

한강수계의 주요지점 수질현황 및
환경오염물질에 관한 연구

연세대학교 보건환경대학원

환경공학전공

이 재 준

한강수계의 주요지점 수질현황 및
환경오염물질에 관한 연구

지도 김 성 헌 교 수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2004 년 12월 일

연세대학교 보건환경대학원

환경공학전공

이 재 준

이재준의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 보건환경대학원

2004년 12월 일

감사의 글

가슴이 벅차오르고 만감이 교차되는 마라톤을 시작한지 얼마 되지 않아 또 하나의 도전을 시도해 보기로 한 것이 대학원 진학이었습니다. 늦게 시작한 대학원 공부는 직장과 학교라는 어느 한쪽도 소홀히 할 수 없는 일이었지만 주위의 배려로 무사히 마치게 되었습니다.

먼저 바쁘신 중에도 세심히 지도해 주신 김 성헌 교수님께 진심으로 감사의 말씀드립니다. 아울러 밤늦게 까지 열과 성의를 다하신 정 형근 교수님, 차 기철 교수님, 서 용철 교수님, 권 영식 교수님, 이 무춘 교수님 등 환경공학 교수님들께 머리 숙여 감사의 글을 전합니다.

직장생활 속에서도 학교를 다닐 수 있게 배려해 주신 정 미근 상무님 외 신일제약 임직원 여러분, 이 정민 소장님 외 연구소 직원들, 지난 10여년간 직장생활을 함께하며 특히 형처럼 옆에서 아껴주고 격려해주신 이 호중 · 박 언순 과장님, 김 기보님에게도 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

항상 걱정해 주시는 든든한 아버지, 마음이 어진 어머니, 늘 밝고 젊게 사는 형님 · 형수, 젊잖고 정신적으로 힘이 되어 주신 매형 · 누나에게도 감사드리며, 주님께 항상 기도하시고 베풀어 주신 장인 · 장모님, 그리고 첫 아이를 가진 근면 성실한 처남 부부에게도 고마움을 전합니다. 마지막으로 입학에서 졸업에 이르기까지 항상 늦게까지 기다리며 늘 마음 걱정을 해 준 내가 세상에서 가장 소중하고 사랑하는 나의아내 경애와 올해 초등학교에 입학하게 되는 기특하고 영리한 예쁜 윤주, 누나를 소중이 여기는 장난꾸러기 멋진 태운 에게 사랑한다는 말과 졸업의 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

모든 분들께 보답하는 의미에서 시간의 소중함을 깨닫고 열심히 살도록 노력하겠습니다.

차례

그림 차례	iii
표 차례	v
국문 요약	vi
제1장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	3
제2장 수질측정망의 운영 및 관련법규	4
2.1 수질측정망의 기본개념	4
2.2.1 수질측정지점	7
2.2 수질측정망 운영현황	9
2.2.1 측정망별 항목, 조사회수 및 조사시기	9
2.2.2 수질환경기준	10
2.3 외국의 수질측정망 운영현황	14
2.3.1 외국의 수질기준 및 대상항목	14
2.3.2 외국의 수질측정망 운영 및 관리	15
제3장 한강수계의 일반현황	17
3.1 자연환경	17
3.1.1 유역현황	17
3.1.2 기후현황	19
3.2 인문사회환경	23
3.2.1 인구	23
3.2.2 환경기초시설 현황	23
제4장 분석결과	25

4.1 년도별 평균수질의 변화	25
4.2 월별 평균수질의 변화	32
4.3 환경오염물질 항목간 상관성 분석	41
제5장 결론	47
참고문헌	50
부록	52
ABSTRACT	81

그림차례

<그림 3-1> 한강수계지도	18
<그림 3-2> 년평균 기온 변화	20
<그림 3-3> 월평균 기온 변화	20
<그림 3-4> 년도별 강수량 변화	22
<그림 3-5> 월평균 강수량 변화	22
<그림 4-1> 수온의 년도별 변화	28
<그림 4-2> pH의 년도별 변화	28
<그림 4-3> DO의 년도별 변화	29
<그림 4-4> BOD의 년도별 변화	29
<그림 4-5> COD의 년도별 변화	30
<그림 4-6> SS의 년도별 변화	30
<그림 4-7> T-N의 년도별 변화	31
<그림 4-8> T-P의 년도별 변화	31
<그림 4-9> 2003년도 수온의 월별 변화	37
<그림 4-10> 2003년도 pH의 월별 변화	37
<그림 4-11> 2003년도 DO의 월별 변화	38
<그림 4-12> 2003년도 BOD의 월별 변화	38
<그림 4-13> 2003년도 COD의 월별 변화	39
<그림 4-14> 2003년도 SS의 월별 변화	39
<그림 4-15> 2003년도 T-N의 월별 변화	40
<그림 4-16> 2003년도 T-P의 월별 변화	40
<그림 4-17> BOD와 COD의 상관도	43
<그림 4-18> 수온과 DO의 상관도	43
<그림 4-19> BOD와 T-N의 상관도	44

<그림 4-20> COD와 T-N의 상관도	44
<그림 4-21> BOD와 T-P의 상관도	45
<그림 4-22> COD와 T-P의 상관도	45
<그림 4-23> T-N과 T-P의 상관도	46

표 차례

<표 2-1> 하천별 수질측정지점 현황	5
<표 2-2> 기관별 수질측정지점 현황	6
<표 2-3> 5대강 주요지점 현황	8
<표 2-4> 한강수계 주요지점현황	8
<표 2-5> 측정망별 측정항목, 조사횟수 및 조사시기	9
<표 2-6> 생활환경항목(하천)	11
<표 2-7> 환경기준의 종류	12
<표 2-8> 생활환경항목(호소)	13
<표 3-3> 한강유역환경청관할 인구현황	24
<표 4-1> 2003년 월별 수질현황	36
<표 4-2> 수질항목간 상관계수(r)	42

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

물은 사람이 살아가는데 필요한 필수 요인이다. 지난 수천년 동안 인류 문명은 물과 함께 성장해 왔고 번영을 누렸다. 그러나 산업화, 도시화로 인한 수질오염과 물 부족으로 고통당하고 지역 간·국가 간 분쟁도 끊이지 않고 있는 것이 실정이다. 우리나라의 경우 경제발전과 더불어 생활하수, 산업폐수, 농·축산폐수로 인한 수질오염이 심화되고 수자원은 연간 강수량이 1,283 mm로 세계평균(973 mm)의 1.3배나 되지만 좁은 국토면적에 높은 인구밀도에 비하면 국제적으로 물 부족국가로 분류가 된다.(한국수자원공사, 2001).

이러한 현실에서 오염원으로부터의 보호와 관리에 다각적인 노력이 필수적이라고 할 수 있다.

환경부에서는 이러한 노력의 일환으로 수질측정망을 운영하여 주요하천과 호소에 대하여 월 1회의 지속적인 관측을 실시하고 있다. 우리나라의 수질측정망은 현재 1,886개 지점에 대하여 27개 기관이 년 60만회 이상을 측정하고 있으며 수질 측정 자료는 수질정책을 수립, 집행 하고 평가하는데 기초적인 자료로 활용되고 있다. 그러나 운영상 문제로 인하여 많은 보완 연구가 이루어지고 있다. 특히 수질측정망 확충계획 및 운영관리 개선방안 연구가 낙동강 수계를 중심으로 측정망 현황 및 측정지점선정에 관하여 보고된 바 있다. (환경부, 2004)

수질 관련 업무는 그 범위가 워낙 넓고, 이에 따라 업무를 수행하는 관련기관도 매우 다양하며, 하천의 수질오염에 대한 총체적인 분석을 실시하는데 어려움이 많은 실정이다. 이런 이유로 총체적인 분석을 위하여 생태계 및 인체 건강을 중시하고, BOD 등 단편적 관리를 보완하는 종합 수질평가기준의 개발에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다.(정영만, 2004)

한편 환경부 보도자료에 의하면 4대강의 수질을 평가할 때 BOD 중심의 개선 및 악화 등의 발표를 하고 수질목표를 무리하게 책정하고 있다. 이에 대한 개선

대책으로 환경부는 수질환경기준 보완 개선 및 생물학적 지표 개발 등에 향후 3년간 약 30억원을 투자할 예정으로 있다.(국립환경연구원, 2004)

총체적인 수질관리에서 평가 기준과 더불어 광범위한 수질자료를 이해하고 현재의 수질오염상태를 정확히 분석하는 일도 중요한 것이다. 사실 수환경은 워낙 복잡하고 다양하기 때문에 현재의 수질 상태를 정확히 파악하기란 쉬운 일은 아니다.

본 연구의 목적은 수도권 시민들의 생활과 밀접하게 관련이 있는 한강수계의 주요지점을 대상으로 현재 가용한 기상자료, 수질자료를 수집, 활용, 분석을 수행하는데 있다. 이에 오염물질의 수질분석을 통하여 현재 수질상태를 정확히 이해하고 변화요인을 추정하여 향후 수질관리 방향을 제시하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 수도권 시민의 생활과 밀접한 관련이 있는 한강수계 중 주요지점인 의암댐, 충주댐, 팔당댐, 노량진, 가양을 대상으로 수질자료의 분석을 수행하였다. 먼저 분석을 행하기 앞서 수질측정망의 운영 및 관련법규에 관하여 문헌조사를 실시하였으며 대상수계의 현황을 파악하기 위하여 현재 가용한 자료인 대상지점의 주변 기상자료 및 관련 자료를 수집, 정리하였다.

아울러, 오염물질 간 월 별, 년도 별로 비교 분석하기 위하여 1989년 1월부터 2003년 12월까지의 수질 측정된 자료를 사용하였으며, 오염물질 간 상관성을 파악하기 위하여 통계분석을 수행하였다.

이와 같은 수질분석으로 한강수계의 수질상태를 파악하고 현재 운영 중인 수질측정망의 문제점을 진단하며 신뢰성 있는 데이터를 구축하기 위한 수질관리 방향을 제시 하였다.

제 2 장 수질측정망의 운영 및 관련법규

2.1 수질측정망 기본 개념

한강수계의 수질현황을 파악하여 수질보전정책수립을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 한강분류 및 주요 하천을 대상으로 수질측정지점을 선정하여 상시 측정하고 있다. 수질측정망은 환경부고시 제94-109호(1995. 1. 16)제정하여 10회에 걸친 개정으로 현재 2004년을 기준으로 전국 1886개 지점으로 증가하여 운영되고 있다.(환경부, 2004)

한강수계의 수질측정망 지점은 2004년 운영계획에 의하면 하천수 196개, 호소수 34개, 상수원수 92개, 농업용수 66개, 도시관류 3개, 공단배수 7개 지점으로 총 400개 지점을 운영하고 있는 실정이다. 전체 지점수의 21%로 가장 많이 차지하고 있다. <표 2-1>에 하천별 수질측정지점 현황을 자세히 나타내었다.

한편 <표 2-2>와 같이 이수목적에 따라 한강유역환경청의 경우 하천수와 호소수, 도시관류, 공단배수를 측정하고 시·도, 한국수자원공사의 경우 하천수와 호소수, 상수원수, 도시관류, 공단배수를 측정하며 농업기반공사는 농업용수를 각각 측정하고 있다. 이와 같이 우리나라의 경우 다수의 측정기관이 각기 다른 목적으로 운영을 하다보니 사료된다. 통합적인 수질자료 및 객관성이 부족한 문제점이 나타난다.

우리나라의 측정기관을 자세히 살펴보면 8개 유역(지방) 환경청(측정분석과, 한강·금강·영산강물환경연구소), 16개 시·도(보건환경연구원, 상수도 사업본부), 한국수자원공사(댐관리처, 수도관리처), 농업기반공사(농어촌연구원, 상수도사업본부)로 서로 다른 측정기관이 중복된 지점에서 측정을 하는 비경제적으로 운영되는 문제가 있다. 과학적인 측정망의 설계 기법의 개발과 효율적인 측정망의 구축을 위하여 많은 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 사료된다.

<표 2-1> 하천별 수질측정지점 현황 (2004년 기준)

구 분	계	하 천 수			호소수	상수 원수	농업 용수	기 타		
		소계	환경부	기타 기관				소 계	도 시 관 류	공 단 배 수
계	1,886	576	315	261	162	539	475	134	52	82
한 강	400	196	109	87	34	92	66	10	3	7
낙동강	392	114	85	29	23	105	108	33	21	12
금 강	200	86	39	47	15	34	55	10	3	7
영산강	77	23	12	11	11	15	15	11	-	11
섬진강	69	21	15	6	10	24	24	-	-	-
만경강	41	11	6	5	5	7	9	8	5	3
안성천	49	15	-	15	8	7	17	2	-	2
삼교천	35	12	7	5	6	5	11	1	-	1
동진강	26	12	7	5	-	1	12	-	-	-
탐진강	10	4	4	-	-	4	2	-	-	-
태화강	31	20	7	13	4	3	2	1	-	1
형산강	27	5	5	-	3	7	10	2	-	2
기 타	529	57	19	38	43	235	144	56	20	36

자료 : 환경부, 2004

<표 2-2> 기관별 수질측정지점 현황 (2004년 기준)

기관	측정망 총 계	하천수 (지점수)	호소수 (지점수/ 호소)	상수 원수 (지점수)	농업 용수 (지점수)	기 타			
						소계	도시 관류	공단 배수	
총 계	1,886	576	162/63	539	475	134	52	82	
환경 청	소 계	388	314	70/25	-	-	4	4	-
	한강유역	45	37	8/2	-	-	-	-	-
	원주지방	81	66	15/5	-	-	-	-	-
	경인지방	21	16	3/1	-	-	2	2	-
	낙동강유 역	44	42	2/1	-	-	-	-	-
	대구지방	59	57	2/1	-	-	-	-	-
	금강유역	66	45	21/7	-	-	-	-	-
	영산강유 역	42	28	14/6	-	-	-	-	-
	전주지방	30	23	5/2	-	-	2	2	-
시 · 도	소 계	889	233	24/10	502	-	130	48	82
	서울	26	16	-	5	-	5	2	3
	부산	33	3	-	6	-	24	22	2
	대구	23	-	2/1	6	-	15	9	6
	대전	21	14	-	1	-	6	3	3
	인천	14	2	-	2	-	10	5	5
	광주	19	2	2/1	5	-	10	-	10
	울산	30	12	-	8	-	10	2	8
	경기	119	51	19/7	40	-	9	-	9
	강원	114	20	-	91	-	3	-	3
	충북	74	30	-	39	-	5	-	5
	충남	69	33	-	34	-	2	-	2
	전북	51	10	-	30	-	11	3	8
	전남	98	9	-	82	-	7	-	7
	경북	100	4	-	91	-	5	-	5
경남	88	27	1/1	52	-	8	2	6	
제주	10	-	-	10	-	-	-	-	
한국수자원공 사	134	29	68/28	37	-	-	-	-	
농업기반공사	475	-	-	-	475	-	-	-	

자료 : 환경부, 2004

2.1.1 수질측정지점

수질측정지점은 수질측정망 2004년 운영계획에 따르면 다음과 같은 선정기준을 마련하고 있다.

첫째, 수질개선을 위하여 수질상태를 파악할 필요가 있는 지점

둘째, 양호한 수질상태 유지를 위하여 보전하여야 할 지점

셋째, 수질변화상태 및 오염추세를 파악하기 위한 지점

넷째, 수체에 유입되는 오염물질 및 그 영향을 파악하기 위한 지점

다섯째, 담수와 해수의 혼합지점에서 담수에 의한 오염 부하량을 파악할 수 있는 지점으로 측정지점 세부선정 기준을 세우고 운영하고 있다. 그러나 실제 측정지점의 선정이유 및 과학적인 근거를 정확히 파악할 수 있는 자료는 없었다. 제한된 규모의 인력과 장비부족으로 인해 과학적인 접근 보다는 경험과 지식에 의한 채수지점이 결정되어지지 않는가 하는 판단이 든다.

현재 수질측정지점은 환경기준 적용구간 및 하천(지천등) 대표지점은 최하류 지점으로 22개 지점으로 구성되어졌으며 주요지점으로는 5대강을 하천수(22개지점)와 호소수 (17개지점)로 나누어 선정 되어있다. <표 2-3>에서와 같이 한강수계의 경우 5개 주요지점으로 의암댐, 충주댐, 팔당댐, 노량진, 가양으로 본 연구의 대상 지점이기도 하다.

5개 주요지점의 채취 장소를 자세히 살펴보면 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 환경기준은 1등급이며 조사기관은 원주지방환경청 및 한강유역관리청에서 측정을 한다. 또한 노량진은 2등급으로 경인지방환경청에서 측정하며 가양은 3등급으로 경인지방환경청에서 수질측정을 실시하고 있다.

<표 2-4>에 한강수계내 주요지점의 채수지점 및 측정기관을 나타내었다.

<표 2-3> 5대강 주요지점 현황 (하천수 22개)

수 계	주요지점	수 계	주요지점
한 강(5)	의 암 댐 충 주 댐 팔 당 댐 노 량 진 가 양	금 강(5)	옥 천 대 청 댐 청 원 공 주 1 부 여 1
낙 동 강(6)	안 동 1 고 령 남 지 물 금 구 포 구 미	영 산 강(5)	담 양 우 치 광 주 1 나 주 무 안 2
		섬 진 강	주 암 1

자료 : 환경부, 2004

<표 2-4> 한강수계 주요지점 현황

명칭	환경 기준	채수지점	구분	조사기관
의암댐	I	강원도 춘천시 신동면 의암리 (신연교)	본류	원주지방환경청
충주댐	I	충북 충주시 종민동(댐앞)	본류	원주지방환경청
팔당댐	I	경기도 남양주시 조안면 능내리 (댐앞)	본류	한강유역관리청
노량진	II	서울시 동작구 본동(한강대교)	본류	경인지방환경청
가양	III	서울시 강서구 가양동 (미원공장뒤)	본류	경인지방환경청

2.2 수질측정망 운영현황

2.2.1 측정망별 항목, 조사횟수 및 조사시기

측정조사 항목은 이수목적에 따라 하천수 및 호소수, 상수원수, 농업용수, 공업용수로 구분하여 각각을 정하여 운영하고 있다. 하천수의 경우 총 30항목의 하천수질 환경기준 및 하천 보호상 필요한 항목을 설정하고 운영하고 있다. 매월 1회 시험항목은 BOD를 포함한 19항목이며 분기별 1회 실시하는 항목은 Cd를 포함하여 7항목, 1년에 1회 실시하는 항목은 PCB를 포함하여 4항목을 설정하고 운영하고 있다. 측정망 별 항목, 조사횟수 및 조사시기는 <표 2-5>에 나타냈으며 본 연구의 목적에 따라 하천수만 언급하였다.

<표 2-5> 측정망별 측정항목, 조사횟수 및 조사시기

구분	조 사 항 목	조사 횟수	시기 (월)	항목선 정기준
하 천 수 (도 시 관 류 포 함)	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, 총 질소, NH ₃ -N, NO ₃ -N, 총인, 수온, 페놀류, 전기 전도도, 분원성 대장균군수, 총대장균군수, DTN, DTP, PO ₄ -P, 클로로필a	12회/ 년 (48회/ 년)	매월	하천 수질 환경 기준 및 하천 보호 상 필요 한 항목
	Cd, CN, Pb, Cr ⁺⁶ , As, Hg, ABS	4회/년 (12회/ 년)	3,6,9, 12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE	1회/ 년	7월	

자료 : 환경부, 2004

2.2.2 수질환경 기준

우리나라의 수질환경기준은 수역별, 항목별로 나누어져 있다. 수역별로는 하천, 호소로 구분하고 항목별로는 생활환경기준인 수온이온농도(pH), 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수, 총질소(T-N), 총인(T-P) 등 8개항목과 사람의 건강보호기준인 Cd, As, CN, Hg, 유기인, Pb, 6가크롬, PCB, 음이온계면활성제 등 9개 항목으로 구분하고 있다. 또한 <표2-6>과 같이 등급별로 살펴보면 하천·호소에 5개 등급(I ~ V)으로 구분하여 각각 기준을 차등 설정하여 관리하고 있다. 환경기준은 그것이 규제기준으로서 법적 구속력을 가지는 경우이든 아니든 간에 직접적인 수행자는 행정기관(국가 또는 지방자치단체)인데 반하여, 배출허용기준의 경우에는 사업자의 경영자 또는 관리자라는 점에 큰 차이가 있다고 한다.(기문봉, 2001)

하천의 경우, <표 2-6> 에서 보는 바와 같이 수질농도에 따라 5등급(I ~ V)으로 분류하고, 각 등급별로 이용가능한 목적을 구분하고 있다. 항목기준을 살펴보면 수온이온농도(pH), 생물화학적산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수의 5가지 기준항목을 설정한 후 각각 차등하여 설정하고, 그 이외에 사람의 건강보호 기준항목으로 전 수역을 대상으로 카드뮴(Cd)을 비롯함 총 9가지 기준항목의 중금속 및 독성물질에 관한 기준을 설정하고 있다.

양진우 등(2000)에 의하면 미국, 유럽 등에서는 <표2-7>과 같이 준거치로부터 권고치를 산출하며, 이들을 토대로 목표지향적인 수준으로 기준을 정하고 있다. 환경기준은 국가나 지방자치단체에서 최대한의 자연생태계나 인간 건강의 위해성을 배제하기위한 수단으로 경제·기술수준, 사회적 여건을 고려하여 설정하며, 환경정책으로 달성하고자 하는 일종의 정책목표치 또는 행정목표치 이다.

호소의 경우 <표2-8>과 같이 하천과 마찬가지로 5등급으로 분류하고 , 각 등급별로 이용가능한 목적을 구분하고 있다. 항목 기준을 살펴보면 pH, COD, SS, DO, 대장균군수, 총인, 총질소 의 7가지 기준 항목과 사람의 건강보호 기준항목으로 전수역을 대상으로 카드뮴(Cd)을 비롯한 총 9가지 기준항목의 중금속 및 독성물질에 관한 기준을 설정하고 있다.

이와 같이 우리나라의 수질환경기준은 이·화학적 항목의 오염도를 기준으로 등

급이 설정되어 있으나, 수생생물 등의 지표적인 확인항목은 수질등급에 포함되어 있지 않은 실정이다.(이상진, 2003)

<표 2-6> 생활환경항목 (하천)

등급	이용목적별 적용대상	기준				
		수소이온농도	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	부유물질량 (SS) (mg/L)	용존산소량 (DO) (mg/L)	총대장균군수(총대장균군수/100 mL)
I	상수원1급자연환경보전	6.5 - 8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
II	상수원2급수산용수1급수영용수	6.5 - 8.5	3이하	25이하	5이상	1000이하
III	상수원3급수산용수2급공업용수1급	6.5 - 8.5	6이하	25이하	5이상	5000이하
IV	공업용수2급농업용수	6.0 - 8.5	8이하	100이하	2이상	-
V	공업용수3급생활환경보전	6.0 - 8.5	10이하	쓰레기등이 떠있지 않을 것	2이상	-

비고: 1. 수산용수1급: 반부수성수역의 수산생물용

2. 수산용수2급: 중부수성수역의 수산생물용

3. 자연환경보전 : 자연경관 등의 환경보전

4. 상수원수1급 : 여과 등에 의한 간이정수처리 후 사용

5. 상수원수2급 : 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리 후 사용

6. 상수원수3급 : 전처리 등을 거친 고도의 정수처리 후 사용

7. 공업용수1급 : 침전 등에 의한 통상의 정수처리 후 사용

8. 공업용수2급 : 약품처리 등 고도의 정수처리 후 사용

9. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도

<표 2-7> 환경기준의 종류

구 분	주요 내용
Criteria or Goal (준거치 혹은 목표치)	<ul style="list-style-type: none"> * 이상적인 수질목표치로 자연생태계나 인간건강에 절대적으로 악영향을 미치지 않는 안전한 환경질을 보장할 수 있는 수준 * 법적구속력은 없음
Recommendation or Guideline (권고치)	<ul style="list-style-type: none"> * 완전한 이상적 수질은 아니라 할지라도 위해성이 적거나 무시할 수 있는 수준의 수질을 유지할 수 있는 상태로 현재의 과학기술 및 경제적 수준에서 만족해야 할 값 * 법적구속력은 없음
Standards (기준)	<ul style="list-style-type: none"> * 행정목표치로 Goal 보다는 다소 완화된 수치로서 조만간 달성할 수 있어야 함 * 환경기준에는 수치뿐만 아니라 오염물질 측정 방법과 그 영향의 측정법이 공정화 되어야 함

자료: 낙동강종합연구센터, 낙동강유역 수환경관리의 선진화방안, 2000

<표 2-8> 생활환경항목 (호소)

등급	이용목적별 적용대상	기준						
		수소이온 농도	화학적산 소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질 량(SS) (mg/L)	용존산소 량(DO) (mg/L)	총대장균 군수(총 대장균군 수/100m L)	총인 (mg/L)	총질소 (mg/L)
I	상수원1급자 연환경보전	6.5 - 8.5	1이하	1이하	7.5이상	50이하	0.01이하	0.2이하
II	상수원2급 수산용수1급 수영용수	6.5 - 8.5	3이하	5이하	5이상	1000이하	0.03이하	0.4이하
III	상수원3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5 - 8.5	6이하	15이하	5이상	5000이하	0.05이하	0.6이하
IV	공업용수2급 농업용수	6.0 - 8.5	8이하	15	2이상	-	0.1이하	1.0이하
V	공업용수3급 생활환경보 전	6.0 - 8.5	10이하	쓰레기등 이 떠있지 않을 것	2이상	-	0.5이하	1.5이하

비고: 1. 수산용수1급: 반부수정수역의 수산생물용

2. 수산용수2급: 중부수정수역의 수산생물용

3. 자연환경보전 : 자연경관 등의 환경보전

4. 상수원수1급 : 여과 등에 의한 간이정수처리 후 사용

5. 상수원수2급 : 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리 후 사용

6. 상수원수3급 : 전처리 등을 거친 고도의 정수처리 후 사용

7. 공업용수1급 : 침전 등에 의한 통상의 정수처리 후 사용

8. 공업용수2급 : 약품처리 등 고도의 정수처리 후 사용

9. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도

2.3 외국의 수질측정망 운영현황

2.3.1 외국의 수질기준 및 대상항목

가) 미국

수질관리를 위한 미국 최초의 법은 Clean Water Act(CWA)로 알려진 “연방수질오염관리법”이며 수차례의 수정을 거치면서 연방정부의 수질보전정책을 지탱하여왔다. 미국의 연방수질오염관리법은 국가적인 목표와 목적을 설정하였을 뿐만 아니라 수질관리에 대한 철학의 변화 기점이 되었고, 각종 오염원에 대한 대응방안, 집행시스템, 연방과 주정부와의 관계 등에 관하여 종전에 연방법과는 다른 절차를 채용하며, 수계를 화학적, 물리적, 생물적 관점에서 생태계로서 지녀야 하는 양호한 상태로 회복하고 유지하는 것을 목적으로 한다. (임봉수, 1993)

미국의 수질기준은 여러 면에서 우리나라의 수질환경기준과 다른 면을 보여주고 있다. 미국의 수질기준 목적은 상수원의 보호 즉 건강과 후생의 보호와 수생태계, 해양생태계의 보호를 목적으로 어패류와 야생동물의 보호 및 번식, 수변 및 수상에서의 여가 활동에 적합한 수질을 유지하도록 하고 있다. 또한 공공상수보급, 항해를 포함한 농업, 산업 등 기타의 목적을 고려하여 기준을 제시하고 있다.

나) 유럽공동체 (EC)

유럽공동체의 수질기준은 상수원 보호를 위한 지표수 수질기준을 정하고, 자국의 기술적 또는 경제적 능력을 고려하여 수질기준을 정하고 있다. 유럽공동체의 수질기준은 46개 항목에 대해 A1, A2, A3 의 세 등급으로 분류하고, 각 항목의 최대값과 권고값을 두고 있으며, 예외적으로 기후 또는 지리적 여건을 고려한 기준치를 마련하고 있다.

다) 일본

일본의 수질환경기준은 우리나라와 유사하며, ‘생활보호’ 보전에 관한 항목과 ‘사람의 건강보호’에 관한 항목으로 구분되어 그 기준이 고시되어 있다.

2.3.2 외국의 수질측정망 운영 및 관리

가) 미국

미국에서의 수질측정망은 다음과 같은 특징을 들 수 있다.

- ① 측정망 운영주체와 측정자료 사용주체의 분리
- ② 측정된 자료의 통합관리

약 150만개의 지점(지표수 수질측정 지점은 약 85만개 지점)으로부터 지표수 및 지하수의 생성, 수량, 수질, 분포 및 이동에 관한 종합적인 자료를 측정하고 있다. 통상 15분에 60분 간격으로 기록된 실시간 자료를 수자원관리와 관련된 연방·주정부나 학교 및 연구단체에 공급하고 있다.

이 실시간 자료는 측정지점으로부터 인공위성, 전화 또는 무선통신을 통하여 매 4시간마다 USGS(U.S. Geological Survey)로 보내지고 도착한지 3분 이내에 인터넷을 통하여 제한없이 일반의 접속이 가능하도록 설계되어 있다. 이러한 과정에서 특히 USGS는 해당 주의 환경부의 자금지원을 바탕으로 지역의 여건과 필요에 부응하는 측정망을 운영하면서도 이들 자료의 수집과 배포에만 관계할 뿐 자료의 이용이나 해석에는 일체 관여하지 않음으로써 측정망 운영이나 자료의 구성에 있어서 일관성과 객관성을 유지해 나가고 있다.

나) 대만

대만의 수질측정망에 대한 연구는 비교적 과학적으로 이루어지고 있다.

Ning과 Chang(2001)의 연구방법에 따르면 수질측정망의 목적을 다음의 5가지로 선정하였다.

- ① 수질기준 위반 지역의 감시의 목적
- ② 물이용 가능성 제고
- ③ 수질오염 사고 탐지 목적
- ④ 수계 내 고인구밀도 지역의 보호
- ⑤ 상류 취수지에서의 수질변화 규명

우선 측정 후보지점을 선정하여 위의 측정목적에 대한 충족도를 정량화하고, 측정목적별로 가중치를 고려하여 설계에서 발생하는 상쇄(Trade-off)효과의 분석을 통한 최적화 설계를 시도하였다. 구체적인 단계별 방법으로 1단계에서는 설문

조사를 통하여 각 측정 목적에 대한 우선순위 가중치를 조사하였으며 각 측정목적에 대한 각 지점의 효율성을 정량화하여 그에 대한 평가를 수행하였다. 2단계에서는 최적화된 수질측정망 확충 및 변경을 위하여 다목적 최적화 접근법을 적용하여 최적지를 선정하였다.

이상 외국의 수질기준 및 수질측정망 운영을 살펴본 바와 같이 우리나라의 수질측정망은 많은 문제점을 안고 있다. 앞서서도 미국의 수질측정망의 경우 측정망 운영주체와 측정자료 사용주체가 분리되어 운영되며 통합된 수질자료를 바탕으로 과학적으로 운영이 되고 있으며 대만의 경우는 설문 조사를 통하여 각 측정목적에 대한 우선순위 가중치를 조사하여 함께 참여하여 계획하고 실천하는 연구가 활발히 이루어지는 것을 볼 수 있다.

우리나라의 경우 다수의 측정기관이 각기 다른 목적으로 운영을 하다보니 통합적인 수질자료 및 객관성이 부족하며 지점선정에 관한 과학적이고 체계적인 연구가 부족한 면이 있는 것이 현실이다. 앞으로 수질측정망 운영에 있어 외국의 운영 사례를 좀 더 연구하고 정확히 파악하여 과학적인 측정망의 설계 기법의 개발과 효율적인 측정망의 구축을 위하여 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

제 3 장 한강수계의 일반 현황

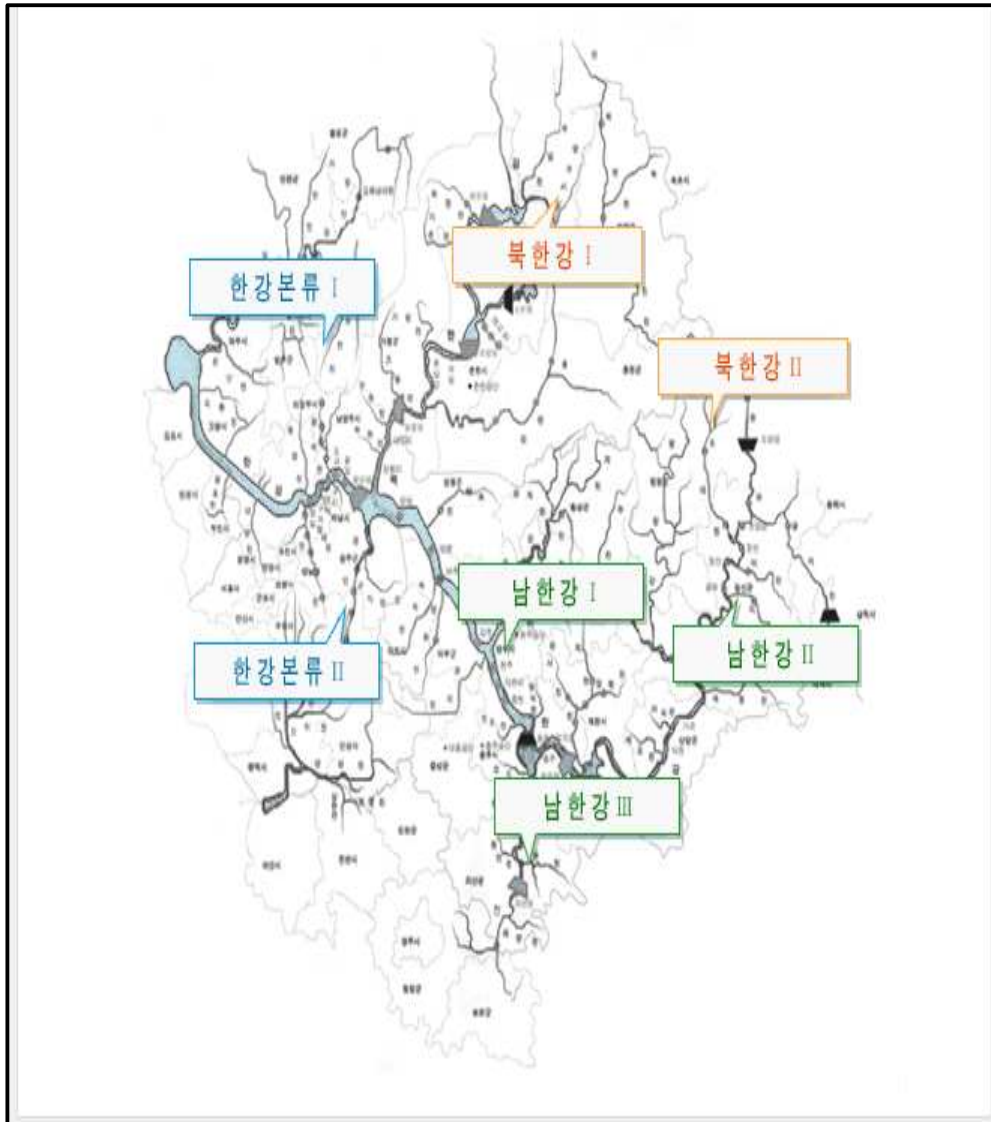
3.1 자연환경

3.1.1 유역현황

한강유역은 한반도 중앙부에 위치하고 있으며, 유역면적 34,473km² (임진강유역 8,455km², 북한지역 8,455km² 포함), 유로연장 481.7km, 유역 평균 55.8km, 유역형상계수 0.119인 남한 제1의 하천으로서 하천 형상은 수지(Dentritic)와 선형(Fanshape)이 혼합된 복합상(Multiple Type)유역으로 전 국토 면적의 약 23%를 차지한다.(방기영, 2003)

한강은 크게 북한강수계와 남한강 수계, 한강본류로 나눌 수 있는데 북한강은 유역면적이 10,834km², 간척유로연장은 317.5 km로서 휴전선 북쪽의 단발령에서 발원하여 남서류 하면서 소양강, 홍천강등 지천을 합한 후 양수리에서 남한강과 만난다. 남한강은 유역면적이 12,514km², 간척유로연장은 375 km로서 강원도 태백시 고목나무샘(검룡소)에서 발원하여 남서류 하다가 충주부근에서 북서로 전류한 후 북한강과 합류한다.

본 연구의 대상지점으로 북한강수계의 의암댐, 춘천댐, 남한강수계의 충주댐, 본류의 노량진, 가양지점으로 나눌 수 있는데 <그림 3-1>과 같다.



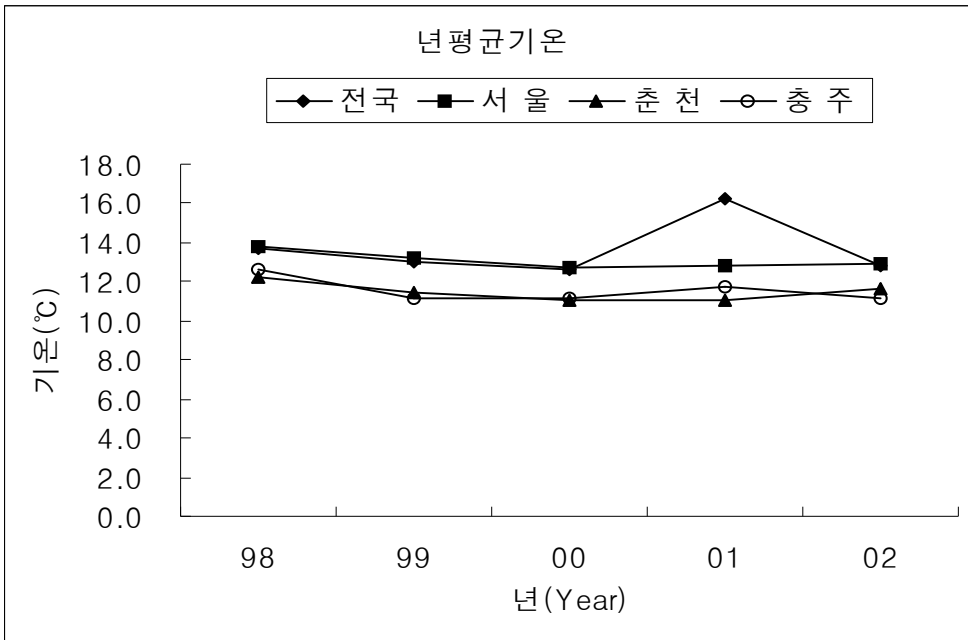
<그림3-1> 한강수계 지도 (자료 : 한강유역환경청, 2004)

3.1.2 기후현황

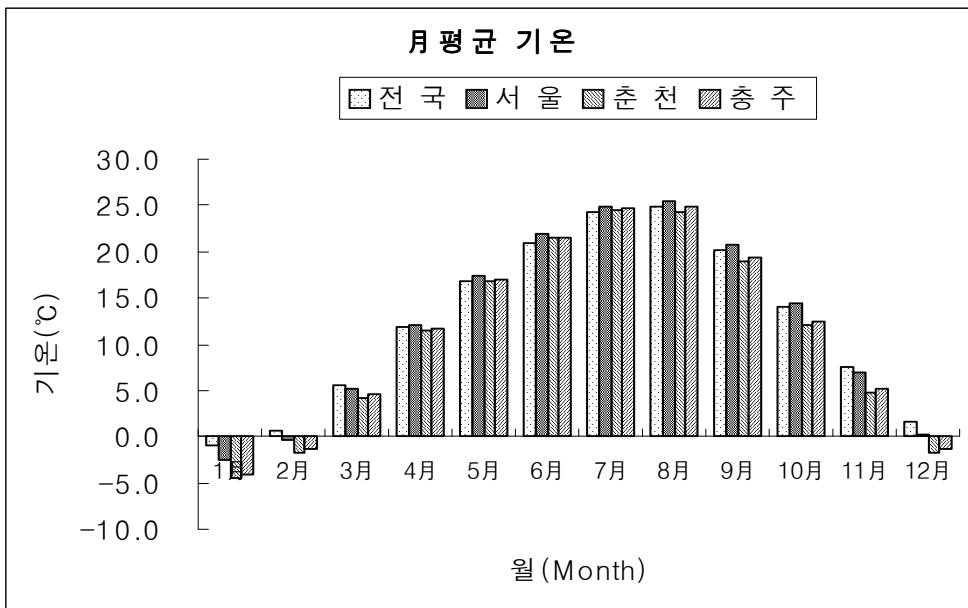
가) 기온

한강유역은 한반도의 중앙부에 위치하고 있기 때문에 전형적인 한반도 기후를 나타내고 있다. 1998년~2002년까지의 년도 별로 기온을 살펴보면 2001년도 전국평균 16.2℃로 가장 높게 나타났지만 다른 년도는 12.6℃~ 13.7℃의 분포를 나타냈다. 한강수계 내 충주는 11.2℃~ 12.6℃, 춘천 11.1℃~ 12.2℃, 서울 12.7℃~ 13.8℃로 서울이 가장 높은 분포를 나타냈지만 전국 분포와 비슷한 양상을 나타냈다. 년도 별 변화는 <그림 3-2>와 같다.

한강유역의 월별 기온변화를 살펴보기 위하여 1971년 ~ 2000년 까지 기상청통계자료를 발췌하여 정리한 결과 월별 뚜렷한 차이를 알 수 있었다. 전국 평균 8월 24.9℃로 가장 높고, 1월에 -1.0℃로 가장 낮은 분포를 나타냈으며 한강수계 내 주요지점인 충주는 8월 24.8℃, 1월에 -4.1℃, 춘천은 7월 24.5℃, 1월에 -4.5℃, 서울은 8월 25.4℃, 1월에 -2.5℃로 전국 월평균 기온과 비슷한 양상을 나타냈다. 월별 기온변화는 <그림 3-3>과 같다.



<그림3-1> 년평균 기온변화 (1998 ~ 2002)



<그림3-1> 월평균 기온변화 (1971년 ~ 2000년)

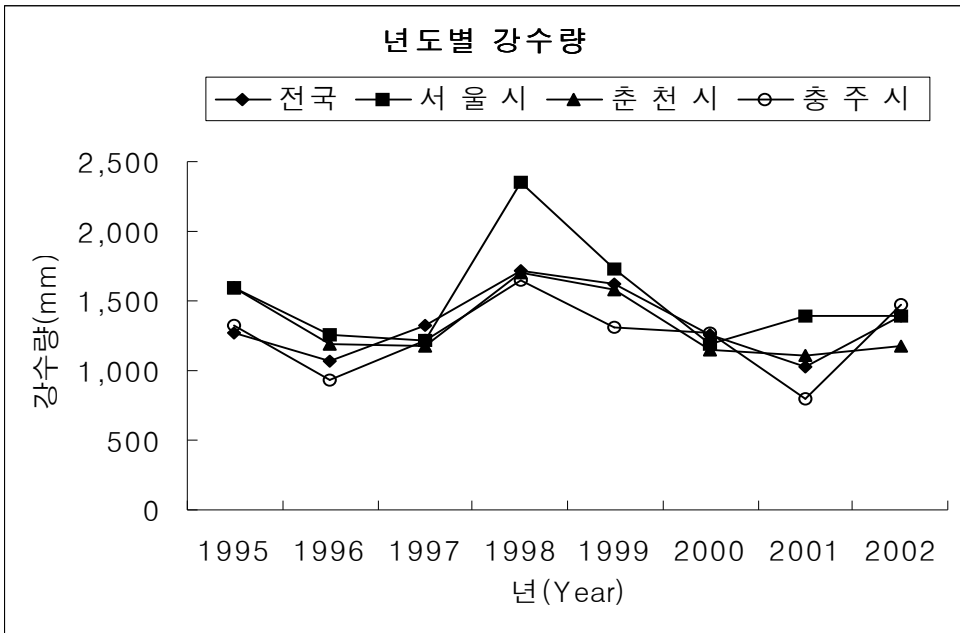
나) 강수량

한강유역의 강수량을 <그림3-3>과 같이 1995년부터 2002년까지 년도 별로 살펴보았다. 전국평균 1,332mm, 충주 1,248mm, 춘천 1,336mm, 서울 1,514mm 로 서울이 가장 많은 강수량을 나타냈다. 이는 98년도에 2,349mm로 다른 년도에 비해 두배 가량 높은 것으로 기록되었다.

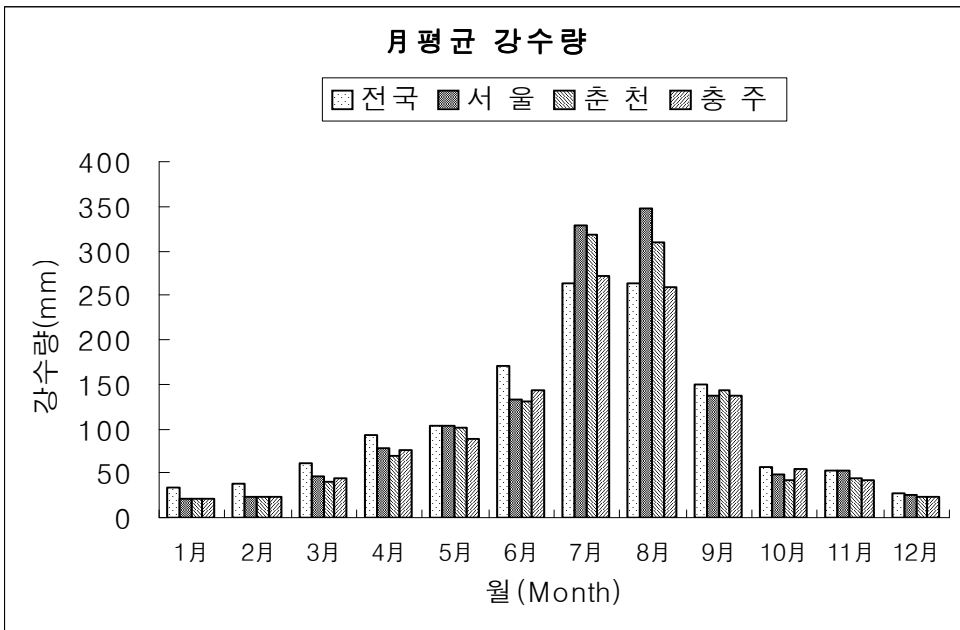
한강수계 내 주요지점별로 살펴보면 충주가 1998년에 1,653mm 로 가장 많고 2001년도 798mm로 가장 적게 나타났으며 춘천은 1998년도에 1,998mm, 2001년도 1,108mm, 서울은 1998년도에 2,349mm, 2000년도 1,108mm를 나타냈다. 대부분 지점이 1998년도에 가장 많은 강수량을 나타냈는데 이는 환경오염물질에 큰 영향을 미칠 것이라 사료된다.

월별 분포 현황은 1971년 ~ 2000년 까지 기상청통계자료를 발췌한 결과 전국평균 7.8월에 집중되어있는 것을 알 수 있었다. 전국 8월에 262.2mm, 12월 27.9mm, 충주 7월에 272.4mm, 1월에 21.7mm, 춘천 7월에 318.6mm, 1월 20.3mm, 서울 8월에 348mm, 1월에 21.6mm 로 8월평균 서울이 가장 많은 강수량을 나타냈다.

월평균 강수량 변화는 <그림3-4>와 같다.



<그림 3-4> 년도별 강수량 변화 (1995~2002)



<그림 3-5> 월평균 강수량 변화 (1971~2000년)

3.2 인문사회환경

3.2.1 인구

본 연구대상의 지역 내에는 총 34개 시군구로 총 5,512,424 (명)이 거주하고 있으며, 전국 48,289,173 명의 11.4%의 비율로 한강유역에 거주하고 있다. <표 3-3> 에 한강유역환경청관할 인구현황을 나타내었다.

1997년에 전국 46,885,255명 이었으나 2001년에 48,289,173명으로 1,403,918명이 증가 하였다.

3.2.2 환경기초시설 현황

한강수계의 2003년 12월 현재 환경기초시설 중 하수종말처리시설은 38 개소 총 501.150m³/일로 전국 201개소(2002년 12월)의 18.9%에 해당하며 마을하수도 64 개소, 처리용량은 5,369m³/일이다. 또한 분뇨처리시설은 총 19 개소, 처리용량 1,439m³/일이다. 2002년 12월 기준으로 축산·폐수 공공처리시설은 전국 39개소인데 반해 9개소로 처리용량은 2,470ton/일이며 산업·농공단지폐수종말처리시설은 산업단지 2개소 및 농공단지 1개소를 갖추고 있다. (한강유역환경청, 2004)

<표3-3> 한강유역환경청관할 인구현황

시·도	시·군·구	면 적(km ²)	인 구(명)
계	34개	24,415.35	5,512,424
서울시	소계 (3)	75.49	1,538,917
경기도	소계 (15)	7,565.83	2,512,710
강원도	소계 (11)	12,765.72	928,644
충청북도	소계 (5)	4,009.31	532,153

자료 : 서울시, 경기도, 강원도, 충청북도 「제42회 통계연보, 2002」 (2001년말 기준)

제 4 장 분석 결과

한강 수계 내 5개 주요 지점으로 의암댐, 충주댐, 팔당댐, 노량진, 가양의 주요 환경오염물질 지표인 수온, pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P 자료를 바탕으로 하였다. 자료는 1989 ~ 2003년 까지의 환경부 자료를 가지고 분석을 수행 하였다.

4.1 년도 별 평균 수질의 변화

오염물질별로 5개 주요지점에 대하여 년도 별 변화를 <그림4-1> ~<그림 4-8>에 나타내었다. 각 항목별로 변화를 살펴보면 수온은 <그림4-1>과 같이 대체적으로 큰 변화가 없었다. 평균 15℃로 년도 별로 큰 차이가 없었으나 충주댐 지점에서 94년에 18℃로 가장 높게 나타났다.

pH는 <그림4-2>와 같이 수온항목과 비슷하게 수질기준인 pH6.5 ~pH 8.5 범위 내에서 큰 변화가 없었다. 팔당댐 지점에서 98년도에 pH 8.8 로 높게 나타났으며 그 이후로 평균 기준초과의 결과를 나타내었다. DO농도는 <그림4-3>과 같이 상, 하류 지역이 뚜렷하게 구분되어 변화되는 것을 알 수 있었다. 가양지역에서 94년도에 6.4mg/L로 가장 낮게 나타났으며 점차 수질이 나아지는 것을 알 수 있었다. 하류로 갈수록 변화의 폭이 심하고 충주댐의 경우 팔당댐 지점보다 높을 것으로 예상하였으나 낮은 농도를 나타냈다.

BOD는 <그림4-4>와 같이 상류 지점인 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 14년간 큰 변화가 없었지만 가양 지점은 98년도에 최고 6.0 mg/L에서 2003년 현재 2.8mg/L로 낮아졌다. III등급(6mg/L 이하)에서 II등급(3mg/L 이하) 으로의 BOD 변화는 수질이 좋아졌다는 의미도 되겠지만 단순히 이화학적 분석만으로 평가하는 것은 문제가 있다고 사료된다.

COD는 <그림4-5>와 같이 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 소폭 변화를 보이다 03년 현재 2.6mg/L, 2.1mg/L, 3.1mg/L로 예전보다 상승한 농도를 나타냈다. 1997

년도 BOD의 큰 폭 상승과 마찬가지로 하류지점인 노량진, 가양은 최고치를 나타냈으며 2003년에도 5.3mg/L로 1989년 측정치와 별 차이가 없었다. 1999년 이후 BOD, COD 농도의 감소는 1998년 말 수립한 “한강수계 상수원 수질개선특별대책”에 따라 하수처리시설을 확충하고, 1999년 2월 제정한 “한강수계상수원수질개선 및 주민지원등에 관한 법률”에 의한 수변구역지정, 오염원 규제강화등의 효과가 나타나는 것으로 나타났다. (국립환경연구원, 2004)

일반적으로 BOD가 감소하면 DO가 증가하나 년도 별로 살펴볼 때 1999년 이후 가양, 노량진 지점은 DO가 감소하는 현상이 나타났다.

SS는 충주댐 지점이 가장 낮은 농도를 보였으며 팔당댐의 경우 1998년에 6.9mg/L 까지 증가하였으나 2002년도까지 감소추세를 보이다 2003년도에 다시 5.9mg/L 로 높아졌다. 노량진 지점은 1994년도에 7.4mg/L 로 최저치의 농도를 보이다 1995년도에 12.6mg/L의 농도를 보이다 점차적으로 감소하고 있다. 가양지점은 최고 1995년에 22.6mg/L , 최저 1991년에 6.1mg/L의 농도로 나타났다. SS는 하천수질기준 25mg/L 이하로 전 지점이 기준을 만족하는 수질을 나타냈지만 하류지역의 폭은 심한 것을 알 수 있었다. 강수량이 많은 년도에 유역의 부유성 물질이 많이 유입 될 것으로 예상되었지만 년도 별 변화는 팔당댐지점을 제외한 전 지점에서 높지 않게 나타났다.

T-N, T-P의 년도 별 변화를 살펴보면 상류, 하류 간에 큰 농도차를 보이며 하류로 갈수록 변화의 폭도 심하였다. 대체로 T-N의 수질농도는 1994년 이후로 계속 증감하며 높아지는 경향이 나타났다. T-P의 수질농도는 의암댐의 경우 1995년도에 0.189 mg/L로 하류지역의 농도와 비슷한 농도를 나타냈다. 노량진, 가양지점의 1998년 ~ 2000년의 농도 감소추세는 하수처리시설의 확충 및 오염원 규제 강화도 한 몫을 한 것으로 추정된다.

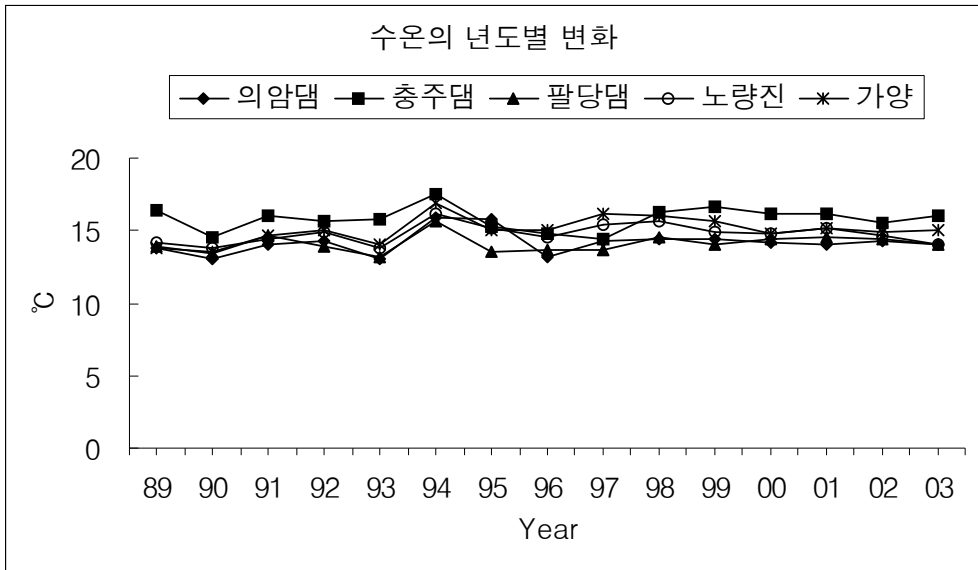
종합하면 년도 별 수질추세를 관찰할 때 상류지역 보다 하류지역으로 갈수록 변화의 폭이 심하고 상류에서는 특별한 오염원 유입이 없는 원인으로 수질이 양호 하지만 팔당댐 이하 하류지역은 인구의 과밀지역으로 인한 오염도가 증가 된 것으로 사료된다. 이는 수려한 자연경관 및 서울과 인접성 등으로 팔당호 상수원 수질보전 특별 대책 지역 내 인구가 1997년에 513,000명 에서 2002년에 650,000명

으로 전국 평균 증가율 0.7% 보다 많은 4.8%증가한데 원인으로 사료되어졌다(정도영, 2004)

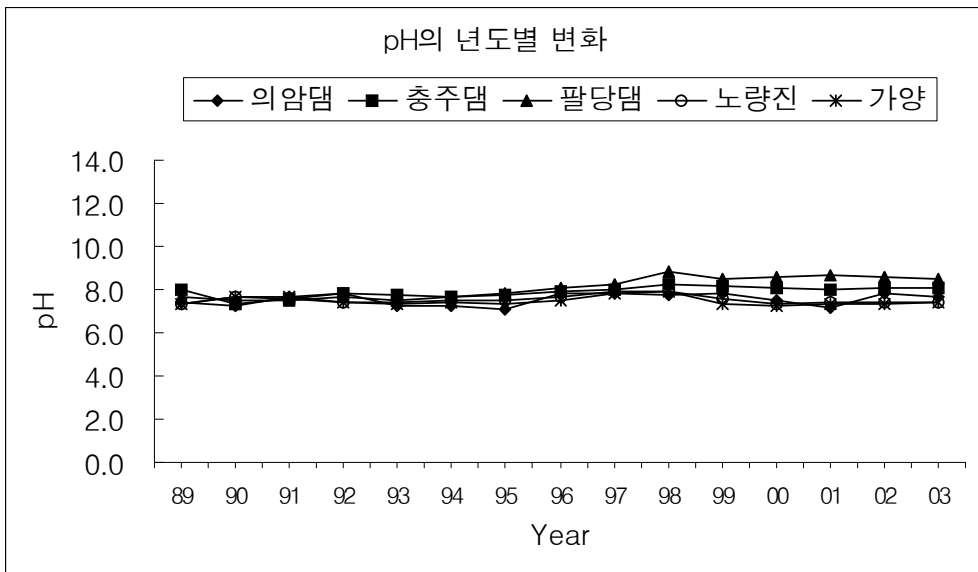
또한 축산·산업폐수도 1998년도 대책 수립 시에 예측한 증가율 보다 크게 증가되어 축산폐수는 연평균 3.6%증가하고 산업폐수는 1.3%증가 할 것으로 예상하였으나 연평균 4.7%증가 하는 이유가 영세농가의 축산분뇨 방치 또는 처리미흡, 고농도의 축산폐수 유입으로 축산폐수 공공처리장의 처리효율로 수질개선의 애로 사항으로 알려져 있다. (정도영, 2004)

강수량이 많은 년도는 1998년으로 전국 1,723mm, 서울 2,349mm, 춘천1,708mm, 충주 1,653mm를 나타냈다. 이는 가양지점의 DO 농도가 1998년도 9.8mg/L 로 높은 용존산소농도를 나타냈으며 , 하류 지점의 BOD, COD, SS, T-N, T-P 수치가 전년에 비해 낮아진 것으로 사료된다.

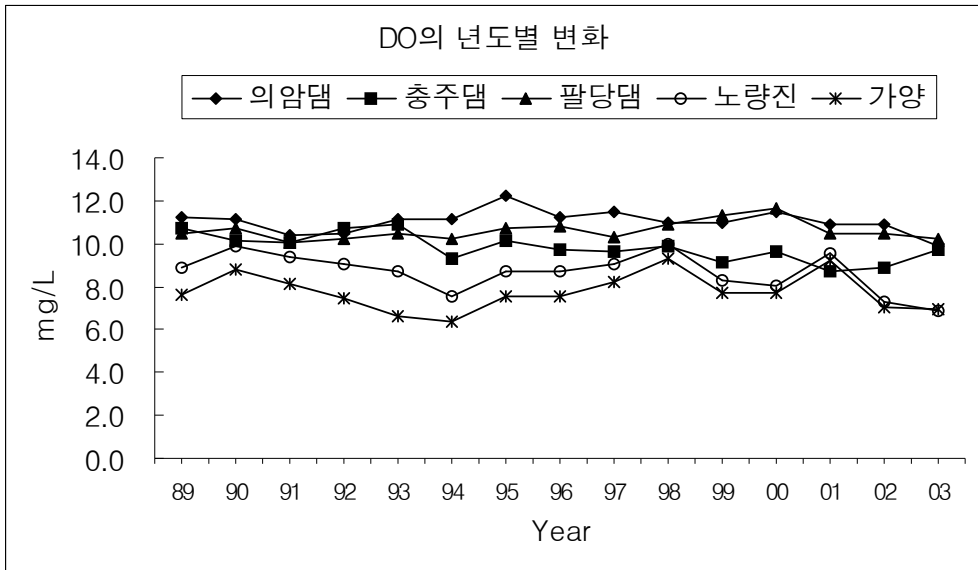
우리나라의 기후 특성상 장마철의 집중호우가 오염된 하천의 정화작용을 하는 것으로 판단된다. 1989년부터 2003년까지의 한강수계의 수질변화는 단순히 BOD 항목의 추세결과 수질이 나아지기는 했으나 이 항목만으로 수질이 개선되었다고 보기에는 무리가 있다. 주변환경 및 각종 요인을 정확히 분석하고 총체적인 검토가 이루어져야 목표수질에 도달할 수 있고 앞으로의 수질정책에 있어 중요한 요소라고 판단된다.



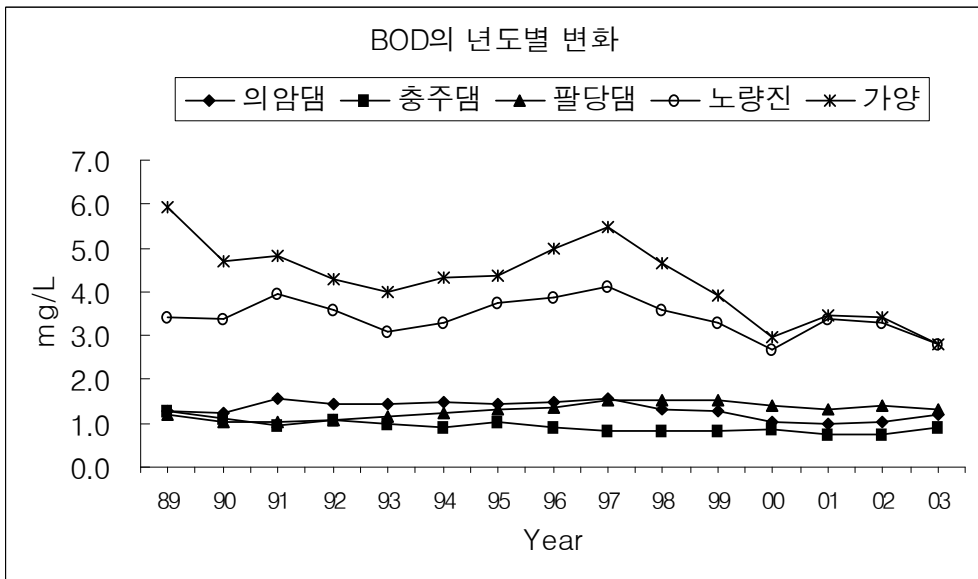
<그림4-1> 수온의 년도 별 변화



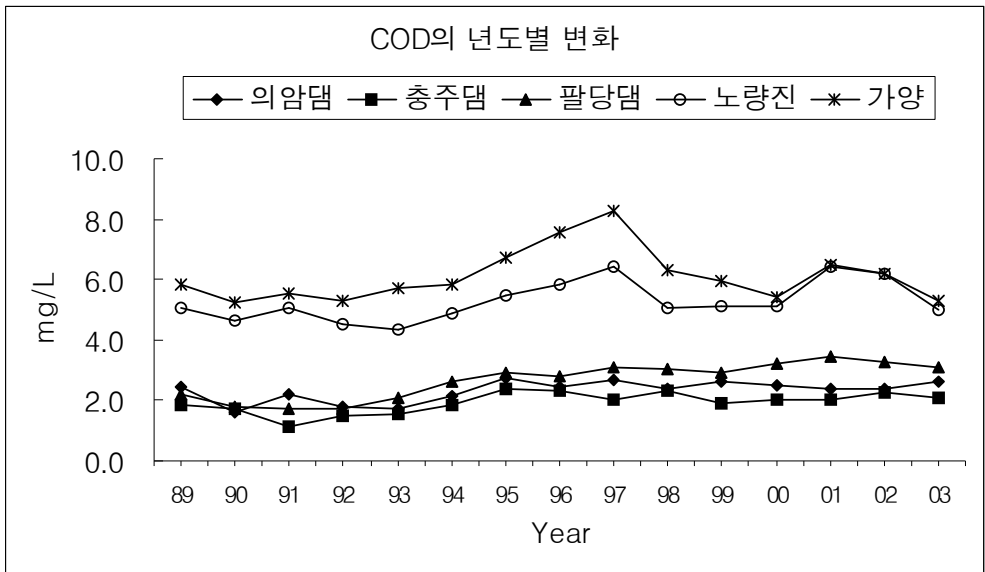
<그림4-2> pH의 년도 별 변화



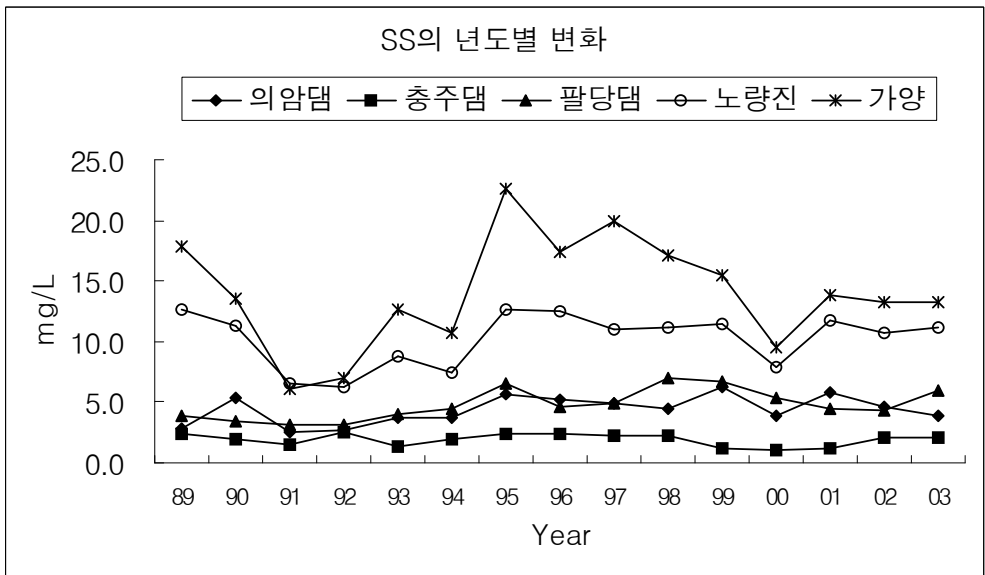
<그림4-3> DO의 년도 별 변화



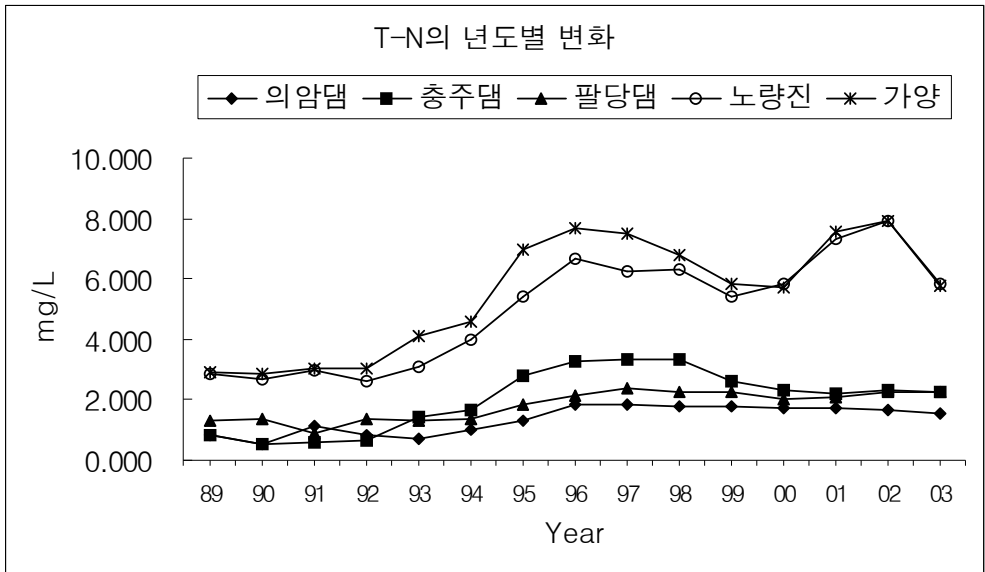
<그림4-4> BOD의 년도 별 변화



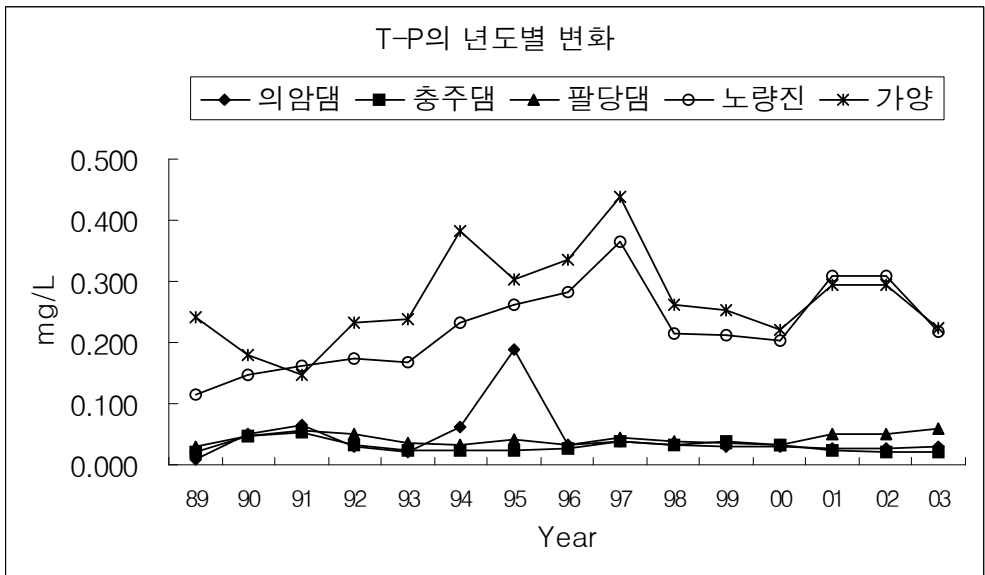
<그림4-5> COD의 년도 별 변화



<그림4-6> SS의 년도 별 변화



<그림4-7> T-N의 년도 별 변화



<그림4-8> T-P의 년도 별 변화

4.2 월별 평균 수질의 변화

2003년 1월부터 12월까지의 자료를 대상으로 지점별로 월별 오염물질의 변화를 <표 4-1> 및 <그림4-9> ~ <그림4-16>에 나타내었다.

항목별로 살펴보면 수온은 <그림4-9>와 같이 외기의 영향으로 각 지점에서 유사한 양상으로 2월에 가장 낮고 8월에 가장 높은 수치를 나타냈다. pH는 <그림4-10>와 같이 상류지점인 의암댐은 4월에 pH8.0, 충주댐은 3월에 pH8.8, 팔당댐은 4월에 pH9.6, 노량진 pH7.9, 가양 pH8.2로 나타났다. pH가 봄철에 높은 이유는 동절기에서 봄철로 오면서 수온 상승으로 조류의 과다증식의 원인으로 사료되며 낮에는 조류의 광합성 작용에 의한 물속의 CO₂를 소비함으로써 pH 상승을 초래하며, 밤에는 호흡작용으로 인한 CO₂를 수중으로 방출함으로써 pH의 저하를 가져온다고 알려져 있다. (도화석, 2001)

각 지점별 DO를 살펴보면 <그림4-11>과 같이 의암댐 9월에 7.5 mg/L, 충주댐 8월에 7.3 mg/L, 팔당댐 8월에 8.5 mg/L, 노량진 8월에 4.8 mg/L, 가양 8월에 4.5 mg/L로 8,9월에 낮은 농도를 보였다. 여름에 DO가 낮은 이유는 수온이 올라감에 따라서 분자구조가 변하고 전자들의 움직임이 활발하게 되어 산소는 밖으로 나가게 되고 이에 따라 녹아 들어오는 산소량과의 차이가 발생하게 된다. 따라서 수온이 올라가게 되면 DO가 낮아지는 원인으로 판단된다. 봄철에 DO가 높은 이유는 위와 반대의 현상이다.

BOD는 <그림4-12>와 같이 의암댐 8월에 1.6 mg/L, 충주댐 8월에 1.0 mg/L, 팔당댐 7월에 1.9 mg/L로 년중 7, 8월에 높게 나타났지만 평균 수치와 차이가 없었다. 하류 지점으로 갈수록 3, 4월에 높게 나타났다. 노량진은 2월에 5.8 mg/L, 8월에 1.5mg/L, 가양은 2월에 6.1 mg/L, 8월에 1.0mg/L로 5월을 기점으로 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같이 노량진, 가양지점은 여름철에 BOD농도가 낮고 겨울부터 봄철까지 높은 이유는 장마철이 시작되면서 상류에서 방류하는 양이 많아 오염물질이 희석되어지는 것으로 판단된다. 또한 1월~4월까지 BOD 농도가 높은 노량진, 가양지점은 DO농도가 낮아 질것으로 예상하였으나 수온과 밀접한 관련이

있을뿐 BOD와 뚜렷한 관계를 보이지 않았다.

COD는 <그림4-12>와 같이 의암댐 8월에 3.3 mg/L , 충주댐 9월에 2.8 mg/L, 팔당댐 7월에 3.6 mg/L로 년중 BOD와 비슷한 양상으로 7, 8, 9월에 높게 나타났지만 평균 수치와 차이가 없었다. 하류 지점으로 갈수록 2, 3, 4월에 높게 나타났다. 노량진은 2,3월에 7.8 mg/L, 8월에 50% 감소한 3.7mg/L , 가양은 2,3월에 8.6 mg/L ,8월에 60% 감소한 3.4mg/L로 여름철에 낮아지는 경향을 보였다. BOD와 비슷한 양상을 보였다.

SS는 <그림4-14>와 같이 상, 하류 모두 8,9,10월 에 높게 나타나는 경향을 나타냈다. 의암댐 8월에 7.6 mg/L , 충주댐 10월에 3.3 mg/L, 팔당댐 9월에 15.9 mg/L, 노량진 8월에 24.9 mg/L, 가양 9월에 27.5 mg/L 로 여름철에 높게 나타났다. 이는 수질의 탁도를 나타내는 지표로 홍수철에서 갈수기로 넘어가는 시기에 높게 나타나는 것으로 사료된다.

T-N의 농도는 <그림4-15>와 같이 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 월별 차이가 뚜렷하지 않게 나타났다. 하류 지역인 노량진 지점은 2월에 9.932mg/L 로 가장 농도가 높고 9월에 2.426 mg/L 로 가장 낮은 농도를 보였다. 가양 지점은 2월에 9.541 mg/L 로 가장 높고, 9월에 2.775 mg/L 로 낮은 농도를 보여 월별 차이를 뚜렷이 볼 수 있었다. 대체적으로 BOD, COD와 비슷한 양상을 보였다.

T-P의 농도는<그림4-16>과 같이 T-N의 농도 와 마찬가지로 상류 지역의 차이는 볼 수 없지만 하류 지역인 노량진 지점은 2월에 0.414 mg/L , 9월에 0.074 mg/L 로 관측되고 가양 지점은 2월에 0.42 mg/L , 10월에 0.121mg/L 로 나타났다. 이와 같이 T-N,T-P의 경우 동계에 미생물 활동 및 화학적 산화에 의한 분해 가능 오염물질의 분해율이 낮은 데에도 원인이 있지만 강우량이 적어 유입된 오염물질이 희석되지 못하고 유하하는데 기인한 것으로 사료된다. 반면에 수온이 높은 봄, 여름, 가을에는 유역으로부터 오염부하량이 많은 것이나 유하도중 반응이 활발하여 상당량이 분해 제거되고 유량이 많아 오염물질이 희석되는 데에도 원인이 있다.(권숙표, 1987)

종합해보면 pH 항목은 6.5~ 8.5 기준 범위 내에 팔당댐의 경우 1월부터 6월까지 3회는 기준 초과 하였다. 한강수계의 중요한 수질관리 지점으로 판단이 된다.

DO 항목은 의암댐의 경우 12개월 중 9월을 제외한 달이 모두 1등급의 수질을 나타내고, 충주댐의 경우도 8월을 제외한 달에서 1등급의 수질을 나타내었다. 팔당댐의 경우 1월부터 12월까지 7.5mg/L 이상으로 1등급의 수질을 나타내었다. 하류지역인 노량진과 가양은 여름철에 2mg/L 이상으로 3등급의 수질을 나타내었다. 그러나 년평균 2등급의 수질을 나타내는 원인은 수온과 반비례로 4계절이 뚜렷한 우리나라의 수역특성을 그대로 반영하였다.

BOD는 충주댐 1등급, 의암댐, 팔당댐, 노량진, 가양은 2등급을 나타내었지만 하류지역의 봄철은 3등급의 수질을 보였다. 이는 여름철의 강수량과 연관이 있을 때 반복되는 과정에서 오염물질의 농도가 높아진 후 다시 희석되는 과정이 반복되는 것이라 사료된다. 이와 같은 BOD 측정을 그대로 오염지표로 판단하는 것은 문제가 있다고 사료된다. COD는 상류지점인 의암댐, 충주댐의 경우 평균 3mg/L 이하로 3등급의 수질을 나타내었으며 여름철인 7, 8, 9월의 수질이 다소 높아졌지만 평균을 유지하였다. 하류지역은 BOD와 동일하게 봄철에 노량진은 4등급, 가양은 5등급의 수질을 나타냈지만 여름철에 감소되어 평균 3등급의 수질을 나타내었다. SS는 가양지점의 9월만 제외하고 25mg/L이하의 수질을 나타낸 결과를 알 수 있었다. T-N, T-P는 전지점이 5등급의 이하의 수질을 보였으며 이는 단순히 수치만으로 수질오염도의 여부를 판단하기 힘들고 각각 암모니아, 질산, 인산인 등의 무기영양소와 유기질소, 유기인 등 구체적으로 측정하여 현황을 분석해야 정확한 수질해석이 가능할 것이라 판단된다.

한강수계의 월별 특성을 살펴본 결과 계절별로 뚜렷한 차이를 알 수 있었다. BOD, COD, T-N, T-P의 경우 상, 하류 간 차이가 있고 우리나라의 기후 특성에도 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 또한 한강 수계내의 오염물질 농도만으로 평가하면 수질상태가 양호하지만 여러 가지 요인, 즉 수체 내 다른 오염물질의 영향, 유량, 정확한 실험적인 측정요소, 등 총체적인 관리가 더 중요한 것으로 판단된다.

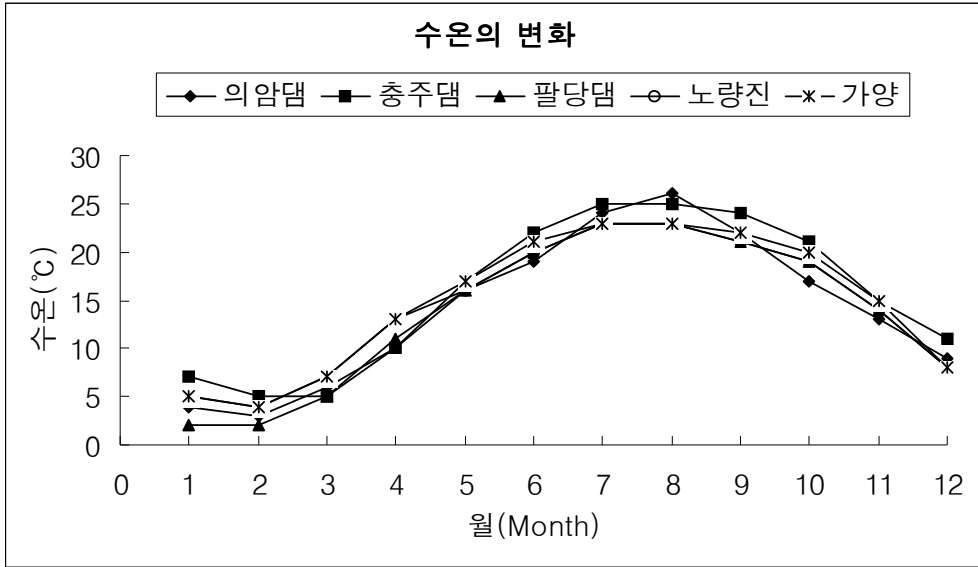
<표 4-1> 2003년 월별 수질현황

항목별	年	2003	2003	2003	2003	2003	2003
	月	1	2	3	4	5	6
수온 (℃)	의암댐	4	3	6	10	16	19
	총주댐	7	5	5	10	17	22
	팔당댐	2	2	5	11	16	20
	노량진	5	4	7	13	16	20
	가양	5	4	7	13	17	21
pH	의암댐	7.7	7.7	7.7	8	8	7.8
	총주댐	7.8	8.1	8.8	8.5	8.4	8.5
	팔당댐	8.4	8.9	9	9.6	8.5	8.7
	노량진	7.1	7.5	7.7	7.9	7.2	7.4
	가양	7.1	7.7	7.9	8.2	7.4	7.4
DO (mg/L)	의암댐	9.6	12.1	11.7	11.3	9.9	9
	총주댐	10.8	11.4	11.9	10.9	9.4	8.4
	팔당댐	12.3	13.1	12.2	11.9	8.5	8.6
	노량진	9.1	11.8	8.4	7.8	6.6	5.9
	가양	9.9	13	9.1	8	6.5	6.1
BOD (mg/L)	의암댐	0.9	1	1.2	1.2	1.2	1.3
	총주댐	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	팔당댐	1.1	0.9	1.1	1.3	1.4	1.3
	노량진	4	5.8	5.5	5.1	2.1	1.5
	가양	3.4	6.1	5.7	5.3	2.3	1.7
COD (mg/L)	의암댐	2	2.5	2.2	2.5	2.7	2.7
	총주댐	1.7	2.2	1.9	2.1	1.5	2.1
	팔당댐	2.6	3	2.3	3.6	2.5	3
	노량진	6	7.8	7.8	7.1	4	3.3
	가양	6.3	8.6	8.6	7.6	4.5	3.4
SS (mg/L)	의암댐	1.8	1.6	2.8	4.4	3.6	3.5
	총주댐	1.3	1.6	2.1	2.3	2.1	2
	팔당댐	2.2	3.1	3.5	6.5	5.2	3.3
	노량진	6	10.2	11.8	10.6	9.1	6.9
	가양	7.8	14.3	14.6	11.6	11.2	10.8
T-N (mg/L)	의암댐	1.243	1.538	1.402	1.091	1.736	1.83
	총주댐	2.267	2.155	2.03	1.648	1.992	2.45
	팔당댐	2.179	2.202	2.219	2.387	2.319	2.255
	노량진	8.31	9.932	8.796	6.452	5.177	4.961
	가양	7.78	9.541	9.126	6.231	5.017	4.719
T-P (mg/L)	의암댐	0.018	0.019	0.042	0.034	0.035	0.026
	총주댐	0.013	0.02	0.016	0.014	0.029	0.018
	팔당댐	0.059	0.054	0.046	0.03	0.047	0.043
	노량진	0.365	0.414	0.32	0.335	0.118	0.108
	가양	0.318	0.42	0.317	0.339	0.158	0.13

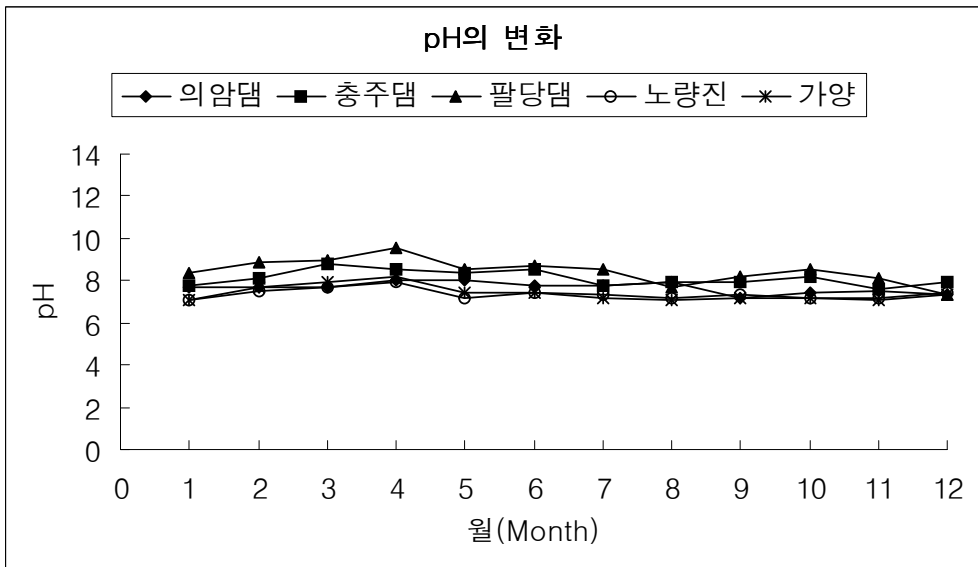
(계속)

<표 4-1> 2003년 월별 수질현황

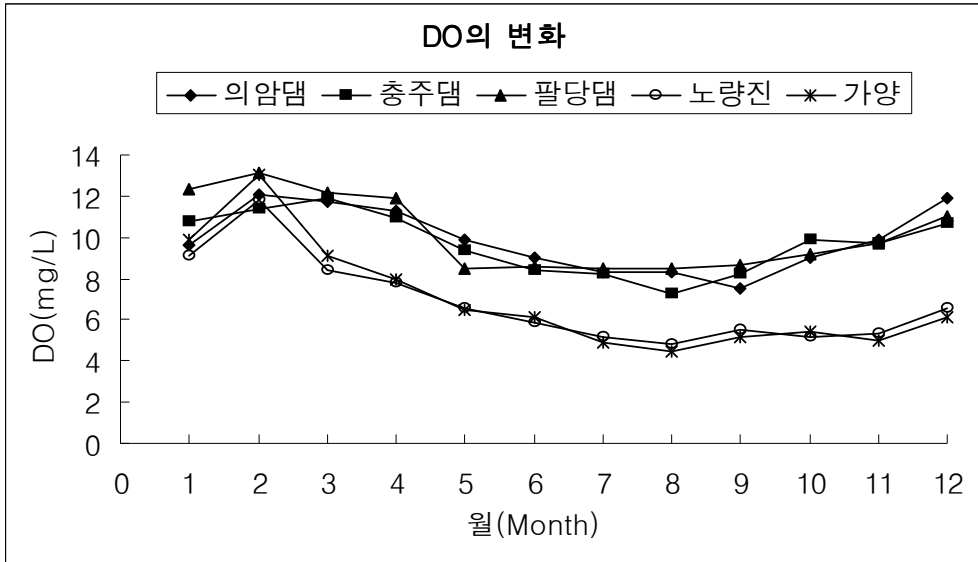
항목별	年	2003	2003	2003	2003	2003	2003
	月	7	8	9	10	11	12
수온 (℃)	의암댐	24	26	22	17	13	9
	총주댐	25	25	24	21	15	11
	팔당댐	23	23	21	19	14	8
	노량진	23	23	21	19	14	8
	가양	23	23	22	20	15	8
pH	의암댐	7.8	7.9	7.2	7.4	7.5	7.3
	총주댐	7.8	7.9	7.9	8.2	7.6	7.9
	팔당댐	8.5	7.7	8.2	8.5	8.1	7.3
	노량진	7.3	7.2	7.3	7.2	7.2	7.4
	가양	7.2	7.1	7.2	7.2	7.1	7.3
DO (mg/L)	의암댐	8.3	8.3	7.5	9	9.9	11.9
	총주댐	8.2	7.3	8.2	9.9	9.7	10.7
	팔당댐	8.5	8.5	8.7	9.2	9.7	11
	노량진	5.2	4.8	5.5	5.2	5.3	6.6
	가양	4.9	4.5	5.2	5.4	5	6.1
BOD (mg/L)	의암댐	1.4	1.6	1	1.1	1.1	1.1
	총주댐	1	1	0.8	1	0.9	0.9
	팔당댐	1.9	1.3	1	1.2	1.3	1.2
	노량진	1.5	1.5	0.9	1	2.3	2.5
	가양	1.8	1	1.8	1	1.8	1.8
COD (mg/L)	의암댐	3.2	3.3	2.9	2.3	2.9	2.1
	총주댐	2	2	2.8	2.8	2.1	1.8
	팔당댐	3.6	3.5	3.5	3.2	3.5	3
	노량진	4.2	3.7	3.6	3.3	4.7	4.3
	가양	4.7	3.4	4.2	3	4.4	4.4
SS (mg/L)	의암댐	4.6	7.6	3.5	6.7	4.4	2.3
	총주댐	2.1	1.8	2.8	3.3	1.5	2.5
	팔당댐	4.6	7.3	15.9	12	4.6	2.8
	노량진	18.1	16.5	24.9	10.9	5.2	3.8
	가양	20.1	10.5	27.5	11.2	14.2	6.1
T-N (mg/L)	의암댐	1.833	1.858	1.235	1.859	1.531	1.688
	총주댐	2.72	2.191	2.358	2.673	2.499	2.299
	팔당댐	2.458	2.447	2.914	1.708	1.743	2.137
	노량진	3.925	3.279	2.426	5.014	4.942	7.074
	가양	4.042	3.479	2.775	4.562	5.121	6.972
T-P (mg/L)	의암댐	0.035	0.041	0.03	0.031	0.019	0.019
	총주댐	0.017	0.044	0.043	0.017	0.012	0.024
	팔당댐	0.046	0.068	0.149	0.065	0.038	0.048
	노량진	0.135	0.129	0.074	0.147	0.225	0.234
	가양	0.198	0.123	0.136	0.121	0.203	0.222



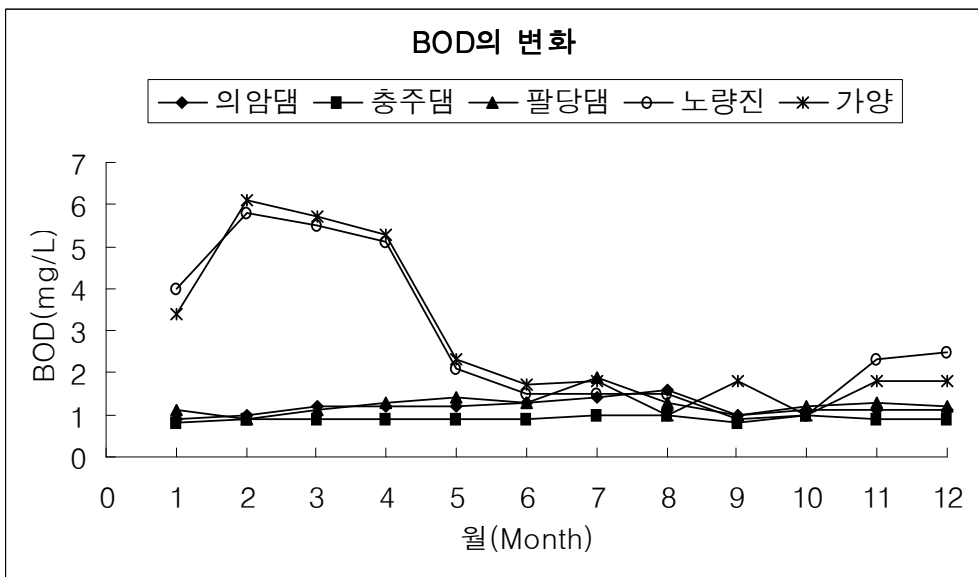
<그림4-9> 2003년도 수온의 월 별 변화



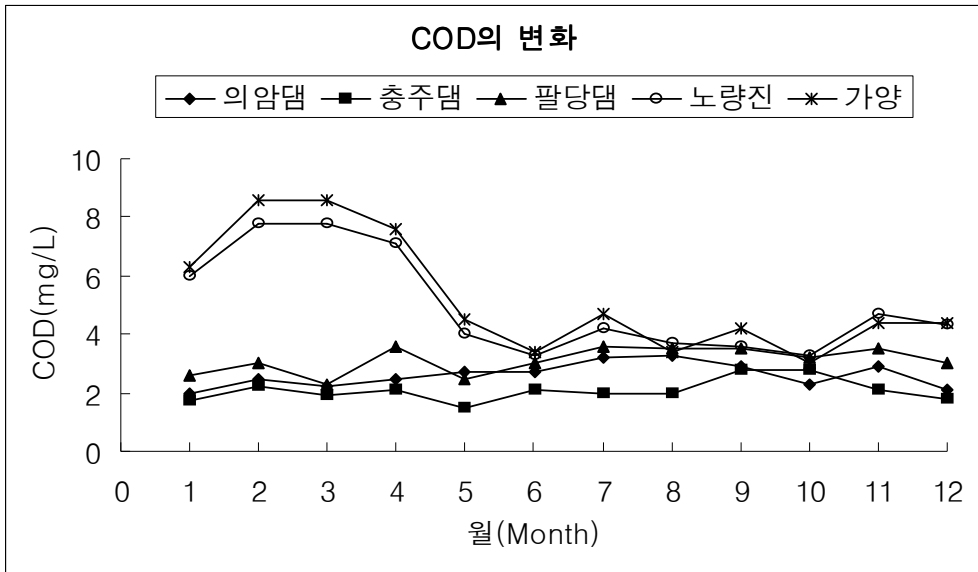
<그림4-10> 2003년도 pH의 월 별 변화



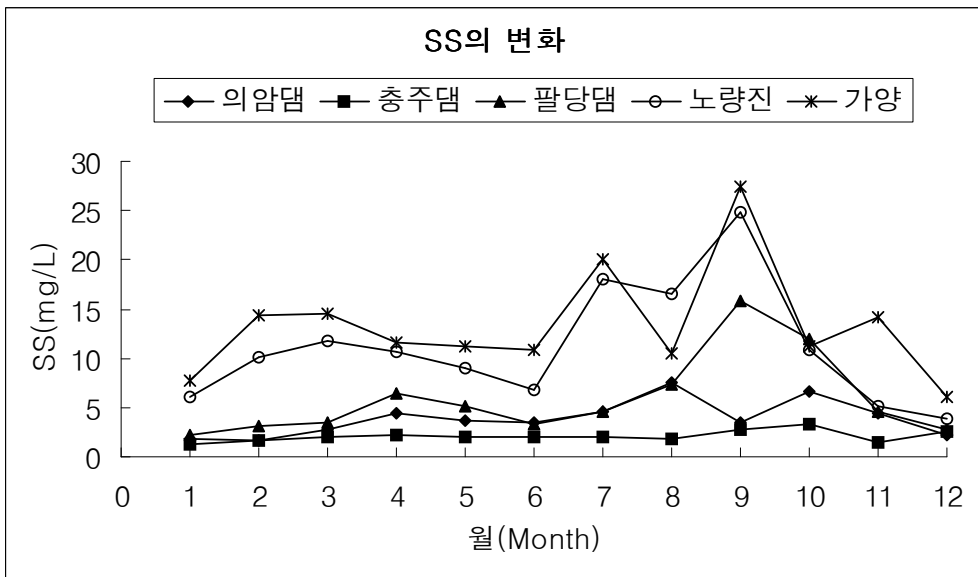
<그림4-11> 2003년도 DO의 월 별 변화



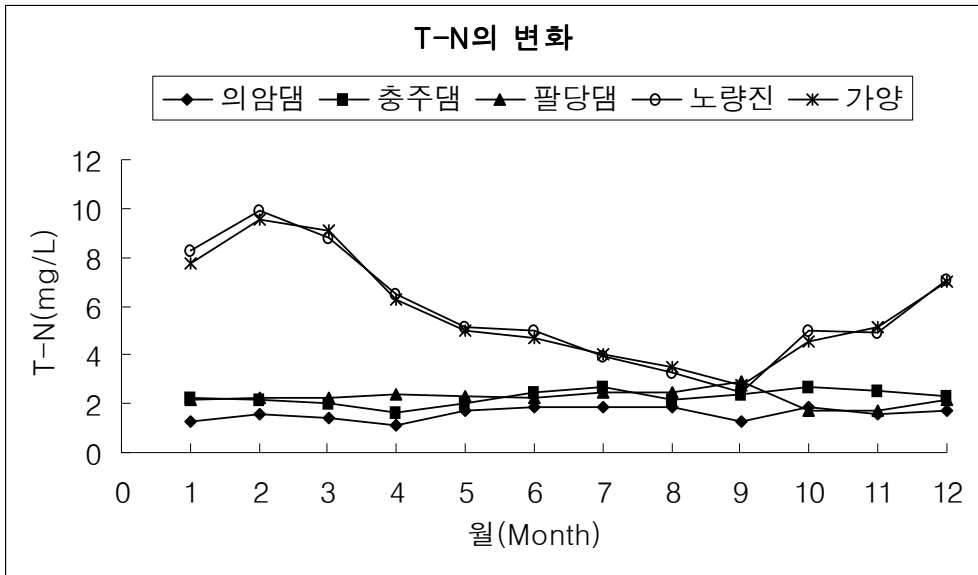
<그림4-12> 2003년도 BOD의 월 별 변화



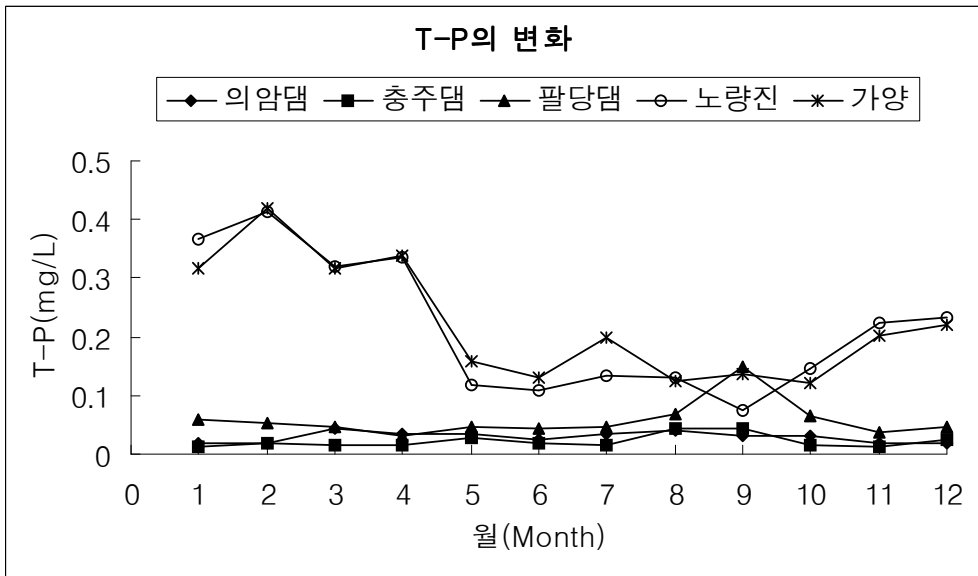
<그림4-13> 2003년도 COD의 월 별 변화



<그림4-14> 2003년도 SS의 월 별 변화



<그림4-15> 2003년도 T-N의 월 별 변화



<그림4-16> 2003년도 T-P의 월 별 변화

4.3 환경오염물질 항목 간 상관성 분석

2개의 변수 x , y 가 있을 때에, x 의 변화에 따라서 y 가 변화하는 관계를 상관관계라고 한다.(노형진, 2001) x 가 증가하면 y 도 증가하는 관계를 양(정)상관, x 가 증가하면 y 도 감소하는 관계를 음(역)상관, 어느쪽도 보이지 않는 관계를 무상관이라고 한다. 또한 두 변수 사이에 직선관계 즉, 두 변수 사이에 선형관계의 정도를 수치로 표현한 것을 상관계수(Correlation coefficient)라고 한다.(Joseph F. Hair 등)

상관계수로부터 상관관계의 강약을 판단하는 기준은 상관계수 값이 0.8 이상일 경우에는 강한 상관성을 갖으며 0.6이상 0.8미만은 상관성이 있으며, 0.4이상 0.6미만은 약한 상관성이 있고 상관계수 r 값이 0.4 미만일 경우는 상관성이 없는 것으로 판단할 수 있다. 이에 1993년에서 2003년까지의 한강수계의 전 지점 자료를 다음과 같이 상관성을 분석하였다.

오염물질 간 상관관계를 알아보기 위하여 Correl 함수를 사용하여 <표4-2> 및 <그림4-17> ~ <그림4-23>에 나타내었다.

항목 간 상관성을 살펴보면 수온과 DO 농도($r = -0.564$)는 다른 상관성 높은 항목과 구별되어 역상관을 나타냈다. 이는 수온 상승에 따른 산소용해도가 낮은 것이 DO가 감소되는 결과임을 알 수 있다. 4.2 월별 평균 수질의 변화에서 관찰되었듯이 8월에 수온이 가장 높은 시기에 DO농도가 감소하는 현상과도 같다. 특히 팔당댐 지점이 가장 높은 상관관계를 나타내었다.

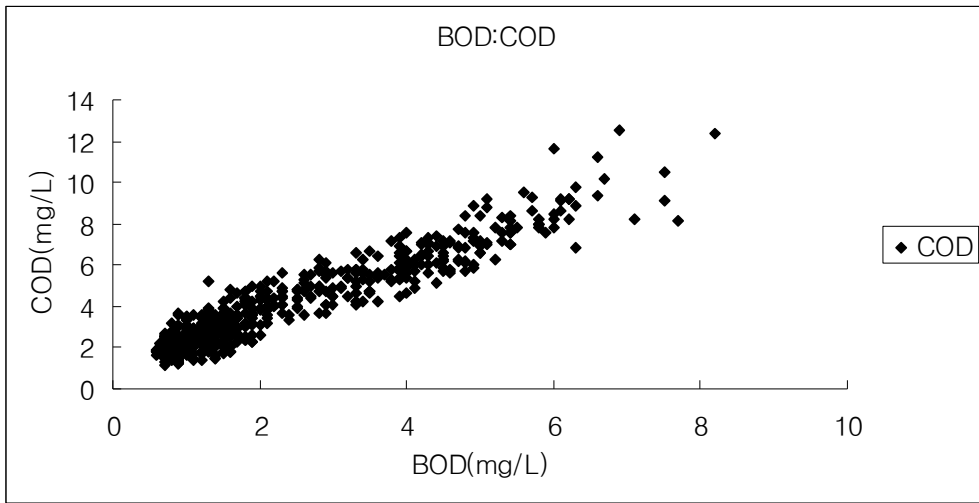
BOD와 COD는 0.945로 높은 정상관을 나타내었다. BOD:SS, BOD:T-N, BOD:T-P는 정상관을 보였으며 하류지점으로 갈수록 BOD : COD의 상관성이 뚜렷하게 나타나는 경향을 보였다. 이는 상류지역이 오염도가 적어 수치가 적게 나오는 원인으로 판단된다. BOD는 생활하수 등 수중 유기물에 대한 수질오염지표 역할을 하는 반면에 COD는 산업폐수 등 수중 산화성물질에 대한 수질오염지표 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

BOD: SS, COD:SS 는 SS 농도가 상, 하류 전 지점에서 여름철과 가을철에 높

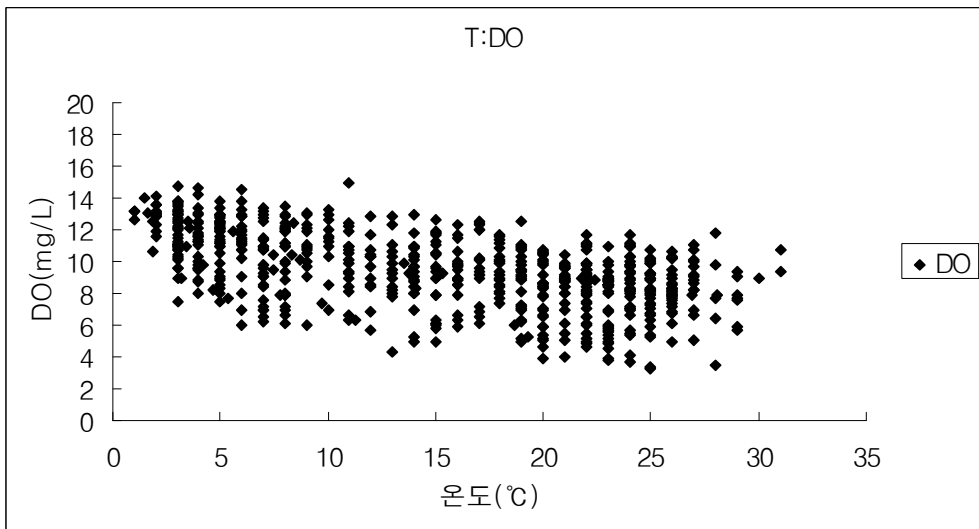
게 나오는 원인으로 높은 상관성은 나타나지 않았다. COD와 T-N 농도($r= 0.849$)는 BOD와 T-N 농도($r= 0.794$) 보다 높은 상관성을 나타냈다. T-N과 T-P 농도($r= 0.762$)는 높은 정상관을 나타냈다. 부영양화의 원인물질로서 호소, 하천에서 중요한 오염도의 지표항목으로 높은 상관관계가 나타났다. 지점별로 살펴보면 노량진 지점이 가장 환경오염물질 간 상관성이 높은 지역으로 나타났다. 10년간의 자료를 토대로 한강수계의 오염물질 간 상관성을 살펴봄으로써 계절적인 변화와 상, 하류간의 차이를 알 수 있었다. 또한 BOD 및 COD가 다른 항목과 상관성을 보인다는 것은 오염의 지표설정에 있어서 중요한 자료라 판단이 된다. 인체, 생물 및 생태계에 미치는 영향을 정확히 반영하지 못하는 이화학적 분석만의 상관성 뿐만 아니라 다른 요인과의 상관성을 규명하는 것이 수질관리의 중요한 자료가 될 것으로 판단된다.

<표 4-2>수질항목간 상관계수 (r)

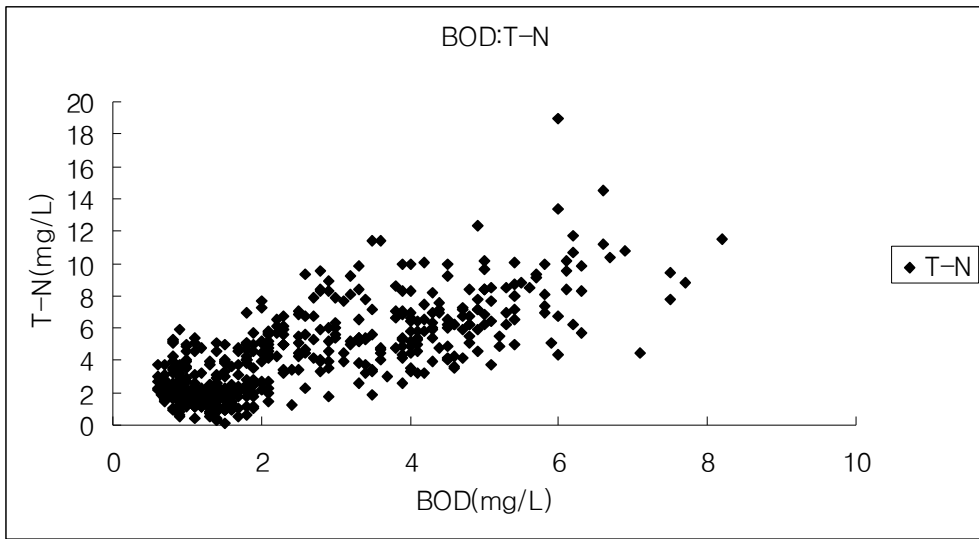
	T	p H	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
T	1.000	0.137	-0.564	-0.098	-0.066	0.261	-0.120	-0.096
p H		1.000	0.241	-0.181	-0.150	-0.214	-0.187	-0.266
DO			1.000	-0.238	-0.284	-0.371	-0.303	-0.308
BOD				1.000	0.945	0.517	0.794	0.802
COD					1.000	0.558	0.849	0.819
SS						1.000	0.419	0.469
T-N							1.000	0.762
T-P								1.000



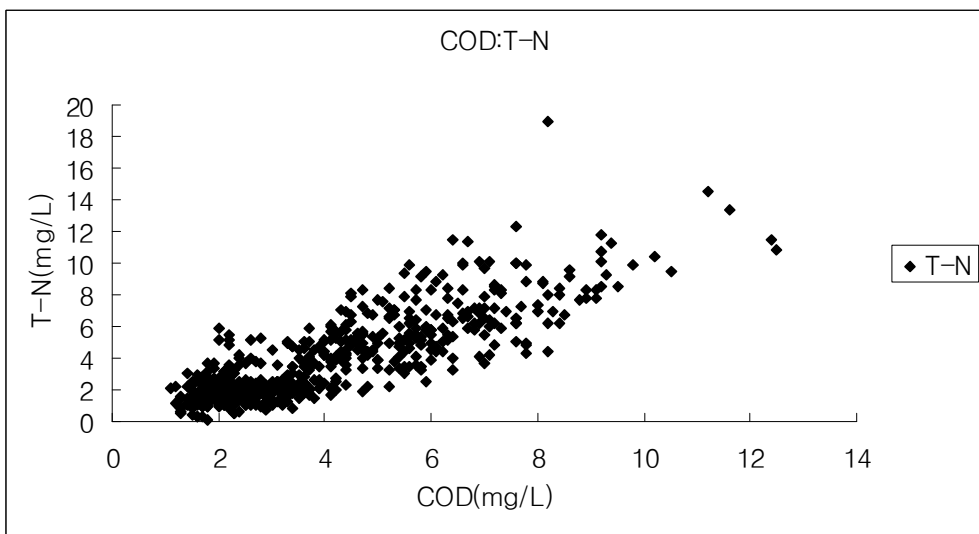
<그림4-17> BOD와 COD의 상관도



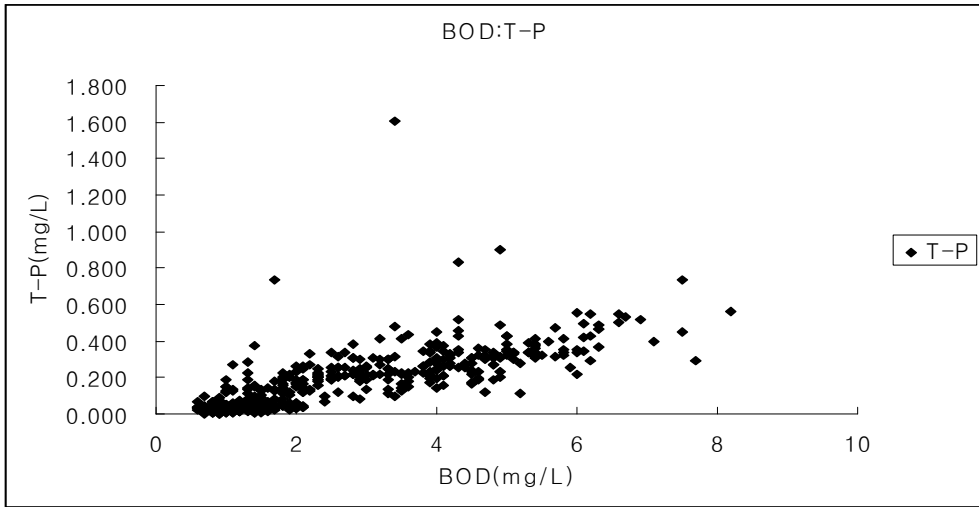
<그림4-18> T(수온)와 DO의 상관도



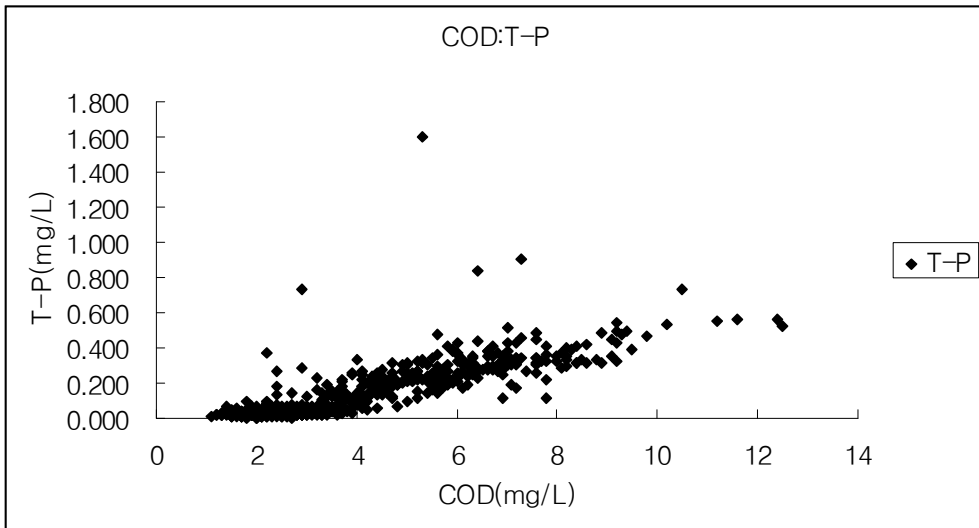
<그림4-19> BOD와 T-N의 상관도



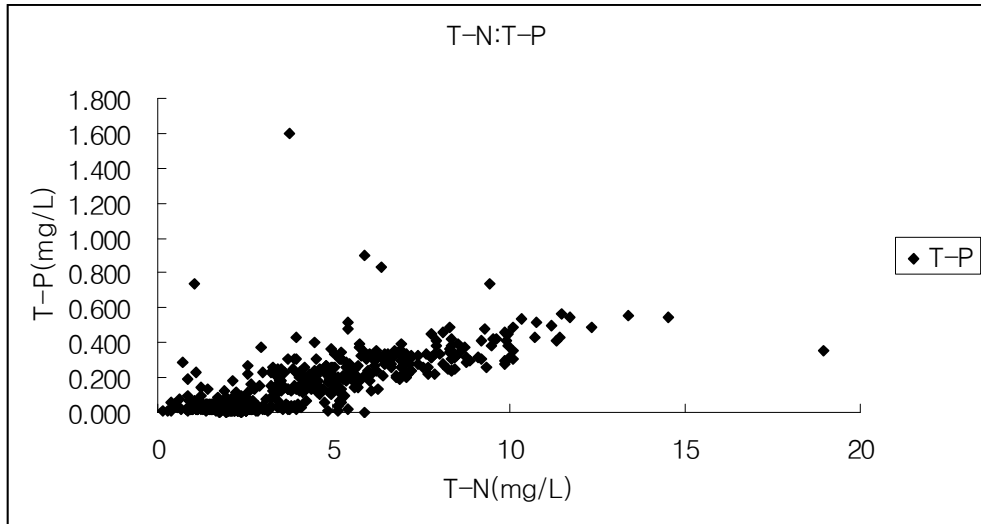
<그림4-20> COD와 T-N의 상관도



<그림4-21> BOD와 T-P의 상관도



<그림4-22> COD와 T-P의 상관도



<그림4-23> T-N과 T-P의 상관도

제 5 장 결 론

본 연구에서는 1989년 1월부터 2003년 12월까지 14년간의 환경부 자료를 토대로 한강수계의 주요지점인 의암댐, 충주댐, 팔당댐, 노량진, 가양의 계절적 수질변화를 살펴보고 각 오염물질 간 상관성을 분석하여 연구결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

수온은 년도 별로 큰 변화가 없었으나 평균 15℃로 전지점이 13℃~18℃분포 범위를 나타냈다. 2003년 1월부터 12월까지의 수온변화는 전지점이 2월이 가장 낮고 8월이 가장 높게 나타났다. 년도 별 pH변화는 지점별로 pH7.1 ~ 8.8 범위로서 팔당댐의 경우 1998년 pH8.8로 타 지점에 비해 높게 나타났다. 월별 pH 변화는 여름철보다 봄철인 3,4월에 7.9~9.6 범위로 높게 나타났다. 이와 같이 봄철 pH가 높아지는 이유는 동절기에서 봄철로 오면서 수온 상승으로 조류의 과다증식의 원인으로 사료된다.

DO농도의 변화 양상은 상, 하류 지점이 뚜렷이 구분되고 특히 노량진, 가양지점은 1994년에 7.5mg/L, 6.4mg/L로 낮게 나타났으며 1998년도에는 10mg/L, 9.3mg/L로 높게 나타났다. 이는 1998년도에 많은 강수량으로 인한 오염물질의 희석이 원인이라고 판단된다. 월별 DO변화를 살펴보면 8월, 9월에 낮고 각 지점별로 2월, 3월에 높게 나타났다. 이와 같이 봄철에 높고 여름철에 DO가 낮은 이유는 수온이 올라감에 따라서 수체 내 산소의 용해도와 관련이 있는 것으로 사료된다.

BOD는 상류 지점인 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 0.8mg/L~ 1.6mg/L 로 소폭의 수질변화를 보였지만 노량진 지점은 89년도에 3.4mg/L에서 2.4mg/L로 낮아졌고 (2003년), 가양 지점은 89년도에 6.0 mg/L에서 2003년 현재2.8mg/L로 낮아졌다. 특히 1997년도에 비해 1998년도에 감소되는 현상도 강수량과 연관이 있을 것이라 사료된다. 월별 BOD변화는 상류지점은 7,8월에 가장 높고 하류지점은 3,4월에 높게 나타났다. 이는 장마철에 상류지점에서 댐 방류량의 증가로 하류지점의

오염물질이 희석되기 때문에 4계절이 뚜렷한 우리나라의 기후 특성을 고려할 때 반복하는 수질특성을 보여주고 있다.

COD의 년도 별 수질변화는 의암댐, 충주댐, 팔당댐의 경우 소폭 변화를 보이다 03년 현재 2.6mg/L, 2.1mg/L, 3.1mg/L로 예전보다 상승한 농도를 나타냈다. 97년도 BOD의 큰 폭 상승과 마찬가지로 하류지점인 노량진, 가양은 최고치를 나타냈으며 03년 가양지점은 5.3mg/L로 89년 측정치와 별 차이가 없었다. 월별 COD 변화는 BOD와 비슷하게 하류지점인 노량진, 가양은 봄철에 높고 여름철에 낮은 경향을 보였다.

SS는 년도별로 살펴볼때 하천수질기준 25mg/L 이하로 전 지점이 기준내에 수질을 나타냈지만 하류지역의 폭은 심한 것을 알 수 있었다. 월별 SS 변화는 상, 하류 모두 8,9월에 높게 나타나는 경향을 볼 수 있다.

T-N, T-P의 년도별 변화를 살펴보면 상류, 하류간의 큰 농도차를 보이며 하류로 갈수록 변화의 폭도 심하였다. 대체로 T-N의 수질농도는 94년 이후로 계속 증감하며 높아지는 경향이 있다. T-P의 수질농도는 의암댐의 경우 95년도 0.189mg/L로 하류지역의 농도와 비슷한 농도를 나타냈다. 월별 변화는 상류 지점은 계절적인 경향을 보이지 않았지만 하류지점인 노량진, 가양은 봄철에 높고, 여름철에 낮은 경향을 나타냈다. BOD와 COD의 경우와 비슷하게 강수량에 따른 유량과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

오염물질간 상관성 분석은 BOD:COD 농도가 0.945로 높은 정상관을 나타냈으며 $COD:T-N(0.849) > COD:T-P(0.819) > BOD:T-P(0.802) > BOD:T-N(0.794) > T-N:T-P(0.762) > T:DO(-0.564)$ 순으로 나타났다.

수온과 DO농도는 역상관을 나타냈으며 다른 상관성 높은 항목은 정상관을 나타냈다.

이상과 같이 한강수계 내 수질분석 결과 년도 별로 BOD는 감소추세 경향을 보였지만 그 외 COD, SS, T-N, T-P 항목에 대해서는 수질이 개선되지 않았다. BOD 감소 이유는 환경기초시설 확충과 정책에 맞추어 시민의식이 많이 변화된 이유로 판단된다. 그러나 아직까지 미흡한 것은 처리용량에 따른 계획의 미비 및 산재되어있는 축산 농가의 폐수 관리가 제대로 이루어지지 않는 것으로 사료된다.

또한 월별 경향은 상, 하류 간 계절적 변화가 뚜렷이 나타났다. 한강수계 내 오염물질만으로 수계 전체를 판단하기 어렵지만 분명한 것은 계절적인 변동요인을 감안할 때 홍수기와 갈수기의 대책방안은 충분히 강구하여야 할 것으로 사료된다. 다른 오염물질 간 상관관계도 COD, T-N, T-P 항목을 중심으로 유의한 상관성을 나타냈다. 이는 지표설정에 있어 BOD외에 COD, T-N, T-P 항목을 병행하여 판단되어야 할 것으로 사료된다.

끝으로 수질분석과 상관성분석을 수행함에 있어 측정 자료는 환경부 수질측정망상의 관측지점에서 월 1회 관측되어 수집된 자료로, 변화요인을 추정하기에는 극히 제한된 점이 있음을 알 수 있었다. 수질보전정책 수립에 있어 처리용량을 감안한 설계 및 축산폐수의 공공처리 시스템 구축, 홍수기와 갈수기의 적절한 과학적인 수질측정망 운영 설계 및 신뢰성 있는 자료 구축을 위해 수질자료를 재확인하는 시스템이 논의 되어져야 할 것이다.

참고문헌

- 국립환경연구원, "물환경종합정보", (2004).
- 기문봉 외, "산업폐수처리", (2001).
- 기상청, <http://www.kma.go.kr>
- 노형진, "한글 SPSS10.0에 의한 조사방법 및 통계분석", 형설출판사, (2001).
- 도화석 외, "낙동강 수계의 특성과 연중 수질변화에 조사", (2001).
- 방기영, "한강유역과 경기만 퇴적환경의 연계성", (2003).
- 양진우 외, "낙동강유역 수환경 관리의 선진화 방안 연구", (2000).
- 오병희, "도시하천의 자정능력 향상을 위한 수리학적 특성연구", (2003).
- 이상진, "오염총량관리를 위한 수질오염물질 유달 특성에 관한 연구", (2003).
- 이숙정, "한강수계의 수질자료에 대한 분석", (2000).
- 이창희 외, "하구역 환경보전전략 및 통합환경관리방안 연구", (2003).
- 임봉수 외, "Metcalf & Eddy 폐수처리공학(상), 도서출판 동화기술, (1993).
- 정도영, "한강수계 수질환경 정책방향", (2004).
- 정재원 외, "서낙동강의 계절별 식물성플랑크톤 군집 구조 및 특성에 관한 연구", (2003).
- 조석주, "한강분류의 년도별 수질변화와 오염물질간의 상관성에 관한 연구", (1993).
- 최지용 외, "비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안 연구", (2003).
- 최지용 외, "수계시스템을 고려한 수질 관리 방안", (1998).
- 한강유역환경청, "하수종말처리시설현황", (2004).
- 한강유역환경청, "한강수계 환경통계편람", (2004).
- 한국수자원공사, "수자원백과", (2004).
- 한국수자원공사, <http://www.kowaco.or.kr>
- 환경부, "생명의 유역", (2004).
- 환경부, "수질오염총량관리제도", (2004).

- 환경부, “수질측정망운영계획”, (2003).
- 환경부, “수질측정망 확충계획 및 운영관리 개선방안 연구”, (2003).
- 환경부, “환경백서”, (2004).
- 환경부, “2004년도 중점환경정책 추진내용”, (2004).
- 환경부, <http://www.me.go.kr>
- 한강유역환경청, “2005년도 한강수계 관리기금 운용계획” (2004).
- 한강유역환경청, <http://hg.me.go.kr>
- Joseph F. Hair, Jr. Rolph E. Anderson Ronald L, Tatham William C. Black,
“Multivariate Data Analysis with Readings”, Fourth Edition, (1995)
- Ning, S.K., Chang, N.B., “Multi-objective, decision-based assessment of a
water quality monitoring network in a river system”, (2001).

부 록

<부록 1> 기상청 통계 자료 (지점별 월평년값 (기 온 (°C)))

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	평균
서울	-2.5	-0.3	5.2	12.1	17.4	21.9	24.9	25.4	20.8	14.4	6.9	0.2	12.2
인천	-2.4	-0.5	4.5	10.7	15.9	20.4	24	24.9	20.7	14.5	7.2	0.6	11.7
수원	-3.2	-1	4.5	11.2	16.7	21.4	24.8	25.2	20.2	13.4	6.1	-0.4	11.6
강화	-3.9	-1.4	4.2	10.7	15.8	20.3	23.8	24.4	19.5	13.1	5.8	-0.9	11
양평	-4.9	-1.9	4.2	11.2	16.7	21.4	24.5	24.6	19	12	4.7	-1.9	10.8
이천	-3.9	-1.2	4.6	11.6	16.9	21.5	24.5	24.8	19.4	12.6	5.2	-1.3	11.2
철원	-5.3	-2.6	3.4	10.4	16	20.7	23.7	24	18.5	11.2	4.2	-2.3	10.2
춘천	-4.5	-1.8	4.2	11.4	16.8	21.5	24.5	24.3	18.9	12.1	4.8	-1.7	10.9
원주	-4.8	-2	4	11.3	16.8	21.3	24.5	24.5	18.9	12	4.7	-1.9	10.8
영월	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
인제	-5.2	-2.7	3.2	10.4	15.5	19.8	23.1	23.1	17.8	11.2	4.3	-2	9.9
홍천	-5.6	-2.8	3.4	10.5	16	20.8	24	24	18.4	11.3	3.9	-2.7	10.1
속초	-0.2	0.9	5.2	11.3	15.9	19	22.8	23.7	19.7	14.9	8.6	2.9	12.1
대관령	-7.6	-5.9	-0.8	6.6	11.8	15.6	19.1	19	13.9	8.2	1.6	-4.5	6.4
강릉	0.3	1.4	5.9	12.6	17.6	20.6	24.1	24.4	20.1	15.1	9	3.3	12.9
동해	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울릉도	1.3	1.6	5.2	10.8	15.4	18.6	22.3	23.4	19.7	15.1	9.5	4.4	12.3
태백	-4.9	-3.3	1.5	8.8	13.7	17.5	20.7	20.8	15.8	9.9	3.8	-1.7	8.6
충주	-4.1	-1.4	4.5	11.6	17	21.6	24.7	24.8	19.3	12.4	5.1	-1.4	11.2
청주	-2.8	-0.5	5	12.1	17.5	22.1	25.3	25.4	20.1	13.3	6.1	-0.2	12
추풍령	-2.1	-0.3	4.9	12	16.8	20.9	23.9	24.1	19.1	13.1	6.3	0.4	11.6
제천	-5.3	-2.6	3.3	10.5	15.9	20.5	23.5	23.7	18.2	11.3	4	-2.6	10
보은	-3.8	-1.7	3.9	10.9	16.1	20.6	23.8	24	18.5	11.8	5	-1.2	10.7
서산	-1.9	-0.5	4.4	10.8	16.2	20.9	24.4	25	20.1	13.8	6.9	0.9	11.8
대전	-1.9	0.2	5.4	12.4	17.6	22	25.3	25.5	20.3	13.8	6.8	0.7	12.3
천안	-3	-0.9	4.4	11.3	16.8	21.3	24.8	25	19.8	13.2	6.1	-0.1	11.6
보령	-1.2	0.2	4.7	10.9	16.1	20.7	24.5	25.2	20.4	14.2	7.6	1.7	12.1
부여	-2.1	0	5	11.6	17	21.6	25	25.4	20	13.3	6.5	0.4	12
금산	-2.9	-0.8	4.6	11.5	16.7	21.2	24.6	24.7	19.2	12.5	5.7	-0.4	11.4
군산	-0.4	0.9	5.1	11.1	16.5	21.1	24.9	25.7	21.1	15.1	8.4	2.3	12.7
전주	-0.6	0.9	5.9	12.6	17.8	22.2	25.8	26.1	21.1	14.7	7.9	1.9	13
부안	-0.9	0.7	5.1	11.2	16.5	21	24.9	25.4	20.4	14.3	7.8	1.8	12.4
임실	-3.1	-1.2	3.9	10.6	15.8	20.3	23.8	24	18.7	12	5.3	-0.7	10.8
정읍	-0.7	0.8	5.6	12.1	17.3	21.7	25.5	25.8	20.8	14.6	7.9	2	12.8
남원	-1.6	0.3	5.4	12	17.1	21.7	25	25.4	20.2	13.6	6.6	0.5	12.2
장수	-2.7	-1.2	3.8	10.2	15.4	19.7	23.1	23.1	18	11.1	5.1	-0.6	10.4

(계속)

광주	0.5	1.9	6.5	12.9	17.8	22	25.5	26.1	21.4	15.4	8.7	2.8	13.5
목포	1.8	2.6	6.5	12.3	17	21.1	24.8	26	22	16.6	10.2	4.4	13.8
여수	2.2	3.4	7.6	13	17.4	20.8	24.2	25.7	22.1	17	10.7	4.9	14.1
흑산도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
완도	2.7	3.7	7.4	12.6	16.8	20.3	24.1	25.6	22.1	17	10.8	5.2	14
진도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
순천	-0.5	1.2	5.9	12.1	16.9	21.2	24.9	25.2	20.2	13.8	7.2	1.5	12.5
장흥	0.4	1.8	6.1	12	16.8	20.9	24.7	25.4	20.7	14.6	8.1	2.5	12.8
해남	1.2	2.3	6.4	12.2	17	21.1	24.9	25.7	21.2	15.4	9.2	3.5	13.3
고흥	1.2	2.6	7	12.7	17.3	21.1	24.8	25.8	21.4	15.7	9.1	3.3	13.5
울진	1	1.9	6	11.9	16.1	19	22.9	23.8	19.8	14.9	9	3.6	12.5
안동	-2.3	-0.1	5.1	12.2	17.2	21.3	24.4	25	19.7	13	6.1	0	11.8
상주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
포항	1.6	3.1	7.4	13.4	17.9	21	24.8	25.4	21.3	16.1	9.9	4	13.8
대구	0.2	2.1	7.1	13.8	18.7	22.5	25.7	26.1	21.3	15.4	8.6	2.5	13.7
봉화	-3.5	-1.7	3.5	10.2	15.2	19.5	22.8	23	17.9	10.8	4.2	-1.6	10
영주	-3.2	-0.8	4.6	11.6	16.7	20.9	23.9	24.2	18.9	12.5	5.4	-0.8	11.2
문경	-2	0.1	5.4	12.4	17.4	21.5	24.3	24.6	19.5	13.3	6.3	0.3	11.9
영덕	0.5	1.9	6.1	12.2	16.7	20	23.8	24.5	19.9	14.7	8.7	3.1	12.7
의성	-3.6	-1.2	4.5	11.5	16.7	21.2	24.5	24.7	19.2	12.2	5	-1.2	11.1
구미	-1.8	0.3	5.7	12.5	17.6	21.8	24.7	24.9	19.6	13.3	6.4	0.5	12.1
영천	-1.3	0.8	5.7	12.3	17.2	21.2	24.7	25.1	19.8	13.6	6.9	0.9	12.2
울산	1.6	3.2	7.4	13.1	17.6	21.1	25	25.7	21.2	15.9	9.6	4	13.8
마산	2.8	4.5	8.6	14	18.3	21.6	25.3	26.6	22.8	17.4	11	5.3	14.9
부산	3	4.3	8.3	13.4	17.4	20.5	24.2	25.7	22.1	17.3	11.3	5.6	14.4
통영	2.7	3.9	8	13.1	17.3	20.6	24.2	25.7	22.1	17.1	11	5.2	14.2
진주	0.1	2	6.7	12.8	17.5	21.5	25.1	25.6	20.9	14.7	7.9	2	13.1
거창	-1.8	0	5.1	11.6	16.5	20.6	23.9	24	18.8	12.4	6	0.3	11.5
합천	-0.7	1.4	6.4	12.9	17.7	21.7	25	25.3	20.3	13.9	7.2	1.3	12.7
밀양	-0.2	1.8	6.8	12.9	17.5	21.6	25.2	25.6	20.8	14.6	8	1.8	13
산청	0	1.6	6.3	12.6	17.3	21.3	24.6	25	20	13.8	7.5	2	12.7
거제	1.9	3.4	7.6	13.1	17.4	20.8	24.5	25.7	21.6	16.2	10	4.3	13.9
남해	1.7	3.3	7.6	13.3	17.7	21.3	24.8	25.7	21.6	16.3	9.9	4.2	14
제주	5.6	6	8.9	13.6	17.5	21.2	25.7	26.5	22.7	17.8	12.6	8	15.5
고산	6.3	6.5	9.2	13.3	16.8	20.4	24.8	26.1	22.9	18	13.4	8.8	15.5
서귀포	6.6	7.1	10.1	14.4	18.1	21.3	25.3	26.6	23.4	18.8	13.7	8.9	16.2
성산포	5	5.6	8.9	13.3	17.1	20.7	25.1	26.3	22.7	17.8	12.3	7.4	15.2

1971년부터 2000년까지 30년간 자료를 월별로 평균한 기후 월평년값

<부록 2> 기상청 통계 자료 (지점별 월평년값 (강수량 (mm)))

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
서울	21.6	23.6	45.8	77	102.2	133.3	327.9	348	137.6	49.3	53	24.9
인천	20.8	20.5	40.8	70.7	91.3	110.9	261.5	288.9	126.5	48.9	49.2	22.3
수원	23.5	24	47	76	94.8	133.2	302.7	305.8	133.5	52.3	51	24.1
강화	15.9	19.3	38.1	80.6	99.3	132.8	315.2	354	142.4	49.3	48.4	21.4
양평	20.3	22.4	43.5	76.4	96.5	138.7	341.8	304.9	142.9	45.4	44.3	23.6
이천	23.3	24.6	49.6	87.4	98.5	146.4	328	291.7	158.8	49.1	46.4	25.7
철원	21.8	25.1	41.9	53.4	108.9	134	376.6	304.8	143.8	45.9	56.2	23.3
춘천	20.3	23.7	39.8	69.5	100.1	131.3	318.6	310.4	143.5	43.1	44.1	22.4
원주	22.2	24.3	49.1	80	92	146.2	324.9	283	147.1	50.7	43.8	27.6
영월	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
인제	14.8	19.4	34	67	94.7	119.1	262.7	273.5	133.8	37.5	36.8	20.8
홍천	19.7	23.8	42.3	76.1	98.4	146.9	323.6	296.5	152.6	48.6	39.9	22.9
속초	53.1	56.4	56.2	71	87.9	122.9	201.4	293.7	205.4	81.5	71.6	41.3
대관령	59.8	50.1	73.3	96.5	114.2	182.1	291.8	375.1	243.7	111.2	81.5	37.8
강릉	65.3	58.7	72.2	77.5	84.4	122	196.5	288.2	207	104.2	82.4	43.5
동해	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울릉도	110.5	84.2	68.2	75.6	86.1	108.2	125.6	148	150.7	79	98.5	101.4
태백	34.8	37.4	58.3	71.7	88	139.8	267.1	285.8	203.8	55.3	46.2	19.4
충주	21.7	24.1	44.9	76.5	88.7	143.7	272.4	259.4	136.3	54.1	42.2	23.8
청주	26.6	28.2	51.1	76.6	87.7	154.2	265.3	271.4	133.2	53.3	50.9	26.6
추풍령	26.4	34.8	57.5	79.1	83.9	151.1	251.7	230.1	123.4	47.9	47.7	26.5
제천	24.4	28	53.4	86.5	99	151.6	314.3	272.1	140.1	54.7	44.1	26.9
보은	24.7	30.5	49.4	83.8	93.4	159.7	291	272.4	127.4	51.2	48.1	28.4
서산	29	27.2	48.8	81.8	100.8	130.7	235.7	287.4	143.6	56	57.7	33.4
대전	29.5	36.4	60.5	87.2	97	174.3	292.2	296.5	141.5	56.9	51.7	30.1
천안	23.8	27	48.4	78.7	84.9	143.8	246.4	297.5	137.7	58.5	53	29.2
보령	26.6	28.4	47.1	82.4	91.1	147.3	247	293.9	128.3	55.9	58	31.1
부여	27.2	33.3	55.7	93.6	101.4	168.9	287.5	279.8	140.3	60.8	56.1	29.6
금산	28.2	36.2	52	88.1	85.4	181.1	269.9	252.2	131.7	53.5	51.1	29.6
군산	30.5	32.4	51.1	79.9	86.8	158.7	240.7	250.9	125.6	51.9	58.2	34.6
전주	33.9	39.2	59	83.9	93.8	173.6	266.7	254.8	134.4	59.7	56.8	31
부안	32.9	37.3	51.1	85.8	87.7	158	250.6	232.8	131.5	57.6	56	38.1
임실	35	40.8	58.4	95.1	87	183.1	258.6	264.4	138.3	61.4	57.7	35.9
정읍	41.5	38.7	56.7	86.1	91.6	160.1	253.3	255.7	139.3	61.5	61.6	40
남원	31.4	38.9	52.3	92.8	91.8	186.2	287.4	256.9	138.3	58.5	49.5	29.9
장수	39.5	46.3	67.1	82.9	95	219.1	300.2	291.1	150.7	47.4	52.8	30

(계속)

광주	38	43.9	64.5	95.3	97.3	190.3	281.9	276	137.7	55.3	55.4	32.4
목포	33.7	44.5	60.8	79.1	86.6	172.5	214.1	174.3	130.9	51	49.6	27.9
여수	27.6	38.9	78	126.1	145.2	222.8	257.2	249.1	138.9	55	47.8	20.9
흑산도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
완도	32.5	49.1	89.7	123	133.5	236.9	259.1	227.5	161.1	60.2	58.1	26.2
진도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
순천	32.4	43.7	66.4	111.3	115.1	217.2	303.5	304.8	156.4	59	51	26.7
장흥	29.8	43.9	69.6	120	127.9	227.5	261.8	278.8	171.8	49.6	54.6	23.4
해남	31.4	44.5	66.9	108.6	105.9	204.9	228.5	237.1	152.7	47.9	50.9	26.4
고흥	29.2	48.2	78.8	137.5	151.4	231.5	250.5	249.4	148.5	54.8	51	21.7
울진	47.9	48	66.6	74.2	69	105.7	153.8	191.7	169.3	77	61.3	37.8
안동	18.6	26.1	47.7	66	89.8	143.8	228	201.3	133.1	42	37.8	15.8
상주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
포항	40.5	43.4	67.1	79.4	74.6	138.9	182.4	207.9	159.7	52.3	47.9	26.2
대구	21.6	27.1	51.6	75.2	75.3	140.7	206.7	205.8	129.6	42	37.1	15.2
봉화	21.9	26.1	52.2	70	101.1	156.5	271.6	223.5	153.3	40	45.5	17
영주	19	25.6	53.1	92.9	105.3	173.4	259.1	258.3	141.1	49.4	40.5	19.2
문경	21.1	28.5	49.6	88.1	103	168.7	270.8	239.1	127.1	46.5	41.3	21.6
영덕	38.8	40.7	57.7	74.5	69.9	123.7	160.7	201.9	134	57.4	48.6	27.4
의성	17.9	23.7	43.4	74	72.6	133.5	206.2	197.7	112.6	38.5	35.4	16.6
구미	19.4	27.5	46	75.4	69.3	130.1	217.2	202.1	131.6	42.4	36.5	16.5
영천	23.6	26.6	48.9	76	78.5	140.5	199.9	203.9	128.8	41.4	38.2	15.4
울산	38	42.2	71.6	108.2	100.6	185.4	195.3	232.5	165.5	60.7	50.7	23.9
마산	36.3	41.8	78.3	116	134.4	235.7	293.7	275.8	165.3	53	52.2	21.2
부산	37.8	44.9	85.7	136.3	154.1	222.5	258.8	238.1	167	62	60.1	24.3
통영	33.6	43.8	87.9	134.9	150.8	210.5	261.4	222	134.9	55.5	54.8	22.5
진주	33.1	42.6	75.5	135.3	131	217.7	291	285.8	155.9	52.7	48.8	20.5
거창	26.7	35.6	57.5	91.4	86.5	180.3	273.8	256.9	142.3	54.3	41.5	19.1
합천	21.8	33	54.6	93.7	90.8	169.9	258.8	267.1	144.7	49.2	38.9	16.1
밀양	21.7	30.4	54.1	104.6	104.3	199.8	241.9	230.4	136.6	49.4	43	17.6
산청	26.2	41.6	67.7	115.3	96.6	191.2	291.8	335.8	192.2	57.5	43.8	19.5
거제	40.6	52	97.1	169.1	191.4	268.8	344.7	280.5	183.5	79.6	63.6	26.2
남해	33.3	54.9	94.6	176.4	188.2	270.6	322	298.6	188.4	75.3	61.3	25.9
제주	63	66.9	83.5	92.1	88.2	189.8	232.3	258	188.2	78.9	71.2	44.8
고산	47.9	42	78.6	82	112.6	141	160	196.8	120.3	30.8	58.2	24.5
서귀포	59.4	80.6	125.6	172.2	215.4	279.3	306.3	257.6	170.2	72.7	68.4	43.1
성산포	78.2	80.6	126.7	143.8	160.9	242.2	286.4	289.5	196.9	93.3	87.2	55.2

1971년부터 2000년까지 30년간 자료를 월별로 평균한 기후 월평년값

<부록 3> 환경부 수집자료 (의암댐)(1989 — 2003년 월별 수치)

年	月	수온	PH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1989	1	1	6.9	13.3	1.3	4	0.8	0.37	0
1989	2	3	6.9	13.6	1.5	3	5	4.733	0
1989	3	5	6.9	12.8	1.3	2	2.7	0.473	0
1989	4								
1989	5	17	7.6	12	1	4.8	7	0.399	0
1989	6	20	7.2	9.5	1.3	1.8	2.4	0.489	0
1989	7	23	8.1	10	1.3	2.2	2.8	0.487	0.014
1989	8	24	7.8	9.2	1	1.7	1.4	0.379	0.017
1989	9	23	7.2	9.6	1.3	1.7	1.6	0.499	0.014
1989	10	15	7.5	10.8	1.3	1.6	1.8	0.665	0.01
1989	11	12	7.4	11.7	1.4	1.7	2.6	0.4	0.024
1989	12	8	7.8	11.5	1.5	2.4	2.2	0.449	0.022
1990	1	3	7.2	12.6	1	2.6	2.8	0.064	0
1990	2	5	7.3	12.8	1.1	0.2	4.6	0.09	0.042
1990	3	9	7.3	13.4	1	1.9	2.8	0.218	0.073
1990	4	9	7.3	12.6	1.3	1.5	3	0.049	0.055
1990	5	14	7.4	12.2	1.4	2	3.6	0.056	0.054
1990	6	17	7.3	11.1	1.2	0.5	3.6	0.159	0.028
1990	7	20	7.2	10.2	1.2	1.2	3.8	0.403	0.016
1990	8	25.5	7.4	9.4	1.7	2.6	6	1.133	0.05
1990	9	20	7.1	10.1	1	2.2	24.8	1.241	0.023
1990	10	15.5	7.1	10.4	1.5	1.8	3.7	1.075	0.021
1990	11	14	7.2	9.9	1.4	1.4	3.6	0.967	0.234
1990	12	4	6.9	8.8	1.2	1.2	2	1.025	0.017
1991	1	4	7.2	13	0.9	1.4	2.8	0.641	0.182
1991	2	2	7.6	14.2	1.2	2	2.4	0.883	0.027
1991	3	8	7.9	11.5	1.4	2.2	1.2	0.405	0.064
1991	4	10	7.8	10.4	1.7	2.6	1.6	0.882	0.116
1991	5	17	8.2	9.9	2.2	2.3	1.9	1.414	0.094
1991	6	21	7.7	8.7	1.5	2.7	3.8	1.032	0.049
1991	7	21	7.5	8.8	1.5	2.7	2.4	1.065	0.045
1991	8	27	8	8.1	1.8	2.2	2.5	1.341	0.053
1991	9	22	7.9	8.7	1.9	2.4	3.1	1.201	0.042
1991	10	15	7.4	9.6	2	2.2	3	1.722	0.028
1991	11	14	7.5	10.1	1.4	1.8	2.3	1.28	0.031
1991	12	8	7.4	11.6	1.4	1.6	3.7	1.402	0.035
1992	1	5	7.5	12.2	1.2	1.7	2.8	1.625	0.032
1992	2	4	7.5	13	1.3	1.7	2.8	0.7	0.019

1992	3	7	7.4	11.1	1.5	2.1	2.5	0.497	0.028
1992	4	12	7.7	10.8	1.3	1.6	3.5	0.42	0.051
1992	5	15	8	10.1	1.4	2	3.1	0.767	0.046
1992	6	21	7.9	8.9	1.8	1.9	2.5	0.842	0.041
1992	7	26	8.3	8.3	1.5	1.4	2.5	0.873	0.017
1992	8	26	8.4	8	1.6	2.6	1	1.109	0.024
1992	9	22	7.9	9.2	1.5	2.1	1.5	0.816	0.026
1992	10	16	8.3	10.8	1.5	1.9	1.5	0.911	0.029
1992	11	12	7.7	11	1.1	1.6	3.6	0.91	0.031
1992	12	5	7.6	11.9	1.6	1.1	4.2	0.426	0.002
1993	1	3	7.1	12.7	1.4	1.5	3.3	0.383	0.021
1993	2	2	7.1	13.2	1.4	1.6	2.1	0.357	0.053
1993	3	5	7	13	1.4	1.5	2.9	0.839	0.009
1993	4	8	7.3	13.5	1.4	1.6	3	0.265	0.011
1993	5	14	7.6	12.9	1.6	1.8	4.9	1.106	0.051
1993	6	20	7.6	10.5	1.5	1.8	5.1	0.138	0.005
1993	7	23	7.2	9.8	1.1	1.7	3.9	0.368	0.008
1993	8	25	7.2	8.9	1.6	1.8	3.6	1	0.021
1993	9	22	7.2	9.1	1.5	1.8	2.7	1.077	0.021
1993	10	20	7.3	9.8	1.5	2	5	0.964	0.021
1993	11	12	7.2	10.3	1.6	1.8	4.6	0.983	0.017
1993	12	3	7.2	10.3	1.5	1.7	3.6	0.933	0.017
1994	1	3	7.2	10.2	0.8	1.7	3.6	0.933	0.017
1994	2	3	7.2	12.1	1.1	1.5	2.6	1.28	0.051
1994	3	4	7.2	11.3	1.2	1.4	3.3	1.138	0.052
1994	4	15	7.3	12.6	1.9	2.3	4	1.145	0.045
1994	5	18	6.9	11.6	1.6	2	3.9	1.032	0.046
1994	6	22	7.2	11.1	1.6	2.1	3.5	1.105	0.051
1994	7	26	7.1	10.6	1.8	2.5	4	1.09	0.058
1994	8	31	7.8	10.7	1.9	2.6	6.2	1.073	0.06
1994	9	25	7.6	9.9	1.7	2.3	5	0.49	0.046
1994	10	20	7.2	10.5	1.8	2.4	4.5	0.617	0.079
1994	11	14	7.1	10.9	1.4	2.2	2	0.853	0.098
1994	12	10	7	12	1.1	2.4	1.9	1.419	0.135
1995	1	4	7.2	14.6	1.3	3.2	3.5	1.078	0.227
1995	2	3	7.4	14.7	1.3	3.4	1.4	0.871	0.19
1995	3	6	7.2	14.5	1.3	2.9	1.2	0.729	0.283
1995	4	11	7.2	15	1.5	2.7	2.7	1.038	0.047
1995	5	17	7.4	12	1.4	3	2.3	1.085	0.062
1995	6	24	7.3	11.7	1.4	2.3	1.7	1.032	0.066

1995	7	26	7.3	10.2	1.5	2.8	2.6	0.906	0.071
1995	8	25	7	9.3	1.7	2.9	13.6	1.058	0.735
1995	9	27	7.3	10.1	1.3	2.7	19.5	1.23	0.143
1995	10	23	7.1	11	1.4	2.2	11.6	2.929	0.374
1995	11	18	6.4	11.2	1.6	2.6	5.7	1.395	0.049
1995	12	5	6	12.1	1.7	2.5	2.9	2.206	0.023
1996	1	2	6.9	13.6	1.4	2.1	2.3	3.146	0.008
1996	2	1.5	7.5	14	1.2	1.7	2.2	1.824	0.012
1996	3	5	7.5	13	1.1	2	1.8	2.174	0.021
1996	4	8	7.8	12.1	1.5	2.2	3.6	1.918	0.041
1996	5	16	8.7	12.3	2	3.1	4.8	2.575	0.03
1996	6	18	8.8	11.4	1.9	2.3	4.1	1.808	0.023
1996	7	21	8	9.7	1.3	1.8	2.4	1.293	0.019
1996	8	24	7.9	9.7	1.7	3.6	17	1.805	0.046
1996	9	24	8.8	10.3	2.1	3.8	9.2	1.465	0.045
1996	10	18	7.4	9.2	1.3	2.9	5.9	1.579	0.034
1996	11	13	7.2	9.3	1.1	2.2	4.7	1.376	0.049
1996	12	7	7.2	10.7	1.2	1.8	3.8	1.437	0.047
1997	1	4	7.4	11.3	1.3	1.9	2.7	1.781	0.02
1997	2	3	7.2	11.5	1.3	2.3	2.8	2.042	0.05
1997	3	6	7.4	12.9	1.5	2.1	5.2	1.645	0.035
1997	4	10	8.7	13.3	1.6	3.5	6.3	1.452	0.04
1997	5	17	8.1	12.4	1.6	2.8	5.6	1.864	0.033
1997	6	18	7.8	11.7	1.8	3	4.8	2.243	0.052
1997	7	22	8	9.8	1.8	2.4	4.5	1.721	0.047
1997	8	26	8.3	10.2	1.6	3.2	5.3	1.781	0.019
1997	9	27	8.3	11.1	2.1	3.4	6.7	1.992	0.034
1997	10	20	7.9	9.9	1.7	2.7	5.4	2.15	0.041
1997	11	12	7.4	10.4	1.5	2.6	5.9	1.822	0.039
1997	12	7	7.3	12.9	1.2	2.4	3.7	1.703	0.042
1998	1	5	7.3	12.5	1.1	2.1	2.5	1.731	0.031
1998	2	6	7.6	13.8	1.1	2.1	4.4	1.853	0.03
1998	3	8	7.8	12.1	1.3	2.1	3.2	1.876	0.039
1998	4	13	8.3	12.8	1.3	2.4	4.1	1.979	0.041
1998	5	16	8	11.7	1.6	2.5	6.6	2.006	0.039
1998	6	18	8.6	10	1.5	2.4	4.5	1.823	0.027
1998	7	23	7.8	9	1.1	2	4.1	1.643	0.026
1998	8	21	7.6	9	1	2	3.4	1.582	0.027
1998	9	21	7.7	9.1	1.3	2.7	5.5	1.726	0.034
1998	10	20	8.3	10.1	1.4	2.7	7.1	1.793	0.029

1998	11	15	7.4	10.4	1.5	2.9	6.1	1.644	0.028
1998	12	7	7.1	11.4	1.4	2.6	2.5	1.745	0.031
1999	1	5	7.7	13.4	1.4	2.8	3	1.864	0.026
1999	2	2	6.9	13.1	1.2	2.2	2.8	1.477	0.024
1999	3	4	7.6	12.5	1.3	2.6	3.7	1.76	0.03
1999	4	8	7.8	11.9	1.3	2.7	4.5	1.731	0.029
1999	5	14	8.2	11.8	1.4	2.9	4.9	1.801	0.03
1999	6	19	7.7	10.3	1.4	2.9	3.2	1.793	0.03
1999	7	23	8.6	10	1.5	2.6	7.6	1.843	0.032
1999	8	29	8.4	9.4	1.3	2.5	21	1.69	0.035
1999	9	26	8.3	10.3	1.4	2.6	10.4	1.723	0.026
1999	10	20	8	10.4	1.2	2.6	5.6	1.682	0.023
1999	11	14	7.6	9.4	1.2	2.6	5.4	1.949	0.03
1999	12	9	7.7	9.7	0.9	2.1	2.2	2.451	0.023
2000	1	5	7.3	12.4	0.9	2.2	3.9	1.772	0.025
2000	2	4	7.2	12.4	1	2.2	3.1	1.714	0.027
2000	3	5	7.3	12.8	1	2.3	3.4	1.788	0.027
2000	4	9	7.6	12.9	1	2	3.7	1.698	0.027
2000	5	13	7.7	12.3	1.1	2.3	3.9	1.698	0.032
2000	6	19	7.8	11.1	1.1	2.5	3.8	1.754	0.036
2000	7	24	7.8	10.3	1.2	2.6	5.1	1.685	0.033
2000	8	28	8.6	11.8	1.3	2.7	5.8	1.789	0.031
2000	9	21	7.3	9.6	1.1	2.5	3.7	1.734	0.026
2000	10	18	7.5	10.8	1	2.6	3.8	1.762	0.026
2000	11	14	6.9	10.3	0.9	2.4	3.6	1.639	0.025
2000	12	10	6.7	11.6	0.9	3.7	2.3	1.727	0.029
2001	1	4	6.7	13.1	0.8	2.3	3.9	1.618	0.022
2001	2	3	6.7	13.1	0.8	2.3	4.1	1.706	0.029
2001	3	7	6.5	12.7	0.9	2.4	3.9	1.627	0.023
2001	4	10	7.2	12.6	1	2.1	3.8	1.82	0.034
2001	5	15	7.2	11.8	1.1	2.4	3.5	1.784	0.028
2001	6	22	7.3	11.2	1.2	2.5	3.5	1.682	0.027
2001	7	22	7.1	9.5	1.2	2.6	7.5	1.783	0.027
2001	8	23	7.2	8.9	1.1	2.7	8.7	1.681	0.026
2001	9	22	7.5	9.5	1	2.4	6.8	1.706	0.029
2001	10	18	7.8	9.9	0.9	2.5	6.2	1.666	0.021
2001	11	15	7.2	8.9	0.9	2.3	8.4	1.631	0.025
2001	12	7	7.3	9.8	1	2.3	8.5	1.675	0.024
2002	1	2	7.8	11.9	1	2.4	6.2	1.643	0.019
2002	2	5	7.9	12.7	1	2.5	4.8	1.736	0.024

2002	3	8	8.3	12.8	1.1	2.7	5.8	1.748	0.028
2002	4	11	7.8	12.4	1	2.4	4.9	1.734	0.025
2002	5	17	8	12	1.1	2.4	3.6	1.742	0.028
2002	6	22	7.9	11	1	2.4	5.4	1.731	0.027
2002	7	26	8	10.2	1	2.3	3.7	1.744	0.028
2002	8	24	7.8	9.4	1	2.4	4.7	1.686	0.028
2002	9	24	7.6	8.1	0.9	2.5	4.9	1.604	0.037
2002	10	18	7.4	9.4	1.2	2.7	5.3	1.534	0.024
2002	11	11	7.5	10.9	1.1	2.1	4.1	1.514	0.024
2002	12	4	7.7	9.6	1	1.7	2.6	1.383	0.014
2003	1	4	7.7	9.6	0.9	2	1.8	1.243	0.018
2003	2	3	7.7	12.1	1	2.5	1.6	1.538	0.019
2003	3	6	7.7	11.7	1.2	2.2	2.8	1.402	0.042
2003	4	10	8	11.3	1.2	2.5	4.4	1.091	0.034
2003	5	16	8	9.9	1.2	2.7	3.6	1.736	0.035
2003	6	19	7.8	9	1.3	2.7	3.5	1.83	0.026
2003	7	24	7.8	8.3	1.4	3.2	4.6	1.833	0.035
2003	8	26	7.9	8.3	1.6	3.3	7.6	1.858	0.041
2003	9	22	7.2	7.5	1	2.9	3.5	1.235	0.03
2003	10	17	7.4	9	1.1	2.3	6.7	1.859	0.031
2003	11	13	7.5	9.9	1.1	2.9	4.4	1.531	0.019
2003	12	9	7.3	11.9	1.1	2.1	2.3	1.688	0.019

<부록 4> 환경부 수집자료 (충주댐)(1989 — 2003년)

年	月	수온	PH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1989	1	7	8.2	10.8	1.1	1.4	6	1.267	0.01
1989	2	6	8	12.5	1.9	2	3.6	0.68	0
1989	3	7	7.8	12.2	1.9	1.9	1.6	0.43	0.03
1989	4	14	7.9	11.7	1	1.8	2.2	0.306	0.009
1989	5	17	8.5	11.3	1.2	1.6	1.4	1.125	0.014
1989	6	23	8.4	9.8	1	2.1	1.6	0.625	0.07
1989	7	29	8.2	10	1.2	2.5	2.2	0.499	0.031
1989	8	27	8.2	9.9	1.2	1.7	1.8	0.331	0.058
1989	9	24	7.4	9	1.2	1.7	1.6	1.373	0.006
1989	10	20	7.9	10.3	1.1	1.7	1.6	1.325	0.014
1989	11	14	8	10.7	1.3	1.7	2	0.901	0.009
1989	12	9	7.3	11	1.4	1.8	3.4	0.969	0
1990	1	2	7.3	11.1	1	1.6	2.2	0.062	0
1990	2	3.5	8.2	11.4	0.6	2.2	0.4	0.08	0.04
1990	3	8.4	7.6	13.4	1.1	1.8	0.6	0.106	0.042
1990	4	11	7.6	11.6	1.1	1	1.4	0.098	0.025
1990	5	17	7.4	10.5	1.1	1	2.2	0.1	0.021
1990	6	17	7.5	8.7	0.8	1	1.2	0.167	0.024
1990	7	24	7.6	9.4	0.9	2.4	3	0.749	0.109
1990	8	26	6.5	10	1.2	3.8	1.6	1.127	0.025
1990	9	24	7.2	9.5	0.6	1.2	1.2	1.706	0.028
1990	10	16	7.3	11.4	2	2	2	1.075	0.103
1990	11	20	7	7.1	1.5	1.4	3.6	0.544	0.026
1990	12	5	7	7.2	1.4	1.4	4.2	0.933	0.127
1991	1	6	7.8	10	1	1.5	0.2	0.682	0.135
1991	2	5	7.3	13.2	1.1	1	0.6	0.709	0.083
1991	3	9	7.1	13.5	1	1.1	0.6	0.515	0.078
1991	4	14	8	12.5	1	0.8	1	0.499	0.094
1991	5	15	8.1	11	0.8	0.8	1	0.502	0.093
1991	6	23	7.7	8.2	0.8	1.6	3.2	0.382	0.082
1991	7	25	7.8	8.3	1.1	1.3	3.3	0.294	0.007
1991	8	26	8.4	10.4	1.3	1.3	3.6	0.906	0.014
1991	9	25	7.6	8.3	1	2	0.8	0.798	0.013
1991	10	18	6.7	8	0.6	0.5	1.6	0.704	0.005
1991	11	14	7.3	8.9	0.7	0.6	0.4	0.733	0.005
1991	12	12	7.7	8.3	0.9	1.2	2	0.453	0.036
1992	1	7	7.7	11.3	0.7	1.9	2.4	0.785	0.05
1992	2	6	6.7	8.6	0.9	1.7	1.2	0.812	0.033

1992	3	11	7.8	11.3	1	1.3	3.1	0.756	0.03
1992	4	13	8	12	1	1.1	3.6	0.757	0
1992	5	16	7.9	10.8	1.2	1.2	3.6	0.658	0.05
1992	6	20	8.3	10.4	1.1	1.6	2.4	0.519	0.033
1992	7	24	8	10	1.2	1.7	2.7	0.6	0.043
1992	8	25	8.1	9.7	1.4	1.7	2.9	0.57	0.037
1992	9	24	7.5	10	1.2	1.6	2.5	0.598	0.038
1992	10	20	7.9	10.7	1.1	1.5	2.3	0.604	0.038
1992	11	11	7.8	11.1	1	1.4	2.2	0.565	0.026
1992	12	11	8.4	12.6	1.1	1.3	1.6	0.574	0.027
1993	1	6	7.8	13.3	0.9	1.3	1.3	0.552	0.024
1993	2	3	7.6	13.3	0.9	1.3	1.2	0.646	0.021
1993	3	7	7.9	13.4	0.9	1.3	1.2	0.809	0.021
1993	4	10	7.8	12.9	0.9	1.3	1.3	1.544	0.022
1993	5	19	7.9	12.5	0.9	1.4	1.2	1.486	0.024
1993	6	22	7.9	11.7	1	1.6	1.3	1.491	0.028
1993	7	25	8	10.2	1.1	1.7	1.4	1.581	0.028
1993	8	25	8	10.1	1.2	1.7	1.4	1.914	0.027
1993	9	24	8.1	9.3	1.2	1.7	1.7	1.835	0.028
1993	10	20	7.6	8.3	1.2	1.8	1.3	1.840	0.028
1993	11	17	7.1	7.2	1	1.9	1.2	1.477	0.019
1993	12	11	7.6	8.4	0.8	1.6	0.7	1.788	0.019
1994	1	7	7.4	9.6	0.8	1.6	1	1.666	0.022
1994	2	6	7.5	10.7	0.8	1.6	1.7	1.755	0.031
1994	3	5	7.6	12.5	0.7	1.3	0.9	1.523	0.018
1994	4	13	7.4	11.1	0.9	1.5	1.6	1.484	0.024
1994	5	17	7.7	10.1	0.9	1.6	1.9	1.418	0.017
1994	6	22	7.7	8.2	1	1.9	2.1	1.466	0.023
1994	7	29	7.8	9.1	1.1	2.4	1.2	1.582	0.015
1994	8	31	8.2	9.4	1	2.8	1.6	1.863	0.018
1994	9	26	8	7.9	1.1	2.6	2.6	2.268	0.037
1994	10	21	7.7	7.4	0.9	1.8	2.2	1.752	0.019
1994	11	22	7	6	0.8	1.8	2.8	1.779	0.023
1994	12	11	7.6	9.4	0.7	1.5	2.9	1.629	0.019
1995	1	8	7.8	11	0.9	1.2	2.2	1.108	0.02
1995	2	6	7.3	12	1	1.8	1	1.329	0.018
1995	3	6	7.1	10.7	0.8	1.5	2	1.932	0.021
1995	4	9	7.7	10.5	1	2	1.4	1.989	0.007
1995	5	15	8	11.7	1.1	2.1	2.1	2.351	0.008
1995	6	21	8.2	9.6	1	3.4	3	1.997	0.021

1995	7	25	8.2	9.3	1.1	2.2	2.1	5.424	0.016
1995	8	28	8.2	9.8	1.5	2.7	2.6	3.789	0.039
1995	9	24	8	8.6	1.2	3.4	2.3	4.77	0.059
1995	10	22	8	9.2	1.3	3.7	4.1	3.901	0.035
1995	11	15	7.3	9.4	0.8	2.4	3.8	3.529	0.026
1995	12	4.2	7.3	9.8	0.7	2.3	1.8	1.5	0.022
1996	1	1.9	7.8	10.6	0.7	1.7	1.5	1.949	0.032
1996	2	5	7.8	12.3	0.8	1.7	0.6	2.332	0.018
1996	3	6	7.3	10.2	0.8	2.4	1.1	2.228	0.02
1996	4	13	8	10.3	0.7	1.7	2.5	2.798	0.035
1996	5	15.3	8.1	9.3	0.8	2.3	2	3.243	0.039
1996	6	22.4	8.3	8.8	0.6	1.8	2.75	2.284	0.02
1996	7	24	7.8	8	1.1	2.6	2	5.129	0.036
1996	8	26.9	8.1	7.9	1.5	3.7	4.1	4.09	0.031
1996	9	26	8.1	8.1	0.9	3.1	2.3	3.528	0.032
1996	10	19	7.9	9.5	0.8	2.4	3	3.962	0.017
1996	11	13.5	7.8	9.9	1	2.2	3.9	4.84	0.006
1996	12	5	8	11.3	1	2	2.4	2.744	0.023
1997	1	3	8	12.4	1.1	1.4	2.5	3.063	0.016
1997	2	3.6	7.8	12.1	0.8	1.9	2.1	3.397	0.024
1997	3	5	7.9	11.6	1.2	2.1	4	3.179	0.018
1997	4	7	7.9	10.7	0.8	2.2	1.5	5.129	0.014
1997	5	15	8	9.6	0.7	1.8	2.3	2.293	0.007
1997	6	19	8	10.8	0.7	1.8	1.1	3.106	0.018
1997	7	23	8.5	8.7	1	2.6	1.4	3.974	0.052
1997	8	29	9.2	7.6	0.8	2.4	1.5	4.236	0.064
1997	9	26	7.9	7.6	0.9	2.2	5.8	3.22	0.09
1997	10	22	7.8	8	0.6	1.9	1.4	3.7	0.039
1997	11	16	7.6	7.9	0.65	2.2	2	1.827	0.04
1997	12	5	7.9	8.3	0.6	1.9	0.8	2.697	0.067
1998	1	4	8.1	12.1	0.6	1.8	2.5	2.171	0.031
1998	2	3	7.8	13.2	0.7	2.5	4.3	3.693	0.017
1998	3	7	8	11.5	1	2.8	3.8	3.671	0.051
1998	4	9	8.4	11.1	0.7	2.7	3	1.764	0.002
1998	5	19	8.1	9.5	0.9	2	1.9	5.885	0.003
1998	6	22	8.4	7.9	0.8	2	2	5.184	0.064
1998	7	25	8.9	8.8	0.8	2.8	1.1	5.238	0.06
1998	8	27	8.9	9.1	0.9	2.3	1.6	3.02	0.027
1998	9	27	8.9	10	1	3.1	2	2.064	0.033
1998	10	23	8.6	9.1	0.8	2.5	1.1	2.278	0.03

1998	11	18	7.4	7.7	0.9	2.2	1.4	2.832	0.007
1998	12	12	7.5	8.4	0.9	1.4	1.3	2.2	0.068
1999	1	8	7.6	7.9	0.9	1.7	0.5	2.07	0.017
1999	2	7	7.7	10.9	0.8	1.5	1.3	2.516	0.012
1999	3	7	8	11.4	1.1	2.4	1.6	2.56	0.269
1999	4	7.5	7.8	10.4	0.9	2.2	0.9	3.574	0.017
1999	5	17	8	9.6	0.9	1.8	1	3.73	0.015
1999	6	21.8	8.3	9	0.8	1.6	0.6	2.596	0.02
1999	7	26	8.6	7.8	0.8	2	0.9	2.199	0.012
1999	8	28.1	8.4	7.9	0.9	2	2	2.665	0.02
1999	9	27	8.8	8.2	0.8	1.6	0.7	1.736	0.029
1999	10	20	8.3	8.6	0.8	2.4	1.5	2.439	0.009
1999	11	16	8.1	9.5	0.8	2.1	1.4	2.5	0.014
1999	12	14	8	8	0.6	1.6	1.4	2.984	0.04
2000	1	8	7.7	11.9	0.9	1.8	0.4	2.321	0.006
2000	2	5	7.8	13	0.9	1.8	1	1.958	0
2000	3	5	7.6	13.8	0.9	1.7	1.3	2.268	0.01
2000	4	7	8.5	13.2	0.8	2	0.5	2.36	0.004
2000	5	15	8.3	10.5	0.9	2	1.2	2.471	0.025
2000	6	24	8.3	10.9	0.8	1.9	1.1	2.354	0.03
2000	7	27	8.2	8.2	0.8	1.7	1.3	2.338	0.018
2000	8	29	8.6	7.7	1	2.4	1.1	2.152	0.185
2000	9	25	8.2	6.7	0.9	2.5	1.2	2.116	0.012
2000	10	20	8.3	7.1	1	2.9	1.1	2.307	0.027
2000	11	17	7.8	6.1	0.8	2.2	1	2.503	0.022
2000	12	12	7.8	6.8	0.7	1.7	1.1	2.462	0.035
2001	1	6	7.7	9.1	0.7	1.8	2.3	2.397	0.099
2001	2	4	7.6	8.8	0.7	2	1.2	2.483	0.025
2001	3	5	7.3	10.5	0.7	1.5	1.3	2.368	0.01
2001	4	8	7.7	10	0.8	2	1.3	2.522	0.021
2001	5	16	8	9	0.8	1.9	0.9	2.488	0.021
2001	6	22	8	8.1	0.7	1.1	0.9	2.076	0.01
2001	7	26	8.3	8.2	0.8	2	0.9	2.175	0.006
2001	8	30	9	9	0.8	2.3	1.3	1.943	0.008
2001	9	27	8.8	9.2	0.8	2.8	1	1.872	0.023
2001	10	22	7.9	7.4	0.8	2.3	1	2.277	0.015
2001	11	18	7.7	8.4	0.7	2.5	1	2.064	0.009
2001	12	10	7.9	6.9	0.8	1.8	0.8	1.892	0.019
2002	1	7	7.5	9.1	0.7	1.9	0.7	2.037	0.015
2002	2	5	8	9.4	0.8	2.6	1.2	1.983	0.013

2002	3	5	7.9	8.8	0.7	2.6	0.4	2.076	0.042
2002	4	9	8	10.8	0.8	2.4	1.3	2.191	0.017
2002	5	16	8.1	8.5	0.7	2.2	1.2	2.66	0.017
2002	6	22	8.3	7.1	0.7	1.8	0.7	2.821	0.012
2002	7	27	8.8	8.8	0.7	1.8	0.8	2.67	0.019
2002	8	26	8.7	8.5	0.8	2.6	1.7	2.517	0.012
2002	9	24	8.3	7.8	0.7	2.5	1.8	2.271	0.021
2002	10	21	8.4	8.8	0.8	3.2	8.8	2.036	0.026
2002	11	15	7.5	9	0.8	2	3.2	2.068	0.022
2002	12	9	7.6	10	0.9	1.2	3.4	2.253	0.016
2003	1	7	7.8	10.8	0.8	1.7	1.3	2.267	0.013
2003	2	5	8.1	11.4	0.9	2.2	1.6	2.155	0.02
2003	3	5	8.8	11.9	0.9	1.9	2.1	2.03	0.016
2003	4	10	8.5	10.9	0.9	2.1	2.3	1.648	0.014
2003	5	17	8.4	9.4	0.9	1.5	2.1	1.992	0.029
2003	6	22	8.5	8.4	0.9	2.1	2	2.45	0.018
2003	7	25	7.8	8.2	1	2	2.1	2.72	0.017
2003	8	25	7.9	7.3	1	2	1.8	2.191	0.044
2003	9	24	7.9	8.2	0.8	2.8	2.8	2.358	0.043
2003	10	21	8.2	9.9	1	2.8	3.3	2.673	0.017
2003	11	15	7.6	9.7	0.9	2.1	1.5	2.499	0.012
2003	12	11	7.9	10.7	0.9	1.8	2.5	2.299	0.024

<부록 5> 환경부 수집자료 (팔당댐)(1989 — 2003년)

年	月	수온	PH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1989	1								
1989	2	5	7	13	1.9	3	1.7	3.349	0.052
1989	3	5	6.8	12	1.3	1	0.7	2.065	0.000
1989	4	9	7.3	12.6	1.2	1.8	5.5	0.457	0.026
1989	5	18	7.9	11.9	1.5	3.4	4.7	0.542	0.000
1989	6	24	8	10	1.2	3.2	5.3	0.554	0.007
1989	7	25	7.9	8.4	1.5	2.6	3.8	1.016	0.009
1989	8	25	7.9	8	0.9	2.2	7.5	1.062	0.067
1989	9	22	7.9	7.9	1	2	4.3	1.55	0.023
1989	10	17	8.2	9.2	1	1.8	3.7	1.289	0.124
1989	11	0	7.9	10.2	1	1.7	2.8	1.14	0.014
1989	12	3	7.5	11.9	0.8	1.6	2.8	1.346	0.007
1990	1	1	7.4	13.5	0.9	1.8	3.3	1.19	0.028
1990	2	2	7.4	13.9	0.9	1.6	2.4	1.447	0.042
1990	3	10.9	7.4	11.9	0.9	1.6	2.7	1.874	0.046
1990	4	11	7.5	10.7	1.1	1.6	3	1.624	0.028
1990	5	14.3	7.4	10.4	1.2	1.8	3	2.324	0.036
1990	6	18	7.4	9.4	1.2	2.1	5.5	1.263	0.024
1990	7	22	7.4	8.2	1.1	2	5.2	0.894	0.042
1990	8	27.4	7.8	8.7	1	1.8	2.9	1.148	0.1
1990	9	20.8	7.6	7.7	1	1.9	3.4	1.043	0.045
1990	10	18.2	7.8	9.3	1	1.8	3.1	1.032	0.07
1990	11	12	7.5	12.1	1.1	2	3.3	1.421	0.091
1990	12	3	7.6	13.4	0.9	1.5	2.8	1.031	0.029
1991	1	1	7.3	13.6	0.7	1.3	2.6	0.514	0.037
1991	2	1	7.2	13.1	0.8	1.4	2.6	0.657	0.045
1991	3	7	7.2	12.7	0.9	1.4	2.9	0.517	0.039
1991	4	10	7.3	11.1	1	1.6	2.9	1.147	0.049
1991	5	20	7.7	9.4	1	1.6	3.2	0.778	0.079
1991	6	22	7.5	8.7	1.3	2.2	3.6	0.879	0.095
1991	7	26	7.2	8.2	1.3	2.2	4	1.689	0.077
1991	8	30	7.7	7.6	1.2	1.6	2.8	1.105	0.074
1991	9	23	7.7	7.7	1.3	2	3.1	1.12	0.068
1991	10	19	7.7	8.4	1.4	2.1	3.2	0.72	0.056
1991	11	11	7.6	9.5	0.9	1.7	2.9	0.925	0.022
1991	12	6	7.4	11.2	0.8	1.5	3	1.019	0.042
1992	1	1	7.5	13.1	0.7	1.2	2.6	0.934	0.021
1992	2	1	7.5	12.9	0.8	1.4	2.6	1.003	0.023

1992	3	11	7.5	12.3	0.8	1.5	3.2	0.937	0.045
1992	4	11	8.1	11.1	1.1	1.6	3.3	1.096	0.054
1992	5	17	7.5	9.9	1.1	1.6	3.1	1.244	0.057
1992	6	17	7.8	9.4	1.2	1.9	2.6	1.355	0.041
1992	7	27	7.9	8.2	1.2	2	3.2	1.588	0.048
1992	8	25	7.7	8	1.4	2.2	3.8	1.907	0.081
1992	9	25	7.8	8	1.4	2.1	3.7	1.723	0.037
1992	10	18	7.7	8.4	1.3	2.2	3.4	1.45	0.062
1992	11	9	7.3	9.7	1.1	1.6	2.7	1.893	0.086
1992	12	5	7.4	11.7	0.9	1.5	2.9	1.13	0.044
1993	1	1	7.2	13.2	0.8	1.4	2.8	1.028	0.032
1993	2	3	7.4	12.9	0.9	1.6	3	1.037	0.040
1993	3	6	7.6	11.9	1.2	1.7	2.9	1.281	0.042
1993	4	12	7.5	10.7	1.3	2	3.3	1.680	0.038
1993	5	16	7.6	8.8	1.3	2.1	3.9	1.528	0.048
1993	6	19	7.6	9.4	1.3	2.4	3.6	1.517	0.036
1993	7	21	7.6	9	1.3	2.3	7.3	1.566	0.049
1993	8	22	7.5	9.1	1.1	2	7.5	1.099	0.035
1993	9	24	8.2	9.4	1.5	2.9	4.1	1.155	0.036
1993	10	17	7.7	9.2	1.2	2.3	4.3	1.269	0.026
1993	11	12	7.3	10.3	1.1	2.1	3.6	1.108	0.032
1993	12	5	7.3	12.1	1	2.1	2.7	1.096	0.026
1994	1	2	7.3	13.6	1.1	2.1	3.5	1.16	0.017
1994	2	3	7.9	13.2	1.2	2.1	3.2	1.147	0.02
1994	3	3	7.4	12.5	1.2	2.3	3.5	1.508	0.027
1994	4	15	8.2	11.9	1.5	2.9	5.7	1.72	0.036
1994	5	19	8	9.1	1.3	3	3.2	1.373	0.025
1994	6	21		8.4	1.3	2.9	3.2	1.148	0.023
1994	7	28	7.6	7.7	1.4	3.1	6.7	1.26	0.052
1994	8	29	8.2	7.9	1.5	3.3	7.4	1.57	0.049
1994	9	25	7.6	9.9	1.3	2.3	5	0.49	0.046
1994	10	20	7.6	8.4	1.2	2.6	5.6	1.52	0.03
1994	11	14	7.5	9.1	0.8	2.5	4.3	1.696	0.035
1994	12	9	7.4	10.9	0.9	2.3	3	1.906	0.02
1995	1	3	7.6	12.9	1.1	2.9	2.9	1.95	0.016
1995	2	2	7.9	12.8	1.4	2.7	3.1	1.44	0.015
1995	3	6	7.4	11.4	1.4	2	1.5	1.406	0.034
1995	4	9	7.5	10.7	1.2	2.3	2.8	1.537	0.034
1995	5	16	8.2	10	1.3	2.8	2.2	1.975	0.029
1995	6	21	8	10.4	1.5	3.4	3.3	1.748	0.036

1995	7	22	7.8	9.9	1.5	3.7	18.8	1.968	0.087
1995	8	25	7.7	9.2	1.6	4.8	8.8	2.184	0.067
1995	9	20	7.4	10	1.2	2.6	23.6	2.196	0.067
1995	10	19	8.3	10	1.2	2.8	4	2.17	0.03
1995	11	14	8.1	9.7	1.2	3.1	5.2	1.968	0.027
1995	12	5.6	8.5	11.9	1.2	2.1	2.7	1.882	0.046
1996	1	1.9	8.5	12.5	1.1	2.5	2.4	1.747	0.043
1996	2	1.6	7.2	13.1	1.2	2.4	2.7	1.958	0.018
1996	3	3.5	7.8	12.5	1.2	2.4	2.1	2.009	0.021
1996	4	8.4	8.2	12.4	1.4	3.1	5.5	2.167	0.022
1996	5	15	8.8	11.3	1.5	3.3	4.4	2.991	0.02
1996	6	22	8.1	9.9	1.4	2.6	1.6	1.995	0.019
1996	7	22	7.6	8.6	1.4	2.5	5.5	2.631	0.063
1996	8	26	8.3	9.5	1.6	3.5	14.3	2.091	0.051
1996	9	25	8.5	10.7	1.6	3.3	3.8	1.814	0.026
1996	10	20	7.9	8.4	1.3	2.4	4.4	2.143	0.039
1996	11	14	8.2	8.7	1.4	2.9	4.3	2.126	0.036
1996	12	5	7.8	12.5	1.4	3	4.5	2.053	0.022
1997	1	1	7.8	13.2	1.4	3.1	3.9	2.554	0.033
1997	2	1	8.6	12.6	1.4	2.8	3.1	2.412	0.036
1997	3	5	8.3	11.9	1.6	3	4.7	2.481	0.03
1997	4	11	8.3	9.9	1.9	3.6	4.4	2.83	0.036
1997	5	16	8.3	8.9	2.1	3.6	4.8	2.303	0.039
1997	6	18	8.1	8.8	1.7	3.4	4.8	3.085	0.079
1997	7	22	8	9	1.4	3.3	7.7	2.584	0.072
1997	8	25	8	8.9	1.4	3	6.1	2.345	0.057
1997	9	26	8.3	8.9	1.4	2.8	4.6	2.112	0.045
1997	10	19	8.5	9.8	1.2	2.7	5.8	1.856	0.034
1997	11	14	8.7	10.4	1.3	2.9	4.1	1.912	0.04
1997	12	6	8.4	11.5	1.3	2.9	5.7	2.251	0.043
1998	1	3	8.7	11.7	1.3	2.8	5.5	2.368	0.037
1998	2	2	9.3	11.6	1.6	3.1	5.2	2.189	0.027
1998	3	6	9.4	12.8	2	3.8	5.5	2.674	0.034
1998	4	12	9.2	12.8	2	3.9	6.3	2.632	0.058
1998	5	17	9.1	12.3	1.8	3.2	5.2	2.501	0.042
1998	6	20	8.9	10.6	1.6	3	4.4	2.137	0.028
1998	7	23	8.1	9.4	1.5	3	5	2.249	0.045
1998	8	23	8.1	8.8	1.3	2.9	26.4	1.974	0.076
1998	9	24	8.7	10	1.3	2.9	6.6	2.069	0.035
1998	10	22	8.9	9.5	1.5	3.2	5.6	1.853	0.042

1998	11	15	8.6	10.5	1.1	2.5	5.3	2.041	0.031
1998	12	7	8.7	10.9	1.2	2.3	2.3	2.16	0.02
1999	1	3	8.5	13.5	1.4	2.7	2	2.425	0.02
1999	2	2	9.1	13	1.4	2.9	3	2.139	0.019
1999	3	5	8.5	12.4	1.4	2.9	3.1	2.183	0.043
1999	4	9	8.5	12.1	1.9	3.1	6.5	2.485	0.04
1999	5	17	9.3	12.5	1.9	3.2	4	2.535	0.038
1999	6	20	8.7	10.7	1.7	2.9	4.4	2.067	0.029
1999	7	24	9	9	1.7	3	3.1	2.027	0.028
1999	8	24	8.2	9.8	1.3	2.9	34.2	2.152	0.063
1999	9	24	8.4	9.8	1.6	2.8	6.3	2.413	0.053
1999	10	18	7.7	10.3	1.5	2.8	8.9	2.131	0.047
1999	11	14	7.9	10.8	1.3	2.9	3.3	2.002	0.035
1999	12	8	8.4	12	1.3	2.7	1.8	2.27	0.017
2000	1	3	8	13.7	1.1	2.7	1.8	2.076	0.012
2000	2	3	7.9	13.6	1.1	2.3	2.5	1.973	0.014
2000	3	4	8.3	14.2	1.2	2.8	3.8	1.785	0.028
2000	4	9	8.8	13.1	1.6	3.2	5.4	1.815	0.027
2000	5	16	9.1	11.5	1.9	3.7	3.4	1.982	0.035
2000	6	22	8.8	10.7	1.5	3.9	3.5	2.156	0.033
2000	7	27	9.4	10.7	1.8	4.2	6.5	2.047	0.049
2000	8	27	8.4	9.7	1.8	4.4	8.3	2.337	0.056
2000	9	21	7.8	9.8	1.2	2.7	11.1	2.089	0.074
2000	10	19	8.8	11	1.3	2.9	6.7	1.943	0.028
2000	11	14	9.1	11	1.3	3	6.6	1.801	0.019
2000	12	8	8.3	11.2	1.1	2.6	4.5	2.146	0.023
2001	1	2	8.3	12.8	0.9	2.5	3.3	1.991	0.013
2001	2	1	8.2	13.2	1	2.1	1.6	1.831	0.015
2001	3	3	8.4	12.6	0.9	2.6	3	2.288	0.031
2001	4	10	9.2	11.5	1.3	3.7	3.2	2.069	0.054
2001	5	17	9.5	10.1	1.8	4.1	3.5	2.072	0.059
2001	6	23	9	8.5	1.6	3.7	3.6	1.792	0.034
2001	7	23	8.4	8	1.3	3.9	5.8	2.442	0.081
2001	8	25	8.4	7.9	1.3	5.2	13.3	2.213	0.111
2001	9	27	9.4	8.6	1.5	3.9	5.5	2.091	0.059
2001	10	21	8.8	9.2	1.5	3.5	6.8	2.207	0.055
2001	11	16	8.6	10.6	1.4	3.1	2.1	2.095	0.042
2001	12	7	8.3	12.5	1.2	2.9	1.2	2.095	0.042
2002	1	2	8.7	14.1	1.1	2.7	1.5	2.003	0.03
2002	2	3	8.7	13.8	1	3.3	3.7	2.068	0.02

2002	3	6	8.7	12.8	1.2	3.6	3.8	2.22	0.017
2002	4	12	8.7	11.7	1.4	3.1	3.3	2.246	0.064
2002	5	18	8.9	10.1	1.7	4	3	2.426	0.073
2002	6	23	8.8	8.7	1.6	3.4	2.8	2.416	0.05
2002	7	25	8.4	8.1	1.7	3.5	4.4	2.313	0.048
2002	8	26	8.4	8	1.5	3.7	6.2	2.139	0.067
2002	9	22	8.1	8.6	1.4	3	9.9	2.393	0.064
2002	10	20	8.4	8.6	1.4	3.2	5.3	2.321	0.052
2002	11	11	8.7	10.5	1.4	2.8	4.5	2.275	0.057
2002	12	5	8.6	11.2	1.2	2.7	3.2	2.279	0.06
2003	1	2	8.4	12.3	1.1	2.6	2.2	2.179	0.059
2003	2	2	8.9	13.1	0.9	3	3.1	2.202	0.054
2003	3	5	9	12.2	1.1	2.3	3.5	2.219	0.046
2003	4	11	9.6	11.9	1.3	3.6	6.5	2.387	0.03
2003	5	16	8.5	8.5	1.4	2.5	5.2	2.319	0.047
2003	6	20	8.7	8.6	1.3	3	3.3	2.255	0.043
2003	7	23	8.5	8.5	1.9	3.6	4.6	2.458	0.046
2003	8	23	7.7	8.5	1.3	3.5	7.3	2.447	0.068
2003	9	21	8.2	8.7	1	3.5	15.9	2.914	0.149
2003	10	19	8.5	9.2	1.2	3.2	12	1.708	0.065
2003	11	14	8.1	9.7	1.3	3.5	4.6	1.743	0.038
2003	12	8	7.3	11	1.2	3	2.8	2.137	0.048

<부록 6> 환경부 수집자료 (노량진)(1989 ~ 2003)

年	月	수온	PH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1989	1	2	6.8	9	4.7	6.6	4.4	1.711	0
1989	2	4	6.9	9.8	5.1	7.8	8.3	6.542	0.556
1989	3	4	7.1	11.4	3.5	5.8	23	3.33	0.152
1989	4	11	7.2	8.3	4.1	6.2	11.4	2.808	0.084
1989	5	20	7.5	6.4	4.9	5.9	11.5	3.038	0.101
1989	6	21	7.5	7.6	3.5	5.4	31	1.955	0.152
1989	7	24	7.2	7.7	3.7	6	11.5	2.529	0.016
1989	8	28	7.5	8	1.9	4.1	12.5	2.516	0
1989	9	21	7.5	7.9	1.8	3.2	14	1.626	0.043
1989	10	18	7.5	8.7	2.6	2.6	7.8	2.807	0.123
1989	11	12	7.5	9.4	2.8	3.3	7.3	3.012	0.034
1989	12	5	7.6	12.6	2.6	3.6	9	2.193	0.128
1990	1	1	7.7	13.4	4.3	6.1	9	4.635	0.139
1990	2	3	7.6	13	4.5	5.9	14.4	4.963	0.096
1990	3	6	7.9	11.5	4.1	6.2	16.5	3.374	0.125
1990	4	13	7.5	10	3.6	4.2	12.9	2.977	0.102
1990	5	18	7.9	9.4	3.1	3.9	16.9	2.578	0.067
1990	6	19	7.5	8.8	2.7	3.9	10.6	2.013	0.186
1990	7	21	7.2	9.3	2.4	3	15	0.853	0.138
1990	8	25	7.5	8	1.9	3.4	7.5	2.055	0.283
1990	9	21	7.6	8.4	1.4	3.1	11.5	1.867	0.184
1990	10	18	8.1	8.3	4	6.6	7.9	3.031	0.077
1990	11	11	7.6	8.4	4.1	5	6.9	2.313	0.185
1990	12	9	7.7	10.3	4.3	4.6	6.4	1.498	0.183
1991	1	3	7.3	10.9	4.6	6	4	1.669	0.205
1991	2	2	7.7	11	4.5	6	10.7	3.513	0.153
1991	3	7	7.5	9.8	4.9	6	5.4	4.09	0.246
1991	4	16	7.5	9.3	4.3	5.5	9.2	1.973	0.219
1991	5	18	7.9	8.7	4.4	4.7	7.6	2.46	0.172
1991	6	21	7.6	8.2	4.9	5.4	6.4	3.501	0.141
1991	7	24	7.7	8.3	2	5.3	5.3	1.764	0.062
1991	8	24	8	8.5	2.4	3.5	5.6	2.88	0.102
1991	9	24	8.1	8.5	3	4.5	5.4	2.613	0.123
1991	10	18	7.3	8.8	3.6	4.2	5.5	3.864	0.145
1991	11	11	7.4	10	4.4	4.9	5	3.687	0.156
1991	12	5	7.3	10.3	4.3	4.5	7.7	3.662	0.231
1992	1	4	7.2	11	4.3	4.9	6.2	3.497	0.228

1992	2	4	7.3	11.5	4.5	6.1	6.3	3.51	0.244
1992	3	9	7.5	11.2	4.7	6	7.5	1.839	0.202
1992	4	10	7.6	8.7	4.5	5	8	2.112	0.238
1992	5	18	7.7	8.7	4.3	4.9	7.1	2.422	0.128
1992	6	20	7.8	7	4.7	5.5	7.2	2.526	0.12
1992	7	26	7.9	8.2	3	4	6.5	2.824	0.135
1992	8	27	7.3	7.8	2.4	3.4	5.5	2.784	0.159
1992	9	24	7.1	7.5	2.5	3.2	5	2.136	0.156
1992	10	19	7	7	2.9	3.7	6	2.651	0.157
1992	11	12	7.5	9.5	2.3	3.4	4.3	2.619	0.15
1992	12	6	7.6	10.9	3	4.1	5.8	2.655	0.148
1993	1	3	7.5	12.2	3.5	5.5	7.7	3.468	0.164
1993	2	4	7.6	11.4	4.6	5.7	10.5	3.625	0.230
1993	3	6	7.6	11.3	4.5	5.7	7.4	4.094	0.167
1993	4	11	7.6	10.1	4	5.4	8.9	3.337	0.141
1993	5	16	7.5	8.8	3.3	4.2	7.7	2.561	0.114
1993	6	18	7.6	8.9	2.4	3.3	9.3	1.227	0.094
1993	7	21	7.3	8.4	2.6	3.6	13.4	2.244	0.118
1993	8	23	7.6	8.8	2	2.6	15.7	2.209	0.061
1993	9	25	7.4	6.3	2.1	3.2	8.7	2.647	0.165
1993	10	20	7.1	5.2	2.5	3.9	6.5	3.432	0.253
1993	11	12	7.2	5.7	2.9	4.1	4.3	3.897	0.243
1993	12	6	7.2	8	2.6	4.7	5.4	4.615	0.253
1994	1	3	7.5	11.1	3.9	5.4	9.8	4.115	0.207
1994	2	4	7.5	11.7	4.2	6.4	9.1	3.257	0.262
1994	3	8	7.5	9.4	4	6.2	9	4.456	0.238
1994	4	15	7.7	7.9	4.6	5.8	8.4	3.486	0.189
1994	5	19	7.4	7	3.5	4.7	4.8	3.34	0.225
1994	6	24	7.3	5.5	3.6	4.2	5.3	4.065	0.202
1994	7	26	7.6	7.2	3.3	4.1	5	5.203	0.137
1994	8	29	7.7	5.7	2.7	4.4	6.5	4.162	0.256
1994	9	20	7.5	5.9	2.3	4.1	7	3.46	0.179
1994	10	23	7.5	5.8	2.3	4.4	10	3.261	0.244
1994	11	15	7.2	6	2.5	4	6.2	5.044	0.334
1994	12	8	7.3	7	2.8	5	7.6	3.908	0.307
1995	1	5	7.4	9	4	5.6	6	3.525	0.251
1995	2	5	7.5	7.5	4.2	6	5.9	5.814	0.323
1995	3	7	7.7	8.5	4.5	6.3	7	6.549	0.31
1995	4	12	7.9	9.7	4.7	6.8	13.4	7.176	0.302
1995	5	17	7.6	10.2	5	6.6	11	6.826	0.348

1995	6	22	7.5	8.8	3.8	5.8	9.8	4.791	0.266
1995	7	25	7.6	7.4	4.3	6	19.4	3.934	0.429
1995	8	25	7.4	8.3	2.9	4.1	20	1.729	0.086
1995	9	23	7.2	8.8	2.4	3.6	34.5	3.44	0.069
1995	10	20	7.3	7.9	3	4.1	6.5	6.043	0.185
1995	11	14	7.4	8.8	3	4.9	9.2	5.375	0.262
1995	12	7.5	7.3	9.5	3.3	5.6	8.7	9.888	0.297
1996	1	3	7.3	11.2	4.5	6.2	8.2	9.234	0.308
1996	2	3.4	7.5	11	4.5	6.6	9.5	9.9	0.277
1996	3	4.7	7.7	8.2	5	7.2	10.9	8.364	0.425
1996	4	9.7	8	7.4	5	7	13.7	9.636	0.424
1996	5	16	7.9	6.3	4.1	6	13.6	4.98	0.261
1996	6	22	7.6	6.5	4.3	5.6	9.6	6.958	0.257
1996	7	23	7.8	8.1	2.3	3.7	13.8	5.88	0.211
1996	8	26	7.6	9.2	2.1	3.9	34.8	4.77	0.251
1996	9	25	7.7	8	2.9	5.4	10.1	5.963	0.242
1996	10	21	7.7	9.7	4.7	6.9	12.9	4.124	0.118
1996	11	15	7.3	7.9	3.6	5.6	6.4	4.613	0.147
1996	12	6	7.5	11.2	3.4	5.6	6.6	5.409	0.477
1997	1	4	8	11.1	4.3	6.4	6.9	6.351	0.834
1997	2	3	8.2	12	4.3	7.3	8.4	8.137	0.458
1997	3	8	7.8	9.9	5.7	9.3	12	9.303	0.476
1997	4	12	7.9	8.9	6.1	9.2	10.2	10.117	0.492
1997	5	18	8.1	8.5	6.3	8.9	13.2	8.315	0.489
1997	6	20	7.9	8.5	2.5	4.4	11.8	4.499	0.207
1997	7	23	8.1	8.5	1.9	3.4	14	3.494	0.123
1997	8	27	8	7	2	4.3	15.6	3.918	0.152
1997	9	27	8	5.1	3.1	4.9	7.7	4.448	0.212
1997	10	20	8	6.5	4.1	6.3	12.7	5.237	0.343
1997	11	15	7.8	11.8	4.3	7.1	11.3	6.014	0.336
1997	12	8	7.7	11.2	4.8	5.7	8.8	5.451	0.272
1998	1	5	7.8	12	4.8	6.1	9.6	6.752	0.336
1998	2	4	7.8	13.4	5.4	7	10.7	7.938	0.382
1998	3	8	8.3	12.2	5.2	6.3	10.5	5.472	0.274
1998	4	13	8.2	10.6	4.9	5.9	13	7.102	0.199
1998	5	19	7.6	10.7	3.4	4.2	8.9	5.301	0.094
1998	6	21	8.2	8.8	3	4.5	8.5	6.29	0.136
1998	7	23	8	8.4	2.2	4.4	22.7	6.094	0.129
1998	8	24	7.5	8.8	2.2	4	15	4.21	0.136
1998	9	25	8	8.2	2.1	3.8	8.6	4.572	0.118

1998	10	22	8	9.3	2.7	4.5	9	6.785	0.212
1998	11	16	7.9	9.8	3	4.5	9.9	7.882	0.221
1998	12	8	8	8	3.9	5.3	7	7.077	0.336
1999	1	4	7.7	9.5	5	6.6	8.3	8.368	0.384
1999	2	3	7.9	11	5.3	7.2	10.5	8.474	0.339
1999	3	8	7.6	8.8	6.3	6.8	9	5.75	0.37
1999	4	10	7.7	8.5	3.9	5.7	8.6	5.286	0.194
1999	5	18	8	8.1	3.6	5.5	11	4.452	0.18
1999	6	20	7.7	7	3.5	4.6	9.2	5.587	0.146
1999	7	24	7.8	6.6	2.8	5	9	3.322	0.098
1999	8	26	7.6	7.7	2	4.5	32.3	5.037	0.175
1999	9	25	7.3	7.7	2.1	4	14	4.191	0.142
1999	10	18.7	7.3	6	1.3	3.8	14.7	3.701	0.138
1999	11	14.1	7.2	8.3	1.4	3.6	5.4	5.058	0.148
1999	12	8.7	6.9	10.1	2.3	4.1	5.1	6.083	0.22
2000	1	3	6.8	10.1	2.5	4.8	6.5	6.881	0.193
2000	2	3	7.6	10.7	2.1	4.3	3.8	5.701	0.144
2000	3	5	7.7	11	2.9	5.7	7.4	8.268	0.251
2000	4	11	7.4	8.9	4	6.7	10.6	6.917	0.296
2000	5	18	7.4	8	4.4	6.9	8	7.19	0.274
2000	6	22	7.2	6.1	2.7	5	4.4	5.296	0.21
2000	7	26	7.4	8.6	2.9	5.5	7.4	5.151	0.205
2000	8	26	6.9	6.8	2.8	5.7	14.5	5.907	0.214
2000	9	22	7.3	6.5	1.7	3.6	9.6	3.684	0.136
2000	10	19	7.9	7.2	1.9	3.9	6.7	4.609	0.102
2000	11	15	7.3	6.1	2	4.5	8.7	5.154	0.188
2000	12	7	6.9	6.5	2.3	4.7	7.8	5.559	0.206
2001	1	3	7.1	9.6	2.9	6.1	5.5	8.888	0.301
2001	2	3	7.6	10.8	3.8	7.2	6.2	8.617	0.347
2001	3	6	7.6	11.1	4.8	8.4	12.2	8.438	0.313
2001	4	11	7.8	11	5.1	8.8	13.6	7.655	0.336
2001	5	19	7.5	8.8	5.8	8.2	8.4	8.052	0.336
2001	6	24	7.4	8.2	4	7.6	8.8	9.962	0.447
2001	7	24	7.7	11.2	2.5	4.8	16.9	4.203	0.189
2001	8	24	7.4	10.9	1.6	4.4	36	3.617	0.139
2001	9	26	7.2	8.3	1.9	5	10	4.95	0.219
2001	10	21	7.3	8.9	2.2	5.2	10.3	6.537	0.327
2001	11	14	7.1	8.4	2.7	5.5	7.8	7.879	0.339
2001	12	7	7.2	7.2	3.2	5.8	5	9.204	0.409
2002	1	4	7.3	11.6	3.6	6.4	5.4	11.437	0.435

2002	2	4	7.4	10	3.9	6.6	8.2	9.956	0.383
2002	3	8	8	12.4	6	11.6	16	13.382	0.558
2002	4	13	7.8	9	6.3	9.8	15.3	9.879	0.464
2002	5	18	7.7	7.4	4	6.7	8.6	6.628	0.279
2002	6	23	7.8	5.9	3	5.6	8.8	5.606	0.253
2002	7	23	7.2	3.8	2.1	5.2	9.3	4.96	0.262
2002	8	24	7.1	4.1	1.8	4.4	16.4	4.279	0.165
2002	9	22	7.2	4.8	1	3.5	17.2	4.048	0.125
2002	10	20	7.2	4.6	2	4.7	8	7.238	0.235
2002	11	11	7.5	6.6	2.6	5.5	9.1	9.365	0.258
2002	12	6	7	7	3.2	4.5	5.4	8.106	0.273
2003	1	5	7.1	9.1	4	6	6	8.31	0.365
2003	2	4	7.5	11.8	5.8	7.8	10.2	9.932	0.414
2003	3	7	7.7	8.4	5.5	7.8	11.8	8.796	0.32
2003	4	13	7.9	7.8	5.1	7.1	10.6	6.452	0.335
2003	5	16	7.2	6.6	2.1	4	9.1	5.177	0.118
2003	6	20	7.4	5.9	1.5	3.3	6.9	4.961	0.108
2003	7	23	7.3	5.2	1.5	4.2	18.1	3.925	0.135
2003	8	23	7.2	4.8	1.5	3.7	16.5	3.279	0.129
2003	9	21	7.3	5.5	0.9	3.6	24.9	2.426	0.074
2003	10	19	7.2	5.2	1	3.3	10.9	5.014	0.147
2003	11	14	7.2	5.3	2.3	4.7	5.2	4.942	0.225
2003	12	8	7.4	6.6	2.5	4.3	3.8	7.074	0.234

<부록 7> 환경부 수집자료 (가양)(1989 ~ 2003)

年	月	수온	PH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1989	1	2	6.8	5.6	7.8	7.4	5.8	2.302	0.716
1989	2	2	7.4	7.8	8.9	7.2	10	6.141	1.144
1989	3	2	7.3	12.1	5.4	6.6	26	2.141	0
1989	4	5	6.9	8.1	7.6	7.8	11	2.377	0.073
1989	5	21	7.6	6.8	9.3	9.6	23	2.719	0.131
1989	6	20	7.2	7.2	7.5	6.4	52.5	3.524	0.177
1989	7	26	7.5	4.9	7.4	7.2	13.3	2.771	0
1989	8	28	7.6	7	3.9	4.8	39.3	3.389	0
1989	9	22	7.3	7.6	3	2.2	12.7	1.226	0.044
1989	10	19	7.4	8.9	3.5	3.6	11.5	2.014	0.161
1989	11	14	7.4	5.4	4	3.6	3	3.229	0.154
1989	12	4	7.6	10	3.1	3.4	6.5	3.293	0.307
1990	1	1	7.6	9.5	5.5	7.4	10	5.542	0.37
1990	2	2	7.5	11.6	5.3	6.6	9.5	4.997	0.255
1990	3	3	7.6	9.8	6.2	7.5	21	4.408	0.187
1990	4	13	7.7	10.6	6	4.6	8.3	2.136	0.108
1990	5	12	7.9	10.3	5	4	23	3.129	0.089
1990	6	21	7.7	8.3	3.6	3.5	9.2	3.203	0.172
1990	7	22	7.2	8.7	3.2	3.5	17.5	1.47	0.122
1990	8	26	7.3	6.8	2.9	3.5	20	1.491	0.119
1990	9	22	7.4	8.2	1.6	2.7	23	1.34	0.129
1990	10	18	7.9	8.2	5.6	7	7.8	2.036	0.181
1990	11	14	7.9	6.5	6.1	6.9	5.2	3.29	0.366
1990	12	8	7.9	6.8	5.4	6	8.4	0.935	0.064
1991	1	2	7.4	9.4	5.1	6.3	4	0.829	0.128
1991	2	2	7.5	7.7	6.2	7.1	6.2	3.405	0.164
1991	3	7	7.4	8.1	6.2	7.5	5.2	4.172	0.184
1991	4	16	7.7	7.3	4.2	4.4	5.4	3.037	0.161
1991	5	18	7.9	8.7	4.1	4.2	4.9	3.154	0.157
1991	6	23	7.5	6.1	5.2	5.7	9	3.141	0.126
1991	7	25	7.9	8.1	3.3	5.2	7.6	1.815	0.086
1991	8	25	8	6.9	4	4.6	5.2	3.148	0.09
1991	9	24	8.1	8.4	3.6	4.5	6.3	2.6	0.134
1991	10	18	7.4	7.7	4.8	5.6	6.5	3.407	0.119
1991	11	11	7.4	9.4	6.5	6.6	6.8	4.584	0.199
1991	12	5	7.5	9.3	4.5	4.8	6.6	3.416	0.215
1992	1	4	7.2	9.2	4.7	5.4	5.8	3.771	0.238

1992	2	5	7.3	10.6	5.2	5.9	6.3	3.867	0.585
1992	3	9	7.4	8	5.9	8.3	7.2	3.243	0.285
1992	4	11	7.5	7	5.8	6.1	9.6	3.276	0.313
1992	5	18	7.9	8.5	4.8	5.8	6.5	2.225	0.106
1992	6	20	8	5.8	5.4	6.8	7	2.694	0.122
1992	7	26	7.8	5	3.3	5	7	2.924	0.179
1992	8	27	7.1	5.5	3.4	4.7	7.2	2.968	0.259
1992	9	24	7.1	6.7	3.2	3.8	7.5	2.228	0.156
1992	10	19	7.1	6.3	3.4	3.8	8	3.363	0.192
1992	11	12	7.4	8	3.1	3.8	5.5	2.881	0.189
1992	12	6	7.5	9.3	3.4	4.2	6.5	2.892	0.173
1993	1	3	7.5	11.1	4.6	7.1	8.3	4.231	0.194
1993	2	4	7.3	8.7	5.4	7.8	11.6	4.934	0.360
1993	3	7	7.6	9.3	6	7.8	8.2	4.315	0.219
1993	4	11	7.5	8.1	5.9	7.6	11.7	5.048	0.258
1993	5	17	7.4	6.8	4.1	5.2	8.6	3.229	0.154
1993	6	19	7.4	7.1	3.5	4.7	11.7	1.907	0.128
1993	7	21	7.2	5.1	3.3	5	17.3	3.845	0.251
1993	8	23	7.4	5.7	2.9	3.7	22.8	3.535	0.179
1993	9	25	7.3	3.3	2.8	3.7	14.1	4.024	0.215
1993	10	20	7	3.9	3.1	5	14	3.944	0.310
1993	11	13	7.3	4.3	3.3	5.8	14.6	5.196	0.302
1993	12	6	7.2	6	3.2	5.4	9.7	5.223	0.303
1994	1	3	7.5	9	4.9	6	10.5	4.57	0.229
1994	2	4	7.5	10.3	5.1	7	12.4	3.714	0.302
1994	3	8	7.3	7.2	6.2	8.2	12.4	6.193	0.294
1994	4	15	7.6	5.8	4.5	6.4	9	4.044	0.232
1994	5	19	7.3	4.9	4.1	6	6.3	5.757	0.376
1994	6	24	7.3	5.4	4.1	4.9	5	4.51	0.303
1994	7	27	7.4	6.6	4	4.6	7.7	4.914	0.192
1994	8	29	7.5	5.9	4.6	5.6	8	6.228	0.359
1994	9	26	7.6	4.9	3.9	4.5	11.2	4.866	0.234
1994	10	24	7.4	5.7	3.7	5.5	12	3.009	0.232
1994	11	14	7.2	5	3.4	5.3	18.6	3.76	1.602
1994	12	9	7.3	6	3.4	5.8	15.9	3.243	0.23
1995	1	4	7.4	8	3.9	6.4	12.6	5.377	0.284
1995	2	5	7.4	8	4	5.9	11.6	5.771	0.393
1995	3	7	7.5	7.6	4.2	7	9.7	6.494	0.33
1995	4	13	7.6	9.5	5	8.4	13.1	6.228	0.319
1995	5	16	7.5	9.8	4.7	6.3	13.4	6.736	0.351

1995	6	22	7.3	8.9	3.9	6.9	12.6	6.89	0.336
1995	7	25	7.3	3.4	4.5	6.9	38.8	6.228	0.243
1995	8	25	7.2	5.9	3.9	5.9	42.3	2.557	0.216
1995	9	23	7.1	8.5	4.4	6.1	78.1	4.779	0.271
1995	10	19	7.2	6.3	3.5	5.2	15	7.109	0.218
1995	11	14	7.4	7	4.6	7.2	16.1	6.224	0.319
1995	12	7.8	7.3	7.9	6	8.2	8.4	18.976	0.353
1996	1	3	7.3	10.7	5	6.9	8.2	10.122	0.356
1996	2	3.2	7.5	9	5.4	7.6	11.9	10.014	0.318
1996	3	5.4	7.6	7.7	6.2	9.2	12.8	10.722	0.43
1996	4	11.3	7.8	6.3	6.7	10.2	20.7	10.38	0.533
1996	5	16	7.8	5.9	5.4	8.4	14.3	7.954	0.412
1996	6	23	7.5	5.6	5.8	8	17.2	7.403	0.323
1996	7	23	7.5	6.8	4	5.6	14.9	6.474	0.275
1996	8	26	7.4	7.9	3.3	6.6	47.5	6.48	0.298
1996	9	26	7.4	6.7	4.2	6.5	18.4	7.422	0.278
1996	10	21	7.4	8	5.2	7.8	22.7	4.888	0.111
1996	11	15	7.3	6.3	4.5	7.2	12.7	4.835	0.172
1996	12	7	7.6	9.8	4.3	7	8	5.426	0.514
1997	1	5	8	11	4.9	7.3	10.3	5.885	0.902
1997	2	3	8.2	11.3	6.2	9.2	10.9	11.737	0.546
1997	3	10	8	10.3	6.9	12.5	25.2	10.797	0.521
1997	4	13	8	8.2	8.2	12.4	17.8	11.491	0.564
1997	5	19	7.8	6.2	7.5	10.5	21.4	9.46	0.733
1997	6	21	7.5	7	6	8.5	21	6.769	0.335
1997	7	24	7.8	7.1	3.6	5.4	32	4.729	0.228
1997	8	28	8.1	6.4	3.9	6.1	36.8	4.378	0.173
1997	9	28	7.7	3.5	4	6.3	19.2	5.205	0.304
1997	10	20	7.7	5.1	4.3	6.7	18.3	5.861	0.351
1997	11	15	7.9	11.1	4.8	7.6	14.1	6.244	0.305
1997	12	8	7.6	10.9	5.4	7	13	7.19	0.309
1998	1	6	7.7	12.2	4.9	7.2	11.3	7.125	0.305
1998	2	3	7.7	13.8	5.6	9.5	15.4	8.538	0.394
1998	3	9	8	12.3	7.5	9.1	20.6	7.808	0.448
1998	4	14	8.1	10.1	7.7	8.1	18.2	8.795	0.289
1998	5	20	7.5	9.2	4.8	6.2	15.7	5.059	0.189
1998	6	21	7.9	8	4.5	5.9	15.3	6.005	0.221
1998	7	24	8	7.2	4.1	5.7	30.7	6.413	0.212
1998	8	24	8	7.1	2.1	4	17.3	4.388	0.137
1998	9	25	7.8	7.1	2.9	4.7	18.3	4.558	0.186

1998	10	23	7.9	6.9	4.4	5.1	13.3	7.531	0.254
1998	11	16	7.9	9.7	3.3	5.2	17.4	8.443	0.246
1998	12	8	8.1	7.9	3.8	5.2	12.5	6.666	0.263
1999	1	5	5.8	8.5	5.3	8.3	16.6	6.939	0.392
1999	2	4	7.9	11.6	5.4	8.1	12.7	8.744	0.373
1999	3	9	7.6	9.1	7.1	8.2	11.5	4.459	0.398
1999	4	12	7.6	8.5	5.4	7.6	14.7	6.564	0.339
1999	5	19	7.8	7.3	4.8	6.8	18.3	6.198	0.271
1999	6	22	7.3	5.5	3.8	5.3	11.9	7.058	0.222
1999	7	25	7.4	5.3	4.1	6	16	5.43	0.212
1999	8	25	7.2	5.4	2.5	4.7	37.8	5.509	0.187
1999	9	25	7.1	6.6	3.3	4.6	20	5.346	0.184
1999	10	19.3	7.2	5.3	1.8	4.4	15.6	4.042	0.139
1999	11	13.8	7.4	9.3	1.4	3.5	5.7	4.55	0.156
1999	12	8.3	7.3	10.4	1.8	3.7	5	5.102	0.161
2000	1	3	7.2	10.4	2.3	4.9	7.1	6.786	0.204
2000	2	3	7.5	9.6	2.1	4.7	6	5.636	0.184
2000	3	5	7.8	11.2	3.1	5.7	8.8	7.709	0.22
2000	4	11	7.7	9.3	4.7	7.7	15.6	7.235	0.322
2000	5	17	7.5	9.2	5.8	8	9.5	6.922	0.351
2000	6	22	7.2	4.9	4.7	6.2	8.1	5.918	0.308
2000	7	26	7.3	7.4	3.2	5.4	8.7	4.926	0.22
2000	8	26	6.8	6.1	2.3	5.6	13.4	4.944	0.186
2000	9	23	7.3	6	1.8	4.1	11.8	3.804	0.129
2000	10	20	6.9	6.6	1.8	4.1	7.3	4.026	0.132
2000	11	15	7.4	6.1	1.8	4.3	11.3	5.006	0.186
2000	12	7	6.8	6.2	2.1	4.4	6.6	5.778	0.189
2001	1	3	6.8	7.5	2.8	6.3	7	8.381	0.243
2001	2	3	7.5	11.1	3.9	7.3	8	8.306	0.344
2001	3	5	7.8	12.1	5.1	9.2	14.2	8.494	0.328
2001	4	11	8	12.2	4.9	8.9	13.5	7.784	0.313
2001	5	19	7.4	8.1	6.1	9.1	10.8	8.367	0.348
2001	6	24	7.4	6.9	4.9	7.6	8.6	12.36	0.488
2001	7	24	7.5	11.1	2.6	5.1	18.6	5.629	0.205
2001	8	25	7	10	1.8	4.7	41.4	4.63	0.114
2001	9	26	7.1	8.1	1.7	4.6	13.2	4.515	0.178
2001	10	21	7.2	8.7	2.2	4.1	11.7	5.704	0.271
2001	11	14	7.1	8	2.6	5.3	11.6	6.716	0.317
2001	12	7	7.1	6.9	2.8	5.9	7	9.49	0.385
2002	1	3	7.3	10.9	3.5	6.7	7.2	11.364	0.411

2002	2	4	7.5	9.8	4.2	7.1	9.1	10.102	0.308
2002	3	8	8.2	13	6.6	11.2	19.8	14.524	0.548
2002	4	13	7.7	8.4	6.6	9.4	19.8	11.224	0.5
2002	5	20	7.7	7.8	4.4	7.4	12	6.993	0.27
2002	6	23	7.4	5.4	3.3	5.8	13.8	5.41	0.219
2002	7	23	7.1	3.9	2.6	4.8	13.6	4.471	0.208
2002	8	24	7	3.7	2	4.3	18.3	4.445	0.163
2002	9	22	7.1	4.6	1.1	3.6	20.8	4.582	0.128
2002	10	21	7.2	4	1.9	4.2	8.5	5.703	0.199
2002	11	11	7.4	6.3	2	5	8.9	7.685	0.261
2002	12	7	6.9	7	2.8	4.7	6.6	8.338	0.311
2003	1	5	7.1	9.9	3.4	6.3	7.8	7.78	0.318
2003	2	4	7.7	13	6.1	8.6	14.3	9.541	0.42
2003	3	7	7.9	9.1	5.7	8.6	14.6	9.126	0.317
2003	4	13	8.2	8	5.3	7.6	11.6	6.231	0.339
2003	5	17	7.4	6.5	2.3	4.5	11.2	5.017	0.158
2003	6	21	7.4	6.1	1.7	3.4	10.8	4.719	0.13
2003	7	23	7.2	4.9	1.8	4.7	20.1	4.042	0.198
2003	8	23	7.1	4.5	1	3.4	10.5	3.479	0.123
2003	9	22	7.2	5.2	1.8	4.2	27.5	2.775	0.136
2003	10	20	7.2	5.4	1	3	11.2	4.562	0.121
2003	11	15	7.1	5	1.8	4.4	14.2	5.121	0.203
2003	12	8	7.3	6.1	1.8	4.4	6.1	6.972	0.222

ABSTRACT

A Study on Water Quality and the Environmental Pollutants of the Han River's Major watersheds

Lee, Jae Jun

Dept. of Environmental Engineering

The Graduate School

Yonsei University

The Han River is taking an important role as a water supply source to the residents of Seoul Metropolitan area as well as a water source for the agricultural and industrial use. However, recent industrialization and urbanization of the basin of the Han River made the industry and the surrounding area crowded, which have caused complicated and diversified environmental pollution sources. The purpose of this study is to understand the present situation of the water quality and the variation patterns through the water quality analysis of the Han River watersheds' pollutants in order to suggest the future direction of water quality management hereafter.

14 years' of data set from the Ministry of Environment from January, 1989 to 2003 were analyzed to study the characteristics of water quality changes at the major Han River watersheds, Uiam-dam, Chungju-dam, Paldang-dam, Noryangjin, and Gayang. Analysis was focused to find the correlation between the environmental pollution materials. There was a significant difference in the concentration of pollutants between the upper and down stream. The concentrations at the down stream points was decreasing mainly due to the precipitation. The result from the correlation analysis showed that BOD and COD had a strong positive correlation with a correlation

