

섬진강 최상류인 요천의 수질오염

안 건 상*

조선대학교 지구과학과, 501-759, 광주광역시 동구 서석동 375

The Water Pollution of Yocheon, Uppermost Stream of the Sumjin River

Ahn, Kun Sang*

Department of Earth sciences, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract: The Yocheon is an upper stream of Sumjin river, passing through Namwon city. The water temperature of the stream increases from upper stream to downstream. The amount of COD, T-P, T-N, EC, TDS abruptly increases at measuring site 8. Whereas, the pH and DO level abruptly decreases at this site. At this point, the Yocheon river joins another small stream passing through the central part of Namwon city. At a further downstream pass site 8, the amount of COD on April and June (a dry season) is on third grade of water quality for lacustrine. This contamination suggests that sewage from the Namwon city provide COD, T-N, T-P into the stream. At point 2, the high amount of T-N indicates that the upper stream is contaminated by agricultural activity.

Keywords: Yocheon stream, Sumjin river, Namwon, COD, T-P, T-N, EC, TDS

요약: 섬진강의 상류인 요천은 남원을 관통하며 흐른다. 요천의 수온은 상류에서 하류로 갈수록 높아지는 경향을 나타냈다. DO, 인, 총질소, 전기전도도, 총용존고형물은 정점 8에서 크게 상승하였다. 그러나 수소이온농도와 용존산소는 급격히 떨어졌다. 정점 8은 남원시의 중앙부를 지나는 작은 개천과 합류하는 지점이며, 주변에 남원위생사업소가 있다. 정점 8 이하의 하류에서, 갈수기인 4월과 6월의 COD양은 호소수질기준 3급수에 해당한다. 이러한 수질오염은 남원시에서 배출되는 생활하수 등으로 유입된 COD, 총인, 총질소가 원인일 것으로 추정된다. 별다른 오염원이 없는 정점 2와 3에서 높은 함량의 COD와 총질소는 농업활동에 의해 발생했을 가능성이 있다.

주요어: 요천, 섬진강, 남원, COD, 총인, 총질소, 전기전도도, 총용존고형물

서론

자연환경을 구성하는 수많은 생태적 요소들 가운데 강이나 하천은 생명체를 부양하는 능력을 가지고 있어 인간생활에 절대적인 영향을 미친다. 또한 도시의 산업화, 공업화와 더불어 사회의 발달과 더불어 하천의 환경이 달라진다.

하천이 통과하는 농촌지역이 급격하게 성장하여 도시화됨에 따라, 공장폐수나 도시하수 뿐만 아니라 농약과 같은 오염물을 배출하여 오염을 가중시키고 있는데, 최근에는 그 범위가 하천이나 호소의 자정능력

을 초과하고 있다. 또한 농촌의 도시화에 따라 하천 유역의 생산 활동의 극대화를 위한 대규모의 토목공사가 진행됨에 따라 하천환경이 크게 훼손되고, 하천이 지닌 고유한 자연환경 기능이 저하되고 있다. 이로 인해 원래 가지고 있던 하천의 자정능력 또한 상실하게 되었다.

우리나라는 하천의 경사가 급한 편 이어서 7-8월의 우기가 지나면 10월에서 다음해 2월까지의 하천유량이 줄어들어 하천의 자정능력과 희석작용이 부족하여 오염현상이 심화된다. 따라서 하천의 환경파괴를 방지하기 위해서는 자연하천의 생태변화 및 수질환경을 철저히 조사하고 지속적으로 감시해야 한다. 본 연구는 자연 하천의 수질을 계절에 따라 조사하고, 수질을 오염시키는 요소를 파악하는데 목적이 있다.

*Corresponding author: aksahn@chosun.ac.kr

Tel: 82-62-230-7348

Fax: 82-62-230-8122

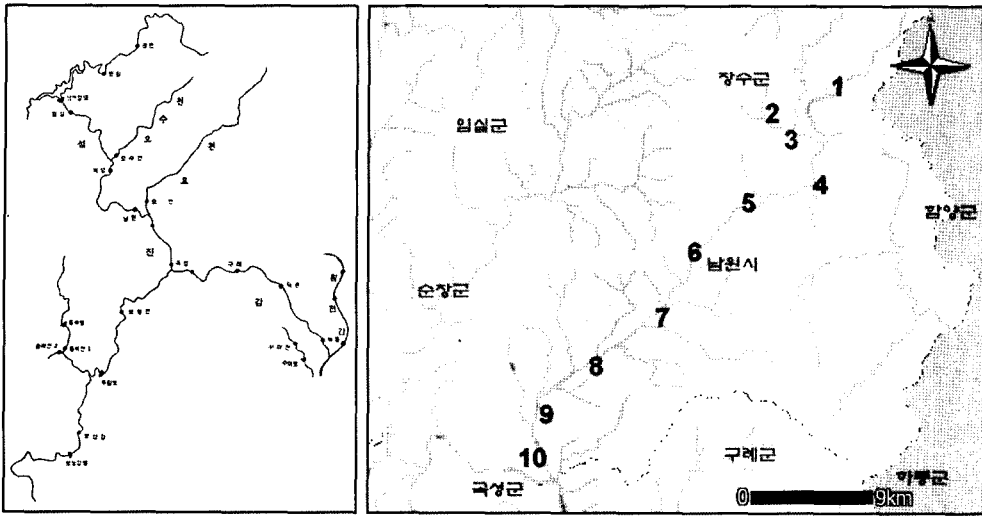


Fig. 1. The water system of Sumjin river and sampling site.

조사 지역과 시기

대상지역인 요천은 섬진강의 최상류로서 행정구역상 전라북도 장수군에서 시작하여 남원시를 지나 전라남도 곡성군에 이르러 섬진강에 합류되는 하천이다. 요천의 상부는 비교적 인공구조물이나 토목공사의 흔적이 적은 자연형 하천이다. 요천의 수질 측정지점(정점)은 상류부터 대략 5 km 간격으로 10지점을 선정하였다(Fig. 1). 정점의 위도 및 경도는 Table 1과 같다. 현장 조사는 3차에 걸쳐 기기를 이용하여 수질을 측정하였다. 1차시기는 2004년 4월 17일, 2차시기는 6월 5일 그리고 3차시기는 9월 24일이다.

시료 분석방법

수온, pH, ORP, TDS, EC, DO는 현장에서 측정하

여 기재했으며, COD, T-N, T-P 측정을 위한 시료는 2L 무균 채수병에 공기가 들어가지 않도록 가득채운 상태로 채취하여 밀봉한 다음 얼음을 담은 아이스박스 에 넣어 운반하였다.

현장 수질검사에 이용한 측정기의 모델은 다음과 같다. 온도계: DELTA. SK-1250MC, Sato-Keiryoki MFG Co.; pH meter: TOA HM-21P, 東亞DKK co.; EC meter: TOA CM-21W, 東亞DKK co.; ORP meter: TOA RM-20P, 東亞DKK co.; DO meter: TOA DO-24P, 東亞DKK co.; TDS-EC: LAMOTTE TDS5, Lamotte Co.

COD, T-N, T-P 측정은 조선대학교 수질실험실에서 수질공정시험법에 따라 실시하였다. COD 분석 시 과망간산 칼륨법을 사용하였으며, 총인(T-P)과 총질소(T-N)는 고압멸균기를 이용하여 전 처리 한 후 UV/VIS spectrometer(OPRON 2000)을 이용하여 측정하였다.

Table 1. Sampling site of the Yocheon stream

Sampling site	Latitude	Longitude
1	N35° 33' 50.5"	E127° 33' 46.2"
2	N35° 32' 47.8"	E127° 29' 50.9"
3	N35° 32' 18.2"	E127° 31' 15.1"
4	N35° 30' 03.9"	E127° 32' 14.1"
5	N35° 29' 24.3"	E127° 29' 39.2"
6	N35° 37' 12.5"	E127° 26' 12.7"
7	N35° 25' 11.8"	E127° 24' 49.3"
8	N35° 22' 27.1"	E127° 20' 05.8"
9	N35° 20' 33.7"	E127° 18' 25.0"
10	N35° 19' 06.2"	E127° 18' 43.3"

수질 분석결과

세 차례의 현장 및 실내 실험으로 얻은 요천의 수질분석 결과는 Table 2와 같다.

요천의 수질 특성

화학적 산소요구량(COD)

COD는 생물학적 산소요구량(BOD)과 마찬가지로

Table 2. The water quality of Yocheon stream

Sampling site	Date (month)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	pH	Temp. (°C)	DO (mg/L)	EC (us/cm)	TDS (ppm)
1	4	1	0.7	0.003	8.41	10.3	11.91	62.77	42.2
1	6	0.8	1.09	0.028	7.56	18.5	15.11	76.98	58.3
1	9	0.7	1.26	0.002	8.04	16.6	21.1	76.28	45.7
2	4	1	1.43	0.016	7.49	11.2	11.19	99.7	66.6
2	6	2.7	1.75	0.006	7.4	17.3	14.71	114.29	77.2
2	9	2.4	1.35	0.013	7.78	15.8	20.55	90.91	58.5
3	4	1.4	1.05	0.042	7.6	11.6	11.45	78.8	60.1
3	6	2.8	1.25	0.01	7.55	17.8	14.25	77.76	70.8
3	9	2.6	0.89	0.021	7.96	15.4	15.83	78.49	50.5
4	4	1.2	0.68	0.006	7.62	11.8	11.6	78.62	46.6
4	6	1.8	0.67	0	7.7	18	16.04	82.99	59.4
4	9	2.3	1.35	0.006	7.98	17.2	19.95	76.51	45.3
5	4	1.1	1.33	0.006	7.41	12.5	12.69	79.05	51.9
5	6	1.3	1.12	0	7.34	18.8	16.18	92.08	62.3
5	9	1.4	0.95	0	7.78	17.4	19.46	76.63	42.9
6	4	1.3	0.58	0	7.55	14	11.87	90.5	54.1
6	6	1.1	0.38	0	7.82	21.7	16.5	97.37	62.2
6	9	1.6	0.91	0	8.96	18.4	26.33	83.13	53.3
7	4	1.1	0.7	0	7.4	15.5	11.11	97.37	62.6
7	6	1.3	0.32	0	8.19	22.5	19.21	86.88	65.8
7	9	1.9	0.61	0	8.92	18.6	23.71	86.43	56.4
8	4	3	2.23	0.286	7.6	16.4	12.4	188.32	117
8	6	3.4	0.34	0.166	7.45	23.8	9.8	146.2	101
8	9	2.1	0.93	0.084	6.74	19	10.92	138.31	89.4
9	4	3.2	1.8	0.169	8.14	17.3	12.12	176.01	112
9	6	2.9	0.44	0.142	8.29	27	8.92	157.23	103
9	9	1.7	1.36	0.036	8.12	19.2	19.05	137.36	89.4
10	4	2.8	1.42	0.105	8.82	16.5	11.07	166.11	109
10	6	4	0.37	0.12	9.3	28.2	9.3	151.06	98.5
10	9	1.5	0.93	0.036	8.2	19.5	13.64	124.22	79.6

수중의 유기물 함유량을 측정하기 위한 간접적인 지표로서, COD는 산화제를 사용하여 산소가 화학적으로 소모되는 양을 측정한다. 요천은 COD로 보아 대부분 2급수에 해당하는 수질을 나타냈다(Fig 2). 상류인 정점-1은 계절에 관계없이 1급수이며, 하류인 정점-8, 9, 10은 2~3급의 경계에 놓인다. 그러나 하류의 수질도 풍수기를 거치면서 크게 개선되어 1급수에 가까워진다.

총 질소(T-N)

총질소는 수중에 함유된 질소화합물의 총량으로, 질소는 부영양화의 원인 물질인 조류나 편모류 등을 증식시켜 수질오염을 악화시킨다. 이들은 비료의 사용, 부패식품과 야생동물이나 가축의 분비물, 땅에 버려진 오물, 산업폐기물, 거름, 대기 중의 유실물이 수원에 유입된다. 요천의 총 질소는 대부분 0~2(mg/

L) 사이에 분포한다. 요천의 상류와 중류의 총 질소는 정점에 따라 약간의 변동이 있으나 비슷한 값을 나타내지만, 하류에서는 계절에 따라 큰 차이를 보였다. 유량이 많지 않았던 6월의 수질이 오히려 낮은 값을 나타냈다.

총인(T-P)

인은 일부의 생활하수, 폐수나 농업하수, 축산폐수, 세제 등으로 유입되어 부영양화를 일으킨다. 요천에서 중상류에 해당하는 정점-1에서 7까지는 대부분 0.01 mg/L이하의 1급수이며, 많은 곳도 0.05 mg/L 이하의 3급에 해당한다. 그러나 남원을 통과하는 정점 8의 총인은 4월에 0.29 mg/L, 6월에 0.17 mg/L로 최악의 수질을 보이며, 풍수기를 지난 9월에 수질이 개선되기는 했으나 여전히 4급수에 해당한다.

pH

pH는 물의 산성 중성 알칼리성을 나타내는 지표로서, 일반적인 하천수, 호소수 및 지하수의 pH를 지배하는 것은 주로 탄산염이다. 자연수의 pH는 물에 포함되어 있는 각종 염류, 유리탄산, 광산 및 유기산 등에 좌우되지만, 공장폐수에 의해서도 영향을 받는다. 요천의 pH는 대부분 7~8의 범위에 놓인다. 중류에서 4월과 6월 값이 9월이 비해 약간 낮은 값을 보이지만, 하류에서는 반대로 나타난다.

수온

수온은 열에너지의 수지를 나타내는 지표로서 대기 온도에 영향을 받으며 용존산소의 농도에 영향을 주게 되고, 수중의 플랑크톤이나 미생물의 활동에 직접적으로 영향을 주어 수중생태계의 생물학적 작용을 증진 또는 억제 하는데 직간접으로 작용한다. 요천의 수온은 4월에서 9월 6월 순으로 따듯하고, 상류에서 하류로 갈수록 상승하는 경향을 보인다. 4월의 수온은 10.3~17.3°C, 6월의 수온은 17.3~28.2°C, 9월의 수온은 15.4~19.5°C의 범위였다.

용존산소(DO)

수중의 DO는 계절이나 지역에 따라 큰 변화를 나타내며, 용존산소의 농도는 일차적으로 수온과 밀접한 역관계를 나타낸다. 특히 수중의 유기물이 증가하면 호기성 미생물의 분해에 의해 용존산소가 급격히 소모되므로 유기물의 오염지표로 사용되기도 한다. 요천의 용존산소는 모두 7 이상으로 1급수에 해당하며, 계절별로 차이를 보이는데 갈수기인 4월이 가장 낮고, 6월, 9월 순으로 높아진다. 하류인 정점 8을 제외하면 같은 시기의 용존산소는 대체로 유사한 경향을 나타낸다. 대부분의 정점에서 용존산소율(%)은 100을 상회하여 과포화된 상태를 나타냈다.

전기전도도(EC)

전기전도도는 물질이 전기를 흐르게 하는 능력으로, 수중에 미네랄 성분, 특히 유해한 중금속들이 많을수록 높게 나타난다. 요천의 전기전도도는 계절과 관계없이 모두 일정한 패턴을 보이는데, 중상류는 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하였으며, 하류인 정점 8~10은 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상으로 급증했다. 그러나 하류에서는 풍수기를 거친 9월의 전기전도도는 다소 낮아졌다.

총 용존 고형물(TDS)

총 용존 고형물(TDS, total dissolved solid)는 총고형물(TS, total solid = 증발잔류량)에서 총부유물질(TSS, total suspended solid)을 뺀 값이다. 총 용존 고형물질은 전기전도도와 유사한 양상을 보이는데, 상 중류에서 낮고, 하류에서 대체적으로 높게 나타난다. 중상류의 총 용존 고형물질은 80 mg/L 이하이나, 하류는 80~117 mg/L의 범위를 나타냈다. 또한 풍수기를 거친 9월에는 다른 시기에 비해 적은 값을 보였다.

환경부 수질측정망 자료 해석

하류에서의 오염정도를 확인하기 위해서는 장기적인 자료가 필요하다. 이를 위해 환경부에서 전국에 설치한 수질측정망 장기 자료를 본 조사의 결과와 비교하였다. 우선 환경부 수질측정망의 심진강의 정점인 [요천]은 전라북도 남원시 금지면 창산리 금송교 근처로, 본 조사의 정점 9와 유사한 지점이다.

정점 [요천]의 최근 10년간의 수질자료(환경부 인터넷 자료)를 살펴보면 Table 3과 같다. 수온은 1995년에서 1999년까지 내려가다 2003년까지 상승하고 있으며, pH는 2002년을 제외하면 전체적으로 감소하는 추세이며 최근에는 7.6 정도를 유지하고 있다. COD는 3~4 mg/L의 범위에서, 그리고 DO는 10내외로 큰 변화가 없다. 총질소는 최근 4년간은 2~3 mg/L 범위에서 안정되며, 총인은 미약하게나마 증가하는 추세이다.

정점 [요천]의 월평균변화는 Table 4에 나타냈으며, 이 결과는 본 조사의 평균값과 대체적으로 유사하게 분포한다.

고찰 및 결론

심진강의 최상류에 해당하는 요천의 수질은 소규모의 남원시 이외에는 오염원이 없어 매우 양호 할 것으로 예상되었다. 그러나 남원시를 지나면서 정점 8에서 COD를 비롯한 총인, 총질소, 전기전도도 등이 급속하게 증가하여 3급수의 수질을 나타냈다. 한편 동일지점에서 수소이온농도와 용존산소는 급격히 감소하였다. 정점 8은 남원시의 중앙부를 지나는 작은 개천과 합류하는 지점이며, 주변에 남원위생사업소가 위치하고 있다.

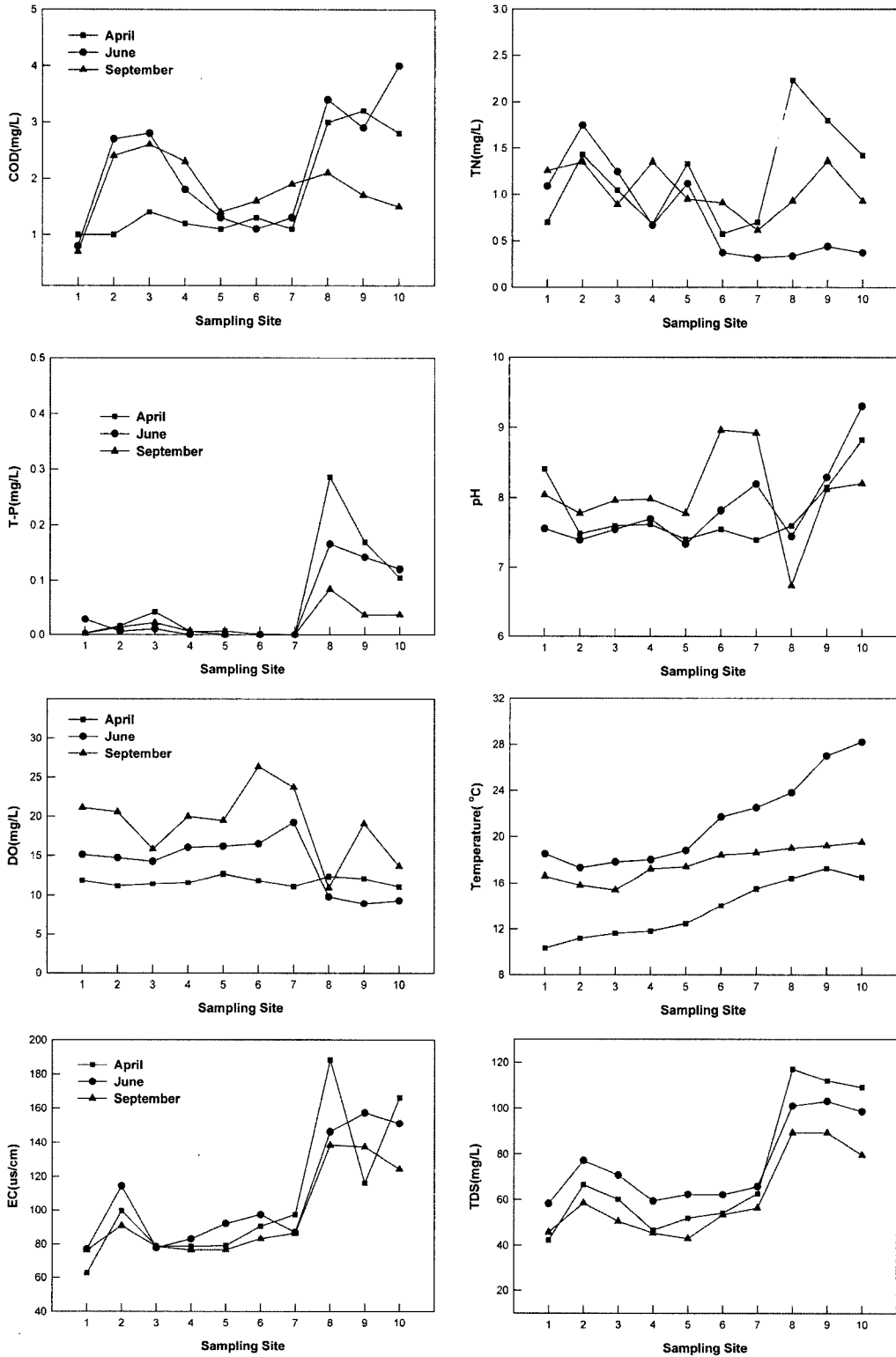


Fig. 2. The variation of water quality on Yocheon stream.

Table 3. The water quality data of [Yocheon] are measured by the Ministry of Environment for 10 years (1995~2003)

Year	Temp.	EC	T-P	T-N	COD	DO	pH
-	°C	µmhos	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-
1995	17	189	0.103	3.59	4.8	12	8.1
1996	15	165	0.146	3.734	4	11.6	8
1997	15	146	0.109	4.398	3.4	10.9	8.1
1998	15	129	0.107	2.79	2.9	11.2	7.8
1999	15	134	0.122	3.699	3.2	10.4	7.9
2000	16	74	0.226	2.663	3.1	10	7.6
2001	16	67	0.131	2.654	3.2	9.1	7.6
2002	16	60	0.145	2.656	3.4	10.2	7.9
2003	17	94	0.145	2.506	3.5	10.4	7.6

Table 4. The mean of water quality [Yocheon] are measured by the Ministry of Environment (2003. 1~2004. 8)

Year	Month	Temp.	EC	T-P	T-N	COD	DO	pH
-	-	°C	µmhos	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-
2003	1	8	52	0.24	5.375	3	14	7.6
2003	2	7	41	0.17	2.469	5.8	12.4	7.2
2003	3	10	54	0.13	4.446	3.1	9.5	6.7
2003	4	14	41	0.17	1.806	3.8	11	7.5
2003	5	22	132	0.14	2.597	3.5	8.8	7.6
2003	6	22	132	0.13	2.44	3.2	9.5	7.6
2003	7	26	91	0.05	1.471	3.6	8.1	7.6
2003	8	26	115	0.13	1.197	3.9	8.2	7.5
2003	9	25	84	0.12	0.84	3.6	8.4	7.8
2003	10	21	131	0.10	1.609	2.8	9.9	8.2
2003	11	16	148	0.15	2.544	2.7	11	8.4
2003	12	7	117	0.19	3.274	3	13.4	7.2
2004	1	7	130	0.23	5.092	4	13.7	7.9
2004	2	5	128	0.24	5.024	3.7	14	8
2004	3	12	183	0.16	2.721	3.7	11.8	8.3
2004	4	19	185	0.63	4.608	5.7	10.4	7.2
2004	5	21	211	0.24	5.194	2.6	9.7	6.6
2004	6	25	161	0.20	3.148	3.6	8.7	7.7
2004	7	18	89	0.14	2.513	2.5	9.8	7.2
2004	8	30	154	0.21	1.483	3.6	8.5	8.4

국내 도시의 대부분이 하수관거 체계의 구조적인 문제와 하수 및 폐수처리 시설의 부족으로 인하여 많은 양의 오폐수가 제대로 처리되지 못한 채 하천으로 유입되어 도시하천의 COD, 총인, 총질소에 대한 오염이 급격히 증가하는 추세이다(신재기, 1998). 따라서 도시 하천 하류에 위치하는 호수가 과잉 질소와 인의 공급에 의해 부영양화가 일어나고 있다(조기안, 1994; 허우명, 1994; 광노태와 안태영, 1997; 김재윤, 1998). 예로서, 영산강 하류는 상류의 인구와 산업 활동으로 인한 생활하수의 증가 및 과도한 화학비료를 사용하는 농업활동으로 부영양화가 발생했다. 또한 동북호는 상류에서 처리되지 못한 생활하수

와 가축 분뇨의 유입, 토양에서 용탈된 화학비료의 유입으로 부영양화가 급격히 진행되었다(조기안, 1994).

국내 하수처리장에서는 BOD는 80~90% 정도를 정화시키고 있으나, COD, 총인, 총질소 등은 거의 처리하지 않고 있다. 그 결과 이들이 하천 오염에 미치는 영향은 갈수록 증가하는 추세에 있다(어수미와 이흥근, 1991; 김형진 외, 1995). 오창환 외(2002)는 전주천 하류에 위치한 하수처리장과 익산천에 위치한 축산폐수처리장이 총질소와 총인의 중요한 점오염원을 밝혔다.

위와 같은 상황으로 볼 때, 요천 하류의 COD, 총

인과 총질소에 의한 오염은 주로 남원시에서 발생되는 생활하수에 의한 것으로 추정되며, 이에 대한 보다 자세한 연구가 필요하다. 또한 정점 8근처에 위치하는 남원위생사업소의 영향도 함께 연구할 필요가 있다. 또한 최상류이면서 별다른 오염원이 없는 정점 2와 3에서 COD와 총질소의 함량이 높게 나타난 것은 농업활동에 의한 오염일 가능성이 크다.

감사의 말씀

이 연구는 2002년 조선대학교 교내학술연구비지원에 의해 수행되었다. 이 연구를 위해 현장 및 실내실험을 도와준 손정모, 최원영, 안민국, 조민호 학생들에게 고마움을 전합니다.

참고문헌

곽노태, 안태영, 1997, 부영양화 진행과 그 대책. 한국미생

물학회, 33, 72-77.
 김재윤, 1998, 우리나라 인공호의 부영양화 평가 및 예측에 관한 연구. 한국환경과학회지, 7, 441-449.
 김종훈, 김병렬, 2003, 전주천 자연형 하천 조성 전 후 수질특성 연구. 전북대학교기초과학연구지, 15, 125-138.
 김형진, 백영석, 이준석, 1995, 임진강 수계의 수질조사 및 개선방안. 대한 위생학회지, 10, 66-75.
 어수미, 이홍근, 1991, 오수정화시설 및 정화조 방수류의 수질오염도에 관한 연구. 한국환경미생물학회지, 17, 35-40.
 오창환, 이지선, 김강주, 황갑수, 2002, 전주시 하천의 BOD, COD, 총질소, 총인에 대한 수질현황 및 오염원. 자원환경지질, 35(1), 43-54.
 이종식, 강종국, 김종구, 1993, 섬진강 수계 농업용수의 수질조사연구. 한국환경농학회지, 12, 19-27.
 조기안, 1994, 호남지역 동북호와 영산호의 부영양화에 대한 연구. 한국환경과학회, 1994년 심포지엄 초록집, p. 23-31.

2005년 7월 11일 원고 접수
 2005년 11월 30일 수정원고 접수
 2005년 11월 30일 원고 채택