

낙동강 수계의 지역적 · 시기별 수질 특성 조사

김준근* · 강상재** · 서상현 · 박우철

경북대학교 농업개발대학원*, 상주대학교 원예학과**, 경북대학교 농화학과

The Survey of regional and seasonal characteristics of water quality in Nakdong river

Joon-Keun KIM* · Sang-Jae KANG** · Sang-Hyun SEO · Woo-Churl PARK

* *The Graduate of Rural Development, Kyungpook National Univ. Taegu, Korea*

** *Dept of Horticulture, Sangju National Univ. Sangju, Korea*

Dept of Agricultural Chem., Kyungpook National Univ., Taegu, Korea

Abstract

The purpose of this survey was to investigate the regional and seasonal characteristics of a water system and to obtain the basic information of a water system at Andong bridge, Nakdan bridge, Kangjung, Waekwan bridge and Koryung bridge along Nakdong River. We surveyed the water quality in the Nakdong River for 2 years from Jan. 1996 to Dec. 1997.

The results summarized were as follows;

- 1) The pH in the Nakdong River on the basis of 2 years average were 6.5-8.6.
- 2) The DO, the COD and the BOD were low level in summer and high level in winter, respectively.
- 3) The suspended solids(SS) contents was high especially in summer.
- 4) The T-P and the T-N contents were higher than the lower level of nitrogen and phosphorous for algae growth and the contents were high especially in winter.
- 5) The $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ were also observed to be quite high.

Key words : Water quality, DO, COD, BOD, Nakdong River

서 론

최근 산업의 급속한 발달과 인구증가로 공장폐수와 생활하수, 축산폐수 등의 하천으로의 유입량이 늘어 식수원의 수질이 급속도로 악화되고 있어 우리가 이용할 수 있는 물의 양이 많은 제약을 받고 있는 실정¹⁾이다.

낙동강은 강원도 태백시의 황시에서 발원하여 영남지방을 거쳐 남해로 유입하는 총연장 521.2km의 하천으로서 농업용수 및 공업용수, 생활용수를 공급하는 중요한 위치를 차지하고 있다. 낙동강은 구미공단 지역에서 오염물질의 다량 유입가능성이 크며 인근지역의 하수 및 폐수 처리시설의 부족으로 지역적, 시기적으로 공장폐수 및 생활하수, 축산폐수등의 유입가능성이 매우 크다. 이로 인한 수질악화가 대구지역 뿐 만 아니라 하류지역까지 영향을 미치고 있는 실정^{1),2),6),7),11)}이다.

하 등(1982)의 연구에 의하면 낙동강 유역은 시기별·지역별로 그 오염정도의 차이가 심하게 나타난다고 하였으며, 낙동강 유역은 주요 농업생산지로 다양한 형태의 농업이 이루어지고 있어 낙동강 유역의 토양 및 수질오염에 대해서는 1980년대 이후 많은 연구^{5),6),7),8),9)}들이 수행되었으며 현재에도 많은 연구가 수행되고 있다. 하천의 수질이 나빠지면 양적으로 적정할지라도 우리들이 이용하기에는 부적합하게 되어 물 부족 현상을 일으키게 되므로 이와 같은 하천수의 유지 및 관리는 아무리 강조하여도 지나치지 않다.

이에 본 연구에서는 2년(1996, 1997) 동안 영남지역의 5개소를 선정하여 각 지역별로 이곳의 월별 수질오염 실태를 비교·분석하여 낙동강 수질오염 특성을 파악하여 낙동강 수질 개선 및 예상되는 수질악화에 대비한 물 관

리의 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역 및 시료채취

본 실험에서 조사한 지역은 표 1에서 보듯이 낙동강 유로연장 521.1km중 57%에 해당하는 경상북도 유로구간 298.1km로서 상류지역 3개소(안동, 상주, 구미), 중류지역 2개소(왜관, 고령)로 총 5개소에 대해 실시하였다.

2. 실험 방법

낙동강의 경상북도 유로구간의 각 지역별로 선정된 5개소에서 채취한 시료를 수질오염 공정시험법¹⁸⁾에 준하여 이화학적 분석을 실시하였다. 이화학적 분석은 수소이온 농도(pH)와 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 생물학적 산소요구량(BOD), 부유물질(SS), 총

Table 1. Location of water sampling sites along the Nakdong River

Name of Location	Sampling Sites
Andong	Andong Bridge, Okyadong Andong City, Kyungpook
Sangju	Nakdan Bridge, Nakdongmyun, Sangju City, Kyungpook
Kumi	Kangjung, Jungkokri Koamyun Kumi City, Kyungpook
Waekwan	Waekwan Bridge, Waekwaneub Chilkokgun, Kyungpook
Koryung	Koryung Bridge, Sungsanmyun Koryunggun, Kyungpook

질소(T-N), 총 인(T-P), 질산성 질소(NO₃⁻-N), 암모니아성 질소(NH₄⁺-N) 등 9개 항목을 조사하였다.

pH와 용존산소는 조사현장에서 각각 pH meter와 DO meter(YSI Model-58)로 바로 측정하였고, COD는 과망간산 칼륨에 의한 방법, BOD는 20 °C에서 5일간 방치한 후 소비되는 용존산소량을 측정, SS는 유리섬유 여과법, T-N은 kjeldahl법, T-P는 ascorbic acid 환원 흡광광도법, NH₄⁺-N는 indophenol-blue법, NO₃⁻-N는 이온크로마토그래프로 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지역의 강우량

낙동강 수계중 경상북도 유로구간중 각 조사 대상 지역의 월별 강우량은 기상청 발표자료를 인용하였으며 그림 1과 같다. 6월의 강우량이 조사대상 전 지역에서 가장 많은 강우를 보였으며, 3월에도 100 mm를 나타내었으나, 2월중에는 전혀 비가 내리지 않는 겨울 가뭄 현상을 나타내었다. '96년도 연간 강우량은 지역별로 각각 안동 834.8 mm, 상주 1084.0 mm, 구미 883.1 mm, 왜관 979.8 mm, 고령 896.5 mm의 강우량을 나타내었으며 '97년도의 경우 지역별로 안동 1052.3 mm, 상주 1191.5 mm, 구미 926.7 mm, 왜관 1115.3 mm, 고령 1091.4 mm의 강우량을 나타내었다. '96년 낙동강 수계의 강우량은 우리나라 연평균 강우량(1,137 mm)보다 상당히 적은 편이었고 '97년의 경우도 비교적 적은 양의 강우량이 기록되었다. 계절적으로는 여름철 특히, 6월과 7월에 집중되는 전형적인 우리나라 강우분포

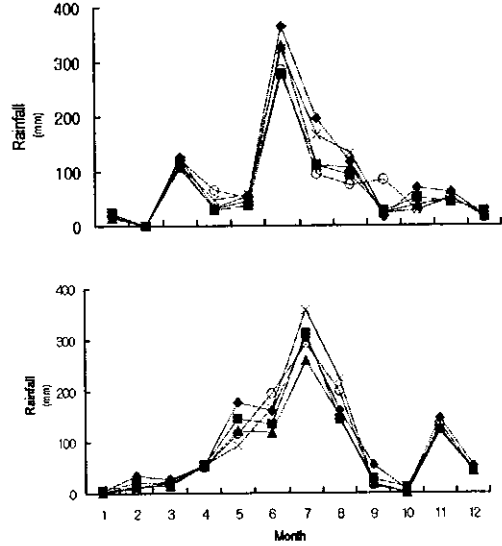


Fig. 1. Changes of rainfall during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
○—○ : Koryung

의 현상을 나타내었으며 3월에 집중강우 현상이 있었다.

2. pH

'96년의 경우 대부분의 지역 및 시기별로 상수원수로서 적합한 pH를 유지하고 있으나 왜관지역에서 5월의 경우 pH 8.6으로 측정되었다(그림 2). 이는 상수원수 1, 2급의 수질기준인 pH 6.0~8.0보다 더 높아 상수원수로서 부적합하였으며, '97년의 경우 구미, 왜관, 고령 지역에서 pH 8.5를 상회하였으며, 이러한 pH는 계절적으로 수량이 많은 여름철에 pH가 점차 높아지다가 수량이 줄어드는 겨울철이 되면서 점차 낮아지는 현상이 조사한 모든 지역에서 관찰되었다.

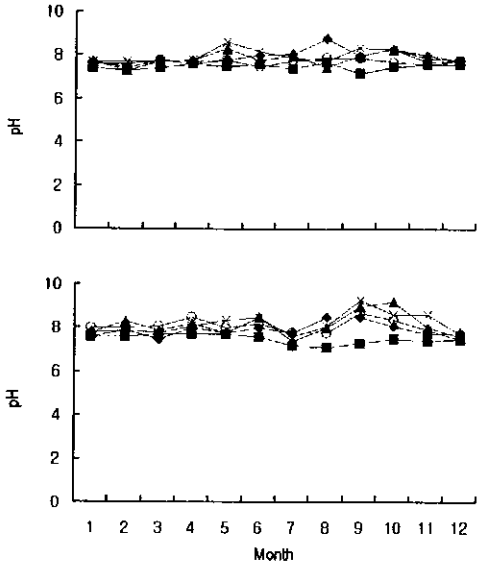


Fig. 2. Changes of pH during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

3. DO(Dissolved Oxygen)

용존산소는 대부분의 지역에서 7~14 mg/l 이상으로 비교적 높은 용존산소를 유지하는 것으로 확인되었다(그림 3). 5개 지점 공히 2년 동안 겨울철에 높다가 수온이 점점 높아지는 여름철이 되면서 낮아져 7, 8월에 최저수치를 보이다가 다시 점점 높아지는 것으로 관찰되었다. 또한 '96년에 비해 '97년의 경우 상류지역과 하류지역의 용존산소가 그 차이가 없음이 관찰되었는데 이는 상류지역에서도 그 오염이 심해지고 있음을 알 수 있었다. 조사지역중 하류지점인 왜관의 경우 용존산소량이 타지역에 비해 상당히 높은 수준을 유지하였는데, 이는 구미지역의 하수가 진미 하수처리장을 거쳐 방류되고 있으며 이 구간은 와류현

상이 많아 공기의 공급이 원활하고 광활한 모래의 영향을 받은 자정작용이 활발하게 일어난 것으로 생각된다. 또한 고령지역의 경우 6월에 약 4 mg/l 정도의 용존산소를 보였으며 이는 환경정책 기본법상의 수질기준인 생활환경 3급수의 기준치인 5 mg/l 에도 미달되는 수질을 나타내었다.

4. COD(Chemical Oxygen Demand)

수중의 유기물 양을 간접적으로 나타내는 지표인 화학적 산소요구량을 조사한 결과는 그림 4와 같다. 가장 하류지역에 위치한 고령의 경우 96년의 경우 1, 2월중에 12 mg/l 로 가장 높았으며 97년의 경우 1월에는 8 mg/l 로 낮았으나 2월은 11 mg/l 로 높게 나타났다

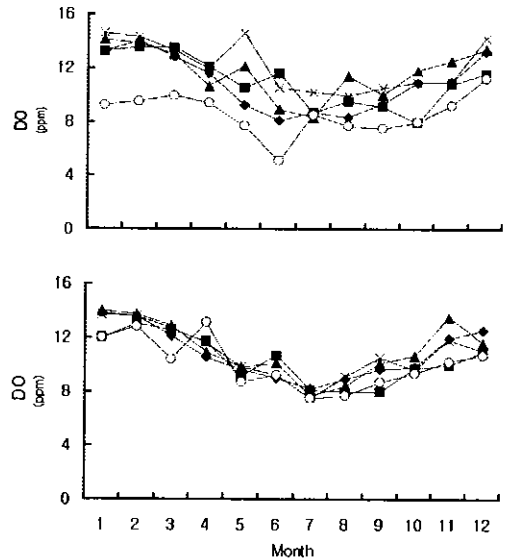


Fig. 3. Changes of DO concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

가 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 다른 지역의 경우 2~6mg/l 정도로 거의 일정하나 7, 8월중에 가장 높은 수치를 나타내었다. '96년과 '97년도에의 경우 공히 이러한 기준에서 보면 고령지역에서 채취한 물 시료의 경우 1월부터 2월까지 그 수질이 최고 12mg/l 정도로 심각한 수질악화 현상이 관찰되었으며 '96년도에는 강수량이 1월중에 19.6mm이며 2월에는 한차례도 비가오지 않아 강우량이 거의 없어 하천의 유지수의 감소도 COD의 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다. 다른 지역의 경우 COD는 구미지역을 지나 왜관지역에 접어들면서 점차 높아지기 시작하는 것이 관찰되었으며 왜관에서 8월중에 COD는 6.3mg/l으로 농업용수로도 부적합한 하천수로서 왜관지역에서도 하천오염의 심각함을 알 수 있었다.

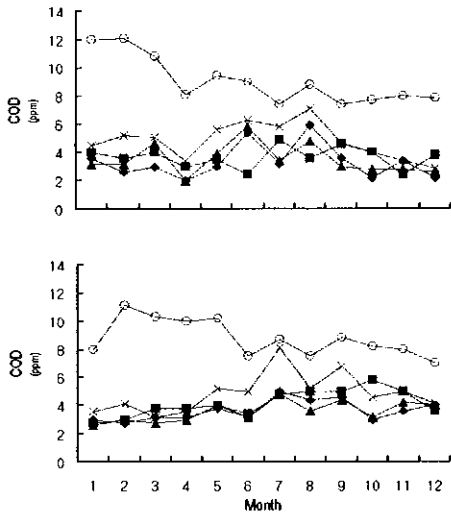


Fig. 4. Changes of COD concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(lower)
 ◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

5. BOD(Biological Oxygen Demand)

생물학적 산소요구량은 그림 5에서 보듯이 평균적으로 고령부위가 가장 높게 나타났으며 고령부위보다 더 상류지역의 경우 서로 비슷한 결과가 관찰되었다. 일반적으로 하천수의 경우 약 4월경부터 수온이 상승하게 됨에 따라 BOD가 증가하는 경향을 띠게 되나 고령보다 상류인 4개소에서는 이러한 경향이 잘 반영되어 나타나고 있으나 낙동강 지류인 금호강이 합류되고 난후의 지점에 위치한 고령의 경우는 그러한 현상이 관찰되지 않았으며 오히려 겨울철의 경우 더 높은 BOD를 나타내는 특성이 관찰되었다. 고령지역에서 채취한 물 시료의 경우 농업용수 기준이 BOD 8mg/l 인데 반하여 '96년도에는 거의 이에 육박하는 수질인 최고 7.3mg/l 정도 97년도에는 6.4

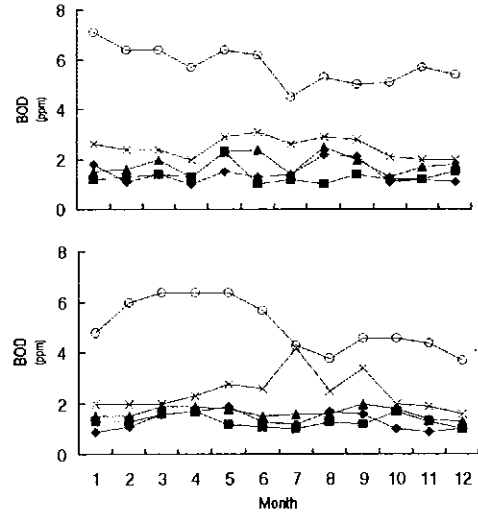


Fig. 5. Changes of BOD concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(lower)
 ◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

mg/l 상수원수로서는 사용할 수 없고, 농업 용수로서도 사용이 불가할 정도까지 육박하는 수질악화를 나타내었다.

6. SS(Suspended Solids)

부유물질의 양은 전체적으로 수질환경 기준 상의 상수원수 1급 기준인 25 mg/l 이하로 적합한 상태였으며 상류지역에서 하류지역으로 내려올수록 점점 증가하는 추세를 나타내었다(그림 6). 그리고 모든 지역에서 공히 봄과 여름철에 상승하는 결과를 나타내었는데 이는 봄철 조류의 번식으로 인한 부유화 현상과 여름철에 홍수로 인한 하상침전물의 부상 때문으로 판단된다.

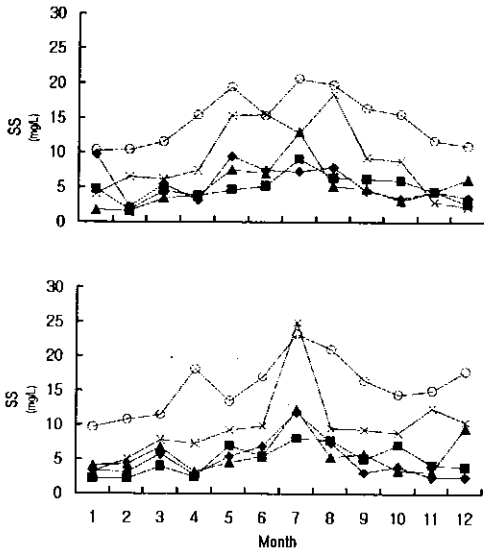


Fig. 6. Changes of SS concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

7. T-N

구미지역 및 왜관지역에서 전반적으로 높은 수준의 총질소가 관찰되었으며 특히 구미지역에서 1996년 7월중에 6.1 mg/l, 왜관지역에서 7월중에 5.8 mg/l 정도의 높은 수치를 나타내었다(그림 7). 구미지역은 구미국가공단에서 발생하는 공장폐수가 그 주류를 이룰 것으로 생각되며 왜관지역의 경우 상류지역에서 오는 오염부하량과 왜관의 가축폐수 및 칠곡환경사업소의 1일 처리능력 2만톤인대 반해 왜관공단 2만톤, 생활하수 2만 6천톤 등 그 오염부하량이 처리능력에 비해 너무 많으므로 오염이 가중되고 있는 실정¹⁾이라고 할 수 있겠다. 한편 낙동강 상류지역이라 할 수 있는안동지역은 2년동안 2.4~4.3 mg/l, 상주지역

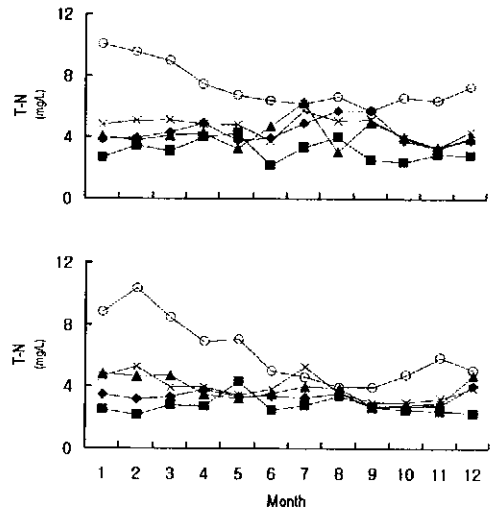


Fig. 7. Changes of T-N concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

도 3.3~5.8 mg/l의 수치를 나타내었으며 특히 안동지역의 경우 과거 광산개발로 오염유발지역이던 태백시가 최근 폐광이 늘어감에 따라 그 오염부하량이 줄어들고 있는 실정이나 이 두도시의 인구증가로 인한 생활하수의 오염부하량이 점차 늘고 있는 실정이라 이에 대한 대책이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

8. T-P

총인의 경우 그림 8에 나타내었으며 이것의 배출원은 주로 인간과 가축의 배설물 및 비료, 생활하수 등으로 호소나 연안해에서 부영양화를 일으키는 것으로 알려져 있다.

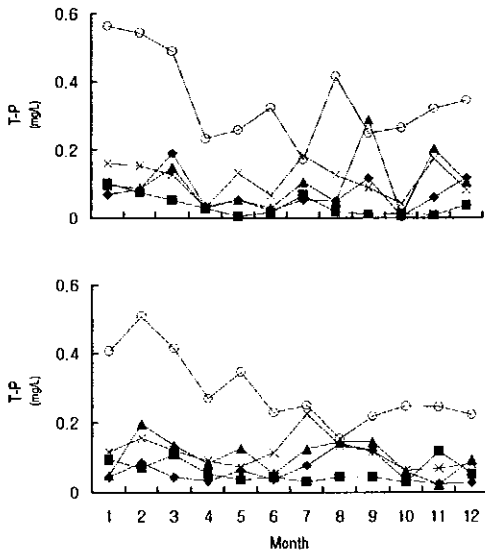


Fig. 8. Changes of T-P concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)
 ◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

대부분의 지역 및 월별로 1 mg/l 미만의 적은 양의 인이 검출되었으며, 왜관지역은 2년 동안 공히 겨울철이 약 0.4 mg/l 이상으로 가장 높았으며, 여름철로 가면서 점점 그 수치가 줄어드는 경향을 나타내었다. 2년 동안 각 지역별로 거의 비슷한 수치와 경향을 나타내는 것을 관찰할 수 있었으며 그 양이 비교적 적어서 총인이 경상북도 유로구간에서 오염원으로 작용할 가능성은 적은 것으로 판단되었다.

9. NH₄⁺-N

암모니아성 질소는 그림 9에서 보듯이 평균적으로 고령부위가 가장 높게 나타났으며 97년도의 경우 약 4 mg/l 96년도의 경우 1, 2월

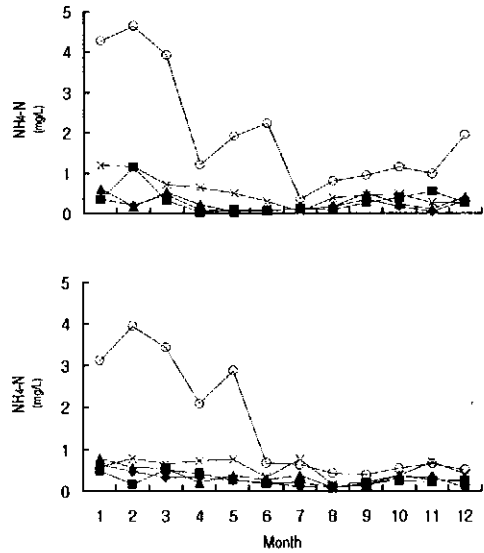


Fig. 9. Changes of NH₄⁺-N concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(below)
 ◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

에 약 5mg/l 이상의 높은 수치를 나타내었다. 이러한 수치는 강수량은 적는데 반해 축산폐수의 대부분이 아무런 처리를 하지 않고 방류하는데 기인한 것으로 추측되어 이러한 오염원의 근본적인 저감이 절실하다고 할 수 있을 것이다. 다른 지역의 경우 96년 및 97년에 1mg/l 이하로 적은 수준의 암모니아성 질소가 관찰되었으며 특히 96년도의 경우 왜관이나 상주지역도 1, 2월중에 다른 시기에 비해 높은 수치를 나타내었다.

10. NO₃⁻-N

질산성 질소의 경우 그림 10에서 보듯이 질산성 질소는 평균적으로 고령부위가 가장 높게 나타났으며 96년도의 경우 12월중에는 4.99

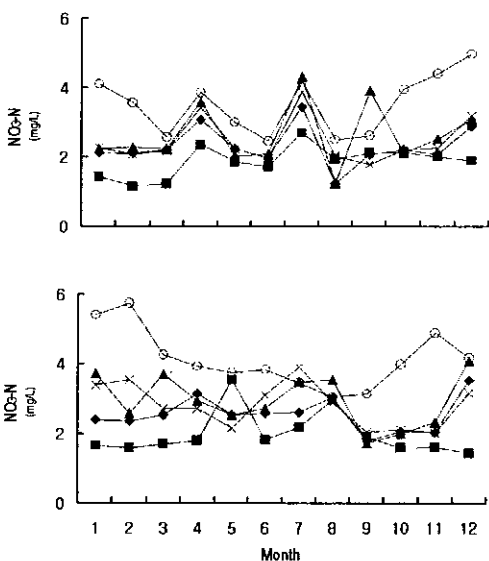


Fig. 10. Changes of NO₃⁻-N concentrations during one year in Nakdong River. Data are average values of three samples in 1996(upper) and 1997(lower).

◆—◆ : Andong ■—■ : Sangju
 ▲—▲ : Kumi ×—× : Waegwan
 ○—○ : Koryung

mg/l, 1월중에는 4.12mg/l 정도의 높은 수치를 나타내었으며 97년도의 경우 11월중에 4.90 mg/l, 2월중에 5.75 mg/l 정도로 97년도가 96년도에 비해 전반적으로 높은 수치를 나타내었어 그 오염정도가 더 심함을 알 수 있었다. 다른 지역의 경우 평균적으로 3mg/l 정도를 나타내었으며 4월과 7월에 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 4월은 3월중에 강우가 많았으며 7월도 6월중에 강우가 많음을 감안할 때 하천 유지수의 감소에 기인한 결과는 아니며 다수의 오염 배출원의 증가에 의한 것으로 생각된다.

상기의 조사에 의하면 낙동강 일대는 가뭄으로 인하여 1996년도 수질은 조사기간중 상당히 악화되었을 것으로 예상할 수 있었으며, 실제의 분석치에서도 그것이 잘 반영되어 나타남을 알 수 있었다.

BOD기준으로 낙동강 수계의 오염부하량은 1일 발생량 약 269천톤 정도이며 그중 생활하수 38%, 산업폐수 17%, 축산폐수 22%가 발생하고 있고 이외에도 농경지나 임야 등의 비점오염원과 양식장의 배설물 등도 23%가 발생¹⁾하여 수질오염에 많은 영향을 미치고 있는 실정²⁾으로 이에 대한 종합적인 관리 및 처리시설의 보완이 절실한 실정이라고 하겠다.

요 약

1996년과 1997년도 2년동안 1월부터 12월까지의 영남지역의 5개소를 선정하여 실험하였다. 본 실험에서 조사한 지역은 낙동강 유로연장 521.1km중 57%에 해당하는 경상북도 유로구간 298.1km로서 상류지역 3개소(안동, 상주, 구미), 중류지역 2개소(왜관, 고령)로 총 5개소에 대해 실시하여 낙동강의 수질오염 특

성을 알아보고 낙동강 수질 개선 및 장래에 예상되는 수질악화에 대비한 물 관리의 기초자료로서 활용하고자 본연구를 시도하였으며 그 결과는 아래와 같다.

1. 낙동강의 조사지역 5개소의 pH는 공히 6.5~8.6 정도를 나타내었다.
2. 용존산소량(DO), 화학적 산소요구량(COD), 생물학적 산소요구량(BOD)은 여름철에 낮아지고 겨울철에 높아지는 현상이 관찰되었다.
3. 부유물질(SS)은 여름철에 급격히 높아지는 현상이 관찰되었다.
4. 총인과 총질소는 조류가 번식하여 부영양화를 일으킬 만큼 높은 수준은 관찰되지 않았으나 상당한 수준의 양이 관찰되었다.
5. NH_4^+-N 와 NO_3--N 는 비교적 높은 수준이 관찰되었다.

참 고 문 헌

1. 국무총리실 수질개선기획단, 환경부·건설교통부, 한국수자원공사(1997) 낙동강 수질 개선 연찬회 - 낙동강을 살립니다.
2. 김복영 (1988) 수질오염과 농업. 한국환경농학회지 7(2): 153-169.
3. 김한태, 권순국(1993) 농촌유역에서의 수질오염특성에 관한 연구 한국환경농학회지 12(2): 129-143.
4. 박해상의 4인 (1996) 우리나라 농업환경의 문제점과 개선방향, 한국환경농학회 '96 농업환경심포지움.
5. 이춘희, 하호성, 이한생, 전성건(1985) 낙동강 하류 관개수질이 벼 생육에 미치는 영향 한국토양비료학회지 18(1): 72-77.
6. 정종배, 김복진, 김정국(1997) 낙동강 수계 주요 농업지대 소유역의 수질오염, 한국환경농학회지, 16(2): 187-192.
7. 최언호, 이서래 (1982) 낙동강 중류수계의 수질조사 연구(1978-1980), 한국환경농학회지, 1(1): 31-38.
8. 최언호, 이서래(1980) 낙동강 중류수계의 자정능력평가, 1(1): 39-47 한국환경농학회지.
9. 하호성, 허중수(1982) 김해평야의 관개수 오염에 관한 연구, 한국환경농학회지 1(1): 22-30.
10. 환경부(1997) 수질오염공정시험방법.
11. 환경처 (1995) 환경오염피해분쟁조정사 례집.