

## 낙동강수계 농촌유역의 토지이용 및 수질 특성

김진호\* · 김찬용<sup>1)</sup> · 이성태<sup>2)</sup> · 최철만 · 정구복 · 이종식 · 김원일

농촌진흥청 농업과학기술원 환경생태과, <sup>1)</sup>경상북도 농업기술원 환경농업연구과 <sup>2)</sup>경상남도 농업기술원 식물환경연구과  
(2007년 5월 7일 접수, 2007년 6월 19일 수리)

### Properties of Water Quality and Land Use at the Rural Area in the Nakdong River Watershed

Jin-Ho Kim\*, Chan-Yong Kim<sup>1)</sup>, Seong-Tae Lee<sup>2)</sup>, Chul-Mann Choi, Goo-Bok Jung, Jong-Sik Lee, and Won-Il Kim (Division of Environment and Ecology, National Institute of Agricultural Science & Technology, Rural Development Administration, Suwon, 441-707, Korea, <sup>1)</sup>Division of Environment Agriculture Research, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Daegu, 702-708, Korea, <sup>2)</sup>Plant Environment Division, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Jinju, 660-360, Korea)

**ABSTRACT:** This study was focused on understanding the agricultural non-point sources pollution in 72 rural catchments of Nakdong river watershed from 2001 to 2005 every two year. Also, Pearson correlations between water quality and basin characteristic were computed. Water quality of this study watershed was better in 2003 than any other period. The water quality of upstream was recorded from 0.040 to 0.510 dS/m in EC, from 3.55 to 22.60 mg/L in DO, from 0.32 to 16.64 mg/L in T-N, from 0.00 to 12.21 mg/L in NO<sub>3</sub>-N, from 0.000 to 0.860 mg/L in T-P, and from 0.000 to 0.640 mg/L in PO<sub>4</sub>-P. At the downstream, EC was measured from 0.030 to 0.520 dS/m, DO from 4.13 to 18.36 mg/L, T-N from 0.38 to 26.88 mg/L, NO<sub>3</sub>-N from 0.10 to 20.12 mg/L, T-P from 0.002 to 0.820 mg/L, PO<sub>4</sub>-P from 0.002 to 0.690 mg/L. But, there was no difference between upstream and downstream for the water quality. Based on the correlation analysis between water quality and land use, correlation between BOD and residential was the highest positive correlation of 0.541 ( $p < 0.01$ ), and correlation between PO<sub>4</sub>-P and forest was the highest negative correlation of -0.451 ( $p < 0.01$ ). Also, T-N, NO<sub>3</sub>-N, and pH were not correlated with all basin characteristics, and basin was not correlated with all water quality parameter. According to the correlation, residential was causative of growing worst for water quality, and forest was causative of improving for water quality.

**Key Words:** Water quality, Rural catchment, Nakdong river, Non-point source, Land use

### 서론

인구 증가와 각종 산업 발달로 인하여 오염물질이 하천으로 유입되고 자정능력의 범위를 넘어서게 되면 하천에서의 수질오염은 점점 가중된다. 하천 유역에서의 오염은 점원오염과 비점원오염으로 구분할 수 있는데, 현재 우리나라에서 수질관리를 위해 시행되고 있는 총량관리를 위해서는 이 중에서 비점원오염에 대한 철저한 기초연구가 선행되어야 한다.

농촌유역에서 발생하는 비점원오염 물질은 점원오염 물질

과는 달리 오염물의 종류, 독성, 발생량, 그리고 생물에 미치는 영향 등을 간단하고 명료하게 나타내기 어렵고<sup>1)</sup> 주로 토지 이용행위로 인해 발생되며 지역의 토질과 토성, 문화, 주거형태, 하천의 이용 및 형상 등 지역이 지니는 환경·수문학적 특성에 크게 영향을 받으므로 효율적인 관리에 많은 어려움이 있다<sup>2,3)</sup>. 또한 이러한 비점원오염 물질들은 강우시 집중적으로 배출되는 특징을 가지며 농촌유역에서는 축산폐수, 농경지 배수, 생활하수 등이 주요 비점원오염으로 하천오염의 주요 원인이 되고 있다<sup>4,7)</sup>. 비료의 사용, 축산오수나 생활하수를 통한 여러 염류의 유입으로 인하여 EC의 증가가 일어날 수 있는데, 현행 우리나라에서는 EC에 대한 법적인 농업용수의 수질 기준이 없어 시급한 기준 설정이 요구되지만

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0221 Fax: +82-31-290-0206

E-mail: water@rda.go.kr

국외에서는 각 국의 실정에 맞게 설정되어 운영되고 있다<sup>8)</sup>. 또한 FAO (Food and Agriculture Organization)에서도 3 등급으로 구분하여 염농도에 대한 guideline을 제시하고 있어 EC가 수질에 미치는 영향을 간접적으로 시사해 주고 있는 바<sup>9)</sup> EC에 대한 지속적인 모니터링과 함께 적절한 수질기준 마련이 필요하다. 뿐만 아니라 농촌유역에서 발생하는 수질오염의 원인과 현황을 정량적으로 구명하고 수질오염을 저감하기 위한 최적관리방안을 마련하기 위해서는 대상유역에서 다양한 수질항목에 대한 수문수질 모니터링이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 낙동강 수계내 농촌유역의 토지이용현황과 수질현황을 파악하였으며, 농촌유역의 총량관리와 농업용수의 수질관리 및 효과적인 물관리 정책의 수립 등을 위한 기초자료로서 활용하고자 본 연구를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 연구대상유역

4대강 중 하나인 낙동강은 우리나라 동남부(127° 29'E ~ 129° 18'E, 35° 03'N ~ 37° 13'N)에 위치하며, 강원도 태백시에서 발원하여 2개의 광역시(부산, 대구)와 5개의 도(경상남북도, 전라남북도, 강원도)를 통과한 후 남해안으로 유입되는 우리나라 제 2의 수계이다. 유역면적은 23,860 km<sup>2</sup>이고 유로연장은 525.8 km이며 유역 내에는 안동댐, 임하댐, 합천댐 그리고 남강댐의 4개의 다목적 댐이 건설되어져 있다. 그 중 연구대상 농촌 소유역 중소하천은 상류지역의 경우 34개 지점으로 유역 면적은 14.04(용동천) ~ 484.31(길안천) km<sup>2</sup>의 범위였고, 하류지역은 38개 지점으로 유역 면적은 2.21(운암천) ~ 59.76(신천천) km<sup>2</sup>의 범위였다.

### 수질조사 및 분석

수질 조사 지역은 낙동강 수계의 농촌 소유역 중소하천 72지점을 대상으로 2001년, 2003년 그리고 2005년에 걸쳐 실시되었고, 조사 시기는 물을 가장 많이 사용하는 논농업을 기준으로 영농전인 4월, 강우기인 7월, 그리고 영농후인 10월로 3회 나누어 실시하였다(Fig. 1).

수질 분석은 환경부 수질오염공정시험방법<sup>10)</sup>에 준하여 실시하였다. 현장측정항목인 pH, EC, DO는 현장에서 수질다중분석장치(YSI 600XL, USA)를 이용하여 현장에서 즉시 측정하였다. 채취한 시료는 2 l 수질시료 전용용기에 담아 냉장 상태에서 실험실로 운반, 분석을 실시하였다. 생물화학적산소요구량(BOD, Biochemical Oxygen Demands)은 격막전극법을 이용하여 분석하였고, 화학적산소요구량(COD, Chemical Oxygen Demands)은 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>과 KMnO<sub>4</sub> 두가지 산화제를 각각 이용하여 분석하였다. T-N 및 T-P는 Autoanalyzer(AACS, Bran + rubbe)를 이용하여 분석하였고, 암모니아성 질소(NH<sub>3</sub>-N) 및 인산염인(PO<sub>4</sub>-P)은 UV/VISIBLE Spec-

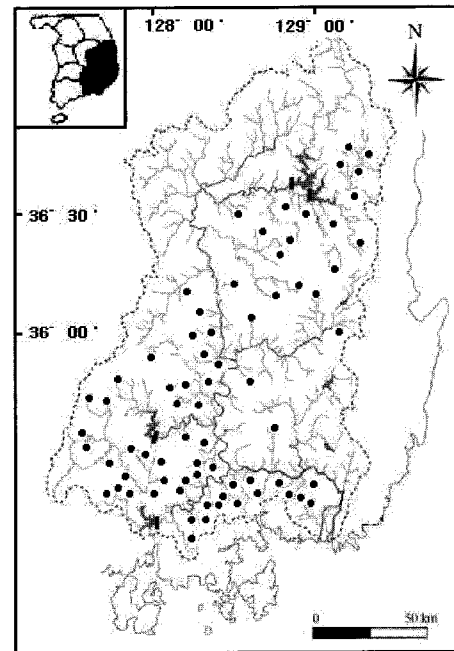


Fig. 1. Location of water quality monitoring sites for 72 representative catchment in the Nakdong river watershed.

trophotometer(CARY 300, Varian)를 이용하여 인도페놀법 및 폴리브덴산 암모늄법으로 분석하였으며, 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N)를 비롯한 음이온은 이온크로마토그래피(DX-320, Dionex)를 이용하여 분석하였다. 또한 부유물질(SS, Suspended Solids)은 유리섬유여지법으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 조사대상유역의 강우량 분포

기상청의 20년 이상 연속 관측한 자료에 의하면, 우리나라 중부지방의 연 강우량은 1,100 ~ 1,400 mm이고, 남부지방의 연 강우량은 연 1,000 ~ 1,800 mm이었는데, 조사대상 유역인 낙동강 상류지역의 연 평균 강우량은 2001년 855.9 mm, 2003년 1,787.6 mm, 2005년 1,057.5 mm이고 하류지역은 2001년 1,166.6 mm, 2003년 1,936.3 mm, 2005년 1,208.7 mm로서 2003년의 경우, 하류지역의 연 평균 강우량은 우리나라 남부지역의 연 평균 강우량을 넘어선 수준이었고 연도별로는 2003년 > 2005년 > 2001년 순으로 강우량이 많았다. 또한 하류지역은 상류지역보다 매년 강우량이 많았음을 알 수 있었다. 월 평균 강우량은 조사시기를 기준으로 볼 때 7월 강우기에 연 평균 강우량의 18.8% 이상으로 집중적으로 내렸음을 알 수 있었다(Table 1).

### 토지이용현황

조사대상 유역의 토지이용현황은 국립지리원에서 발행한



에 10.51 mg/L로 가장 높았으며 2003년 7월에 7.67 mg/L로 가장 낮았는데, 대체적으로 여름보다는 조류가 번성하는 시기인 봄과 가을에 높게 조사되었다. 이러한 결과는 Kim 등<sup>12)</sup>은 식물플랑크톤의 광합성 작용에 의한 용존산소의 증가라 하였다. 또한 본 조사지점과 정확하게 일치하지는 않지만, Lee 등<sup>13)</sup>에 의하면, 2003년의 경우 식물플랑크톤의 생산력은 6월~8월에 비해 4월과 11월에 더 높게 조사되어 본 연구결과와 일치함을 알 수 있었다. BOD의 경우, 측정하지 않은 2001년을 제외한 평균이 1.61 mg/L였고 2005년 4월에 2.11 mg/L로 가장 높았으며 2003년 10월에 0.86 mg/L로 가장 낮았지만 농업용수 수질기준인 8 mg/L 이하로 조사되어 양호함을 알 수 있었다. Lim 등<sup>9)</sup>에 의하면 낙동강 본류에서는 하류로 갈수록 거의 대부분 농업용수 수질기준을 초과하는 것으로 조사되었는데 낙동강수계 하천을 대상으로 조사한 결과, 낙동강 본류로의 오염에 대한 영향은 진행되지 않고 있음을 간접적으로 알 수 있었다. COD<sub>Mn</sub> 역시 2001년을 제외하면, 평균 3.58 mg/L였고 2003년 7월에 4.51 mg/L로 가장 높았으며 2005년 10월에 2.43 mg/L로 가장 낮았다. Chung 등<sup>12)</sup>에 의하면 여러 원인 중의 한 가지의 원인으로, 고온기에 물질 생산량이 많고 여름 가뭄으로 인하여 수계의 유수량이 적었을 경우 여름에 가장 높게 조사될 수 있다고 하였다. COD<sub>Cr</sub>은 평균 5.51 mg/L였고 2001년 4월에 8.94 mg/L로

가장 높았으며 2005년 10월에 3.34 mg/L로 가장 낮았다. SS는 평균 15.71 mg/L였고, 2003년 4월에 40.13 mg/L로 가장 높았으며 2005년 10월에 2.91 mg/L로 가장 낮아 시기별로 차이가 많았지만 대체적으로는 25 mg/L이하로 조사되어 적합한 상태였다. 또한 봄과 여름에 증가하는 결과를 보였는데 Kim 등<sup>13)</sup>은 이를 봄철 조류(algae)의 번식으로 인한 부영양화 현상과 관련이 있다고 하였지만 낙동강수계의 본류와 비교해 볼 때 부영양화된 수준은 아니었다(Fig. 3).

T-N은 평균 3.52 mg/L였고, 2003년 10월에 5.70 mg/L로 가장 높았으며 2005년 4월에 2.36 mg/L로 가장 낮았다. NH<sub>3</sub>-N은 평균 0.55 mg/L였고 2001년 10월에 0.85 mg/L로 가장 높았으며 2005년 4월에 0.28 mg/L로 가장 낮았지만 대체적으로 여름에 낮았다. 이는 여름에 수온이 상승하면서 미생물에 의한 질산화작용이 활발하여 NH<sub>3</sub>-N가 NO<sub>3</sub>-N로 변하기 때문에 NH<sub>3</sub>-N의 농도가 감소한 것으로 생각된다. 또한 NH<sub>3</sub>-N는 단백질 등 유기화합물로부터 가장 먼저 분해되어 형성된 형태이기 때문에 NH<sub>3</sub>-N의 검출은 최근에 오염이 이루어졌음을 간접적으로 알 수 있고, 분뇨 중의 요소도 NH<sub>3</sub>-N로 변화되기 쉬우므로 분뇨오염의 지표로서 가치가 있으므로<sup>9)</sup> 주변의 수질을 악화시킬 수 있고 수원의 청결 및 위생 정도를 파악하기 위해서라도 NH<sub>3</sub>-N의 모니터링은 지속적으로 이루어져야 할 것이다. NO<sub>3</sub>-N은 평균 1.97 mg/L였

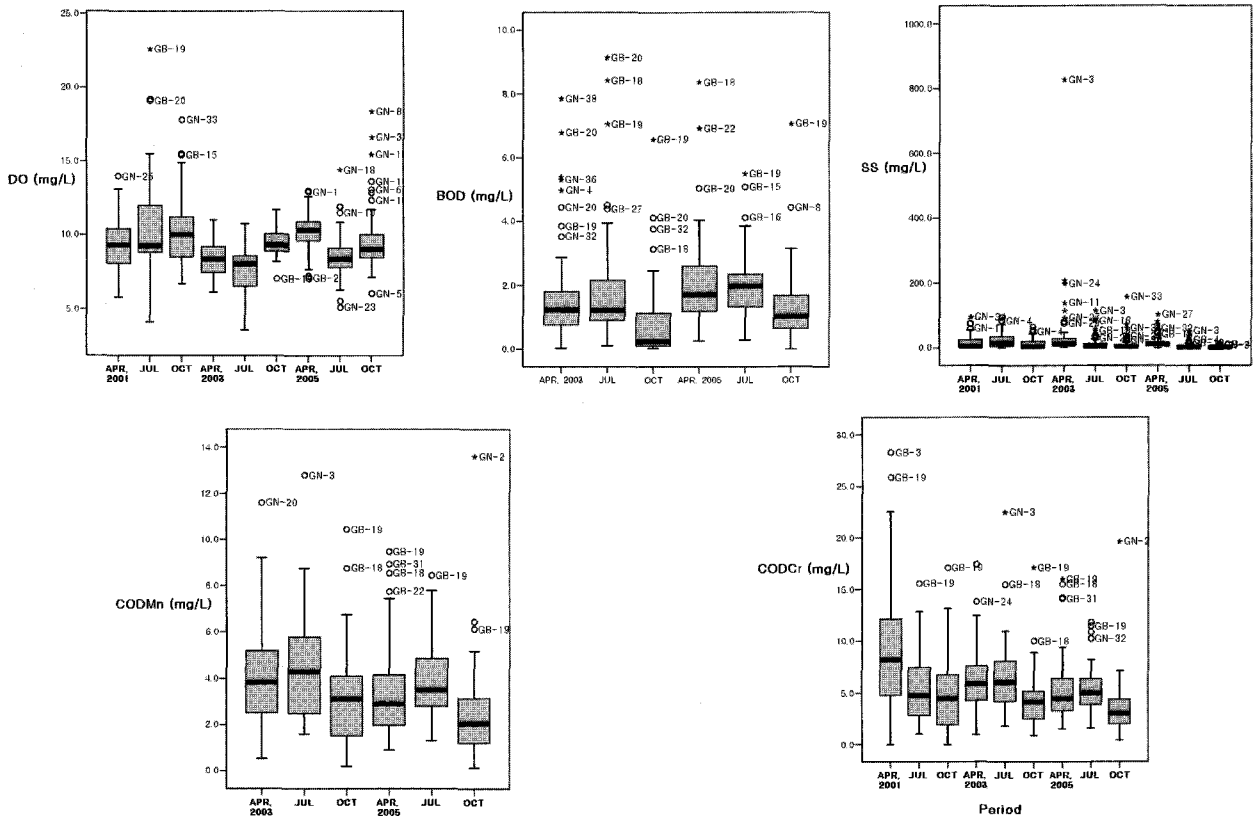


Fig. 3. Variation of DO, BOD, SS, COD<sub>Mn</sub> and CDD<sub>Cr</sub> in this study watershed.

고 2001년 7월에 2.32 mg/L로 가장 높았으며 2005년 4월에 1.65 mg/L로 가장 낮았다. T-P는 평균 0.09 mg/L였고 2001년 10월에 0.16 mg/L로 가장 높았으며 2005년 7월에 0.06 mg/L로 가장 낮았다(Fig. 4).

PO<sub>4</sub>-P는 평균 0.05 mg/L였고, 2001년 10월에 0.08 mg/L로 가장 높았으며 2001년 4월에 0.03 mg/L로 가장 낮았으나 시기별로는 별 차이가 없었다. T-N과 T-P는 부영양화의 원인물질이 되는 영양염류로서 Lim 등<sup>9)</sup>에 의하면 낙동강 본류에서는 매년 증가하는 추세를 보였고 본 연구 결과에서도 증가하는 추세였다(Fig. 5).

조사지역에서의 연도별 수질 현황은 Table 3과 4에 나타내었는데, 연 3회 조사만으로는 수질에 대한 결론을 내리기에 다소 무리가 따르지만, 수질의 대체적인 경향은 파악할 수 있었다. 상류지역과 하류지역의 수질 경향은 대체적으로 양호한 편이었으며 몇 가지 수질항목을 제외하고는 상류지역보다는 하류지역에서 낮은 경향을 보였다.

하류지역의 경우, DO는 평균 9.34 mg/L, pH는 평균 7.51, EC는 평균 0.154 dS/m, BOD는 평균 1.26 mg/L, COD<sub>Mn</sub>은 평균 3.20 mg/L, COD<sub>Cr</sub>은 평균 4.70 mg/L, SS는 평균 23.61 mg/L, T-N은 평균 2.68 mg/L, NH<sub>3</sub>-N은

평균 0.43 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 평균 1.77 mg/L, T-P는 평균 0.099 mg/L, PO<sub>4</sub>-P는 평균 0.064 mg/L로 SS, T-P, PO<sub>4</sub>-P의 경우를 제외하고 상류지역보다는 낮은 조사되어 수계 본류에서와 같은 상류에서 하류로 갈수록 수질 악화가 우려되는 양상의 중적인 변화는 없었다.

**유역특성과 수질과의 상관관계**

유역의 토지이용이 질소, 인의 농도와 상관성이 있고 하천 수질의 악화가 유역내의 토지이용과 관계가 있으므로<sup>14,15)</sup>, 낙동강수계 농촌유역 소하천 72지점에서의 수질 자료를 대상으로, 토지이용의 점유율을 상관분석하여 Pearson 상관계수를 구하였다. T-N, NO<sub>3</sub>-N, pH는 모든 유역 특성과 유의성이 없었고 수역은 모든 수질 항목과 유의성이 없었다. 시가화는 T-N, NO<sub>3</sub>-N, pH를 제외한 모든 수질 항목에서 유의수준 1% 이내로 양의 상관관계를 나타내었는데, 이는 Jung 등<sup>16)</sup>의 연구와도 같은 결과였고 이의 원인으로, 시가와 근접한 소유역의 경우 적은 유량에 비해 상대적으로 많은 오염물질이 유입되었을 것으로 판단하였다. 특히 Griffin et al.<sup>17)</sup>은 정화조가 밀집한 지역에서는 영양물질이나 분변성 오염물질에 대해서도 하천수가 오염된다고 하였으며 Paul et al.<sup>18)</sup>은 지하

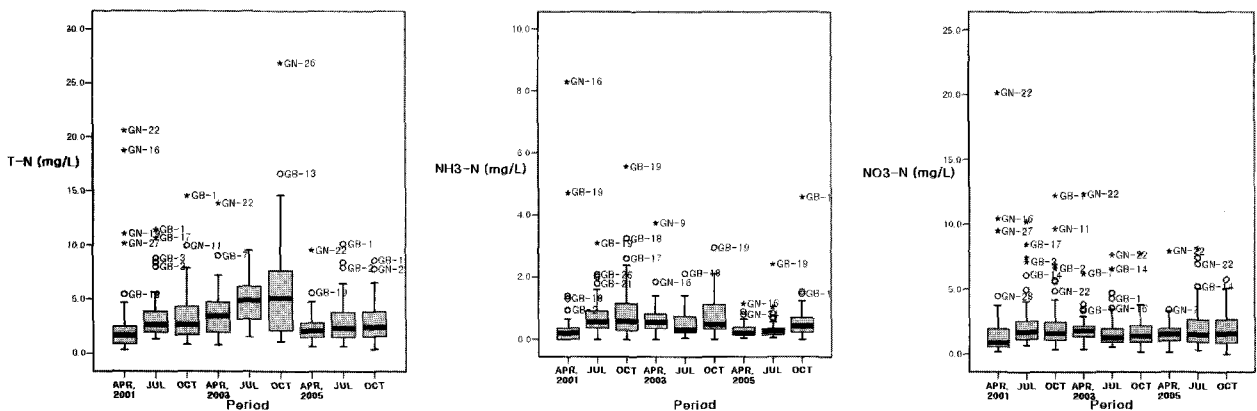


Fig. 4. Variation of T-N, NH<sub>3</sub>-N, and NO<sub>3</sub>-N in Nakdong river watershed.

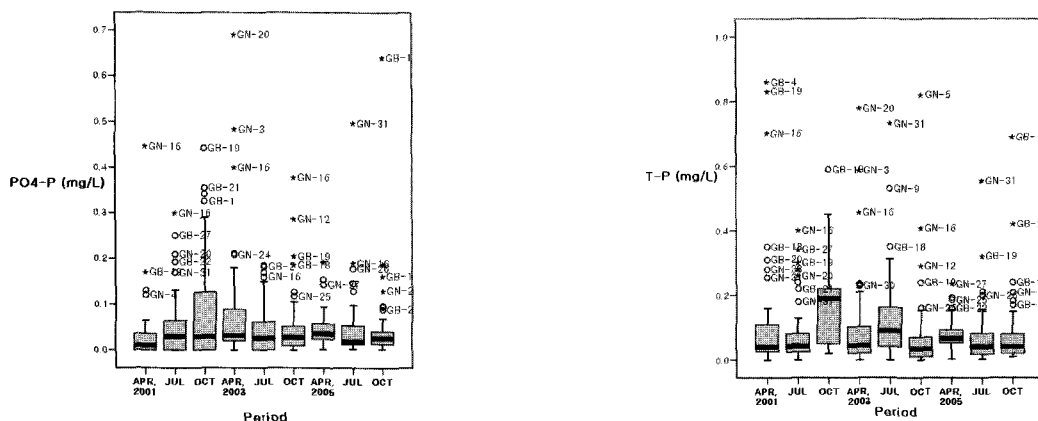


Fig. 5. Variation of PO<sub>4</sub>-P and T-P in Nakdong river watershed.

Table 3. Descriptive statistics of water quality properties in upstream

Item	Statistics	2001	2003	2005
pH	Min - Max	6.9 ~ 10.2	6.1 ~ 9.2	6.0 ~ 9.0
	Avg.	8.3	7.5	7.7
	SD	0.7	0.6	0.6
EC	Min - Max	0.08 ~ 0.500	0.060 ~ 0.410	0.040 ~ 0.510
	Avg.	0.234	0.181	0.180
	SD	0.089	0.067	0.082
DO	Min - Max	5.80 ~ 22.60	3.55 ~ 11.70	6.29 ~ 12.97
	Avg.	10.79	7.92	9.08
	SD	2.76	1.61	1.15
BOD	Min - Max	-	0.04 ~ 9.14	0.26 ~ 8.37
	Avg.	-	1.80	2.19
	SD	-	1.69	1.45
SS	Min - Max	0.50 ~ 41.63	0.63 ~ 57.55	0.20 ~ 44.00
	Avg.	5.33	9.69	5.45
	SD	7.50	11.55	6.96
COD <sub>Mn</sub>	Min - Max	-	0.52 ~ 10.45	0.15 ~ 9.48
	Avg.	-	4.35	3.66
	SD	-	1.87	1.96
COD <sub>Cr</sub>	Min - Max	1.72 ~ 28.28	0.97 ~ 17.07	0.42 ~ 15.97
	Avg.	8.35	5.95	5.15
	SD	4.86	2.55	2.98
NH <sub>3</sub> -N	Min - Max	0.00 ~ 5.56	0.00 ~ 2.95	0.00 ~ 4.58
	Avg.	0.80	0.84	0.41
	SD	1.00	0.53	0.55
NO <sub>3</sub> -N	Min - Max	0.18 ~ 12.21	0.15 ~ 7.76	0.00 ~ 9.37
	Avg.	2.15	2.01	2.28
	SD	2.24	1.33	1.62
T-N	Min - Max	0.32 ~ 14.55	1.25 ~ 16.64	0.40 ~ 12.22
	Avg.	3.44	6.48	3.22
	SD	2.63	2.45	1.98
PO <sub>4</sub> -P	Min - Max	0.000 ~ 0.443	0.000 ~ 0.205	0.001 ~ 0.640
	Avg.	0.046	0.020	0.040
	SD	0.095	0.039	0.066
T-P	Min - Max	0.000 ~ 0.860	0.000 ~ 0.350	0.003 ~ 0.690
	Avg.	0.146	0.033	0.082
	SD	0.159	0.052	0.084

Avg. : Average; SD : Standard deviation

수의 오염이 하천수에 영향을 줄 수 있다고 보고하기도 하였다. 산림의 경우 T-N, NO<sub>3</sub>-N, pH과 NH<sub>3</sub>-N을 제외하면 유의수준 1% 이내로 음의 상관관계를 나타내었는데 Jung 등<sup>16)</sup>의 연구와는 상이한 결과로 조사된 반면, Lee 등<sup>21)</sup>의 연

Table 4. Descriptive statistics of water quality properties in downstream

Item	Statistics	2001	2003	2005
pH	Min - Max	6.3 ~ 8.9	6.2 ~ 9.5	6.7 ~ 9.0
	Avg.	7.5	7.4	7.7
	SD	0.6	0.6	0.5
EC	Min - Max	0.030 ~ 0.520	0.021 ~ 0.390	0.038 ~ 0.368
	Avg.	0.171	0.129	0.164
	SD	0.092	0.072	0.069
DO	Min - Max	4.13 ~ 17.80	6.75 ~ 11.50	5.10 ~ 18.36
	Avg.	9.19	9.06	9.77
	SD	1.84	0.93	2.19
BOD	Min - Max	-	0.03 ~ 7.85	0.00 ~ 4.43
	Avg.	-	1.10	1.41
	SD	-	1.26	0.87
SS	Min - Max	0.00 ~ 95.00	0.40 ~ 827.00	0.20 ~ 102.50
	Avg.	28.67	31.82	11.19
	SD	24.39	85.28	16.65
COD <sub>Mn</sub>	Min - Max	-	0.20 ~ 12.80	0.12 ~ 13.60
	Avg.	-	3.56	2.85
	SD	-	2.31	1.80
COD <sub>Cr</sub>	Min - Max	0.00 ~ 22.56	0.88 ~ 22.48	0.40 ~ 19.60
	Avg.	4.44	5.47	4.13
	SD	4.34	3.61	2.52
NH <sub>3</sub> -N	Min - Max	0.00 ~ 8.30	0.10 ~ 3.75	0.05 ~ 1.53
	Avg.	0.52	0.41	0.36
	SD	0.86	0.40	0.25
NO <sub>3</sub> -N	Min - Max	0.22 ~ 20.12	0.21 ~ 12.32	0.10 ~ 7.90
	Avg.	2.20	1.63	1.59
	SD	2.58	1.40	1.26
T-N	Min - Max	0.38 ~ 20.59	0.78 ~ 26.88	0.46 ~ 9.55
	Avg.	2.77	3.02	2.33
	SD	3.00	2.79	1.55
PO <sub>4</sub> -P	Min - Max	0.010 ~ 0.447	0.010 ~ 0.690	0.002 ~ 0.497
	Avg.	0.055	0.083	0.051
	SD	0.067	0.095	0.072
T-P	Min - Max	0.016 ~ 0.702	0.023 ~ 0.820	0.002 ~ 0.554
	Avg.	0.084	0.147	0.063
	SD	0.101	0.152	0.080

Avg. : Average; SD : Standard deviation

구에서는 본 연구와 같은 결과를 보여주었다. 주거지역, 논 그리고 밭은 대부분이 수질과 양의 상관관계를 보여 수질 악화의 원인으로 작용하므로, 유역에서 이것들의 점유율이 클수록 수질에 좋지 않는 영향을 미치며, 산림의 경우, 대부분

**Table 5. Pearson correlation coefficient between water quality and land use**

Parameter	Basin	Residential	Bare	Grassland	Forest	Paddy	Upland
BOD	0.057	<b>0.541</b>	<b>0.406</b>	<b>0.343</b>	<b>-0.359</b>	0.200	<b>0.343</b>
EC	0.010	<b>0.437</b>	<i>0.284</i>	<i>0.256</i>	<b>-0.387</b>	<b>0.408</b>	0.174
CODMn	0.041	<b>0.438</b>	<i>0.212</i>	0.202	<b>-0.431</b>	<b>0.309</b>	<b>0.383</b>
T-N	-0.001	0.148	0.153	-0.027	-0.041	0.043	0.001
T-P	-0.032	<b>0.365</b>	0.089	<b>0.298</b>	<b>-0.385</b>	<b>0.291</b>	<b>0.332</b>
SS	-0.057	<b>0.341</b>	-0.032	<i>0.277</i>	<b>-0.429</b>	<b>0.323</b>	<b>0.390</b>
NH3-N	0.055	<b>0.390</b>	<b>0.385</b>	<b>0.300</b>	<i>-0.247</i>	0.082	<b>0.293</b>
pH	-0.033	0.004	0.135	-0.101	0.032	-0.072	0.025
CODCr	-0.005	<b>0.482</b>	<b>0.307</b>	<i>0.278</i>	<b>-0.407</b>	<b>0.292</b>	<b>0.346</b>
NO3-N	-0.043	0.027	-0.010	-0.028	-0.036	0.071	-0.014
PO4-P	-0.065	<b>0.335</b>	-0.002	<i>0.265</i>	<b>-0.451</b>	<b>0.449</b>	<i>0.282</i>

\*Bold values are statistically significant at  $p < 0.01$ , italics at  $p < 0.05$

의 수질과 음의 상관관계를 보여 수질 개선의 요인으로 작용하므로 유역내 산림의 점유율이 클수록 하천의 수질은 양호한 것으로 조사되었다(Table 5).

### 요약

낙동강수계내 농촌유역의 토지이용 및 수질특성과의 관련성을 파악하기 위해서, 주요 농촌 소유역 중소하천 72지점을 대상으로 2001년, 2003년, 2005년의 수질을 각 년 3회씩 각 유역별로 조사하였다. 또한 유역의 오염현황과 유역특성과의 관계도 분석하고자 하였다. 낙동강 상류의 수질은 EC의 경우, 0.040~0.510 dS/m, DO는 3.55~22.60 mg/L, T-N이 0.32~16.64 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 0.00~12.21 mg/L, T-P는 0.000~0.860 mg/L, PO<sub>4</sub>-P는 0.000~0.640 mg/L로 조사되었고 하류의 수질은 EC의 경우, 0.030~0.520 dS/m, DO는 4.13~18.36 mg/L, T-N이 0.38~26.88 mg/L, NO<sub>3</sub>-N은 0.10~20.12 mg/L, T-P는 0.002~0.820 mg/L, PO<sub>4</sub>-P는 0.00~0.690 mg/L로 조사되어 소유역별 수질은 큰 차이는 없었지만 전반적인 경향은 낙동강 상류지역의 소유역에서 유출되는 오염도가 하류지역의 소유역보다 높게 조사되었다. 수질과 토지이용의 점유율과의 상관관계는 BOD와 시가화가 0.541( $p < 0.01$ )로 가장 높은 양의 상관관계를 보였고, PO<sub>4</sub>-P가 산림과 -0.451( $p < 0.01$ )로 가장 낮은 음의 상관관계를 보였다. T-N, NO<sub>3</sub>-N, pH는 모든 유역 특성과 유의성이 없었고 수역은 모든 수질 항목과 유의성이 없었다. 또한 시가화는 T-N, NO<sub>3</sub>-N, pH를 제외한 모든 수질 항목에서 유의수준 1% 이내로 양의 상관관계를 나타내어 수질 악화의 원인으로 작용하였고 산림의 경우 대부분의 수질과 음의 상관관계를 보여 수질 개선의 요인으로 작용하였다.

### 참고문헌

1. Kwun, S. K. (1998) Management improvement and perspective on nonpoint source of water pollution in Korea. *Kor. J. Environ. Eng.* 20(11), 1497-510.
2. Ichiki, A. and Yamada, K. (1999) Study on characteristics of pollutant runoff into lake Biwa Japan. *Wat. Sci. Technol.* 39(12), 17-25.
3. Lee, H. D. and Bae, C. H. (2002) Runoff characteristics and strategies for nonpoint source reduction. *J. KSWQ.* 18(6), 569-576.
4. Park, S. W., Yoo, S. H. and Hyun, B. K. (1997) Non point source pollution loading from land uses on small watersheds. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 39, 127-135.
5. Chung, J. B., Kim, B. J. Kim, J. K. and Kim, M. K. (1998) Water quality of streams in some agricultural areas of different agricultural practices along Nakdong river basin. *Kor. J. Environ. Agric.* 17, 140-144.
6. Liding, C. and Bojie, F. (2000) Farm ecosystem management and control of nonpoint source pollution. *Chinese J. Environ. Sci.* 21, 98-100.
7. Peterson, J. M. and Boisvert, R. N. (2001) Control of nonpoint source pollution through voluntary incentive-based policies: an application to nitrate contamination in New York. *Agricultural and Resource Economics Review* 30, 127-138.
8. Ministry of Environment. (2002) Korean Standard Methods for Water Quality (in Korean).

9. Lim, Y. S., Cho, J. S., Lee, H. J., Lee, Y. H., Sohn, B. K. and Heo, J. S. (1999) Status of water quality in Nakdong river districts. *Kor. J. Environ. Agric.* 18(2), 126-134.
10. Kim, J. H., Lee, J. S., Jung, G. B., Yun, S. G., Koh, M. H., Shim, J. C. and Kwun, S. K. (2003) Improvement of water quality standards for Korean agriculture by comparison with foreign countries cases. *Kor J. Intl. Agri.* 15(3), 179-188.
11. Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1976) Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29, FAO, Rome, 1-97.
12. Chung, J. B., Kim, B. J. and Kim, J. K. (1997) Water pollution in some agricultural areas along Nakdong river. *Kor. J. Environ. Agric.* 16(2), 187-192.
13. Kim, J. K., Kang, S. J., Seo, S. H. and Park, W. C. (1998) The survey of regional and seasonal characteristics of water quality in Nakdong river. *Agric. Res. Bull. Kyungpook Nat'l Univ.* 16, 75-83.
14. Tong, S. T. Y. and Chen, W. (2002) Modeling the relationship between land and surface water quality. *J. Environ. Manage.* 66(4), 377-393.
15. Gburek, W. J. and Folmar, G. J. (1999) Flow and chemical contributions to streamflow in an upland watershed: a baseflow survey. *J. Hydrol.* 214, 1-18.
16. Jung, K. W., Yoon, C. G., Jang, J. H. and Kim, H. C. (2006) Analysis of land use and pollutant source effect on water quality characteristics of the watershed. *Korean J. Limnol.* 39(1), 41-51.
17. Griffin, D. W., Gibson III, C. J., Lipp, E. K., Riley, K., Paul, J. H. and Rose, J. B. (1999) Detection of viral pathogens by reverse transcriptase PCR and of microbial indicators by standard methods in the canals of the Florida Keys. *Applied and Environmental Microbiology* 65, 4118-4125.
18. Paul, J. H., Rose, J. B., Jiang, S., Zhou, X., Cochran, P., Kellogg, C., Kang, J. B., Griffin, D. W., Farrah, S. and Lukasik, J. (1997) Evidence for ground water and surface marine water contamination by waste disposal wells in the Florida Keys. *Water Research* 31, 1448-1454.
19. Lee, S. B., Yoon, C. G., Jung, K. W., Jang, J. H. and Han, J. Y. (2006) Analysis of relationship between water quality parameters in agricultural reservoirs and land uses of associated watersheds, Proceedings of the 2006 Annual Conference, The Korean Society of Agricultural Engineers.