

### 1. 서론

강의 부영양화에 관한 연구는 그 과정, 경과 및 결과 대한 이해의 중요성이 높음에도 불구하고 호수에 비해 진행이 미진한 상태이다. 세계적으로 큰 강은 다양한 목적을 위하여 물리적으로 변형되었고, 댐 등의 건설로 수문학적 현상이 변화되었다. 낙동강은 우리나라 제 2의 하천으로 수자원으로서 중요성이 매우 높은 강이며, 특히 하류에 하구둑을 건설함으로써 강의 하류역은 호수화 되고 과영양 단계에 와있는 실정이다 (Kim *et al.*, 1998). 현재까지 낙동강의 생태 및 육수에 대한 다각도의 연구가 실시되었지만, 총괄적인 육수학적 특성 규명은 분명하지 않았다. 수계의 성향은 계속적으로 변하므로 장기성과 주기성을 겸한 관측이 필요하며, 낙동강과 같이 많은 환경 변수에 노출되어 있거나 물리적으로 크게 변형된 강은 일관적인 모니터링을 요구한다. 따라서 1993년부터 현재까지 낙동강 하류의 육수학적 연구를 통해 1) 선행 연구과제의 평가, 2) 대형 조절강에서의 플랑크톤 동태, 그리고 3) 장기적인 생태학적 연구 (long-term ecological monitoring)에 대한 공고한 토대를 마련하고자 한다.

### 2. 재료 및 실험 방법

1993년 3월부터 현재까지 낙동강 하류 지점인 물금 (rk 27)에서 1주 간격으로 기초 수질과 동·식물 플랑크톤 및 박테리아 군집 동태, 그리고 장마가 수질에 미치는 영향성을 관측하였다. 기초 이·화학적 특성(탁도, Secchi 투명도, pH, 용존산소, 전기전도도)은 Wetzel과 Likens (1991)에서 서술된 방법에 따라 분석하였다. 식물 플랑크톤의 종조성은 Utermohl method (1958)을 이용하여 관찰하였으며, 생체량은 Monochromatic method에 따라 분석하였다. 동물 플랑크톤 종조성은 8 L를 35  $\mu$ m 망목의 net으로 filter한 sample을 통해 계수하였다. 낙동강 집수역의 일평균 강우자료와 본류 및 지류의 지점별 유량을 통하여 장마가 낙동강 수질에 미치는 영향성을 파악하였다.

### 3. 결과 및 고찰

지난 조사기간동안 낙동강 하류의 수질은 상당히 부영양화되어 있으며, 연간 변화가 뚜렷이 관찰되었다 (Joo *et al.*, 1997, Ha *et al.*, 1998). 물리적 요소인 탁도와 Secchi 투명도는 각각  $17 \pm 52$  NTU ( $n=297$ ),  $74 \pm 25$  cm ( $n=296$ )였으며, 여름의 집중 강우 시기에 큰 폭으로 변화하였다 ( $36 \pm 86$  NTU,  $n=86$ ;  $61 \pm 29$  cm,  $n=84$ ). 전기전도도는 체류시간이 감소하는 갈수기에 높은 수치를 보였다 (연평균:  $336 \pm 128$   $\mu$ S  $\text{cm}^{-1}$ ,  $n=302$ ; 갈수기:  $269 \pm 111$   $\mu$ S  $\text{cm}^{-1}$ ,  $n=86$ ). 용존산소는 각각  $10.9 \pm 3.9$  mg  $\text{l}^{-1}$  ( $n=300$ ),  $108 \pm 33\%$  ( $n=299$ )였으며 pH(연평균  $8.4 \pm 0.8$ ,  $n=300$ )와 유사하게 남조와 규조 군집 번성시에 크게 변화하였다.

식물 플랑크톤 군집은 주로 Bacillariophyceae, Cyanobacteria, 그리고 Chlorophyceae가 관찰되었다 (Ha *et al.*, 1998). 1998년과 1999년을 제외하고 여름철 집중 강우 이후 *Microcystis* 번성이 매년 나타났으며, 겨울부터 이듬해 봄까지 강우가 적은 시기에는 규조 군집이 발달하였다. 식물 플랑크톤 생체량(chl. *a*)은  $50.0 \pm 88.6 \mu\text{g l}^{-1}$  ( $n=275$ )로 상당한 부영양화 정도를 나타내었다.

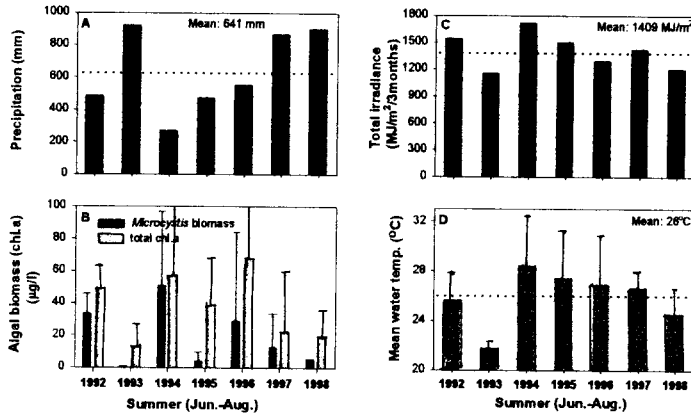


그림 1 1993년부터 1998년까지 낙동강 하류의 육수학적 연간 변화. A, 강수량; B, 식물 플랑크톤 군집 및 남조의 생체량; C, 일사량; D, 수온.

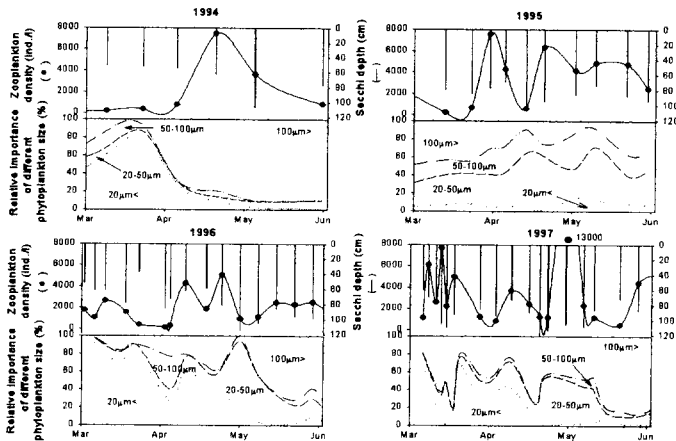


그림 2 1994년부터 1997년까지의 동물 플랑크톤의 섭식율.

동물 플랑크톤은 봄과 가을에 상대적으로 생체량과 풍부도가 높았으며 (풍부도,  $3000 \pm 4400 \text{ ind. l}^{-1}$ ; 생체량,  $530 \pm 730 \mu\text{gC l}^{-1}$ ,  $n=91$ ), 연중 rotifer 군집이 우점하였다 (Kim, 1999). 연간 변이는 상당히 컸다 ( $1160 \pm 1330 \text{ ind. l}^{-1} - 3330 \pm 5650 \text{ ind. l}^{-1}$ ). 수온이 상승하며 ( $10^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}$  이상), 체류시간이 증가하는 봄에는 크기가 작은 cladoceran(*Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*)이 증가하였으며 ( $> 4000 \text{ ind. l}^{-1}$ ), chl. *a*가 감소하여 맑은 물 시기가 나타났다.

매년 여름 발생하는 장마는 낙동강 하류의 수질을 결정하는 주요한 요소로 작용하였다 (박성배, 1998). 6월 중순부터 장마 기간이 시작되면서 많은 양의 강우가 잦은 빈도로 발생하였고, 갈수기에 유지되어 온 수질은 증가된 유량에 의해 큰 폭으로 변화하였다. 장마 초기 강우는 침투로 소실되어 직접적인 영향을 미치지 못하였으며, 태풍은 장마 이후의 수질 회복을 지연시켰다. 특히 낙동강 하류의 수질은 장마기 강우의 강도, 빈도, 지속 정도에 의해 크게 영향을 받는 것으로 사료된다.

#### 4. 요약

1993~1999년 낙동강 하류 물곰의 기초수질과 플랑크톤 동태 및 기상·수문학적 요소와의 관계를 연구한 결과, 수질은 상당히 부영양화 되어 있으며 매년 남조와 규조 군집이 반복적으로 우점하였다. 강우가 많았던 1998년과 1999년에는 남조 군집의 번성이 발생하지 않았으며, 봄에는 동물 플랑크톤의 섭식에 의한 맑은 물 시기가 관측되었다. 장마로부터 시작되는 여름 집중 강우는 낙동강 하류의 수질과 플랑크톤 군집의 변화를 초래하는 주된 영향 요소로 나타났다.

본 조사에서 나타난 결과와 같이 단기간에 조사된 수질과 이에 미치는 영향이 장기간 축적된 자료와 비교해볼 때 크게 차이가 있음을 알 수 있었다. 실제 낙동강 하류에서 수질을 결정하는 요인은 수문학적인 요인 외에도 생물학적인 요인 (동물 플랑크톤의 포식 등) 등 다양한 요인이 있어 합리적인 수질 관리를 위해서는 종합적인 자료 축적이 장기적으로 이루어져야 한다.

#### 5. 참고문헌

- 박성배, 1998, 낙동강 중·하류의 기초수질과 장마기의 초기강우가 수질에 미치는 영향, 부산대학교 생물학과 석사학위 논문, 64 - 87pp.
- Ha, K., H. W. Kim and G. J. Joo, 1998, The phytoplankton succession in the lower part of hypertrophic Nakdong River (Mulgum), South Korea. *Hydrobiologia* 369/370, 217-227.
- Joo, G. J., H. W. Kim, K. Ha, and J. K. Kim, 1997, Long-term trend of the eutrophication of the lower Nakdong River. *Kor. J. Lim.* 30, 472-480
- Kim, H. W., 1999, Water quality, plankton community dynamics, and trophic regulation in the microbial food web by zooplankton in a hypertrophic river (Nakdong River, Korea), Pusan National University, Dissertation, 64-159pp.
- Kim, H. W., K. Ha, G. J. Joo, 1998, Eutrophication of the lower Nakdong River after

- the construction of an estuarine dam in 1987. *International Revue der Gasamten Hydrobiologie*, 83, 65-72.
- Utermohl, H., 1958, Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton Methodik, *Mitt Internat. Verein, Limnol*, 9,1-38.
- Wetzel, R. G. and G. E. Likens, 1991, *Limnological Analyses* (second ed.), Springer-Verlag, New York, 391pp.