

낙동강 중·하류의 기초수질 및 식물플랑크톤 동태 (1998~1999)

하경¹, 박소현¹, 손연주², 박재림², 홍정희¹, 주기재¹

¹부산대학교 생물학과, ²신라대학교 환경학과

1. 서론

낙동강은 우리 나라 제 2의 하천으로 천만 명에 가까운 유역주민의 식수 및 농·공업 용수 등 수자원으로서 중요성이 매우 높은 강이다. 지난 20~30년간 수자원 이용의 급증으로 중류와 지류 등에서 다목적 댐과 하구둑 (1987년 11월) 건설에 따라 강의 하류역은 호수화 되었으며, 과영양 단계에 와있는 실정이다 (Kim *et al.*, 1998).

현재 낙동강 집수역에는 5개의 다목적 댐과 하구둑의 방류량 조절에 의하여 홍수기를 제외하고는 수체가 연간 6개월 이상 정체되어있는 경우가 많다. 식물플랑크톤의 과대 번성으로 갈수기에는 식물플랑크톤 생체량 (chl. *a*)이 70~80 $\mu\text{g/l}$ 을 초과하는 극심한 수질 악화를 보이고 있다. 이러한 현상은 정수장에 및 정수비용 증가 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 낙동강 하류의 수질은 상류로부터의 유입되는 영양염류, 유량과 유속의 정도, 이·화학적 요인 등 다양한 요소들에 의해 결정된다. 따라서, 본 연구는 낙동강 중·하류 생태계에서 낙동강 수질개선을 위한 생태자료 축적 및 토대를 마련하고자 식물플랑크톤의 동태와 이에 영향을 미치는 이·화학적 요소의 변화를 평가하였다. 특히, 1998년 이후 축적자료와 1994년부터 1997년까지의 자료를 비교하였다.

2. 재료 및 실험 방법

1998년 1월부터 1999년 8월까지 낙동강 본류 6지점 물금, 하남, 남지, 적포, 고령, 왜관(각각 rk 27, 54, 83, 107, 149, 182; rk0, 낙동강 하구연)과 지류 3지점인 남강, 황강, 금호강(각각 rk 87, 121, 169)에서 2주 간격으로 기초수질과 식물플랑크톤 군집 및 생체량을 조사하였다. 식물플랑크톤의 종조성은 Utermohl method (1958)을 이용하여 분석하였으며, 생체량은 Monochromatic method에 따라 분석하였다. 기초 이·화학적 특성 (탁도, pH, COD, 전기전도도)은 Wetzel과 Likens (1991)에서 서술된 방법에 따라 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기초수질의 지점별 특성

연구기간 중의 낙동강 중·하류 수질은 낙동강 집수역 평균 강우량에 비해 약 300 mm 이상의 높은 강우량으로 인해서 예전의 수질 양상과 비교해 볼 때 크게 달랐다 (표 1). 하류 지점으로 향할수록 대부분의 수질 항목 (탁도, pH, COD, 전기전도도)이 전반적으로 증가하는 경향은 유사하나, 전체적인 평균은 낮게 나타났다.

본류 6지점과 지류 3지점의 항목별 평균 수질 양상은 전반적으로 달랐다. 본류 6지점의 평균 탁도 범위는 15 - 22 NTU로, 지류 3지점의 평균 탁도 범위는 10 - 13

NTU로 본류 5지점보다 변이의 폭이 낮았다. pH는 본류와 지류간의 차이는 거의 없었다 (본류: 7.6-8.5, 지류: 6.8-7.3). COD는 금호강 (9.5 mg^l⁻¹)과 고령 (9.0 mg^l⁻¹) 및 적포 (9.2 mg^l⁻¹)에서 매우 높은 값을 보인 반면 황강과 왜관에서의 평균값은 낮았다 (황강:3.4mg^l⁻¹, 왜관:6.2mg^l⁻¹) (표 1). 전기전도도의 평균값의 범위는 본류에서는 210 - 320 μ S/cm로 지류에서는 95 - 734 μ S/cm로 나타났다. 최대값을 나타낸 지점은 금호강 (734 μ S/cm)이며 최소값을 나타낸 지점은 황강 (95 μ S/cm)이었으며 본류간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

Kim *et al.* (1998) 과 Joo *et al.* (1997)의 연구에 따르면 1980년대 말부터 1990년대 초까지 낙동강 하류역의 수질은 심하게 악화된 것으로 나타났다. COD는 70-80년대에 비해 90년대의 평균값은 약 2배정도 증가하였으며, pH는 점진적으로 증가하는 패턴을 보였다(1978년 평균: 6.2, 1997년 평균: 8.5). 특히, 1990년대 이후 여름철 *Microcystis* 번성기에는 활발한 광합성으로 인해 10이상 높은 값을 보였다. 이러한 원인 중 하나는 낙동강 유역의 취수량의 증가, 회귀 수량의 감소 및 수체의 정체시간의 증가에 의한 것으로 사료된다 (Kim 1999). 그러나 본 조사가 이루어진 시기는 방류량이 매우 많았던 해로서 남조 번성도 관찰되지 않았을 뿐만 아니라 지난 7~8년 중 가장 양호한 수질을 보인 시기였다.

Table 1. Mean of the selected physicochemical parameters at the sites of main channel of the Nakdong River(1994~1997, n=78 Mulgum n=198 : 1998~1999, n=43 Mulgum n=78) : Mean \pm s.d. a : Turbidity(NTU) b : pH c : COD(mg^l⁻¹) d : Conductivity(μ S/cm)

Site Period	Waekwan(rk182)				Koryong(rk150)				Jukpo(rk109)				Mulgum(rk27)			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
94.6~ 97.12	9.7	7.9	6.2	284	11.9	7.6	9.0	569	13.4	7.9	9.2	465	15.5	8.5	8.8	379
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	10.4	0.7	3.2	66	12.5	0.5	2.5	225	19.7	0.7	3.9	163	40.5	0.8	2.5	128
98.1~ 99.8	15.2	7.32	5.8	211	15.3	7.3	7.1	321	17.4	7.5	6.5	296	22.4	8.2	6.7	250
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	21.2	0.6	1.9	49	24.5	0.6	2.2	109	47.9	0.7	2.0	107	77.2	0.9	2.0	87

3.2 식물플랑크톤 생체량과 우점군집의 동태

1998~99년 낙동강 중·하류 9개 지점에서 조사된 식물플랑크톤 전체평균 생체량은

17.5 $\mu\text{g}/\ell$ 로 예년에 비해서 낮았다. 왜관 (연평균 생체량 $9.5 \pm 7.8 \mu\text{g}/\ell$)지점 이후 금호강 ($29.9 \pm 42.0 \mu\text{g}/\ell$)의 유입으로 고령 ($14.2 \pm 9.1 \mu\text{g}/\ell$)지점에서 약간 증가하는 양상을 보였으나, 그 이하 지점부터는 하류 (물금)까지 생체량의 변화가 거의 없었다. 반면, 예년 (1996~1997년)의 자료에 의하면, 식물플랑크톤 생체량은 금호강 합류이후 2~3배 이상 증가하였으며, 하류로 갈수록 증가하는 양상을 보였으며, 계절별로도 뚜렷한 차이를 보였다 (Ha, 1999). 이와 같은 연간별 차이는 98년 빈번한 강우에 의한 유량 증가로 증류이하에서 식물플랑크톤이 번성할 수 없었기 때문으로 사료된다. 식물플랑크톤 출현 군집에 있어서도 예년의 경우 1년 중 6개월 이상이 갈수기 여름철 *Microcystis*군집, 겨울철 *Stephanodiscus*군집의 번성이 관찰되어 심각한 수질악화현상이 나타났던데 비해 (Ha *et al.*, 1999). 98년의 경우는 여름 강우로 인해 *Microcystis* 군집 번성은 관찰되지 않았으며, *Stephanodiscus*군집의 번성도 예년에 비해 아주 짧은 기간 (1월~2월)동안만 관찰되었다.

낙동강 하류지역 (물금)에서 식물플랑크톤 생체량 (chl. a) 농도는 지난 20년간 약 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 1983년부터 1986년까지 식물플랑크톤 생체량은 비교적 낮았다 (chl. a: $33 \mu\text{g}/\ell$, n=32) (Kim *et al.*, 1998). 그러나, 하구둑 건설 이후 1990년대 초부터 chl. a양은 급격히 증가하기 시작하여, 낙동강 하류의 집중 연구가 시작된 1993년 1월부터 1998년 1월까지의 평균 생체량은 $59.8 \pm 147.9 \mu\text{g}/\ell$ (n=214)로 80년대에 비해 높은 값을 나타내었으며 강우 패턴에 따라 계절적 변이도 아주 심한 것으로 나타났다. 특히, 갈수기에 남조와 규조군집의 번성으로 인해 1년 중 거의 3개월 이상이 100 $\mu\text{g}/\ell$ 이상의 값이 관찰되기도 하였다 (표 2).

Table 2. Longitudinal changes of phytoplankton biomass(chl. a, $\mu\text{g}/\ell$) in mid to lower Nakdong River (1994~1997, n=78 Mulgum n=198 : 1998~1999, n=43 Mulgum n=78) : Mean \pm s.d..

site period	Mulgum	Hanam	Namji	Jukpo	Koryong	Waekwan	Kumho River	Hwang River	Nam River
	94.6~ 97.12	55.7 ± 102.5	29.9 ± 22.7	34.6 ± 23.0	33.3 ± 31.9	23.8 ± 18.4	15.1 ± 14.3	34.8 ± 25.1	2.2 ± 1.7
98.1~ 99.8	32.9 ± 29.3	24.6 ± 18.3	19.4 ± 13.9	10.5 ± 10.2	14.2 ± 9.1	9.5 ± 7.8	29.9 ± 42.0	2.1 ± 1.3	14.7 ± 11.8

4. 요약

1998~99년 낙동강 중·하류의 본류 6지점, 지류 3지점에서 기초수질과 식물플랑크톤

생체량의 변화를 조사한 결과, 식물플랑크톤 생체량도 예년에 비해 10~15 $\mu\text{g}/\text{l}$ 정도 낮은 값을 보여주는 등 비교적 양호한 수질 상태를 나타내었다. 또한 지류 유입의 효과도 금호강을 제외하고는 뚜렷하게 나타나지 않아 고령이후의 지점부터는 하류 (물금) 지역에 이르기까지 거의 유사한 값과 양상을 보여주었다. 이는 1998~99년의 강우량이 80년 이후 최고치로 나타났던 1993년에 비해 300 mm 더 많은 값을 보여주는 등, 빈번한 집중강우로 인해 희석효과가 나타났기 때문으로 사료된다.

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 (동물플랑크톤의 포식 등) 등 다양한 요인이 있어 합리적인 수질 관리를 위해서는 종합적인 자료 축적이 장기적으로 이루어져야 한다.

5. 참고문헌

- 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.
- Ha, K., E. A. Cho, H. W. Kim and G. J. Joo, 1999, Microcystis bloom formation in the lower Nakdong River in South Korea: Importance of hydrodynamics and nutrient loading, *Mar. Fresh. Res.* 50, 89-94.
- 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., 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.
- Vollenweider, R. A. and J. J. Kerekes, 1982, Eutrophication of waters; monitoring, assessment and control (OECE). Paris, 154pp.
- Wetzel, R. G. and G. E. Likens, 1991, *Limnological Analyses* (second ed.), Springer Verlag, New York, 391pp.