘 반영되지 못하고 있다. 예를 들면 Chl a의 경우 조류가 급격히 번성하는 시기의 자료가 많이 누락되었으며 8월 홍수의 경우 낮은 생체량이 지속되는 기간이 뚜렷이 나타나지 않고 있다. 또한 온도와 일조량이 급격히 증가하는 3월 말부터 4월에 이르는 기간 동안의 주별 조사에서는  $SiO_2$ 가 완전히 고갈되어 지속되는 기간이 명확히 나타나는데 반해 월별 조사로는 이 기간을 정확히 판단할 수 없다.  $SiO_2$ 는 규조류의 성장에 필수적이며 완전히 고갈되었을 경우 규조류의 번성에 큰 제한 요인이 될 수 있다. 또한 다른 주요 영양염류의 변화와 함께  $SiO_2$ 의 변화는 조류의 천이를 유발하는 요인이기도 하다. 연구의 목적에 따라 조사 간격 및 조사항목이 변할수 있으나 강생태계의 역동성(예: 홍수, 가물)이 충분히 반영된 연구가 진행되어야 할 것이다. 궁극적으로 자료의 장기적인 데이터 베이스화를 위해서도 주요 조사 지점 간의 육수학적인 차이, 조사 간격의 상이함으로 인한 자료 분석의 어려움 등이 충분히 고려되어야 할 것이다.

## III. 결론 : 한국 담수 생태계의 부영양화 연구의 문제점

우리나라의 경우 육수학이 분류학 위주로 연구되어 왔으며 육수학 전반에 걸친 기초 조사의 미비로 담수 생태계 자체의 이해는 물론 이를 토대로 한 응용분야(수질관리, 담수 생태계 보존)의 발전이 지체되어 왔었다. 급속히 진전된 부영양화 현상은 심각한 수준에 이르러 있으나 우리나라의 경우 5년 혹은 그 이상 일관성 있게 종합적으로 자료가 누적된 경우가 낙동강 연구의 경우처럼 거의 없어 담수 생태계 전반의 부영양화 진행 상황을 진단 및 예측하기가 매우 어려운 실정이다. 이로 인하여 지난 10여년간 종합적으로 연구된 소양호의 부영양화 사례를 제외하고는 강, 하천 및 인공 호수의 생태적인 변화 추이를 추적하기가 어렵다. 지난 수십년간의 급속한 공업화와 그에 따른 수자원에 대한 수요증가는 현재 우리나라의 강과 호수를 심각한 수질오염과 부영양화의 위기에 처하게 했으며 앞으로 더 어려운 상황으로 진전될 것으로 예상되고 있다. 선진국에 비해 수십년 이상 뒤떨어져 있는 '기초 자료 축적'의 중요성에 대한 이해를 새롭게 해야하며 이제부터라도 체계적이고 종합적인 담수 생태계 연구가 진행되어야 할 것이다.

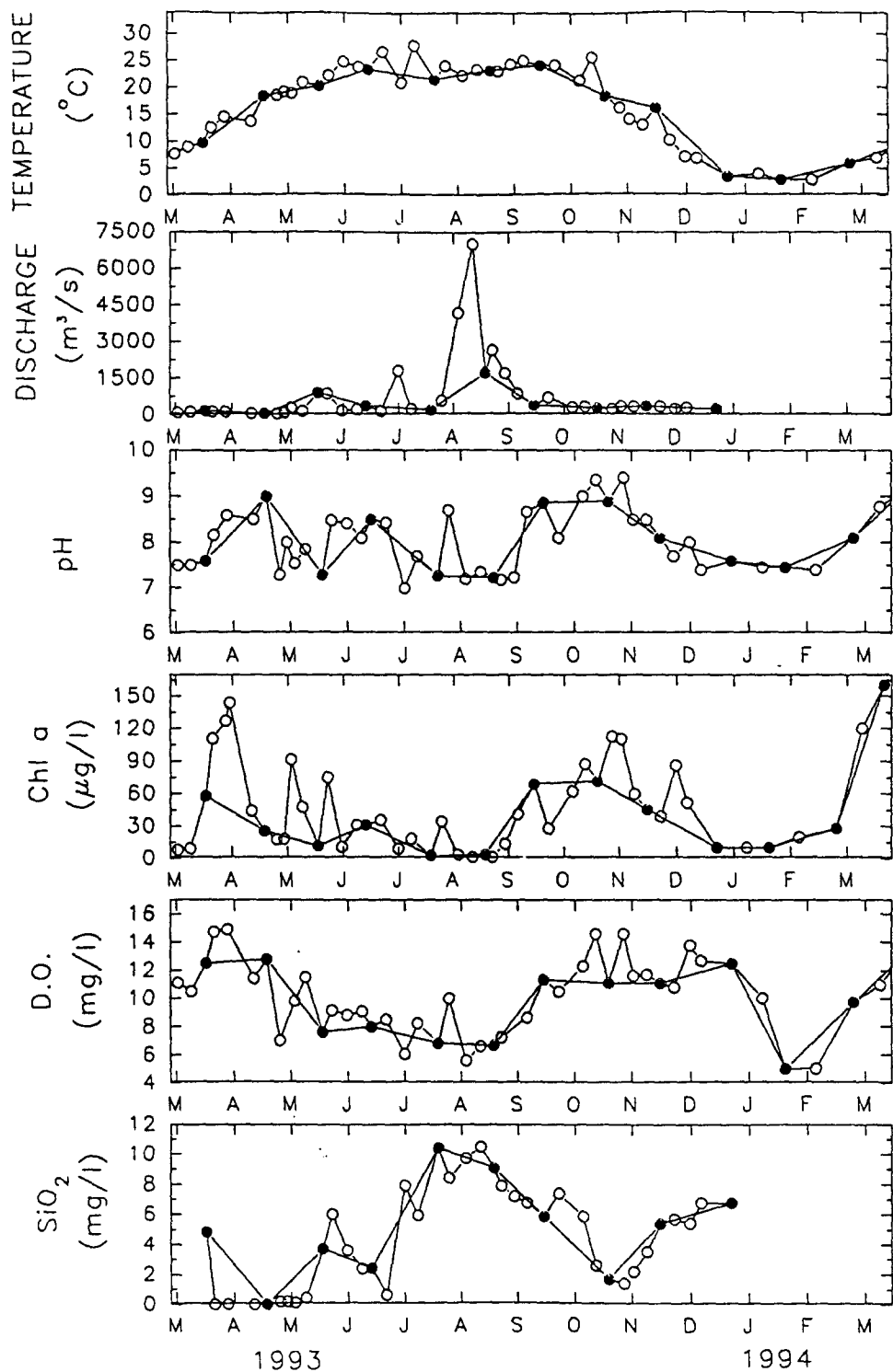


Fig.1 : Selected physico-chemical parameters at Nakdong River(Mulgum) during 1993-1994 (Solid dot: monthly data and hollow dot: weekly data)