

상수원수계 하천수 수질동향 고찰 (2004)

수질연구부 수질조사과

박창민, 정종순, 이준호, 이규석, 조덕현, 오세종

Water Quality of the rivers in the Han river basin

Water Quality Examination Division

Chang-Min Park, Jong-Soon Jung, Joon-Ho Lee, Kue-Suk Lee
Duk-Hyun Cho and Sea-Jong Oh

ABSTRACT - This study was performed to investigate the water quality monitoring at 30 various points of the Han river from January to December in 2004. The values of annual BOD in main stream samples were 0.6~2.0 mg/L, which is allowed with environmental water quality grade II, and the values were lower than the average of the past ten years. However the value of BOD in downstream during the dry season was exceeded 3.0 mg/L, the water quality grade II, which was persisted more than four weeks. Wangsuk Stream at Guri City had been main pollution source to the raw water of the Han river. But, the load of pollutants from the Wangsuk stream was decreased since the construction of Jingun sewage treatment plant in July 2004.

Key words : water quality, the Han River, tributaries, raw water

서론

팔당댐에서 잠실수중보까지 약 24Km의 한강본류 구간은 팔당호를 제외하고 서울시 취수량의 93%(2004년 기준)를 차지하는 핵심 구간으로 이 수역의 수질은 우선적으로, 상류로부터 유입되는 수질에 종속되며, 유역 구리시, 남양주시, 하남시의 오염물질 유입상황에 큰 영향을 받는다. 상류의 원천적인 수질과 이후, 유역오염물질 유입에 따른 오염도 증가, 유하중 하천 자체의 내부적인 변동이 한강상수원 수질을 결정하는 3가지 주요

결정인자이다.

본 조사는 남·북한강 상류부터 한강본류까지 약 200Km의 광범위한 지역을 조사대상으로 하여 상수원으로 유하하는 상류지역의 수질과 유하 과정의 변동사항을 상시 파악코자 하였으며, 상수원 유역의 8개 지천을 대상으로 하여 취수구에 인접한 유해요인과 그 영향을 파악하고 개선방안을 모색하는 것을 목적으로 하였다.

조사내용 및 방법

1. 조사지점

상수원수계 하천수 수질조사지점은 북한강 상류의 소양댐과 춘천댐에서 팔당호에 이르는 9개 지점, 남한강 상류의 강원도 원주시 부론면에서 팔당호간 8개 지점, 한강본류구간의 본류 5개 지점(2개지점-팔당대교, 강동대교남단 7월부터 추가 실시)과 지천8개 지점을 대상으로 월간조사를 실시하였다. 조사지점 위치는 표 1.과 그림 1.에 나타내었다.

표 1. 채수지점의 행정구역

수계구분	지점명	채수위치	비고	
남한강	본류	부론	강원도 원주시 부론면 법천리 (남한강대교)	
		여주	경기도 여주군 금사면 이포리 (이포대교)	
		양평	경기도 양평군 양평읍 양근리 (양평대교)	
	지천	설강	강원도 원주시 문막읍 문막리 (문막교)	
		청미	경기도 여주군 점동면 삼합리 (삼합교)	
		북하	경기도 여주군 흥천면 효지리 (흥천교)	
흥천	경기도 양평군 개군면 공새리 (흥천교)			
경안천	경안	경기도 양평군 초월면 정지리 (수중보)		
북한강	본류	소양	강원도 춘천시 신북읍 천천리 (새월교)	
		춘천	강원도 춘천시 신북읍 용산리 (용산취수장)	
		의암	강원도 춘천시 신동면 의암리 (신연교)	
		청평	경기도 가평군 설악면 회곡리 (청평댐앞)	
		양수	경기도 양평군 양서면 양수리 (양수교)	
	지천	흥천	강원도 춘천시 남면 발산1리 (황골선착장)	
		가평	경기도 가평군 가평읍 읍내리 (가평교)	
		조종	경기도 가평군 외서면 청평리 (청평교)	
		수동	경기도 남양주시 화도읍 구암리 (내구운교)	
		팔당대교	경기도 남양주시 와부읍 팔당리 (팔당대교)	
한강본류	본류	강동대교	서울특별시 강동구 암사동 강동대교	
		강동남단	서울특별시 강동대교 남측면 100m	
		천호대교	서울특별시 강동구 천호동 천호대교	
		잠실대교	서울특별시 강동구 자양동 잠실대교	
		궁촌	경기도 남양주시 와부읍 도곡리 도곡취수장 옆	
	지천	도심	경기도 남양주시 와부읍 도곡리 덕소교교아래	
		월문	경기도 남양주시 와부읍 덕소리 월문교	
		덕소	경기도 남양주시 와부읍 덕소리 덕소1교	
		홍릉	경기도 남양주시 삼패동 석실교	
		왕숙	경기도 구리시 토평동 하수방류구 100m 하류	
산곡	경기도 하남시 천현동 산곡교			
덕풍	경기도 하남시 신장동 덕풍교			

2. 조사방법

1) 조사주기

30개 지점에 대해 월 1회의 주기로 조사를 실시하였으며 조사일시는 가능한 한 그 달의 대표적인 수질을 나타낼 수 있는 날로서 강수 등, 특정 기상요인으로 수질이 급격히 변동할 수 있는 시기를 제외하고 채수를 실시하였다. 또한, 채수시 동일 수계는 같은 날 채수를 실시하였으나,

한강본류 수계의 경우 교량5개 지점과 지천 8개 지점은 2일에 걸쳐 채수를 실시하였다.

2) 수질 분석항목

환경정책기본법 시행령 제2조 별표1의 수질환경기준에 규정되어 있는 하천수질기준 14개 항목과 호소수질기준 3개 항목에 정수처리 관련 참고항목을 추가하여 총 23개 항목에 대한 수질분석을 실시하였으며, 이중 평상시 한강수계에서 검출되지 않는 유기인, PCB, 비소, 수은, 카드뮴, 납, 페놀, 시안, 6가크롬에 대하여는 분기 1회 분석을 실시하였다.

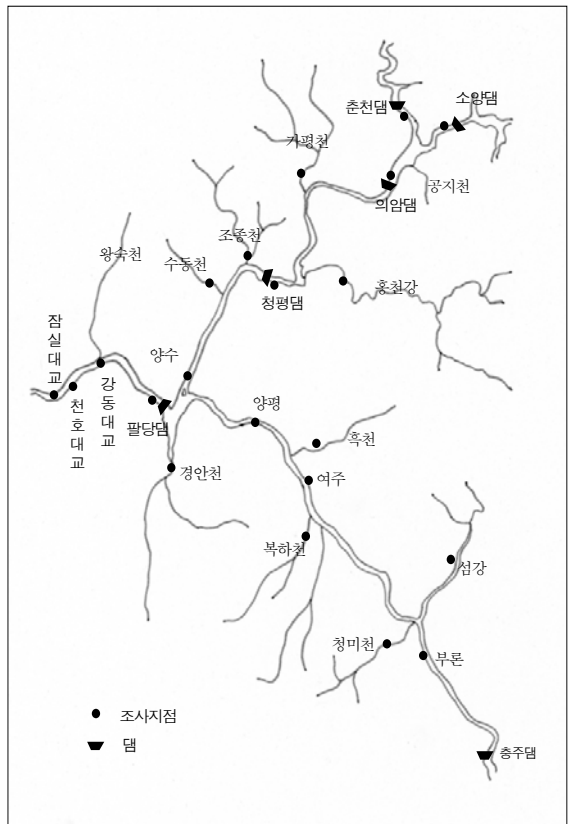


그림 1. 채수지점 현황도

각 항목의 분석은 수질오염공정시험법과 먹는물시험법에 준하여 실시하였고 기타 일본상수시험법(2001년)과 미국의 Standard Method(20th)를 참고하여 분석하였고, pH, 수온, 용존산소, 전기전도도의 4개 항목은 현장에서 측정하였다.

표 2. 수질분석 항목

구분	항목	비고
환경정책 기본법 "수질환경 기준"	pH, BOD, COD, SS, CN, Cr ⁶⁺ , ABS, DO, T-N, T-P, Cd, As, Hg, Pb, PCB, 유기 인, 총대장균군	※COD, T-N, T-P는 호소수질기준 임
연구소 참고항목	수온, 전기전도도, 페 놀, TOC, 암모니아성 질소, 질산성질소	

3 조사대상 현황

한강은 강원도 태백시 금대산 북쪽계곡에서 발원하여 경기도 김포군 월곶면 유도에서 서해와 합류하는 유로연장 497.5Km의 대하천으로 직할 하천 15개소, 지방하천 12개소, 준용하천 678개소를 거느리고 있으며 유역면적은 26,219Km²으로 전국토의 26%를 차지하고 있다. 한강수계의 유역 중 잠실수중보 상류에 위치한 상수원수계의 유역면적은 24,235Km²으로 팔당댐을 중심으로 하여 남한강 유역, 북한강 유역, 팔당호 유역, 팔당댐에서 잠실수중보간 유역으로 구분할 수 있다.

1) 남한강 유역

본 유역은 남한강이 태백시 금대산 북쪽계곡에서 발원하여 평창강, 제천천, 달천 및 섬강, 청미천 등의 지천과 합류하여 팔당호에 이르는 구간에 형성된다. 유역면적은 14,534Km², 유로연장은 394.25Km에 이르며 평균하폭은 600m이다. 유역의 상류는 주로 퇴적암 지대로 협곡 사이에서 하도 침강이 깊으며 제천, 충주, 원주, 여주, 이천 등지의 화강암 지대에서만 넓은 준평원을 이루고 있다. 상류지역은 해발 1,000m이상의 높은 산들이 많으며 협곡은 V자형을 이루고 있다. 중하류 지역은 계곡이 넓으며 대부분의 산들이 높이 700m 이하인 비교적 평탄한 지역으로 구성되어 있다.

대부분 산악지대로 이루어진 상류지역에서는 과거 채광산업이 크게 발달하여 왔으나 최근 석탄산업이 사양화 추세에 있으며 중하류 지역은 주거지 및 공업지역 등의 산업시설이 밀집되고 있어 향후 도시화가 가속화되고 있는 추세다.

2) 북한강 유역

휴전선 이북에 위치하고 있는 강원도 홍천군 금강산 계곡의 옥천봉에서 발원하여 강원도 춘천 지역에서 소양강과 홍천강 등의 지천과 합류하고 화천댐, 춘천댐, 소양댐, 의암댐, 청평댐 등의 인공댐이 설치되어 있으며 유역면적 7,234Km², 유로연장은 325.5Km이다. 또한 산악지역과 소도시 지역을 유하하고 있어 공업단지 등의 산업시설이 별로 없으며 오염원이 비교적 적어 수질이 양호하며 비교적 오염되지 않은 수동천(내구운천), 가평천, 조종천 등의 지천이 본류와 합류되어 팔당호로 흐른다.

3) 팔당호 유역

팔당호는 1973년에 남양주군 조안면 능내2리 봉안터널 지역과 하남시 배알미동 용담사 사이에 댐을 건설하여 발생한 인공호수로 북한강, 남한강, 경안천의 3개 하천이 합류되는 하류지점에 형성되어 있다.

유역면적은 23,800Km²로 북한강 유역이 10,890Km², 남한강 유역이 약 12,319Km², 경안천 유역이 591Km²로 이루어져 있으며 임야지대가 전체면적의 65%를 차지하고 있다. 이처럼 팔당호 유역이 대부분 산림인 것은 남,북한강 상류가 대부분 산간 산림지역이기 때문이다. 그러나 농경지의 대부분이 남,북한강의 하류지역에 집중되어 있어 하천오염, 호수오염의 우려가 높은 상황이다.

팔당호의 총 저수용량은 만수위를 표고 25.5m로 볼 때 총저수량 2억4천4백만m³, 유효저수량은 7천만m³이다. 저수용량에 비하여 유역면적이 넓으며 평균수심은 6.5m 정도로 얕은 편이고 호수의 길이는 약 7.3Km에 달한다.

남,북한강측은 상류의 유역면적도 넓고, 하천 유입량도 많은데다 수질오염원인 내륙공업단지도 적어서 수질이 양호한 반면에 경안천측은 상류의 유역면적이 좁아 하천유입량도 적은 편이고, 용인, 광주 등의 토지 이용도가 높은 지역을 관류하고 있어 비교적 수질도 오염된 상태로 유하되고 있다. 또한 경안천 하류의 광동교 부근은 하폭이 넓어 수체의 체류시간이 상당히 길어지고 총인 등의 영양염류 축적도가 높아 부영양화 현상이 진행되어 팔당호 오염부하의 상당 부분을 차지하고 있다.

4) 한강본류 유역(지천별)

가. 궁촌천

경기도 남양주시에 위치한 지천으로 한강 유입 지점 상류에는 서울시 강북취수장이 위치해 있다.

유로연장 4.0 km, 유역면적 4.8 km²으로 비교적 규모가 작은 지천이다.

나. 도심천

경기도 남양주시 와부읍 덕소리에 위치한 지천으로 최근 이 지역에 인구가 밀집하여 생활하수가 주요오염원으로 한강으로 방류되고 있으며, 수질 오염도가 다른 지천에 비해 높게 나타나고 있다. 유로 연장 1.6km, 유역면적 3.8 km²으로 지천중 규모가 가장 작다.

다. 월문천

행정구역은 경기도 남양주시 와부읍 월문리, 덕소리 등으로, 이 지역을 관류하여 한강으로 유입되며, 최근, 한강변과 인접한 지역에 고층아파트들이 밀집되어 건설되고 있다. 유로 연장 8.5 km, 유역면적 32.4km² 이다.

라. 덕소천

행정구역은 경기도 남양주시 와부읍 일원에 위치하고 있으며, 덕소역 부근의 덕소철교를 관류하여 한강으로 유입되고 있다. 상류지역에는 양질의 계곡수가 흐르고 있으나, 하류지역에 축사가 많이 산재하여 주 오염원 역할을 하고 있다.한강 인접 지역에는 고층아파트가 다수 건설되어 일부 처리되지 않은 생활하수가 유입되고 있으며, 2000년 봄에 하천량 전체를 차집하여 구리시 하수처리장으로 이송되도록 전폭 차집시설을 설치하였으나 계곡수 등의 자연유량까지 포함되어 처리장에 과부하를 주게되므로, 2002년 가을부터 유역하수만 분리차집하여 이송하고, 상류의 자연유하수는 한강으로 유입되도록 하고있다. 유로연장 2.9km, 유역면적 4.1km²의 규모가 작은 하천이다.

마. 흥릉천

경기도 남양주시 금곡동, 지금동, 양정동, 진건면 지역을 관류하여 한강으로 유입되며, 상류지역에 위치한 백봉산맥과 문령산맥에서 양질이 계곡수가 흐르고 있으며, 배양저수지, 새말저수지 등이 유역내에 위치하고 있다. 유로연장 7.0 km, 유역면적 12.0 km² 으로 타 지천에 비해 비교적 규모가 크며, 2002년중 저수호안 및 고수부지 공사가 완공되어 하류부의 수로가 정비되었다.

바. 왕숙천

왕숙천은 시점이 경기도 포천군 내촌면 신입리, 종점이 경기도 구리시 토평동이며, 유로연장 37.0

km, 유역면적 276.5 km²이며 인창천을 포함하여 제 2지천이 12개, 제 3지천이 3개 위치해 있는 대규모 하천이다. 하천 하류지점에는 구리시와 남양주시의 생활하수를 처리하는 구리시하수처리장이 16만m³/일의 규모로 설치되어, 갈수기에는 한강으로 유입되는 유량의 대부분이 하수처리장 방류수가 차지하고 있으나, 처리장에 유입되는 생활하수량이 과부하 상태로 수만톤 이상의 생활하수가 적정처리를 거치지 못하고 한강에 그대로 방류되고 있었으나. 2004년중 8만m³/일 규모의 남양주시 진건하수처리장이 신설되어 유입하수의 과부하 문제가 해결되었다.

사. 산곡천

하남시에 위치한 지천으로 상류에는 비교적 맑은 계곡수로 이루어져 있으며, 하류는 일부 분산된 농촌 가옥과 공장, 주거지 등이 위치하고 있다. 유로연장 8.9 km, 유역면적 23.8 km²으로 수질은 다른 지천에 비해 비교적 변동폭이 작은 안정된 상황을 나타내고 있다.

아. 덕풍천

산곡천과 더불어 하남시 구역의 일부 생활하수가 한강으로 유입되는 지천으로 '90년대 중반까지 오염도가 심한 하천이었으나 덕풍천변 하수증기 펌프장의 건립으로 하수의 대부분이 서울시 탄천하수처리장으로 이송 처리되어 현재는 비교적 양호한 수질을 나타내고 있다. 유로연장 8.5 km, 유역면적 19.5 km² 으로 산곡천에 비해 다소 작은 규모의 하천이다.

결과 및 고찰

수계의 주요지점인 춘천(북한강상류), 충주(남한강상류), 서울(한강하류)지역을 대상으로 수질에 미치는 영향이 큰 강수량과 댐저수율 등의 기상 및 수문 조건을 살펴본 후 조사구간을 4개의 수계로 구분하여 주요항목을 중심으로 시기별 변동 추세 및 지점별 특징 등에 대하여 고찰하였다.

1. 강수 및 수문 현황

한강유역의 2004년 연누적강수량은 지점별로 1,404.0~1,499.1 mm로 분포하여, 유역 전 지점이 2003년에 비해 감소하였으나, 평년과 대비하여 200 mm 가량 초과하는 수준을 나타내고 있다.

표 3. 한강수계 주요지점의 강수량 현황
단위 : mm

지역 월	서울			춘천			충주		
	2004년	2003년	평년	2004년	2003년	평년	2004년	2003년	평년
1월	19.8	14.1	21.7	10.9	15.9	20.3	16.6	17.2	21.7
2월	54.6	39.6	25.8	58.8	36.0	27.4	32.0	59.2	24.5
3월	27.6	26.8	45.9	20.4	27.3	39.8	29.4	58.2	45.0
4월	74.1	139.6	77.1	59.7	147.0	69.4	81.0	170.8	76.3
5월	168.5	106.0	102.4	135.0	125.5	100.0	124.9	117.8	88.9
6월	138.1	156.0	133.1	105.7	121.9	131.3	335.0	152.1	143.8
7월	510.7	469.8	327.6	532.3	340.9	318.7	410.7	382.8	272.5
8월	193.3	684.2	348.1	215.6	632.7	310.4	192.2	314.7	259.5
9월	198.7	258.2	137.4	193.6	313.0	143.4	144.1	268.1	136.5
10월	6.5	41.5	49.1	1.8	33.1	43.3	1.4	27.5	54.2
11월	80.0	69.3	53.1	43.0	66.0	44.0	32.5	55.0	42.4
12월	27.2	6.9	24.6	27.2	6.5	22.7	25.4	17.8	24.1
누계	1,499.1	2,012.0	1,345.9	1,404.0	1,865.8	1,270.7	1,425.2	1,641.2	1,189.4

주해) 기상청 인터넷 공개자료

2. 항목별 수질 동향

조사대상 수계를 유역특성상, 전반적인 수질에서 유사한 경향을 나타내는 북한강 수계, 남한강 수계 및 경안천, 팔당담에서 잠실수중보까지의 한강본류 수계, 한강본류 수계 지천의 4개 구간으로 구분하여 항목별로 연중 수질 변동추세를 분석하였다.

1) 수온, pH, 용존산소

기온과 일조량 등의 기상조건을 반영하는 수온은 남·북한강과 한강본류의 경우 2.2~26.8℃의 범위에 분포하고 있으며, 상류의 북한강, 남한강, 한강본류순으로 연평균 수온이 소폭 증가하는 경향을 나타내어 북한강 상류의 소양이 연평균 11.7℃, 한강본류 하류의 잠실이 14.7℃를 나타내고 있다.

지천의 경우는 유량이 작은 관계로 채수 당일 짧은 시간동안의 외부환경이 수온에 영향을 미치

므로 본류에 비해 상대적으로 큰 범위의 변동폭을 나타내고 있다. 특히적으로 유역 하폐수의 처리수가 유량의 대부분을 차지하는 왕숙천과같은 한강본류의 지천은 연중 다른 지점에 비해 상대적으로 높은 수온을 기록하고 있다.

한강 수계에서 pH는 조류증식과 같은 생물활성의 영향을 크게 받으므로 대부분의 지점이 약알칼리성에 치우쳐 있는 상황이며, 조류증식이 빈발한 각 하천의 하류지점에서 상류보다 높은 수치를 보여준다. 특히적으로 왕숙천과 같이 오폐수의 처리수가 유량의 대부분을 차지한 지천은 높은 완충능으로 pH가 비교적 중성을 유지하고 연중 변화폭도 작게 나타나는 경향이 있다.

수온과 조류증식 등의 생물활성을 동시에 반영하는 용존산소 농도는 수계 대부분의 지점이 수온이 높은 7, 8월을 제외하면, 연중 과포화 상태를 나타내고 있어 용존산소 고갈에 따른 수질악화의 우려는 작은 편이다. 한강본류의 경우 수온이 낮고 조류가 다량 발생하는 2, 3월에 용존산소 농도가 가장 높은 수준을 기록하고 있다.

표 4. 수계별 주요지점의 수온, pH, 용존산소 현황

수계	지점	수온 (℃)			pH			용존산소 (mg/L)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
북한강	소양	11.7	16.9	5.8	7.5	7.9	7.1	9.9	12.8	8.8
	의암	14.0	27.2	3.9	7.9	9.1	7.2	10.0	12.8	8.3
	청평	13.0	25.9	2.6	7.6	8.2	7.1	9.8	11.4	8.3
	양수	13.2	26.0	2.4	7.8	8.7	7.0	10.4	12.2	8.3
남한강	부론	12.9	23.6	4.9	8.5	9.0	7.6	10.5	12.1	8.5
	여주	12.8	26.6	2.2	7.9	8.5	7.3	9.8	11.6	7.5
	양평	12.8	26.8	2.6	8.3	9.2	7.2	10.4	12.0	7.9
경안천	경안	15.1	30.3	2.8	7.8	8.8	7.4	9.0	11.5	6.1
한강본류 (교량)	강동	14.8	25.9	3.5	8.3	9.3	7.6	10.0	12.4	8.4
	잠실	14.7	25.8	2.8	8.6	9.3	7.5	10.5	12.8	8.7
한강본류 (지천)	왕숙	17.6	28.0	7.8	7.4	7.6	7.1	8.7	11.3	6.9
	산곡	19.4	30.1	5.9	8.8	9.8	7.5	11.6	13.3	7.7

2) 유기물지표항목(BOD, COD, TOC)

가. 북한강 수계

북한강수계 조사 대상지점의 2004년 연평균 BOD는 0.6~1.3 mg/L 로 상수원수 1급수 전후의 수질을 나타내고 있으며 전 지점이 전년 대비 0.1 mg/L 감소하거나 증가하는 비교적 안정된 수질이 유지되고 있다.

90년대 중반 이후, 오염원은 큰 폭의 증가 없이 하수관망의 정비와 처리시설의 확충 등으로 수계 하류지점은 완만한 수질 개선 추세가 나타나고 있다.

표 5. 북한강 수계 주요지점의 연도별 연평균 BOD 현황

지점 연도	분류						지천
	소양	춘천	의암	청평	양수	홍천	수동
'94년	0.9	1.2	1.7	1.5	1.6	1.3	1.3
'95년	1.0	1.0	1.6	1.3	1.4	1.4	1.5
'96년	1.0	1.1	1.8	1.5	1.6	1.4	1.3
'97년	0.8	1.0	1.6	1.4	1.7	1.2	1.4
'98년	0.6	1.0	1.7	1.4	1.6	1.0	1.2
'99년	0.7	0.9	1.6	1.6	1.5	1.2	1.1
2000년	0.6	0.9	1.5	1.2	1.3	1.2	1.2
2001년	0.6	0.8	1.8	1.4	1.5	1.7	1.1
2002년	0.7	0.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3
2003년	0.5	0.6	1.3	1.2	1.2	0.7	0.7
2004년	0.6	0.7	1.1	1.1	1.3	0.8	0.8

단위 : mg/L

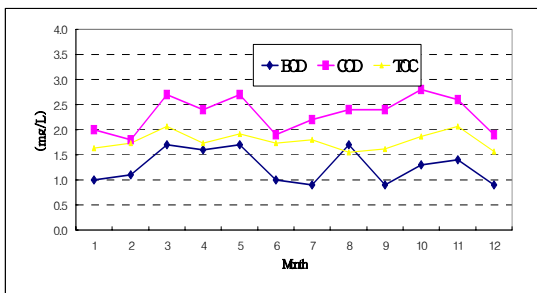


그림 2. 북한강 수계 하류 양수의 월별 유기물농도 변동 추세

북한강 수계 하류 지점에서 본 월별 유기물지표의 월별 변동 추세도 비교적 변동폭이 작은 상

황이며, 총 유기물량은 나타내는 TOC의 경우, 연중 농도 범위가 1.6~2.1 mg/L 범위로 안정적인 수질이 지속되는 상황이다.

나. 남한강 수계 및 경안천

남한강 수계 각 지점 및 경안천의 연평균 BOD는 0.9~4.4 mg/L로 북한강 수계와 마찬가지로 90년대 중반이후 개선 추세를 보이고 있으나, 상대적으로 매년 수질차이가 심해서 개선 정도가 그리 뚜렷하지는 않은 것으로 나타나고 있다.

분류중 유역에 오염원의 분포가 많은 여주 지점이 매년 일관되게 가장 높은 수질오염도를 나타내고 있으며, 수질개선 대책의 주요 지점인 경안천의 경우 가시적으로 뚜렷한 개선 효과가 나타나지 않고 있다.

유역의 오염원 분포가 북한강 수계에 비해 많은 편으로 강수 등의 기상과 수문조건에 따라 월별 수질도 비교적 큰 폭의 변동을 보여주고 있으며, 특이적으로 연중 수질오염도가 가장 높은 시기가 5월로 나타나, 한강분류에서 발생하는 3,4월 봄철갈수기 수질악화에 비해 그 발생시기가 매년 늦게 나타나는 특성이 있다.

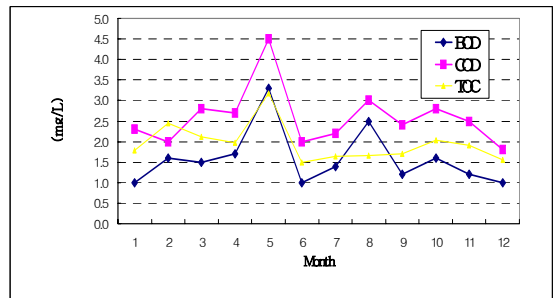


그림 3. 남한강 수계 하류 양평의 월별 유기물농도 변동 추세

다. 팔당댐 ~ 잠실수중보간 한강분류(교량)

한강분류의 연평균 BOD는 1.7~1.9mg/L의 범위로 전년과 유사한 수준이며, 상류의 남한강과 같은 수준의 수질을 보여주고 있다.

모든 유기물농도가 3월중 가장 높게 나타나고 있으며, 특이적으로 7월의 집중 강수기에 BOD는 낮아지는 반면, TOC와 COD는 경시적인 급증 현상을 보여 여름철 강수기 토양에서 유래하는 난분해성유기물의 급격한 유입이 이루어짐을 보여주고 있다.

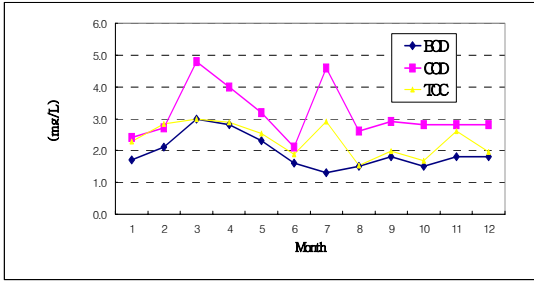


그림 4. 한강본류 잠실대교의 월별 유기물농도 변동 추세

라. 팔당댐 ~ 잠실수중보간 지천

팔당댐에서 잠실수중보간 유역 8개 지천의 연평균 BOD는 2.4~19.3mg/L의 범위로 2000년대 들어 유역하수관망과 처리시설의 확충으로 꾸준한 개선추세를 보이고 있으며, 특히 왕숙천의 경우, 2월부터 남양주시 진건하수처리장이 시운전에 들어가 7월 완공됨에 따라 그간의 구리시하수처리장 처리량의 과부하문제가 해결되어, 전년에 비해 대폭 개선된 수질을 나타내고 있다. 1월 이후 왕숙천의 모든 유기물지표는 급격히 감소하여 비교적 일정한 수준이 연중 지속되는 안정적인 수질을 보여주었다.

표 6. 한강본류 수계 교량의 연도별 연평균 BOD 현황

단위 : mg/L

지점 연도	강동대교	천호대교	잠실대교
'94년	1.6	2.0	2.0
'95년	1.7	1.8	2.1
'96년	2.2	2.4	2.3
'97년	2.0	2.2	2.2
'98년	1.7	1.9	1.9
'99년	1.8	1.8	1.8
2000년	1.6	1.7	1.6
2001년	2.1	2.3	2.3
2002년	1.9	2.0	2.1
2003년	1.7	1.8	1.9
2004년	1.7	1.9	1.9

8개 지천중 유량의 80%를 차지하는 왕숙천의 수질이 개선됨에 따라 유역 지천의 영향이 대폭 개선된 것으로 판단되나, 남양주시에 위치한 도심천과 월문천의 경우 다른 지천에 비해 수질개선의 효과가 낮아, 최근 몇 년간 택지개발로 인구가 꾸준히 증가해온 남양주시 지역의 하수관망에 대한 정비가 지속적으로 요망되는 상황이다.

또한, 한강본류의 전년대비 수질오염도가 소폭 증가하거나 유사한 반면에 팔당댐 하류에 위치한 대부분의 지천이 전년 보다 개선되는 추세를 보여주고 있어 전반적으로 긍정적인 추세에 있으나, 도심천과 덕풍천은 수질오염도가 다소 증가하여 향후, 각별한 주의가 필요한 지점으로 판단된다.

표 7. 팔당댐~잠실수중보간 지천의 연도별 연평균 BOD 현황

단위 : mg/L

연도 \ 지점	궁촌	도심	월문	덕소	홍릉	왕숙	산곡	덕풍
'94년	26.5	37.9	37.5	47.3	14.3	17.8	22.9	83.4
'95년	22.5	32.7	43.1	40.7	12.4	19.3	11.3	28.6
'96년	22.6	33.3	43.2	64.5	17.3	25.4	8.1	4.5
'97년	18.0	28.6	52.7	29.4	16.0	23.9	6.9	2.1
'98년	10.5	32.1	28.9	31.9	7.0	17.4	4.4	4.3
'99년	10.1	38.4	26.9	44.9	9.9	15.6	5.1	3.9
2000년	11.4	28.4	18.5	44.2	10.9	18.9	4.6	3.9
2001년	14.1	19.1	15.2	38.9	5.9	23.6	5.7	5.0
2002년	10.6	22.9	13.9	5.3	8.8	26.3	4.7	5.3
2003년	8.5	15.2	15.5	13.8	8.2	29.3	3.0	2.5
2004년	7.2	19.3	10.3	7.5	6.0	13.0	2.4	3.1

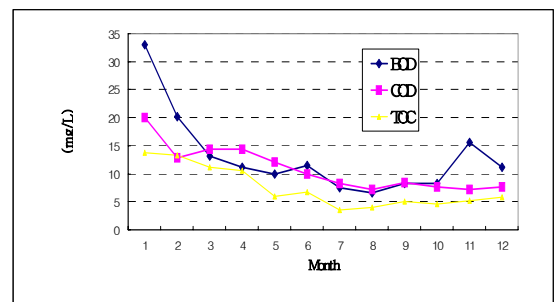


그림 5. 왕숙천 월별 유기물농도 변동 추세

3) 총인,총질소,암모니아성질소

가. 북한강 수계

총인, 총질소는 점오염원과 비점오염원에서 모두 다량으로 유입되는 특성이 있어, BOD에 비해 상대적으로 시기별 농도 변동이 크지 않고, 지점별 연평균농도도 매년 거의 유사한 수준이 지속되고 있다. 암모니아성질소의 경우는 오염도가 상대적으로 높은 하류지역에서는 유역 점오염원의 영향으로 겨울 및 봄철 갈수기를 중심으로 급상승하는 경향이 있고 시기별로 농도차이가 심하나, 오염원의 분포가 상대적으로 적은 북한강 수계에서 연중 낮은 수준이 지속되는 경향을 보여주고 있다.

2004년 총질소의 연평균 농도는 지점별로 1.14~3.35mg/L의 범위에 있으며, 유기물지표가 본류와 지천간 큰 차이가 없었던 반면, 총질소는 지천에서 보다 높은 경향을 나타내고 있다.

총인 0.01~0.023mg/L의 범위로 대부분의 지점의 0.02 이하의 양호한 수준을 나타내고 있다. 암모니아성질소의 경우, 0.01~0.05mg/L의 범위이며 총 질소에서 차지하는 비율이 매우 미미한, 양호한 수준을 보여주고 있다.

표 8. 북한강 수계 주요지점의 연평균 영양염류 농도

지점 연도	단위 : mg/L						
	본류				지천		
	소양	춘천	의압	청평	양수	홍천	수동
T-N	1.24	1.14	1.45	1.45	1.54	2.45	3.35
NH ₃ -N	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04
T-P	0.013	0.010	0.020	0.016	0.020	0.018	0.023

표 9. 남한강 수계 주요지점의 연평균 영양염류 농도

지점 연도	단위 : mg/L						
	본류		지천			경안천	
	부론	여주	양평	섬강	북하	홍천	경안
T-N	2.25	3.67	2.50	3.56	7.02	2.61	6.79
NH ₃ -N	0.05	0.47	0.07	0.41	1.72	0.03	1.54
T-P	0.036	0.096	0.052	0.162	0.229	0.021	0.337

나. 남한강 수계 및 경안천

북한강 수계와 대비하여, 유역에 보다 많은 오염원이 산재되어 있는 남한강 수계는 전반적인 영양염류 수준도 북한강 수계에 비해 매우 높은 수준을 나타내고 있다.

연평균 총질소는 남한강수계가 2.25~7.02 mg/L, 경안천 6.79 mg/L로 지천인 북하천과 경안천의 오염도가 상당히 높으며, 총인은 0.05~0.47mg/L, 암모니아성질소는 0.03~1.72mg/L의 범위로 오염지천을 중심으로 매우 높은 경향을 보여주고 있다. 아울러, 본류의 여주에서 암모니아성질소와 총인의 농도가 본류 다른 지점에 비해 높게 나타나, 오페수의 직접적인 영향을 판단케 해준다.

다. 팔당댐 ~ 잠실수중보간 한강본류(교량)

한강본류에서 영양염류의 전반적인 농도수준은 북한강수계보다는 매우 높고, 남한강수계에 비해서는 근소하게 낮은 중간정도의 수준을 나타내고 있으며, 조사구간이 상대적으로 짧아 지점간 특이하게 큰 차이는 나타나지 않고 있다.

연평균 총질소는 2.23~2.33mg/L, 총인은 0.045~0.046mg/L, 암모니아성질소의 경우는 0.08~0.12mg/L의 범위를 나타내고 있다.

라. 팔당댐 ~ 잠실수중보간 지천

유역 지천의 경우는 오염도가 높으므로 영양염류의 농도도 상대적으로 매우 높게 나타나고 있다. 특이적인 현상은 다른 수계의 경우 총질소에서 암모니아성질소가 차지하는 비율이 미미한 반면에, 왕숙천과 같은 오염도가 높은 지천의 경우 암모니아성질소가 총질소의 70% 정도를 차지하고 있는 등, 전반적으로 총질소중 암모니아성질소의 구성비율이 높게 나타나고 있다. 이는 오염물질 유입 후, 경과시간이 상대적으로 매우 짧기 때문인 것으로 판단된다.

표 10. 한강본류 주요지점의 연평균 영양염류 농도

지점 항목	단위 : mg/L		
	강동대교	천호대교	잠실대교
T-N	2.27	2.33	2.23
NH ₃ -N	0.12	0.09	0.08
T-P	0.045	0.046	0.046

표 11. 팔당댐~잠실수중보간 주요 지천의 영양염류 농도

구분	지점	T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NH ₃ -N (mg/L)				
		평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
궁촌	도심	6.5	8.9	4.4	0.28	0.48	0.05	1.4	3.0	0.1
		9.1	15.8	5.6	0.63	1.66	0.29	4.0	7.2	0.9
한강	월문	8.0	11.3	3.7	0.52	1.24	0.18	2.9	6.8	0.2
		8.1	11.4	5.5	0.47	0.83	0.20	2.6	6.3	0.1
북측	홍릉	9.4	12.8	6.5	0.34	0.45	0.18	2.3	4.9	0.2
		14.5	23.2	8.5	0.76	1.46	0.27	9.9	20.7	2.4
한강	산곡	4.9	6.2	3.1	0.08	0.14	0.03	0.2	1.0	0.0
남측	덕풍	5.8	7.5	3.7	0.13	0.24	0.07	0.3	0.9	0.0

한강본류와 대비한 총인과 암모니아성질소의 농도는 매우 높은 상황으로 유량의 거의 절대적인 비중을 차지하는, 왕숙천의 경우 한강본류대비 총인은 약 15배, 암모니아성질소는 약 100배 수준으로 나타나고 있다. 암모니아성질소의 영향은 유입점 하류의 한강본류에 상시적인 영향을 나타내고 있으며, 특히, 겨울철 갈수기에 그 영향이 보다 증폭되어 나타나고 있다.

4) 부유물질, 전기전도도

상수원 수계에서 부유물질과 탁도의 주 발생원인은 수체고탄이나 강수에 타른 토사물질의 부유나 유입에 기인하므로 수질의 오염도를 표현하는 지표로 사용하기는 부적당하다. 그러나, 왕숙천과 같은 지천의 경우는 대부분의 부유물질이 유입하수에 기인하는 상반된 특성을 보여준다.

표 13. 한강 수계 주요지점의 부유물질과 전기전도도 현황

구분	지점	SS (mg/L)			전기전도도 (μs/cm)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소
북한강	소양	4.5	22.0	0.8	57	63	49
	양수	5.8	15.0	1.8	86	102	67
남한강	부론	8.1	39.2	2.3	191	222	149
	양평	8.8	41.6	2.7	199	235	106
한강본류	강동	13.3	81.0	4.1	151	230	92
	잠실	15.2	99.0	4.4	150	198	91
지천	왕숙	11.2	25.8	4.8	619	810	351
	월문	21.3	73.2	7.4	287	381	119

전기전도도는 수중 용존이온의 양을 반영하므로 주로 지질에서 기인하는 경도성분과 밀접한 관련성이 있으며, 남한강 수계가 가장높고 한강본류, 북한강수계의 순으로 감소하는 경향을 보여주고 있다.

주 유입원이 오염물질이 아니므로 오염지천의 경우도 다른 항목에 비해, 한강본류보다 상대적으로 그리 높지않은 경향을 보여준다.

5) 총대장균군

한강 수계 주요지점에서 총대장균군의 농도는 유역 점오염원과의 이격거리, 시기별 수온 및 강수량과 밀접한 관련성을 보여주고 있다. 전반적으로 연중 수온 상승에 따라 상승하는 경향을 보여 주며, 강수 이후 급증하다 수온이 하강하면서 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히적으로 다른 일반적인 지표는 상류에서 하류로 유하하면서 상승하는 일관된 경향이 강하지만, 대장균군의 경우는 오염원이 인접한 지점에서 급격히 상승했다 하류지역에서 다시 감소하는 경향을 보이고 있으며, 동일 지점에서 편차가 크고, 지점별로 경향이 일치하지 않아 상대적으로 좁은 범위에 걸친 오염원 상황과 강수등의 기상조건에 민감하게 반응하고 짧은 시기에 농도의 변동이 큰 것으로 판단 된다.

표 14. 한강 수계 주요 지점의 연도별 연평균(기하) 총대장균군 현황

지점	단위 : cfu/100mL						
	소양	양수	부론	양평	경안	잠실	왕숙
'98년	29	290	674	1,145	8,934	932	409,478
'99년	42	208	382	513	5,838	378	190,050
2000년	34	542	337	478	1,859	557	638,094
2001년	28	212	201	150	13,099	2,237	918,361
2002년	44	469	174	184	4,165	6,653	2,285,561
2003년	40	304	617	857	2,320	2,254	3,840,961
2004년	45	407	168	329	4,955	1,100	327,619

6) 기타 무기금속, 합성유기화합물, 세제

조사기간동안 전 수계에서 시안, 비소, 카드뮴, 수은, 납, 6가크롬과 같은 유해무기물과 PCB, 유기인, 페놀의 유해유기물은 검출되지 않았으며, 세제의 경우는 일부 지천에서 소량 검출되고 있으나, 농도수준은 먹는물 수질기준인 0.5mg/L보다 낮게 나타나고 있다.

3. 팔당댐하류 지천이 한강본류에 미치는 영향

팔당댐~잠실수중보간 8개 지천이 서울시취수장이 위치한 한강본류에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 강수의 영향이 미미하여 주로 점오염원의 비중이 절대적인 시기인 갈수기를 선정하여 3월 19일 하루동안 각 지천에 대한 수질오염도와 유량을 1회씩 측정하여 오염부하량을 산정하였다.

8개 지천의 총유량은 약 33만 m³/일 이었으며, 이중 왕숙천의 유량이 85%를 차지하였다. 오염물질중 BOD부하량은 4,142 Kg/일을 나타내고 있다. 각 지천의 부하량중 왕숙천이 차지하는 비율은 거의 절대적으로 BOD부하량의 90%를 차지하고 있다.

2000년대 들어와서 증가하던 왕숙천의 오염도 부하량은 진건하수처리장의 완공이후, 2003년에 비해 약 50% 수준으로 감소하고 있다.

표 16. 연도별 왕숙천의 유량과 BOD 부하량

연도	월	유량(m ³ /day)		BOD부하량(kg/day)		왕숙천 비율(%)	
		전체 지천	왕숙천	전체 지천	왕숙천	유량 비	부하 비
2004	3	330,301	281,561	4,142	3,717	85.2	89.7
2003	2	301,995	259,990	9,250	8,840	86.1	95.6
2002	6	435,885	378,779	10,117	9,469	86.9	93.6
	3	462,402	394,274	14,801	13,721	85.3	92.7
2001	11	290,151	242,531	8,388	8,076	83.6	96.3
	5	220,787	182,593	6,799	6,500	82.7	95.6
2000	3	372,203	244,736	8,243	5,164	65.8	62.6
	11	317,284	235,326	7,047	5,201	74.2	73.8
1999	10	562,397	404,515	5,898	4,490	71.9	76.1
	10	695,558	472,697	6,492	5,381	70.0	82.9
1998	4	299,480	220,800	3,032	1,899	73.7	62.6
	10	462,450	349,057	4,448	3,595	75.5	80.8
1997	4	361,569	284,286	7,352	6,197	78.6	84.3
	9	274,449	194,829	5,149	3,810	71.0	74.0
1996	4	253,900	143,500	10,054	5,769	56.5	57.4
1995	10	229,600	115,000	3,348	1,058	50.1	31.6

표 15. 지천별 오염물질 부하량

조사 시기	지점	유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	BOD (%)	COD (kg/일)	NH ₃ -N (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)
3월	왕숙	281,561	3,717	89.7	4,054	3,691	5,118	269.2
	홍릉	24,292	160	3.9	136	67	278	7.0
	턱소	3,368	39	0.9	38	14	28	2.0
	월문	8,415	72	1.7	44	7	45	2.3
	도심	3,013	116	2.8	53	21	37	2.9
	궁촌	1,953	15	0.4	12	3	13	0.5
	산곡	9,359	20	0.5	55	1	32	0.6
	턱풍	1,133	3	0.1	4	0	7	0.1
	계	330,301	4,142	100	4,396	3,804	5,558	285

결론

- 2004년 한강상수원 수계의 주요 지점별 연평균 BOD는 북한강본류 0.6~1.3 mg/L, 남한강본류 1.3~2.0 mg/L, 한강본류 1.5~1.9 mg/L의 범위를 나타내어 북한강 상류의 소양과 춘천이 상수원수 1급수, 그 외 대부분의 지점이 상수원수 2급수 수질을 나타내고 있다.
- 2004년중 한강상수원 유역의 강수량은 2003년에 비해 작았으나, 평년수준을 소폭 상회하였고, 전반적인 수질오염도는 2003년에 비해 소폭 증가하거나 유사한 수준을 나타내고 있다. 2003년이 연중 다량의 강수로 특이적으로 수문조건이 유리했던 점을 상기하면, 전반적인 수질은 예년보다 다소 개선된 것으로 판단된다.

3. 한강분류에서는 BOD가 연중 3월에 가장 높은 경향을 나타내었으나, 상류의 북한강은 3,4,5월이 거의 유사한 수준으로 양호하였고 남한강은 5월에 정점을 보이고 있어, 한강 수계의 지점별로 수질오염도 변동 추세가 다르게 나타나고 있다. 이는 지점별로 하천내부의 조류 증식과 같은 계절적인 영향이 상이함에 기인하는 것으로 판단된다.
4. BOD가 3.0mg/L를 초과하는 시기는 한강분류의 하류지점에서는 1개월 정도로 2003년에 비해 수질악화시기 지속정도가 감소하였다.
5. 2004년 2월부터 진건하수처리장이 시운전을 시작함에 따라(2004년 7월 완공), 구리시하수처리장의 과부하문제가 해소되어 왕숙천 수질이 대폭 개선되어 BOD 오염부하량이 50% 수준으로 감소하였고, 특히, 총대장균군의 감소가 가장 뚜렷하여 하류에 위치한 취수장에서도 수질개선 효과가 가시적으로 나타나고 있다.

국 문 요 약

2004년중 팔당댐 하류 지천을 제외한, 한강수계 대부분의 지점에서 연평균 BOD는 0.6~2.0 mg/L의 범위로 대부분의 지점이 상수원수 2급수 수준을 나타내고 있으며, 이는 예년에 비해 소폭 개선된 수준의 수질로 판단된다. 한강분류에서 BOD는 3월중 가장 높은 수준을 기록하였고 BOD 3.0mg/L를 초과하는 시기가 1개월 가량 지속되고 있다. 2004년 2월부터 진건하수처리장이 시운전을 시작하면서(2004년 7월 완공), 구리시하수처리장의 과부하 문제가 해소됨에 따라 왕숙천의 수질이 대폭개선되어 BOD 오염부하량은 전년의 약 50% 수준으로 감소하고 있다.

참고문헌

1. 서울시상수도연구소, 2003 수질조사분석보고서, 2004.
2. 서울시수도기술연구소, 2002 수질조사분석보고서 I, 2003.
3. 대한환경공학회, 호수의 수질관리, 풍남, 1999
4. 경기개발연구원, 팔당상수원 수질개선 방안에 관한 연구, 1997
5. 竹歳健治외, 利根川水系における総合的な水質保全対策の必要性, 제35회 일본수환경학회연회강연집, 일본수환경학회, 2001
6. 天野耕二, 琵琶湖・淀川流域における河川水質データの時系列解析, 제35회 일본수환경학회연회강연집, 일본수환경학회, 2001
7. 신재기, 조경재, 도시근교하천 조만강의 수질 부영양화, Korean J. Limnol.32(1), 1999
8. 室田 明, 하천공학, 기보당, 1997
9. 福島武修, 호소내 영양염류 및 유기물의 동태, 하천호소의 수질보전과 유역 관리에 관한 한일 공동 세미나, 국립환경연구원, 1997. 10.
10. 박창민, 한강 상수원의 갈수기 수질특성 및 전망, 2002년 한국상하수도협회 제1회 워크샵, 한국상하수도협회, 2002. 5.
11. 일본수도협회, 상수시험방법 해설편, 일본수도협회, 1993