

상수원수계 하천수 수질동향 고찰 (2003)

수질연구부 수질조사과

박창민, 이준호, 이규석, 조덕현, 오세종

Water Quality of the rivers in the Han river basin

Water Quality Examination Division

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

ABSTRACT - This study was performed, from January to December in 2003, to investigate the water quality monitoring at 30 various points of the Han river. More frequent rainfall than in other years affected on the improvement of river water quality. However, in dry season BOD in downstream in the Han river exceeded the water quality standards of 3.0 mg/L about two months. Tributaries such as Wangsuk Stream at Guri City were main pollution sources to the raw water of the Han river. The BOD load of Wang-sook stream was about 8,800kg/day.

Key words : water quality, the Han River, tributaries, Wang-sook stream, raw water

서론

팔당댐에서 잠실수중보까지 약 24Km의 한강본류 구간은 팔당호를 제외하고 서울시 취수량의 92%(2003년 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.

한강 상류지역의 수질은 유역오염원이 비교적 적은 이유로 안정된 수질이 장기간 지속되는 반면에, 하류지역의 경우 '90년대 이후, 꾸준한 개발과 인구증가가 이어져 환경시설의 확충이 진행되고 있음에도, 상류지점에 비해 오염도 증가가 급

격하고 계절별로도 심한 수질차이를 나타내고 있다. 수계 대부분의 지점이 강수기전 2,3,4월의 봄철갈수기에 전반적인 수질오염도가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 유역 오염원의 영향을 많이 받는 한강본류 수역이 상류지점에 비해 수질오염도 증가가 조기에 시작되며, 더 오랜기간 지속되고 증가의 강도도 높은 편이어서 왕숙천과 같은 유역지천의 영향이 수질악화기에 증폭되어 나타나고 있다.

본 보고서는 2003년중 수계 주요 지점의 강수량과 수문조건을 예년과 대비하여 검토하고, 주요 수질지표에 대해 대상 지점을 북한강 수계, 남한강 및 경안천 수계, 한강본류 수계 교량, 한강본류수계 지천의 4개 수계로 구분하여 고찰하였다.

조사내용 및 방법

1. 조사지점

상수원수계 하천수 수질조사지점은 북한강 상류의 소양댐과 춘천댐에서 팔당호에 이르는 9개

팔당호간 8개 지점, 한강본류구간의 본류 5개 지점, 남한강 상류의 강원도 원주시 부론면에서 점(2개지점-팔당대교, 강동대교) 7월부터 추가 실시)과 지천8개 지점을 대상으로 월간조사를 실시하였다. 조사지점 위치는 표 1.과 그림 1.에 나타내었다.

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 수질환

Table 1. Sampling site in the Han river

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	섬강	강원도 원주시 문막읍 문막리 (문막교)	
		청미	경기도 여주군 점동면 삼합리 (삼합교)	
		북하	경기도 여주군 흥천면 효지리 (흥천교)	
경안천	경기도 양평군 개군면 공세리 (흥천교)			
북한강	본류	경안	경기도 양평군 초월면 정지리 (수중보)	
		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	홍천	강원도 춘천시 남면 발산1리 (황골선착장)	
		가평	경기도 가평군 가평읍 읍내리 (가평교)	
		조종	경기도 가평군 외서면 청평리 (청평교)	
수동	경기도 남양주시 화도읍 구암리 (내구운교)			
한강본류	본류	팔당대교	경기도 남양주시 와부읍 팔당리 (팔당대교)	
		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			

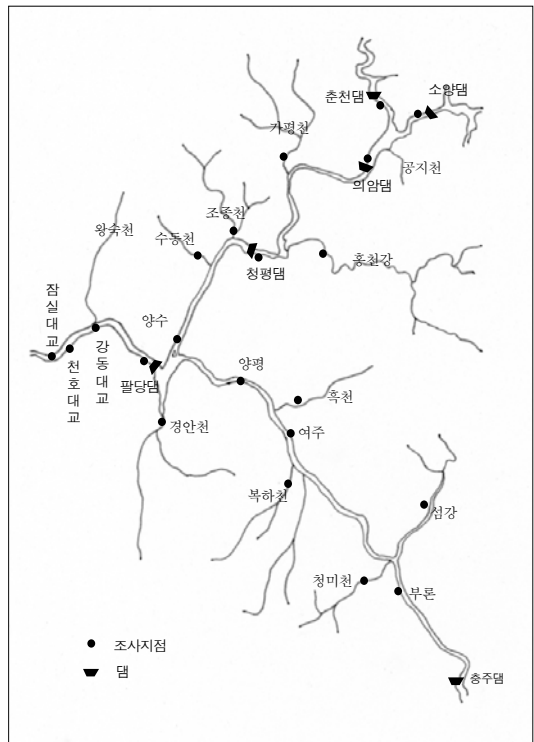


Fig. 1. Location of sampling site

경기준에 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. 2003년 7월부터 기존의 분석항목중 탁도, 경도, 알칼리도의 3개 항목을 제외하였으며, PCB, 비소, 페놀, 시안, 6가크롬은 월 1회 분석항목에서 분기항목으로 조정하였다.

각 항목의 분석은 수질오염공정시험법과 먹는물시험법에 준하여 실시하였고 기타 일본상수시험법(1993년)과 미국의 Standard Method(19th)를 참고하여 분석하였고, pH, 수은, 용존산소, 전기전도도의 4개 항목은 현장에서 측정하였다.

Table 2. Water quality Item

구분	항목	비고	
상수원 하천수 수질조사	환경정책기본법 "수질환경기준"	pH, BOD, COD, SS, CN, Cr ⁶⁺ , ABS, DO, T-N, T-P, Cd, As, Hg, Pb, PCB, 유기인, 총대장균군	*COD, T-N, T-P는 호소수질기준임
	연구소참고항목	수은, 전기전도도, 페놀, TOC, 암모니아성질소, 산성질소	

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.

3.1, 남한강 유역

본 유역은 남한강이 태백시 금대산 북쪽계곡에서 발원하여 평창강, 제천천, 달천 및 섬강, 청미

천 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 높이가 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.

3.2, 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 내구운천(수동천), 가평천, 조종천 등의 지천이 본류와 합류되어 팔당호로 흐른다.

3.3, 팔당호 유역

팔당호는 1973년에 남양주군 조안면 능내2리 봉안터널 지역과 하남시 배알미동 용담사 사이에 댐을 건설하여 발생된 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 넓

으며 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.

3.4. 한강본류 유역(팔당댐~잠실수중보)

팔당댐에서 잠실수중보간 유역면적은 435Km², 유하거리 25.2Km이며 갈수기 평균유속은 0.1m/sec. 정도이다. 이 유역에는 남양주시, 구리시, 하남시 등 3개의 큰 위성도시가 형성되어 대규모 주거지와 공장이 산재되어 있고 외곽은 임야, 농경지로 활용되고 있다. 이 지역을 관류하는 지천을 통해 대부분 처리되지 않은 생활하수, 축산폐수 등이 한강 취수원 수역으로 유입되고 있어 팔당댐 이후 수질오염도 증가의 주요인으로 작용하고 있다. 따라서 현재 이에 대한 대응방안이 서울시와 관련시,도 및 환경부간에 활발하게 진행되어 하수처리시설의 확충과 하수관거의 정비 등이 이루어지고 있는 상황이며 1999년 8월 이후 팔당댐 하류의 경기도 구간도 “한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한법률”의 시행으로 상수원보호구역에 준하여 관리되고 있다.

3.5. 한강본류 유역(지천별 세부유역)

3.5.1. 궁촌천

경기도 남양주시에 위치한 지천으로 한강 유입 지점 상류에는 서울시 강북취수장이 위치해 있으며, 상류지역에 생활하수와 특히 축산폐수의 유입량이 많아 타 지천에 비해 시간별 유량변화가 심한 지천이다. 유로연장 4.0 km, 유역면적 4.8 km²으로 비교적 규모가 작은 지천이다.

3.5.2. 도심천

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

규모가 가장 작다.

3.5.3. 월문천

행정구역은 경기도 남양주시 와부읍 월문리, 덕소리 등으로, 이 지역을 관류하여 한강으로 유입되며, 상류지역은 비교적 맑은 계곡수가 이어지나 하류지역에서 처리되지 않은 생활하수 및 공장폐수 등이 유입되고 있으며 최근, 한강변과 인접한 지역에 고층아파트 등이 밀집되어 건설되고 있다. 유로 연장 8.5 km, 유역면적 32.4km²이다.

3.5.4. 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.

3.5.5. 홍릉천

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 km²으로 타 지천에 비해 비교적 규모가 크며, 2002년중 저수호안 및 고수부지 공사가 완공되어 하류부의 수로가 정비되었다.

3.5.6. 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 생활하

수량이 과부하 상태로 수만톤 이상의 생활하수가 적정처리를 거치지 못하고 한강에 그대로 방류되고 있다. 2004년중 8만m³/일 규모의 남양주시 진건하수처리장의 신설로 기존 구리시처리장의 과부하 해소와 수질개선이 기대된다.

3.5.7, 산곡천

하남시에 위치한 지천으로 상류에는 비교적 맑은 계곡수로 이루어져 있으며, 일부 분산된 농촌가옥의 생활하수와 하남시 주변에 있는 일부 공장의 폐수, 주거지역에서 발생하는 생활하수가 유량의 상당부분을 차지하고 있다. 유로연장 8.9 km, 유역면적 23.8 km²으로 수질은 다른 지천에 비해 비교적 변동폭이 작은 안정된 상황을 나타내고 있다.

3.5.8, 덕풍천

산곡천과 더불어 하남시 구역의 일부 생활하수가 한강으로 유입되는 지천으로 '90년대 중반까지 오염도가 심한 하천이었으나 덕풍천변 하수중계 펌프장의 건립으로 하수의 대부분이 서울시 탄천하수처리장으로 이송 처리되어 현재는 비교적 양호한 수질을 나타내고 있다. 유로연장 8.5 km, 유역면적 19.5 km²으로 산곡천에 비해 다소 작은 규모의 하천이다..

Table 3. The rainfall in the Han river basin
unit : mm

지 역 월	서울			춘천			충주		
	2003년	2002년	평년	2003년	2002년	평년	2003년	2002년	평년
1월	14.1	37.4	21.7	15.9	62.2	20.3	17.2	49.6	21.7
2월	39.6	2.4	25.8	36.0	4.6	27.4	59.2	4.2	24.5
3월	26.8	31.5	45.9	27.3	36.7	39.8	58.2	28.5	45.0
4월	139.6	155.1	77.1	147.0	143.8	69.4	170.8	151.2	76.3
5월	106.0	58.0	102.4	125.5	55.6	100.0	117.8	105.0	88.9
6월	156.0	61.4	133.1	121.9	79.6	131.3	152.1	74.7	143.8
7월	469.8	220.6	327.6	340.9	214.6	318.7	382.8	190.2	272.5
8월	684.2	688.0	348.1	632.7	413.2	310.4	314.7	653.0	259.5
9월	258.2	61.1	137.4	313.0	55.0	143.4	268.1	92.6	136.5
10월	41.5	45.0	49.1	33.1	70.3	43.3	27.5	52.2	54.2
11월	69.3	12.5	53.1	66.0	14.3	44.0	55.0	9.8	42.4
12월	6.9	15.0	24.6	6.5	27.8	22.7	17.8	58.6	24.1
누계	2,012.0	1,388.0	1,345.9	1,865.8	1,177.7	1,270.7	1,641.2	1,469.6	1,189.4

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 2003년 연누적강수량은 지점별로 1,641.2~2,012.0mm로 분포하여 유역 전 지점이 30년 평균의 평년값과 2002년에 비해 큰 폭의 증가를 나타내고 있다. 특히, 4월부터 9월까지 6개월간 월 평균 강수량이 100mm를 초과하는 다량의 강수가 지속되어 연중 대부분의 시기 상대적으로 풍부한 수자원 조건이 장기간 지속되고 있다. 장기간 풍족한 수량의 지속은 예년에 비해 수질오염의 현격한 감소를 가져왔으며, 이러한 현상은 오염도가 심한 하류지역에서 두드러지게 나타나고 있다.

2. 항목별 수질 동향

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

1) 현장조사항목 (수온, pH, 용존산소, 전기전도도)

가) 북한강 수계

월별 수온은 본류가 1.2~25.6℃, 지천이 0.2~24.2℃의 범위로 본류와 지천간에 특이적인 경향 차이는 없으며, 소양이 연중 상대적으로 작은 변동폭을 나타내고 있다.

수계의 월별 pH는 상류 소양이 6.9~8.0 범위로 비교적 중성을 유지하고 있는 반면 본류 및 지천의 다른 지점은 7.0 ~ 9.4 범위를 나타내어 대부분의 지점이 약알칼리성을 띄고 있다.

북한강 수계의 용존산소 농도는 지점별로 연평균 9.7 ~ 11.6mg/L, 월별로 7.0~14.8mg/L의 분포를 보이고 있으며, 조류를 포함한 수생식물의 영향으로 연중 과포화 경향을 나타내고 있고 수중생물에 해로운 영향을 미칠 정도로 용존산소가

감소하는 경우는 관찰되지 않았다.

나) 남한강 수계 및 경안천

월별 수온은 본류가 0.6 ~ 24.8℃, 지천이 0.2~29.5℃의 범위를 나타내고 있으며, 특이적으로 생활하수의 유입 등으로 오염도가 높은 지천인 북하천의 경우, 2.5 ~ 29.5℃(연평균 16.8℃)의 범위로 다른 지점에 비해 연중 높은 온도를 나타내고 있다.

pH는 본류의 경우, 월별 7.0 ~ 9.0, 지천이 6.9~9.2 범위에 분포하고 있으며, 용존산소는 월별 본류 7.7~13.3mg/L, 지천 7.0~13.2mg/L로 분포하여 북한강수계와 마찬가지로 연중 과포화 경향을 나타내고 있으며, 수온이 낮은 시기와 갈수기 조류증식이 심할 때, 증가하는 경향을 보여 주고 있다.

다) 팔당댐 ~ 잠실수중보간 한강본류(교량)

지점별 연평균 수온은 13.8~14.2℃(7월 추가 지점 제외)를 나타내고 있으며, 연간 1.6~24.6℃ 범위에 분포하고 있다. 구간이 상대적으로 짧은 관계로 계절적 변동외의 지점간 특이적으로 큰 차이는 관찰되지 않았다.

pH는 지점별로 연평균 8.1 ~ 8.3의 약알칼리성 범위를 나타내고 있으며, 연중 7.5 ~ 9.0 범위로 분포하고 있다. 연중 다량의 강수가 잦은 빈도로 집중됨에 따라 예년에 비해 다소 수준을 보여 주고 있다.

용존산소는 지점별로 연평균 10.7~11.0mg/L를 보이는 반면, 연중 8.3~14.6mg/L의 범위를 나타내어, 수온과 유사한 강한 계절적인 특성을 나타내고 있다.

라) 팔당댐 ~ 잠실수중보간 지천

연중 수온은 0.8~26.9℃, pH 7.2~9.6, 용존산소 5.2~18.0의 범위로 분포하고 있으며, 한강본류에 비해 유량이 작으므로 조사시기에 따라 변동폭이 크게 나타나고 있다. 오염도가 높은 왕숙천의 경우, 오염물질이 완충작용을 하므로 연중 pH가 중성부근에서 일정하고 용존산소의 농도가 낮은 반면, 산곡천의 경우는 상대적 수질이 양호하고 수생식물의 다량 분포하고 있어, pH와 용존산소의 변동폭이 크고 농도 수준이 높게 나타나고 있다.

Table 4. Temperature, pH, DO in the Han river

수계	지점	수온 (℃)				pH			용존산소 (mg/L)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	
북한강	소양	11.6	17.1	5.5	7.5	8.0	6.9	10.6	11.8	9.0	
	의암	14.3	25.6	2.4	8.1	9.4	7.0	10.8	12.4	8.6	
	청평	13.4	22.8	1.8	7.8	8.7	7.3	10.4	12.5	8.2	
	양수	13.2	23.3	1.2	7.5	8.4	7.2	10.6	12.8	8.4	
남한강	부론	14.4	22.9	2.6	8.1	9.1	7.2	10.5	12.6	8.4	
	여주	13.8	24.8	0.8	7.8	8.6	7.0	9.9	12.4	7.7	
경안천	양평	13.2	22.4	0.6	8.0	9.0	7.2	10.6	13.3	8.3	
	경안	14.3	25.5	0.7	7.6	7.9	7.3	8.8	13.1	6.0	
한강본류 (교량)	강동	13.8	23.6	1.6	8.1	8.9	7.6	10.7	13.5	8.9	
	잠실	14.2	24.6	1.6	8.3	9.0	7.6	11.0	14.6	8.8	
한강본류 (지천)	왕숙	17.0	24.7	7.8	7.3	7.5	7.2	6.7	8.8	5.2	
	산곡	18.9	26.9	7.3	8.5	9.5	7.6	11.6	15.7	8.1	

1) 유기물지표항목(BOD, COD, TOC))

1) 북한강 수계

북한강수계 조사 대상지점의 2003년 연평균 BOD는 0.5~1.3mg/L 로 상수원수 1급수 전후의 수질을 나타내고 있으며 전 지점이 10개년 평균 BOD보다 0.2~0.5mg/L 낮은 수준을 보이고 있다. 2003년중 다량의 강수가 지속됨에 따라 예년보다 양호한 수질이 지속되었음을 나타내고 있다. 상류의 소양과 춘천은 월별 BOD 변화가 0.5~0.9mg/L로 계절이나 유량의 변화에 관계없이 상수원수 1급수 수질이 연중 지속되는 반면에 춘천시 하류의 의암은 월별 변동추세가 0.6~2.4mg/L로 변동폭이 증폭되어 나타나고 있으며, 이는 직상류에 오염원이 밀집되어 봄철갈수기 및 초기강우시에 유역 점오염원과 비점오염원의 영향이 강하게 나타나기 때문이다. 수계 최하류의 양수는 연중 BOD가 0.7~1.8mg/L의 범위에 위치하여 상류의 의암보다는 상대적으로 완만한 변동추세를 보이고 있으며, 그림 2에 나타난 것처럼 4월중 BOD가 정점을 나타낸 반면, COD는 집중강우기인 7월에 강수에 따른 영향으로 급상승하는 경향을 보이고 있다. 집중강우기인 7월을 제외하면, BOD와 COD의 변동추세는 거의 일치하는 경향을 나타내고 있다.

북한강 수계 각 지천의 연평균 BOD는 0.7~1.0mg/L 범위이며, 월별 농도변화도 0.5~1.7mg/L의 범위로 본류와 유사한 양호하고 안정된 수질이 지속되고 있음을 보여준다. 북한강 수

Table 5. BOD in the North Han river

지점 연도	unit : mg/L						
	본류			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
평균	0.7	0.9	1.6	1.4	1.5	1.2	1.2

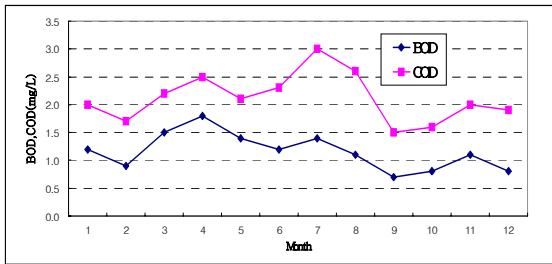


Fig. 2. Monthly variations BOD in the North Han river

계 각 지점의 연평균 TOC도 0.8~1.7mg/L의 범위에 있으며, 본류보다는 지천이 다소 낮은 농도를 나타내는 경향이 있어 수체의 체류시간 증가가 천연유기물질(NOM)의 증가를 통한 총유기물질량의 누적이 발생하는 것으로 추정된다.

2) 남한강 수계 및 경안천

남한강 수계 각 지점 및 경안천의 연평균 BOD는 0.8~3.2mg/L로 10년 평균값대비 0.5~1.5mg/L 범위로 감소한 수준을 나타내고 있다. 감소폭이 수질이 상대적으로 양호한 북한강 수계보다 크고, 오염도가 높은 지천의 감소폭이 본류보다 커서 2003년중 다량의 강수로 인한 영향이 평상시 오염도가 높은 지점에서 더욱 크게

나타나고 있다.

월별 변동폭은 상류의 부른이 0.7~1.8mg/L인 반면, 하류의 양평은 0.7~3.0mg/L의 범위로 오염원의 영향을 많이 받는 하류지점이 보다 큰 폭의 변동추세를 나타내고 있으며, 수질이 양호한 시기에는 상하류간 수질차이가 작으나 수질 악화기에는 하류지역에서 수질오염도가 급상승함을 보여주고 있다.

조사 대상지점중 오염도가 가장 높은 경안천의 경우 월별 BOD가 1.2~8.0mg/L의 범위로 수질 악화기에는 양호한 시기의 7배까지 수질오염도가 급상승하여 계절 및 유량에 따라 상당한 변화폭을 나타내고 있어 오염도가 높은 하천의 유입이 전반적인 수질 악화에 보다 큰 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

Table 6. BOD in the South Han river

지점 연도	Unit : mg/L						
	본류		지천			경안천	
	부른	여주	양평	섭강	북하	홍천	경안
'94년	2.1	2.1	2.1	3.3	6.3	1.5	3.8
'95년	2.1	1.8	1.8	2.5	6.1	2.2	4.9
'96년	1.6	2.0	2.1	2.5	2.2	4.6	4.7
'97년	1.8	2.8	2.3	2.4	5.2	1.5	5.7
'98년	1.5	2.3	2.1	2.0	4.3	1.4	4.4
'99년	1.2	1.6	1.7	2.5	2.7	1.1	4.1
2000년	1.3	1.7	1.7	2.8	3.4	1.3	4.6
2001년	1.5	2.3	2.2	3.2	3.6	1.5	7.1
2002년	1.7	2.6	2.4	2.0	4.3	1.3	4.4
2003년	1.1	1.6	1.4	1.2	2.8	0.8	3.2
평균	1.6	2.1	2.0	2.4	4.3	1.4	4.7

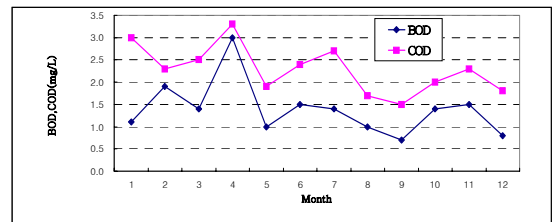


Fig 3. Monthly variations BOD in the South Han river

그림 3.에서 보여지 듯, 팔당호 유입전 남한강의 수질은 BOD와 COD간에 유사한 경향이 나타나고 있으며, 두 항목 모두 4월의 봄철 갈수기에 정점을 나타내고 있다. 강우기에 BOD는 낮은 수준이 일정하게 지속되는 반면, COD는 집중강우기에 일시적으로 증가하는 경향을 보여주고 있다.

수계 각 지점의 연평균 TOC는 본류가 1.5~1.8mg/L, 지천이 0.9~2.8mg/L의 범위로 북한강과는 상이하게 오염도가 높은 지천이 총유기물질의 양도 본류의 농도 수준을 큰 폭으로 상회하고 있으며, 지점간 차이도 심하게 나타나고 있다.

3) 팔당댐 ~ 잠실수중보간 한강본류(교량)

한강본류 구간의 조사대상지점은 모두 5개 지점이나 이중 팔당대교와 강동대교 남단은 7월중 새로 추가된 지점으로 결과치의 비교가 무의미하여 3개 지점을 대상으로 수질을 비교하였다.

한강본류의 연평균 BOD는 1.7~1.9mg/L의 범위로 상류의 북한강 및 남한강과 마찬가지로 예년보다 0.1~0.2mg/L 개선된 수질을 나타내고 있으며, 하류로 갈수록 오염도가 증가하는 경향이 나타나나, 대상 구간이 짧은 관계로 수질차이는 상대적으로 미미하게 나타나고 있다. 월별 BOD의 분포는 0.6~3.8mg/L의 범위로 상수원수 1~3급수의 범위를 나타내고 있다.

Table 7. BOD in the Han river

Unit : 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
평균	1.8	2.0	2.0

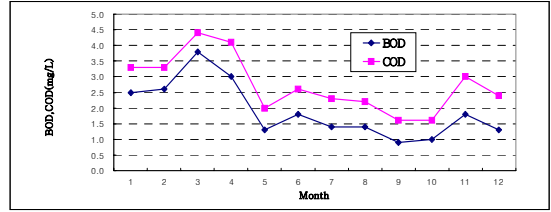


Fig 4. Monthly variations BOD in the Han river

월별 BOD와COD의 변동추세는 거의 일치하는 경향을 보여, 모두 3월의 봄철갈수기에 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, 3,4월의 2개월에 걸쳐 BOD 3.0mg/L를 초과하는 것으로 나타났다. 특히 적으로, 상류 남북한강 수계는 4월에 가장 높은 오염도 정점을 나타내는 반면, 하류의 한강본류는 이보다 빠른 3월에 정점을 기록하고 있어 수계 전체적으로 수질악화기 수질오염도의 증가는 흐름에 역행하여 하류에서 상류로 진행되는 경향을 보여주며, 이는 하류의 오염원상황과 계절적인 요인이 복합적으로 작용하고 하류지역이 보다 조기에 수질오염도가 급상승 하는 것으로 판단된다.

한강본류의 연평균 TOC는 5개 지점 모두 1.7mg/L를 나타내어 유의할 만한 차이가 관찰되지 않았다.

4) 팔당댐 ~ 잠실수중보간 지천

팔당댐에서 잠실수중보간 유역 8개 지천의 연평균 BOD는 2.5~29.3mg/L의 범위에 있으며, 8개 지천중 유량의 80%을 차지하는 왕숙천이 연평균 BOD 29.3mg/L로 가장 높은 수준을 보여주고 있다. 대부분의 지천이 예년에 비해 점차 개선되는 추이를 보여주는 반면, 왕숙천은 2001년부터 오히려 상승하는 경향을 나타내어, 유역하수 관망의 정비가 다른 지천의 수질개선을 가져왔지만, 구리시 하수처리장의 과부하 증가로 왕숙천의 경우, 오히려 오염도 및 유량이 증가하는 영향이 나타나고 있는 것으로 판단된다.

2003년중 연평균 COD는 3.3~16.9mg/L의 범위로 대부분의 자연하천이 BOD보다 COD가 높은 경향이 있으나, 8개 지천중 오염도가 높은 지천인 궁촌천, 도심천, 월문천, 덕소천, 흥릉천, 왕숙천의 6개 지천의 경우, 역으로 BOD가 2배까지 높은 수치를 나타내고 있어, 수질 특성상 하수에 가까운 성격을 보여주고 있다.

연평균 TOC는 2.5~9.1mg/L의 범위로 보다 완

Table 8. BOD in tributaries

		Unit : 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
'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
평균		15.1	28.6	29.3	37.0	10.9	21.9	7.2	12.4

만한 범위를 나타내고 있으며, 지점간 경향은 BOD,COD,TOC 3개 항목 모두 일치하고 있다.

Table 9. Concentrations of organic matters in tributaries

구분	지점	BOD (mg/L)			COD (mg/L)			TOC (mg/L)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소
한강	궁촌	8.5	13.2	1.8	6.1	9.9	1.8	3.8	6.8	1.5
	도심	15.2	23.0	6.6	8.6	16.7	3.8	5.0	8.3	2.7
한강	월문	15.5	46.0	2.7	7.5	17.3	2.4	4.6	10.3	2.0
북측	덕소	13.8	28.4	5.1	8.6	14.5	4.4	5.4	7.3	4.1
	홍릉	8.2	20.6	2.4	5.8	9.4	2.6	4.0	6.4	1.9
	왕숙	29.3	46.2	11.4	16.9	33.5	8.1	9.1	16.1	5.3
한강 남측	산곡	3.0	6.6	1.0	5.7	13.1	2.4	4.7	10.7	2.1
	덕풍	2.5	5.2	1.2	3.3	5.9	1.9	2.5	3.8	1.8

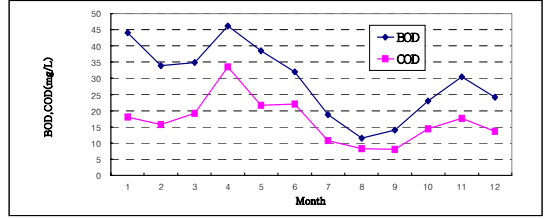


Fig 5. Monthly variations of BOD in Wangsook river

대표 지천인 왕숙천의 월별 BOD와 COD의 변동추세는 거의 일치하는 경향을 보여주며, 1월부터 6월까지 6개월간 BOD 30mg/L를 초과하는 극히 높은 수준의 오염도를 나타내고 있으며, 4월에 BOD, COD 모두 연중 가장 높은 정점을 나타내고 7월부터 다량의 강수와 더불어 BOD가 11.4mg/L까지 대폭 감소하는 경향을 보여주고 있다.

봄철 갈수기중 왕숙천은 유량감소와 더불어 검은 혼탁성이 증가하고 용존산소도 매우 낮은 수준을 나타내어 수표면에 바닥에서부터 생성된 기포가 배출되는 혐기성 전단계의 극히 오염된 모습을 나타내었다.

3) 총인,총질소,질산성질소,암모니아성질소

1) 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 수

Table 10. Nitrogen and Phosphorus in the North Han river

		Unit : mg/L						
연도	지점	본류				지천		
		소양	춘천	의암	청평	양수	홍천	수동
	T-N	1.28	1.15	1.59	1.77	1.71	2.16	3.17
	NH ₃ -N	0.01	0.03	0.08	0.05	0.05	0.05	0.03
	T-P	0.012	0.017	0.029	0.021	0.020	0.013	0.020

계에서 연중 낮은 수준이 지속되는 경향을 보여주고 있다.

2003년 총질소의 연평균 농도는 지점별로 1.15~3.17mg/L의 범위에 있으며, 유기물지표가 본류와 지천가 큰 차이가 없었던 반면, 총질소는 지천에서 보다 높은 경향을 나타내고 있다.

총인 0.01~0.029mg/L의 범위로 춘천시 직하류에 위치한 본류의 의암에서 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, 암모니아성질소는 0.01~0.08mg/L의 범위이며 마찬가지로 의암에서 가장 높은 경향을 보여 도심에서 배출되는 점오염원의 영향을 반영하고 있다.

2) 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 2.42~5.56mg/L, 경안천 7.51mg/L로 지천인 북한천과 경안천의 오염도가 상당히 높으며, 총인은 0.05~0.38mg/L, 암모니아성질소는 0.02~1.74mg/L의 범위로 오염지천을 중심으로 매우 높은 경향을 보여주고 있다.

남한강 본류 지점의 경우도 전반적으로 북한강에 비해 매우 높은 경향이다.

Table 11. Nitrogen and Phosphorus in the South Han river

		Unit : mg/L						
지점 연도	본류				지천		경안천	
	부론	여주	양평	섬강	북하	흑천	경안	
T-N	2.42	3.64	2.64	3.42	5.56	2.40	7.51	
NH ₃ -N	0.05	0.33	0.11	0.23	0.94	0.02	1.74	
T-P	0.049	0.100	0.068	0.120	0.181	0.022	0.375	

3) 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 2.33~2.38mg/L, 총인은 0.04

4~0.047mg/L, 암모니아성질소의 경우는 0.10~0.11mg/L의 범위를 나타내고 있다.

총질소와 암모니아성질소는 유량과 수온이 모두 낮은 수준인 1,2월의 겨울철에 가장 높고, 강우와 더불어 감소하는 경향을 나타내는데 총질소는 강우기 직후인 10월에 가장 낮은 반면, 암모니아성질소는 다량의 강우가 시작되는 6월 이후 줄곧 낮은 수준이 지속되고 있다.

총인은 2,3월의 봄철갈수기와 7월의 강우기에 증가하는 경향을 경향을 보여 유역 점오염원과 비점오염원의 영향을 보다 뚜렷하게 반영하고 있다

Table 12. Nitrogen and Phosphorus in the Han river

		Unit : mg/L		
지점 항목	강동대교	천호대교	잠실대교	
	T-N	2.33	2.37	2.38
NH ₃ -N	0.11	0.10	0.11	
T-P	0.044	0.046	0.047	

4) 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.

한강본류와 대비한 총인과 암모니아성질소의 농도는 매우 높은 상황으로 유량의 거의 절대적인 비중을 차지하는, 왕숙천의 경우 한강본류대비 총인은 약 5배, 암모니아성질소는 약 100배 수준으로 나타나고 있다. 암모니아성질소의 영향은 유입점하류의 한강본류에 상시적인 영향을 나타내고있으며, 특히, 겨울철 갈수기에 그 영향이 보다 증폭되어 나타나고 있다.

Table 13. Nitrogen and Phosphorus in the Tributaries

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		6.9	10.0	3.8	0.29	0.65	0.08	1.7	4.1	0.1
	도심	7.5	9.2	4.4	0.48	0.77	0.23	3.1	7.1	1.3
	한강월문	9.5	19.8	4.4	0.66	2.10	0.14	4.1	12.5	0.3
북측	덕소	9.8	14.2	6.7	0.81	1.40	0.30	4.3	8.4	0.2
	홍릉	9.4	13.8	5.4	0.47	1.14	0.15	2.7	7.2	0.4
	왕숙	15.2	19.8	9.4	1.32	1.89	0.43	10.5	17.6	4.8
한강남측	산곡	4.1	5.5	2.4	0.14	0.24	0.09	0.3	0.8	0.0
	덕풍	5.4	6.1	3.9	0.12	0.16	0.08	0.3	1.3	0.0

4) 부유물질, 전기전도도

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

남북한강 및 한강본류에서 부유물질은 강우기 토사의 유입으로 급증하는 경향을 보이며, 갈수기 및 평수기에는 10mg/L 이하의 양호한 상황이 지속되고 있다. 반면에 왕숙천의 경우는 기원이 주로 생활하수 이므로 연중 변동폭이 크지 않고 상시 20mg/L 전후의 높은 수준이 지속되고 있다.

전기전도도는 수중 용존이온의 양을 반영하므로 주로 지질에서 기인하는 경도성분과 밀접한 관련성이 있으며, 남한강 수계가 가장 높고 한강본류, 북한강수계의 순으로 감소하는 경향을 보여주고 있다. 주 유입원이 오염물질이 아니므로 오염지천의 경우도 다른 항목에 비해, 한강본류보다 상대적으로 그리 높지않은 경향을 보여준다.

같은 수계의 지점별 및 시기별로 그리 변동폭이 크지 않은 특성이 있으나, 2003년중에는 연중 다량의 강수가 잦은 빈도로 반복되어 전반적인 농도수준이 예년보다 낮게 나타나고 있으며, 상대적으로 시기별 농도차이도 예년에 비해 비교적 낮은 편이다.

Table 14. SS and Conductivity at main points in the Han river

구분	지점	SS (mg/L)			전기전도도 (μ S/cm)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소
북한강	소양	2.1	6.4	0.4	59	67	46
	양수	4.8	9.8	1.6	84	99	67
남한강	부론	16.0	79.0	2.0	182	217	93
	양평	18.3	126.0	2.4	196	261	83
한강본류	강동	8.5	18.8	3.2	158	207	122
	잠실	7.6	13.2	3.6	161	205	129
지천	왕숙	24.6	46.0	11.1	668	828	415
	월문	15.4	46.4	2.6	342	501	155

5) 총대장균군

한강 수계 주요지점에서 대장균군의 농도는 유역 점오염원과의 이격거리, 시기별 수온 및 강수량과 밀접한 관련성을 보여주고 있다. 전반적으로 연중 수온 상승에 따라 상승하는 경향을 보여주며, 강수 이후 급증하다 수온이 하강하면서 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특이적으로 다른 일반적인 지표는 상류에서 하류로 유하하면서 상승하는 일관된 경향이 강하지만, 대장균군의 경우는 오염원이 인접한 지점에서 급격히 상승했다 하류 지역에서 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 판단된다.

북한강 수계 및 남한강, 한강본류의 상류를 제외한, 대부분의 지점이 연중 1000/100mL 이상이 농도가 지속되고 있어, 상수원수 3급수 수준을 보여 주며, 오염지천인 왕숙천의 경우, 상시 100만/100mL를 초과하고 있어 한강본류의 농도 상승을 유발하는 주 원인이 되고 있다.

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

1) 팔당댐하류 8개 지천의 오염부하량

팔당댐~잠실수중보간 8개 지천이 서울시취수장이 위치한 한강본류에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 강수의 영향이 미미하여 주로 점오염원의 비중이 절대적인 시기인 겨울철 갈수기를 선정하여 2월13일 하루동안 각 지천에 대한 수질오염도와 유량을 1회씩 측정하여 오염부하량을 산정하였다.

8개 지천의 총유량은 약 30만m³/일 이었으며, 이중 왕속천의 유량이 86%를 차지하였다. 오염물질중 BOD부하량이 9,250Kg/일로 가장 높은 수준을 나타내고 있으며, COD부하량이 4,406Kg/일, 암모니아성질소 3,795Kg/일, 총질소 5,224Kg/일, 총인 402Kg/일로 총질소중 암모니아성질소가 차지하는 부하량이 73% 수준으로 매우 높게 나타나고 있다.

각 지천의 부하량중 왕속천이 차지하는 비율은 거의 절대적으로 BOD부하량의 96%, COD 93%, 암모니아성질소 97%, 총질소 94%, 총인 97%로 유량비중에 비해 오염물질 부하량은 10%가량 더 높게 나타나고 있으며, 8개 지천부하량의 거의 대부분을 차지하고 있다.

매년 조사시기별로 유량 및 오염도에 변동폭이 크므로 정확한 변동 추세를 판단키는 어렵지만, 2000년대 들어와서 왕속천의 오염도 부하량은 예년에 비해 뚜렷한 증가추세를 나타내어, 유역의

Table 16. Flow discharge and BOD loads

연도	월	유량(m ³ /day)		BOD부하량(kg/day)		왕속천 비율(%)	
		전체지천	왕속천	전체지천	왕속천	유량비	부하비
2003	2	301,995	259,990	9,250	8,840	86.1	95.6
	6	435,885	378,779	10,117	9,469	86.9	93.6
2002	3	462,402	394,274	14,801	13,721	85.3	92.7
	11	290,151	242,531	8,388	8,076	83.6	96.3
2001	5	220,787	182,593	6,799	6,500	82.7	95.6
	3	372,203	244,736	8,243	5,164	65.8	62.6
2000	11	317,284	235,326	7,047	5,201	74.2	73.8
	10	562,397	404,515	5,898	4,490	71.9	76.1
1999	10	695,558	472,697	6,492	5,381	70.0	82.9
	4	299,480	220,800	3,032	1,899	73.7	62.6
1998	10	462,450	349,057	4,448	3,595	75.5	80.8
	4	361,569	284,286	7,352	6,197	78.6	84.3
1997	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

인구증가와 하수처리장 과부하로 한강본류에 대한 영향이 점점더 증가하고 있음을 보여주고 있다.

Table 17. Increases of the concentrations by pollutant loads of tributaries in the Han river (Unit : mg/L)

팔당댐 방류량 (m ³ /sec.)	유입되는 부하량 및 한강상수원에서의 증가 농도			
	BOD (9,250kg/일)	NH ₃ -N (3,759kg/일)	T-N (5,224kg/일)	T-P (402kg/일)
150	0.71	0.34	0.34	0.03
200	0.54	0.26	0.26	0.02
300	0.36	0.17	0.17	0.016
400	0.27	0.13	0.13	0.012
500	0.21	0.10	0.10	0.009

Table 15. Pollutant loads of tributaries in the Han river

조사 시기	지점	유량 (m ³ /일)	BOD 부하량 (kg/일)	BOD 부하 비율 (%)	COD 부하량 (kg/일)	NH ₃ -N 부하량 (kg/일)	T-N 부하량 (kg/일)	T-P 부하량 (kg/일)
2월	왕속	259,990	8,840	95.67	4,108	3,691	4,904	388.7
	홍릉	7,313	26	0.3	19	14	90	1.4
	덕소	2,487	16	0.1	18	19	32	1.8
	월문	2,940	61	0.7	27	25	47	3.7
	도십	16,052	212	2.3	90	30	97	4.3
	궁촌	2,360	28	0.3	17	8	21	0.8
	산곡	9,359	62	0.7	123	8	25	1.1
	덕풍	1,494	4	0.0	5	1	8	0.2
계	301,995	9,250	100	4,406	3,795	5,224	402	

2) 지천의 오염부하량이 한강본류수질에 미치는 영향

지천의 오염물질이 한강본류에 유입시 한강본류에서의 농도상승은 한강본류 유하량인 팔당댐 방류량에 따라 결정된다. 갈수기 팔당댐 방류량이 200CMS일때, BOD는 0.5mg/L, 암모니아성질소는 0.26mg/L 상승하는 효과가 있다. 표 16.에 나타난 지천의 영향은 오염물질의 완전혼합을 가정하고 있으나, 현실적으로 유하구간이 짧고 하천폭이 800m 전후로 크기 때문에 지천 직하류의 구의취수장의 경우 보다 큰 영향을 받는 것으로 추정되며, 겨울철 일시적인 시기에는 암사취수장도 큰 영향을 받는 것으로 추정된다.

각 지천의 총대장균군도 한강본류에 비해 매우 높은 수준을 나타내므로 한강본류의 수질을 상수원수 2급수에서 3급수 수준으로 악화시키는 것으로 판단되나, 살아있는 생명체이므로 단순한 물질수지식으로 그 영향을 추정기는 곤란하였다.

결론

1. 2003년 한강상수원 유역의 강수량은 평년수준을 크게 상회하였고 연중 다량의 강수가 잦은 빈도로 반복되어 전반적인 수질의 개선효과를 가져왔다. 수계 각 지점별로 연평균 BOD가 예년과 대비하여 0.1~1.5mg/L까지 개선되고 있으며, 개선 효과는 평상시 오염정도가 높은 남한강 수계에서 크게 나타나서 수계별 수질 오염도는 북한강수계, 남한강수계, 한강본류수계의 순으로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

2. 한강본류에서는 BOD가 연중 3월에 가장 높은 경향을 나타내었으나, 상류의 북한강과 남한강은 4월에 정점을 보이고 있어, 오염도가 높은 하류지점에서 봄철갈수기 수질악화현상이 보다 조기에 시작됨을 보여주고 있다.

3. 주요 지점별 연평균 BOD는 북한강본류 0.5~1.3mg/L, 남한강본류 1.1~1.6mg/L, 한강본류 1.7~1.9mg/L의 범위를 나타내어 북한강 상류의 소양과 춘천이 상수원수 1급수, 그 외 대부분의 지점이 상수원수 2급수 수질을 나타내고 있다.

4. BOD가 3.0mg/L를 초과하는 시기는 한강본류의 하류지점에서는 2개월 정도 지속되었으나, 북한강과 남한강 본류에서는 연중 3.0mg/L를 초과하는 시기가 발생하지 않았다.

5. 수계 전 지점에서 중금속 및 유해유기화합물은 검출되지 않았다.

6. 팔당댐~잠실수중보간 지천의 유입에 따른 한강본류에서의 수질오염도 상승은 팔당댐방류량이 200CMS 수준일 때, BOD가 0.5mg/L, 암모니아성질소가 0.26mg/L 정도 상승하는 것으로 나타났으며, 2000년대 들어 왕숙천의 오염부하량이 예년보다 큰 폭 증가한 것으로 나타났다.

국문 요약

2003년중 평년 수준을 크게 상회한 강수의 영향으로 한강수계 대부분의 지점에서 연평균 BOD가 예년과 대비하여 0.1~1.5mg/L까지 크게 개선되고 있다. 3,4월 봄철갈수기의 수질악화 현상은 하류지역을 중심으로 시작되어 BOD 3.0mg/L를 초과하는 시기가 한강상수원 하류에서는 2개월 가량 지속되었으나, 상류의 북한강과 남한강 본류에서는 나타나지 않았다. 한강본류 지천의 유입에따른 상수원의 수질오염도 증가 정도는 팔당댐 방류량이 200CMS 수준일 때, BOD가 0.5mg/L, 암모니아성질소가 0.26mg/L 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 서울시수도기술연구소, 2002 수질조사분석보고서, 2003.
2. 서울시수도기술연구소, 2001 수질조사분석보고서 I, 2002.

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 일본수환경학회 연회강연집, 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