

섬강, 원주천, 매지천 그리고 주요 유입지천의 수질조사

김기동 · 서정범* · 서용찬**†

상지대학교 정밀화학신소재학과, *안양대학교 환경공학과, **상지대학교 환경공학과

Water Quality Analysis of Sumgang, Wonjucheon, Maejucheon and Their Major Influent

Kee D. Kim, Jeong Beom Seo*, and Yong Chan Seo**†

Department of Fine Chemical and Advanced Materials, Sangji University, 660 Usan-dong, Wonju 220-702, Korea

*Department of Environmental Engineering, Anyang University, Manan-gu, Anayang 5-dong, Anyang 708-113, Korea

**Department of Environmental Engineering, Sangji University, 660 Usan-dong, Wonju 220-702, Korea

Water quality of Sumgang and its major influent streams, Wonjucheon and Maejucheon, were determined for the quality control and further improvement purpose. Small influents of such three streams were also taken into account for the analysis. The water quality values for the three main streams are observed to be within a similar range, but the water quality of the lower reaches of Wonjucheon appears to be significantly affected by industrial complex and waste water treatment plant located in Wonju area in dry season. Consequently, the water quality of Sumgang was dramatically declined after the merge of polluted Wonjucheon. Our study suggests that the quality control of Wonjucheon may be the primary matter of concern for the conservation of Namhangang. Small influents to Sumgang are observed to become contaminated as the water flows downstream. However, the data determined downstream of the small influent streams showed similar values and it represents that the location of each small stream has no relationship with the polluting values.

Key words : Sumgang, Wonjucheon, Maejucheon, water quality value

1. 서 론

한강은 총 유로연장 7256 km에 이르는 국토의 중요 수자원이며 특히 팔당호는 수도권 2천만 시민의 용수를 공급하고 있는 관계로 수질이 안전하게 유지 관리되어야 하는 중요도가 매우 높은 상수원이다. 그러나 팔당호의 수질은 생활하수, 산업하수 및 축산폐수 등에 의해 악화될 가능성이 매우 높은 수역으로 보고되어 왔다¹⁾. 이러한 오염의 피해를 최소화시키며 장기적으로 오염물질의 배출을 축소시키기 위해서는 팔당호 유역에 산재하는 오염원으로부터의 배출 부하량이 정량화된 자료를 확보하고 이를 기초로 동일 유역권에 속하는 여러 지자체가 상호 협력하여 오염 부하량을 감축할 수 있는 체계를 우선적으로 마련해야 할 것이다.^{1,2,3)}

본 조사는 팔당호 수질관리 및 수질 개선을 위한 관련 연구에 활용할 기초자료 획득을 목표로, 남한강 상류 수계를 대상으로 수계 내 하천의 오염도 현황을 파악하고 한강 유역 통합관리 시스템을 이용한 소 유역별 유입 부하량 및 유달을 산정 등에 요구되는 기초 자료를 실측하여 확보하는데 조사의 초점을 두었다.^{4,5,6)} 조사대상인 남한강의 본류구간은 충주 조정지댐 지점부터 팔당호 합류 전까지이다. 이 구간에 대한 복측 수계권에는 황성군, 원주시 그리고 양평군이 포함되며 여주군 및 충주시 일부가 포함된다. 본 연구에서는 이 구역 중 원주권 수계권에 포함되는 남한강 유입 주요 지천인 섬강과 섬강 유입 주요 지류인 원주천과 매지천을 중심으로, 위의 세 수계로 유입되는 소규모 지천을 포함한 수질조사를 실시하였다.

†To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ycseo@sangji.ac.kr

섬강은 남한강 상류 수계의 지류로서 남한강 1차 지천 중 가장 큰 하천으로 서울의 상수도 취수원인 팔당으로 유입되는 지류이다. 섬강은 횡성군 청일면 울실리를 기점으로 하여 원주시 부론면의 남한강 합류점까지 93.0 km의 유로연장과 1,485 km²의 유역면적을 포함하고 있다. 원주천 및 매지천은 원주를 관통하여 섬강에 합류를 하는 섬강의 주요 오염원 중 하나이며 원주천, 매지천 및 섬강은 도시와 농지 및 공장지대를 모두 관통하고 있어 다양한 오염원을 포함하고 있다.

소하천의 경우에는 하천 말단 유입점 부근에서 조사지점을 선정하였다. 섬강의 경우에는 섬강 본류 구간에서 5개 지점, 섬강의 1차 소하천에서 12개 지점을 선정하였다. 원주천과 매지천에서 각각 6 및 3 지점을 선정하여 총 시료채취 지점은 26곳에 달한다.

시료채취 및 분석은 총 12회 월별로 실시하였으며 시료채수를 위한 현장조사는 당월의 수질을 대표할 수 있는 날로서 수질이나 유량이 최대한 경우의 영향이 적다고 생각되는 시기에 실시하였다.

2. 조사 및 분석

2.1. 조사지점 및 횡수

조사지점은 대상 수계내 하천들에 대한 오염 수준 파악이 용이하고 구축시스템을 이용한 단위 유역 당 유입 부하량과 유달을 산정에의 자료 활용성을 고려하여

2.2. 분석방법

분석항목은 수소이온농도(pH), 수온, 수중용존산소(DO), 총부유물질(TSS), 생물학적산소요구량(BOD₅), 화학적산소요구량(COD_{Cr}), 총유기탄소(TOC), 총질소(T-N) 그리고 총인(T-P) 이며 항목별 분석방법은 Table 1 과 같으며 주로 수질오염공정시험방법에 따라 분석하

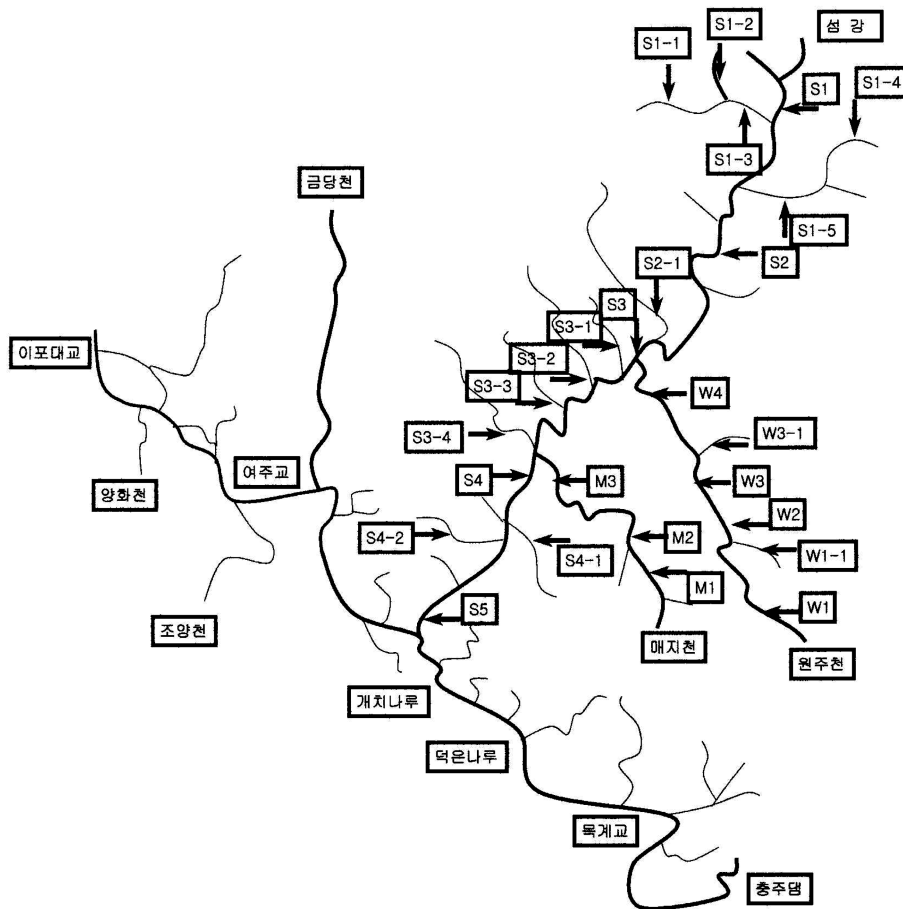


Fig. 1. Sampling sites.

Table 1. Analysis items and applied methods

Analysis Item	Analysis Method
pH	pH meter (HORIBA D-24)
Temp.	Thermometer (HORIBA D-24)
DO	DO meter (HORIBA D-24)
TSS	Filtration method (GF/C filter paper)
BOD	Winkler's azide modification
COD _{Cr}	K ₂ Cr ₂ O ₇ Method
TOC	TOC Analyzer (Dohrmann phoenix 8000)
TN	UV absorption method (Milton Roy UV Spectronic 601)
TP	Spectrophotometric method after potassium persulfate treatment (ascorbic acid reduction method, Milton Roy UV Spectronic 601)
Quantity of Flow	Cell measurement technique

였다. 현장에서는 pH, 온도 및 DO를 측정하였으며 실험실에서의 분석이 필요한 시료는 채취 후 보냉상자에 보관하고 있다가 신속하게 실험실로 수송하여 TSS, BOD, COD_{Cr}, TOC, T-N 및 T-P를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

섬강과 주요 지천으로서 원주천 및 매지천에 대한 분류 구간중의 수질분석 결과를 Table 2-4에 요약하였으며 이들 세 하천의 분류 구간에 대한 수질 분포 경향을 Fig. 2에서 제시하였다. 매월 측정, 분석한 결과의 최고치와 최소치 그리고 평균값을 나타내었다. 그래프 상에서는 평균값만을 나타내어 비교하였다.

결과로부터, 섬강 분류 구간에 대한 수소이온농도 평

균치는 7.6이었고 용존산소(DO) 농도는 년 중 최저 4.8 mg/L에서 최고 15.4 mg/L 범위에 분포한다. 년 평균 DO 수치는 9.2-9.9 mg/L로 상류에서 하류로 갈수록 약간씩 수치가 증가하는 것을 볼 수 있다. 유기물 농도 지표로서 BOD는 최소 0.3 mg/L에서 최대 5.7 mg/L 의 범위에서 측정되었으며 년 평균 수치는 1.2-2.6 mg/L 로 나타났다. COD는 최소 3.3 mg/L 이상의 농도 범위에서 분포함이 조사되었으며 년 평균 수치는 5.4-8.5 mg/L의 농도 범위에 위치하고 있다. 부유고형물 농도의 경우는 원주천 유입전 중류부인 S3 지점에서 최대 농도가(32.5 mg/L)가 나타났다. 엽록소 a의 경우는 남한강 유입 직전 지점인 S5에서 21.5 mg/L의 최대농도를 나타냈으며 상류에서는 비교적 낮은 농도로 분포함이 조사되었다. 총질소와 총인의 경우

Table 2. Water quality analysis data of Sumgang

		DO	TSS	BOD	COD	TOC	Chl.a	T-N	T-P
S1	Avg.	9.2	7.3	1.2	5.4	1.8	2.2	1.84	0.027
	Max.	13.2	22.0	2.5	8.0	8.0	6.2	2.23	0.085
	Min.	6.9	1.0	0.3	3.7	0.0	0.4	1.42	0.009
S2	Avg.	9.5	9.8	2.0	6.3	2.1	2.4	2.35	0.040
	Max.	15.4	26.5	4.9	10.3	12.0	6.3	3.07	0.074
	Min.	4.8	1.1	0.5	3.3	0.0	0.3	1.82	0.015
S3	Avg.	9.5	10.3	2.1	5.8	1.5	3.1	2.27	0.034
	Max.	14.8	32.5	4.7	8.8	4.1	8.8	3.18	0.064
	Min.	5.3	0.8	0.4	3.5	0.0	0.1	1.82	0.008
S4	Avg.	9.4	5.7	2.6	8.5	1.8	5.1	4.63	0.211
	Max.	12.4	13.6	5.7	15.1	6.7	12.7	8.05	0.688
	Min.	6.9	1.1	0.4	3.7	0.0	0.2	2.76	0.074
S5	Avg.	9.9	5.8	1.9	6.2	1.5	7.8	2.97	0.106
	Max.	13.5	17.8	3.6	13.4	5.9	21.5	3.99	0.157
	Min.	6.5	0.4	0.6	3.3	0.0	0.7	2.02	0.050

는 원주천이 합류한 S4 지점에서 각각 8.05 mg/L, 0.688 mg/L의 최대농도로 나타났다. 섬강의 수질 항목 분석 결과를 살펴보면 전반적으로 원주천과 합류한 이후 수질 오염이 급격히 악화되었다가 섬강 하류, 즉 남한강 합류 지점으로 진행하며 다소 정화되는 형태를 보이고 있다. 이는 원주천 최하류의 수질 분석 결과(W4)를 보았을 때, 섬강에 비해 오염도가 상당히 높은 것을 보아 오염된 원주천 수계의 합류가 원인으로 판단된다.

원주천 본류에서 수온의 경우는 하류지점(W4)에 이를수록 높아지는 추세를 보이고 있으며 수중 용존 산소(DO)의 경우는 하류에 이를수록 점차 낮아지는 경향을 보이고 있다. 수중 유기물량의 지표인 BOD는 섬강과 합류하기 직전 하류지점에서 급격히 증가하는데, 이는 원주천 하류부 수변지역에 산재한 공단과 원주시 하수종말처리장 방류수에 의한 영향이라 추정된다. 부유고형물(TSS) 역시 하류에 이를수록 농도가 높아지는 것으로 나타났다. 총질소(TN)와 총인(TP)의 경우는 원주천 최하류 지점인 W4에서 가장 높게 나타났으며, 연

간 평균 농도는 각각 8.91 mg/L, 0.5 mg/L이었다.

매지천 본류의 수질은 하류부에서 악화되는 원주천과 유사한 경향을 보이고 있으며 조사대상 수질항목 대부분이 원주천과 비슷한 수준의 범위에서 나타나고 있다.

전반적으로 세 하천의 본류구간에서 나타난 수질항목별 농도는 모두 유사한 범위에서 분포하며, 하천 유량이 적은 시기에 수질은 주변 오염원에 의한 영향을 크게 받고 있는 것으로 판단된다. 특히 원주천의 수질은 하류부에 산재하는 공단과 원주시 하수종말처리장의 배출 특성에 영향을 받으며 섬강의 수질은 이러한 악화된 수질의 원주천 유입으로 인해 원주천 합류 후 지점부터 수질이 급격히 악화되는 것으로 나타났다.

섬강, 원주천 및 매지천은 하류로 갈수록 오염이 심화되는 경향을 보인다. 이는 하천의 자연정화능력을 넘는 오염물질의 과다유입이 이루어지고 있음을 나타내고 있으며, 특히 원주천의 경우는 적정 규모의 오폐수 처리시설을 신설 혹은 증설하여 오염 물질의 방류를 줄

Table 3. Water quality analysis data of Wonjucheon

		DO	TSS	BOD	COD	TOC	Chl.a	T-N	T-P
W1	Avg.	9.6	2.2	1.5	6.6	0.8	2.4	2.87	0.025
	Max.	15.1	6.8	4.5	39.9	2.5	9.2	3.63	0.064
	Min.	6.2	0.2	0.1	1.9	0.0	0.1	2.10	0.012
W2	Avg.	9.0	12.8	2.6	9.1	1.5	3.6	4.05	0.073
	Max.	13.3	90.9	9.3	51.4	5.0	21.1	4.98	0.382
	Min.	5.4	0.9	0.5	3.0	0.0	0.1	2.58	0.022
W3	Avg.	10.2	17.6	3.6	8.4	1.6	7.5	3.96	0.097
	Max.	15.4	118.5	14.4	16.2	4.9	18.8	5.00	0.172
	Min.	5.4	2.1	0.1	5.1	0.0	0.1	2.07	0.046
W4	Avg.	7.3	17.7	9.8	17.3	4.4	5.4	8.91	0.500
	Max.	11.8	101.3	28.6	33.5	16.0	16.1	19.82	1.209
	Min.	4.0	3.0	3.0	8.6	0.0	0.1	3.98	0.223

Table 4. Water quality analysis data of Maejicheon

		DO	TSS	BOD	COD	TOC	Chl.a	T-N	T-P
M1	Avg.	9.5	9.5	1.2	5.7	1.3	2.1	2.32	0.039
	Max.	13.8	40.9	2.7	12.0	3.6	3.4	3.09	0.141
	Min.	6.3	2.2	0.4	3.0	0.0	0.5	1.65	0.014
M2	Avg.	10.0	6.6	3.4	6.9	1.0	4.4	4.19	0.081
	Max.	15.0	33.8	14.7	21.2	2.7	20.6	5.72	0.227
	Min.	5.6	0.9	0.8	2.2	0.0	0.7	3.21	0.027
M3	Avg.	10.1	9.9	2.9	10.0	3.0	7.2	6.06	0.159
	Max.	15.1	45.7	9.7	27.0	15.4	23.9	12.82	0.532
	Min.	5.5	1.8	0.3	5.3	0.0	0.1	3.44	0.038

이는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

섬강수계에 분포하며 섬강, 원주천에 유입되는 주요 지천들에 대한 년중 평균 수질 분석 결과를 Table 5에 요약하였으며 이들 유입 지천의 수질을 대표하는 수질 항목별 그래프를 Fig. 2에 제시하였다. 섬강으로 유입되는 지천들의 수온은 평균 12.5-16.9°C의 범위였으며, DO농도는 평균 8.4 mg/L 이상의 수준에서 분포하고

있다. BOD농도는 S1-3지점에서 가장 높은 3.7 mg/L로 나타났다. 부유고형물(TSS)의 최고농도는 20.1 mg/L로 S1-3지점에서 나타난 결과가 가장 높았다. 총질소의 경우는 1.34-3.52 mg/L의 농도 범위에서 분포하며, 총인의 경우는 0.010-0.039 mg/L의 농도 범위에서 분포하는 것으로 나타났다.

원주천의 유입지천에 대하여, 대표 수질 항목 중 부

Table 5. Water quality analysis data of Sumgang and Wonjucheon branch

		DO	TSS	BOD	COD	TOC	Chl.a	T-N	T-P	
Sumgang Branch	S1-1	10.0	12.2	0.9	3.7	0.7	0.9	3.52	0.039	
	S1-2	9.6	6.8	1.2	3.9	1.1	0.8	2.61	0.023	
	S1-3	10.0	20.1	3.7	6.7	3.3	1.5	2.66	0.026	
	S1-4	9.7	4.5	1.5	3.5	1.4	2.0	2.83	0.025	
	S1-5	9.7	13.5	2.4	8.1	1.5	2.4	2.94	0.037	
	S2-1	9.3	3.7	1.3	5.1	1.1	2.2	2.16	0.034	
	S3-1	8.9	5.0	0.7	3.6	0.9	0.8	2.70	0.012	
	S3-2	8.4	1.6	0.6	3.0	0.8	0.7	1.99	0.010	
	S3-3	10.1	15.5	1.2	3.5	0.8	2.4	1.34	0.024	
	S3-4	9.2	2.0	1.2	3.9	0.9	1.0	2.69	0.013	
	S4-1	9.1	3.5	0.7	2.8	1.2	2.4	2.27	0.035	
	S4-2	8.9	6.1	0.9	4.3	1.4	3.3	1.66	0.021	
	Wonjucheon Branch	W1-1	10.1	10.7	2.4	6.9	1.2	3.0	4.61	0.066
		W3-1	9.6	24.0	2.8	8.8	1.6	2.2	4.02	0.082

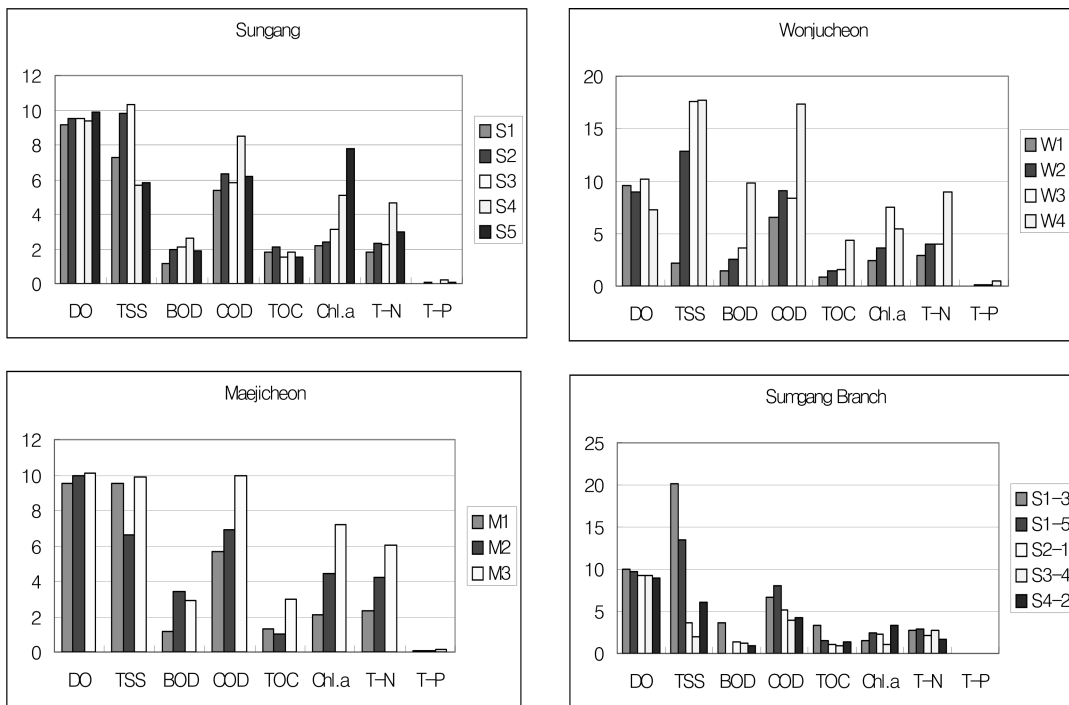


Fig. 2. Graphic data of water quality analysis results of Sumgang, Wonjucheon, Maejicheon and Sumgang branch streams.

유고형물, BOD 그리고 총인 농도는 W3-1지점이 다소 높게 나타나며, 총질소 농도는 W1-1지점이 다소 높은 것으로 나타났다.

섬강과 원주천의 유입하천에서 엽록소a의 농도는 모든 지점에서 평균 4 um/L 이상을 초과하지 않는 것으로 나타났다.

섬강의 유입지류는 개별로 검토할 때 하류로 갈수록 오염되는 경향을 보이고 있다. 섬강의 최상류에 위치하고 있는 유입지류의 수질분석 결과를 나타내는 S1-1, 2, 3의 수치를 보면 하류로 진행될수록 오염수치가 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이 경향성은 다음에 위치하는 유입지류의 분석결과인 S-4, 5에서도 동일하게 보이고 있다. 그러나 각 유입지류의 말단 위치에서 측정된 결과를 보면, 유입지류의 위치가 상류 혹은 하류에 있는지에 관계없이 비슷한 오염도를 보여주고 있다. 즉 지류의 위치적인 특성은 지류의 수질 오염도에 영향을 미치고 있지 않는 것으로 판단된다. 각 지류의 말단에서 채취한 시료의 분석결과는 섬강의 경우는 S1-3, 5, S2-1, S3-4, S4-2 그리고 원주천의 경우는 W1-1 그리고 W3-1에 나타나 있다.

4. 결 론

위의 결과를 종합적으로 판단해 보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 섬강, 원주천 및 매지천 본류에서 수질오염도는 상류에서 하류로 이를수록 점차 나빠지는 경향을 보인다.

2. 섬강 및 원주천 지류들의 수질오염도는 본류보다 나쁜 것으로 나타났으며 특히 원주천의 오염은 우려할 정도이다.

3. 섬강 본류의 수질오염은 원주천 합류 이후에 증가하고 있다.

4. 섬강의 각 유입지천 또한 하류로 갈수록 오염됨을 보여주고 있다.

5. 각 유입지류는 상, 하류 위치에 관계없이 비슷한 오염도를 보여주고 있다.

섬강, 원주천 및 매지천은 하류로 갈수록 오염이 심화되는 경향을 보인다. 이는 하천의 자연정화능력을 상회하는 오염 물질이 배출됨을 의미한다. 그러나 섬강의 경우 원주천 합류 이전에서는 높은 오염도를 보이고 있지 않으나 원주천 합류 이후 오염도가 상당히 증가하므로 남한강 수질 보전을 위해서는 근본 오염원인 원주천의 관리가 일차 시급한 사업으로 판단된다.

참고문헌

1. 한강유역 환경관리청, 한강환경 감시대(1999), 팔당호 등 한강수계 상수원 수질오염 조사보고서.
2. 김승우, 박석순, 김희성(1997), 특정수계권역의 수질총량 규제 방안 연구, 한국환경정책평가원.
3. 한강유역관리청(1999), 팔당호 등 한강수계 상수원 수질오염원 조사보고서.
4. 환경부 수질보전국(2000), 비점오염원 관리요령.
5. 한강유역환경관리청(2002), 한강수계환경통계편람.
6. 한강수계관리위원회(2000), 한강유역통합시스템 구축사업.