

第 1 章 序 論

第 1 章 序論

1.1 研究 目的

한강은 1960년대 이래 많은 개발계획에 따라 큰 변화과정을 겪어 왔으며 이로 인하여 한강의 수질은 계속 악화되어 오다가 1988년 서울올림픽을 대비한 한강개발사업, 분리하수관로 및 하수처리장 건설등 많은 투자 때문에 상당히 개선되었으나 최근에는 다시 악화되는 경향을 보이고 있다. 이러한 이유는 몇가지로 설명할 수 있겠으나 한강 주변에 크고 작은 주택단지가 조성되면서 많은 점오염원이 발생하였고, 팔당호의 수질이 악화되는 것이 그 원인이라고 할 수 있다. 그러나 한강은 수도 서울을 관통하는 하천으로 수도권 시민들의 상수원으로, 한강유역의 친수공간으로 활용되어 왔으므로 그 중요성은 매우 크다. 따라서 본 研究의 목적은 한강의 수질오염의 主要原因을 살펴보고, 한강의 효율적인 수질관리 방안을 모색하는데 있다.

1.2 研究의 內容 및 範圍

1.2.1 研究의 內容

가. 自然 및 人文環境調查

한강유역의 지형 및 지질, 기후등 자연환경과 인구 및 토지, 가축, 산업폐수등 인문사회환경은 기 문헌을 참고하여 조사하였다. 또한 수변 및 수자원이용 현황도 문헌조사 및 현장조사를 실시하여 조사하였다.

나. 水質汚染度 評價

한강유역의 수질오염도는 각 수역의 등급을 고려하여 현장수질측정 및 실험실분석으로 평가하였고, 또한 24시간 수질조사도 실시하였다. 이들 수질자료를 모델의 보정과 검증에도 이용하였다.

다. 水質汚染負荷量의 評價

수질오염부하량은 점오염원과 비점오염원, 현재 및 장래의 발생오염부하량, 유출

오염부하량 및 유달오염부하량을 산정하여 평가하였다.

라. 將來 水質汚染度 豫測

장래 수질오염도의 분석은 장기 수질오염도 예측에 QUAL2E모형을 이용하였고, 동역학적단기수질오염도 예측에는 RMA모형을 이용하였다. 장기에측은 QUAL2E모형을 이용하여 팔당댐 직하류에서 신곡수중보까지의 한강의 전구간에 걸쳐 수질관리 방안을 모색하였으며, 단기에측은 RMA모형을 이용하여 한강의 주요지천인 중랑천과, 탄천의 한강본류 합류지점에 미치는 시간적, 공간적 수질변화를 모색하기위해 실시하였다.

마. 漢江의 水質管理 效率化를 위한 方案 研究

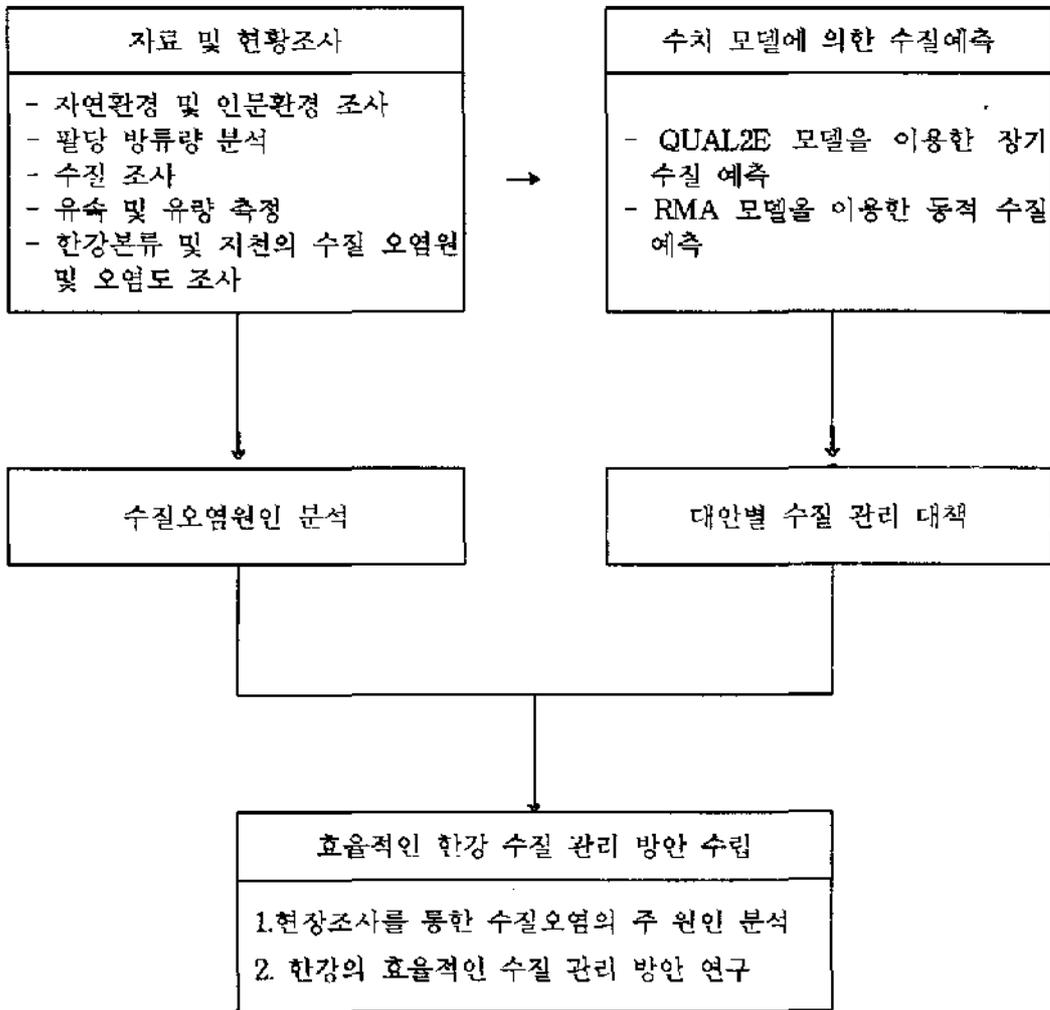
본 절에서는 한강의 수질관리 효율화를 위한 방안 연구로 1)현장조사를 통한 수질오염의 주원인을 분석하였고 2)모형을 통한 대안별 수질관리방안을 연구하였으며 3)한강의 이용목적에 적합한 활용방안 즉, 잠실수중보 하류지역의 친수공간 활용방안 등을 모색하였다.

1.2.2 研究의 範圍

연구의 범위는 팔당호 직하류부터 신곡수중보까지의 구간을 대상으로 하였다.

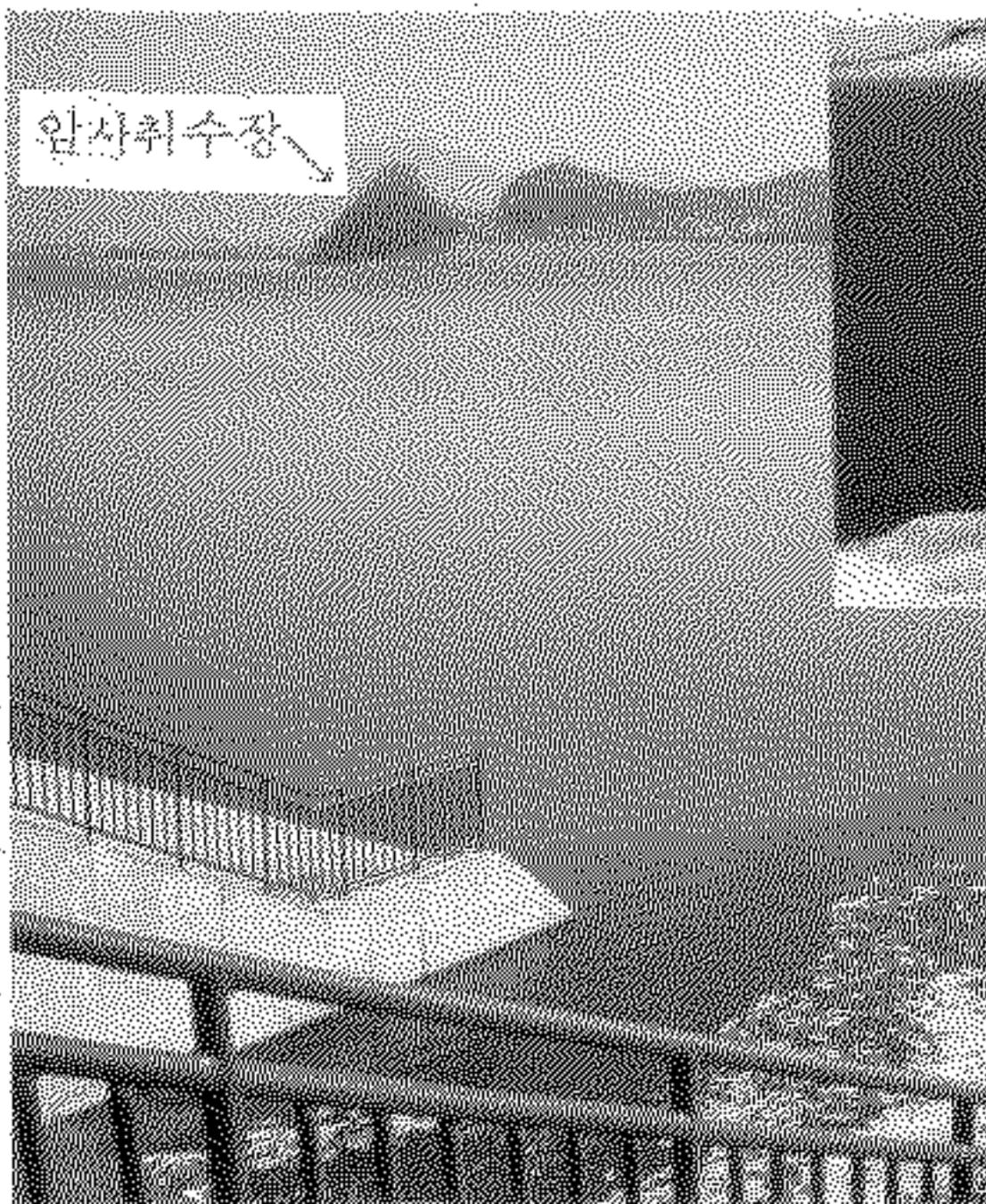
1.3 研究의 修行方法

본 연구의 수행방법은 <그림 1-1>처럼 한강수역을 대상으로 한 기초자료조사와 현장조사를 실시하여 수질오염의 주요인을 분석하고, 또한 이들 수질자료는 수질모형(장기, 단기모델)의 보정 및 검증에 이용하였으며, 대안별 수질관리대책을 살펴보았다. 또한 앞으로 효율적인 한강수질관리 방안을 수립 제시하였다.



<그림 1-1> 연구수행 계통도

암사취수장



제 2 장

한강유역의 개황

2.1 자연환경

2.2 인문 사회환경

2.3 주요 수역별 하천현황

2.4. 하천 수질환경기준

第 2 章 漢江流域의 概況

2.1 自然環境

2.1.1 概況

한강은 지리적으로 한반도 중심부에 위치하고 있고 동에서 서로 흐르는 하천이다. 한강은 강원도 평창군 오대산에서 발원한 오대천 및 송천이 방선지역 부근에서 합류하여 서남류하면서 평창강, 제천천, 달천등이 합류하는 남한강과 휴전선 이북에 위치하고 있는 단발령에서 발원하여 금강천, 영입천, 소양강, 홍천강등 크고 작은 지류들이 합류한 북한강으로 이루어진다.

이들 남·북한강은 경기도 양주군 옥내리부근에서 서로 합류하여 팔당댐을 통과한 후 서울의 증양을 관통하는 큰 하천으로서 流域面積이 26,219km², 流路延長이 469.7km에 달하고 있다.

본 연구의 범위에 속하는 한강구간은 남북한강이 합하여진 팔당댐 直下流로부터 신곡수중보지역까지의 약 58km에 달하는 지역이다. 본 연구 구간내의 한강 본류로 유입되는 주요지천은 <표 2-1>에 나타내었다.

<표 2-1> 한강유입 주요지천

하천명	유 입 지 점			하 천 현 황		유역내 행정구역
	위	치	안별	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	
왕숙천	강기도	구리시 토평동	우	276.50	37.00	구리시 미금시, 남양주군
성내천	서울시	송파구 신천동	좌	33.56	9.77	강동구, 송파구, 하남시
탄 천	서울시	강남구 삼성동	좌	300.95	35.62	강동구, 송파구, 성남시, 과천시
증랑천	서울시	성동구 성수동	우	299.60	34.80	성동구, 중구, 동대문구, 종로구, 중랑구, 성북구, 노원구, 도봉구, 의정부시, 양주군
반포천	서울시	동작구 동작동	좌	29.10	7.00	관악구, 서초구, 강남구
홍제천	서울시	은평구 역촌동	우	39.76	12.30	마포구, 서대문구, 종로구, 은평구
안양천	서울시	영등포구 문래동	좌	286.00	32.50	강서구, 영등포구, 양천구, 구로구, 동작구, 관악구, 광명시, 안양시, 의왕시, 군포시
창릉천	경기도	고양시 행주외동	우	75.10	22.00	고양시, 은평구

2.1.2 氣象現況

본 연구 대상지역의 기상현황 및 특성을 알아보기 위하여 중앙기상대의 자료를 중심으로 분석하였다. 30년, 10년 평균은 다음 <표 2-2>와 <표 2-3>과 같으며, 본 연구기간 동안의 기상개황은 <표 2-4>와 같다.

<표 2-2> 연구시행전 30년 기상현황(1954~1991년)

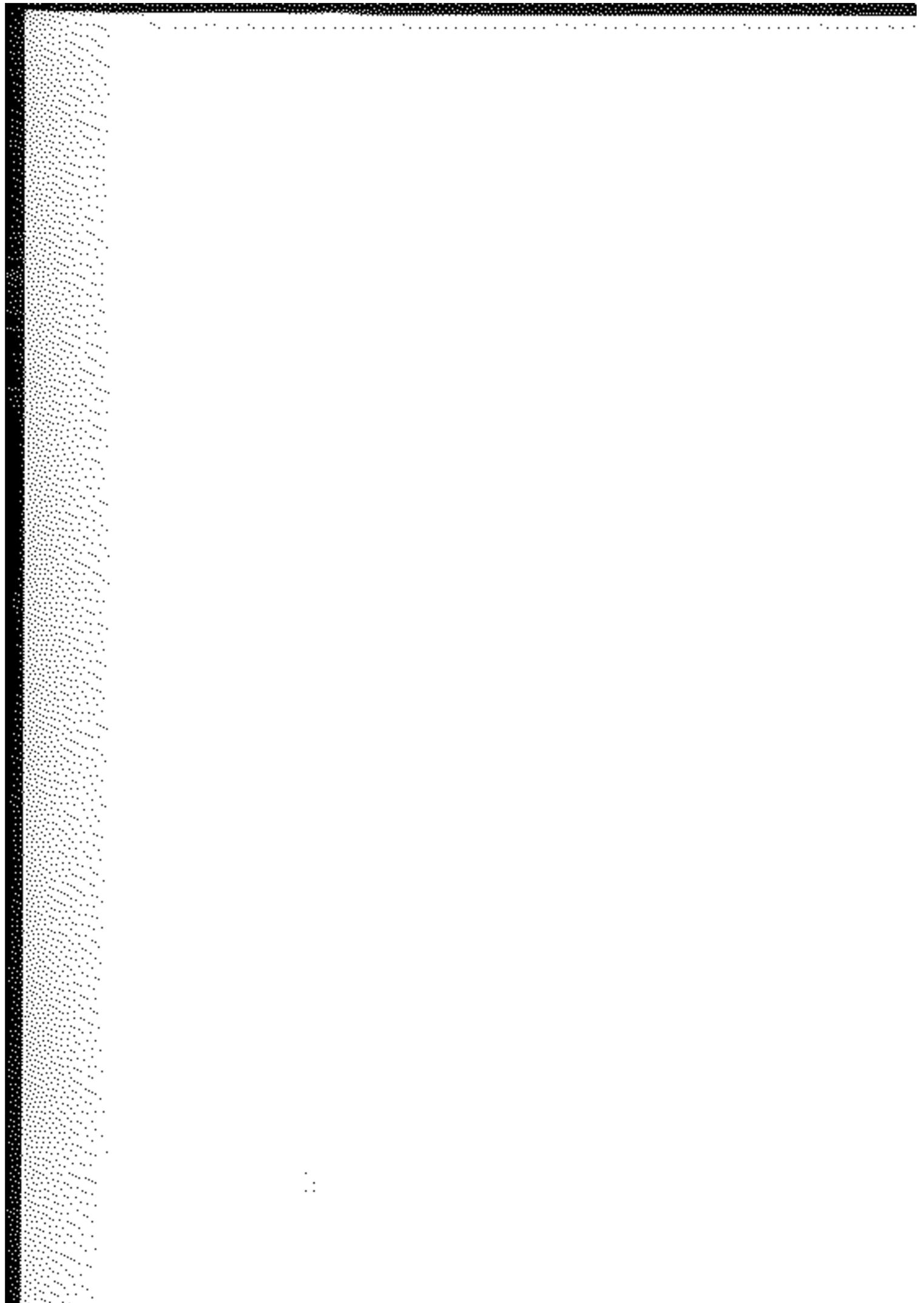
월 별	기 온 (°C)			풍속 (m/sec)		강우량(mm)	증발량(mm)	평균상대 습도(%)
	평 균	최고	최저	평균	최대			
1	-3.8	13.4	-20.2	2.6	17.1	21.6	37.5	65
2	-1.3	17.4	-18.6	2.8	20.3	22.0	45.1	64
3	4.2	22.0	-11.6	3.0	20.0	44.9	79.0	64
4	11.3	29.0	-4.3	3.0	25.0	78.8	114.6	63
5	17.1	32.2	1.8	2.6	20.0	83.7	148.7	65
6	21.2	37.2	8.8	2.3	19.5	134.8	138.4	73
7	24.4	36.1	12.9	2.3	19.5	364.8	112.5	82
8	25.2	36.6	14.6	2.2	16.5	244.2	126.7	78
9	20.3	31.7	-1.8	2.0	16.7	143.8	107.4	73
10	13.8	29.2	-1.8	2.0	18.1	46.5	88.1	68
11	6.5	23.5	-11.9	2.4	17.5	46.7	55.4	67
12	-0.4	15.3	-18.5	2.5	19.8	25.1	39.3	66
계	11.5	37.2	-20.2	2.5	25.0	1,256.9	996.0	69

자료 : 한강하류수질보전 대책연구, 서울시 한강관리사업소, 1993. 12.

<표 2-3> 연구시행전 10년간 기상현황(1983~1992)

월별	기 온(℃)			풍속(m/s)	강우량(mm)	증발량(mm)	평균상대 습도(%)
	평균	최 고	최 저	평균			
1	-2.9	11.2	-19.2	2.4	24.6	35.4	63
2	-0.6	15.9	-15.1	2.7	27.4	42.7	61
3	5.2	20.2	-8.2	2.8	53.2	74.6	61
4	12.2	29.4	-3.4	2.9	59.4	117.0	58
5	17.5	31.7	5.8	2.6	92.5	137.0	64
6	21.9	34.2	10.8	2.4	139.5	131.3	70
7	24.4	35.4	15.4	2.4	382.7	99.9	81
8	25.6	36.6	15.7	2.1	297.5	123.0	77
9	20.8	31.5	6.3	1.9	199.0	96.1	72
10	14.3	27.3	-5.0	2.0	52.2	81.6	66
11	6.8	21.9	-9.21	2.3	60.9	50.8	65
12	0.3	14.7	-13.6	2.4	27.5	38.2	65
계(평균)	12.1	36.6	-19.2	2.4	1416.5	1027.6	67

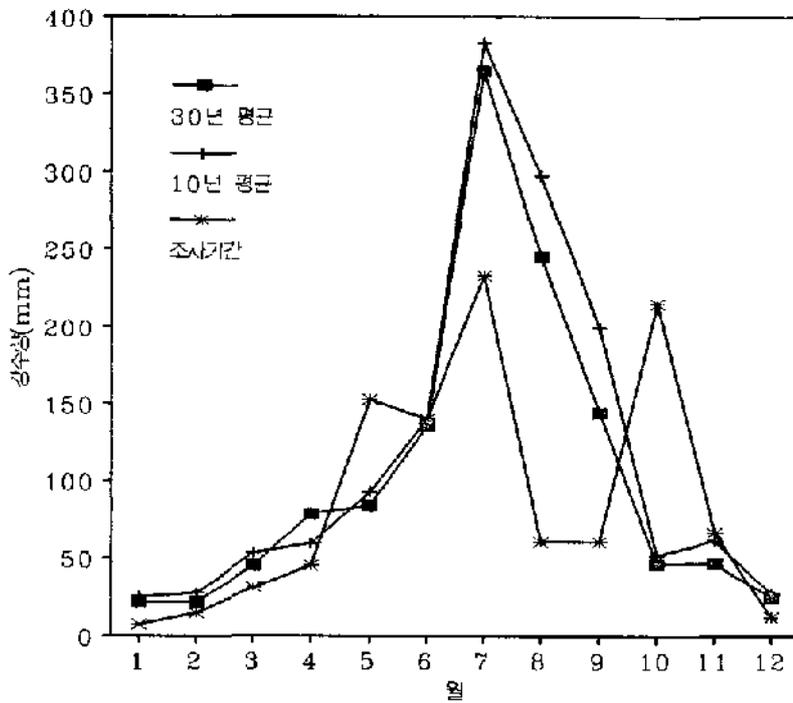
자료 : 기상년보, 기상청



<표 2-5> 월별 강수량 추이 비교

(단위 : mm,%)

월별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전체
30년평균 (구성비)	21.6 (1.7)	22.0 (1.8)	44.9 (3.6)	78.8 (6.3)	83.7 (6.6)	134.8 (10.7)	364.8 (29.0)	244.2 (19.4)	143.8 (11.4)	46.5 (3.7)	46.7 (3.7)	25.1 (2.0)	1256.9 (100)
10년평균 (구성비)	24.6 (1.7)	27.4 (1.9)	53.2 (3.8)	59.4 (4.2)	92.5 (6.5)	139.5 (9.8)	382.7 (27.0)	297.5 (21.0)	199.0 (14.0)	52.2 (3.7)	60.9 (4.3)	27.5 (1.9)	1416.5 (100)
조사기간 (구성비)	6.5 (0.56)	14.8 (1.4)	31.7 (3.0)	44.9 (4.2)	152.4 (14.4)	139.5 (8.0)	232.7 (13.1)	60.7 (5.7)	60.7 (5.7)	214.5 (20.2)	66.6 (6.3)	12.1 (1.1)	1061.4 (100)



<그림 2-1> 서울의 월별 강수량 변화 추이

서울지역의 년평균 강수량은 30년 평균값이 1,256.9mm, 10년 평균값이 1,416.9mm로 조사되었고, 본 조사기간의 강수량은 1,061.4mm로 나타나서 올해에는 강수량이 현저히 적은 것을 알 수 있다. 또한 6, 7, 8월간의 집중도는 각각 59.1%, 57.8%, 43%로 나타나고 있다.

다) 風向 및 風速

30년, 10년, 조사기간의 년평균 풍속은 2.5, 2.4, 2.4m/s로 큰 변화가 없으며 조사기간 월평균 풍속은 2.1~3.2m/s이었다. 서울지역의 풍향은 <표 2-6>에 10년간의 경향성을 종합한 바와같이 SSW - NNW의 서풍향이 전체의 58.2%로 동풍향에 비하여 우세한 것으로 나타났으며, 특히 서풍의 빈도가 20.7%로 나타나서 주풍향을 이루고 있었다.

<표 2-6> 서울지역의 계절풍 풍향풍속(1981~1990) (단위 : %)

계절	풍향																
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM
전년	1.6	4.9	16.1	10.3	2.3	1.1	1.1	0.9	2.1	5.1	8.4	7.9	20.7	11.1	3.8	1.2	2.8
춘(3-5월)	1.4	5.4	14.3	4.2	1.7	0.8	0.7	1.1	2.1	6.7	11.8	11.4	24.2	7.6	2.7	1.1	2.5
하(6-8월)	2.6	5.7	15.2	5.3	2.2	1.8	2.6	1.4	4.3	8.5	12.9	8.9	17.5	5.1	1.9	0.9	3.1
추(9-11월)	1.4	2.4	20.4	23.7	4.4	0.9	0.9	0.9	0.9	1.9	4.2	3.6	9.7	14.5	5.7	1.5	2.8
동(12-2월)	1.1	6.8	14.5	8.0	1.0	0.7	0.2	0.1	1.3	3.2	4.6	7.6	31.2	17.3	4.9	1.3	2.6

자료 : 마포구 자원회수시설 건설 환경영향평가서, 서울시, 1993. 10

라) 日照量

1983년에서 1992년까지 10년동안 서울지역의 월별 일조량은 <표 2-7>에 나타난 바와 같이 평균 49.8%로 나타났다. 월별로 보면 우기인 6~9월에는 27.4~48.6%이었으며 나머지 기간은 50.3~60.3%로 나타나고 있다.

<표 2-7> 서울지역의 월별 日照量 비교(1983~1992) (단위 : %)

월별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전체
일조율	53.1	55.3	53.6	56.2	53.3	45.9	27.4	41.3	48.6	60.3	52.0	50.3	49.8

자료 : 기상년보, 기상청, 1983~1992

마) 濕度 및 蒸發量

본 연구대상구역의 30년, 10년, 연구기간의 연평균 월별 相對濕度를 종합하면 <표 2-8>과 같다.

<표 2-8> 月別 相對濕度

구간	월별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
상대 습도 (%)	30년	65	64	64	63	65	73	82	78	73	68	67	66	69
	10년	63	61	61	58	64	70	81	77	72	66	65	65	67
	조사 기간	58	56	59	53	67	68	79	76	69	71	70	62	65.6

相對濕度 및 蒸發量은 강우량 및 일사량과 상관관계를 가진다. 즉 강우량이 많으면 相對濕度는 증가하나 증발량은 감소한다. 반면 강우량이 적고 일조시간, 일사량이 많으면 습도와 증발량은 차츰 감소하는 경향이다. 본 연구기간동안 서울 지역의 연평균 相對濕度는 30년치와 10년치에 비해 다소 낮은 경향을 보였다.

바) 天氣日數

조사구역의 천기일수 현황을 비교한 결과는 <표 2-9>와 같다.

<표 2-9> 서울지역 천기일수

(단위 : 일)

구 분	맑 음	흐 름	부 조	안 개	서 리	결 빙	적 설	비 고
30년 평균	89.5	117.6	56.4	36.7	69.0	112.2	30.3	'54~'91
10년 평균	91.0	120.0	22.0	25.0	81.0	105.0	34.0	'81~'91

<표 2-9>에서처럼 조사지역은 연평균 90일 내외가 맑은 날이었으며, 120여일이 흐린날로 나타나고 있다. 근년에 서리일수가 증가하고 안개일수가 감소하고 있는 것으로 평가되었다.

2.1.3 地形 및 地質

본 연구대상구간의 地形 및 地質은 기존자료를 참조하여 살펴보았다. 즉, 기존 지형도 및 표고와 경사를 분석하여 그 지형특성을 알아보았다. 또한 유역지질은 韓國 地質圖를 참조하여 고찰하였다.

가) 地形

한강 본류수역에 인접한 좌우 500m지역의 지형특성은 다음과 같다.

1) 標高分析

유역의 해발 표고를 분석한 결과는 다음과 같다.

- ① 팔당호 수역 : 호수에 접하여 부분적으로 30m 이하 지역이 있으나 유역의 대부분은 100m이상의 고지대이다.
- ② 팔당호 ~ 잠실수중보 유역 : 수역에 인접하여 상류 팔당나루 유역은 100m이상이나 우안의 팔당대교 건설공사장 유역의 30~80m 고도를 제외하고 많은 부분이 30m이내이다.
- ③ 잠실수중보 ~ 성산대교 유역 : 유역의 대부분은 30~80m로 도심권 유역이나 표고는 비교적 높은 편이다.
- ④ 성산대교 하류부 : 부분적으로 30m이상의 고지대가 있기는 하나 대부분 30m 이하의 저지대이다.

2) 傾斜分析

유역에 존재하는 고지대가 수역을 향한 경사도를 분석한 결과는 다음과 같다. 주요 유역 특성을 알아보면 다음과 같다.

- ① 팔당호 유역 : 평균경사도 30%이상이다.
- ② 팔당호 ~ 잠실수중보 유역 : 5% 미만의 완만한 경사를 이루고 있다.
- ③ 잠실수중보 ~ 성산대교 유역 : 좌우안 유역의 상당한 면적이 수역을 향해 5~10% 정도의 사면을 이루고 있다.
- ④ 성산대교 하류부 : 유역의 표고는 높지 않으나 좌우 유역의 상당면적이 5~10%정도의 사면을 이루고 있다.

나) 地質

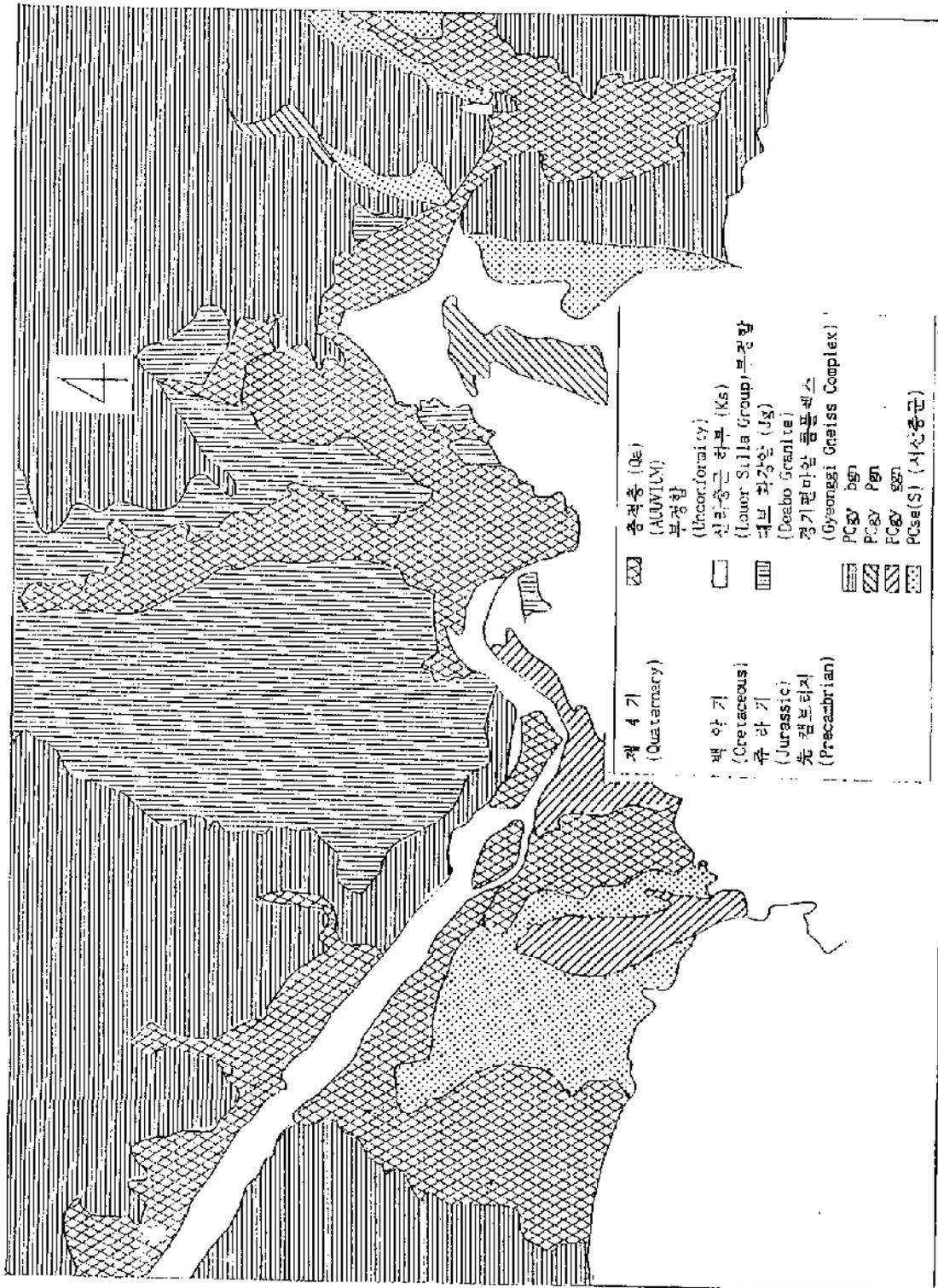
유역의 地質조사결과를 다음 <그림 2-2>에 종합하였다. 그림에서 쉽게 알 수 있는 바와 같이 한강지역의 대부분은 경기 육괴지구에 속하는 바 이 육괴는 한반도 선캄브리아계의 基底部를 이룬다. 이 지역을 구성하고 있는 좌안은 대부분이 화강암질과 편마암 및 이에 협재하는 편암과 귀암으로 이뤄진 편성암 복합체이다.

이 육괴의 형성과정은 초기 선캄브리아기 암석층이 수차의 지각변동으로 인하여 변성되고 백악기중에 화강암층이 貫入되었으며 현재에 이르기까지 침식, 퇴적 현상이 계속되어 비교적 세립자가 많으며 경도가 높지 않은 충적층이 상부에 덮여져 있어서 현 지질구조를 이루게 된 것으로 보인다. 한강을 중심으로 편의상 몇개 지역으로 나누어 지질특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 팔당호 수역 : 남 북한강 河岸을 중심으로 백악기의 약질 사암층과 제4기 충적층이 넓게 분포하고 있으며, 유역의 대부분은 선캄브리아기의 편마암층으로 구성되어 있다.
- 2) 팔당호 ~ 잠실수중보 유역 : 下床을 중심으로 좌우 유역에 제4기 충적층, 홍적층이 넓게 분포하고 있으며 유역의 외부에 편마암 및 화강암층이 산재해 있다.
- 3) 잠실수중보 ~ 한강대교 유역 : 下床 및 좌우에 제4기 홍적층 및 충적층이 넓게 분포하고 있으며, 유역의 대부분은 주라기 서울 편마암 및 혼성 편마암층으로 구성되어 있다.
- 4) 한강대교 ~ 성산대교 유역 : 下床沿岸 및 유입부분을 중심으로 제4기 충적층이 다소 넓게 분포하고 있으나 대부분의 유역은 서울 화강암, 화강암질 편마암층으로 구성되어 있다.
- 5) 성산대교 ~ 신곡수중보 유역 : 下床의 좌우 유역에 선캄브리아기 화강암질, 편마암, 흑운모 화강암층이 혼재하고 있기는 하나 유역의 대부분은 제4기 충적층으로 구성되어 있다.

이상의 地質構造를 종합하면 유역의 기반암은 화강암, 편암, 편마암이며 下床을 중심으로 산지 암석층으로부터 공급된 사력이 퇴적되어 형성된 비교적 경도가 약한 충적층이 발달하고 있고 북측 좌안유역은 화강암, 편마암층이 우세하고 남측 우안유역은 편마암 충적층이 우세한 구조를 가지고 있다. 상류유역은 화강암 편마암이 우세하나 하류역으로 갈수록 충적층, 홍적층이 넓게 발달하고 있다.

<그림 2-2> 한강유역 지질구조도



2.2 人文 社會環境

2.2.1 排水區域面積

본 연구의 대상지역은 서울시 지역과 서울시계외 지역인 월문천유역(남양주군 와부읍), 왕숙천유역(남양주군, 구리시), 중랑천 상류유역(의정부시, 남양주군), 창릉천유역(경기도 고양군), 안양천 상류유역(광명시, 안양시 등), 탄천 상류유역(용인군, 성남시, 과천시 등), 덕풍천(하남시) 등을 포함한다<그림 2-3 참조>. 이 유역의 총 배수구역은 서울지역의 605.45km²와, 그외 경기도 지역의1,109.29km²로 총 1,714.74km²로 <표 2-10>에 나타난 바와 같다.

<표 2-10> 한강유역의 배수구역 면적

		처 리 구 역	면 적(km ²)
서울시 계 내 배 수 구 역	중랑처리구역	청계배수구역	58.31
		중랑배수구역	114.6
		뚝도배수구역	15.35
		소 계	188.26
	탄천처리구역	탄천배수구역	73.82
		성내천배수구역	41.88
		소 계	115.7
	안양천처리구역	반포천배수구역	35.47
		강서배수구역	38.09
		안양천배수구역	102.53
노량진배수구역		15.35	
소 계		191.44	
난지처리구역	창릉배수구역	13.00	
	불광배수구역	29.65	
	홍제배수구역	20.74	
	망원배수구역	6.91	
	반포천배수구역	11.31	
	육천배수구역	12.24	
	용산배수구역	16.20	
	소 계	110.05	
총 계		605.45	

<표 2-10 계속>

서울시계배수구역	처 리 구 역		면 적(km ²)
	중랑처리구역 상류	경기도 의정부시	
양주군			28.21
소 계			109.98
탄천처리구역 상류	경기도 과천시		32.25
	성남시		141.79
	용인군		57.31
	광주군		20.50
소 계		251.85	
안양천처리구역 상류	경기도 안양시		58.41
	광명시		38.88
	부천시		8.13
	과천시		3.54
	시흥군		72.98
소 계		181.94	
월 문 천	경기도 남양주군		93.96
덕 풍 천	경기도 하남시		57.24
창 룡 천	경기도 고양군		89.97
왕 속 천	경기도 구리시		30.02
	양주군		230.66
	포천군		63.67
	소 계		324.35
총 계			1,109.29

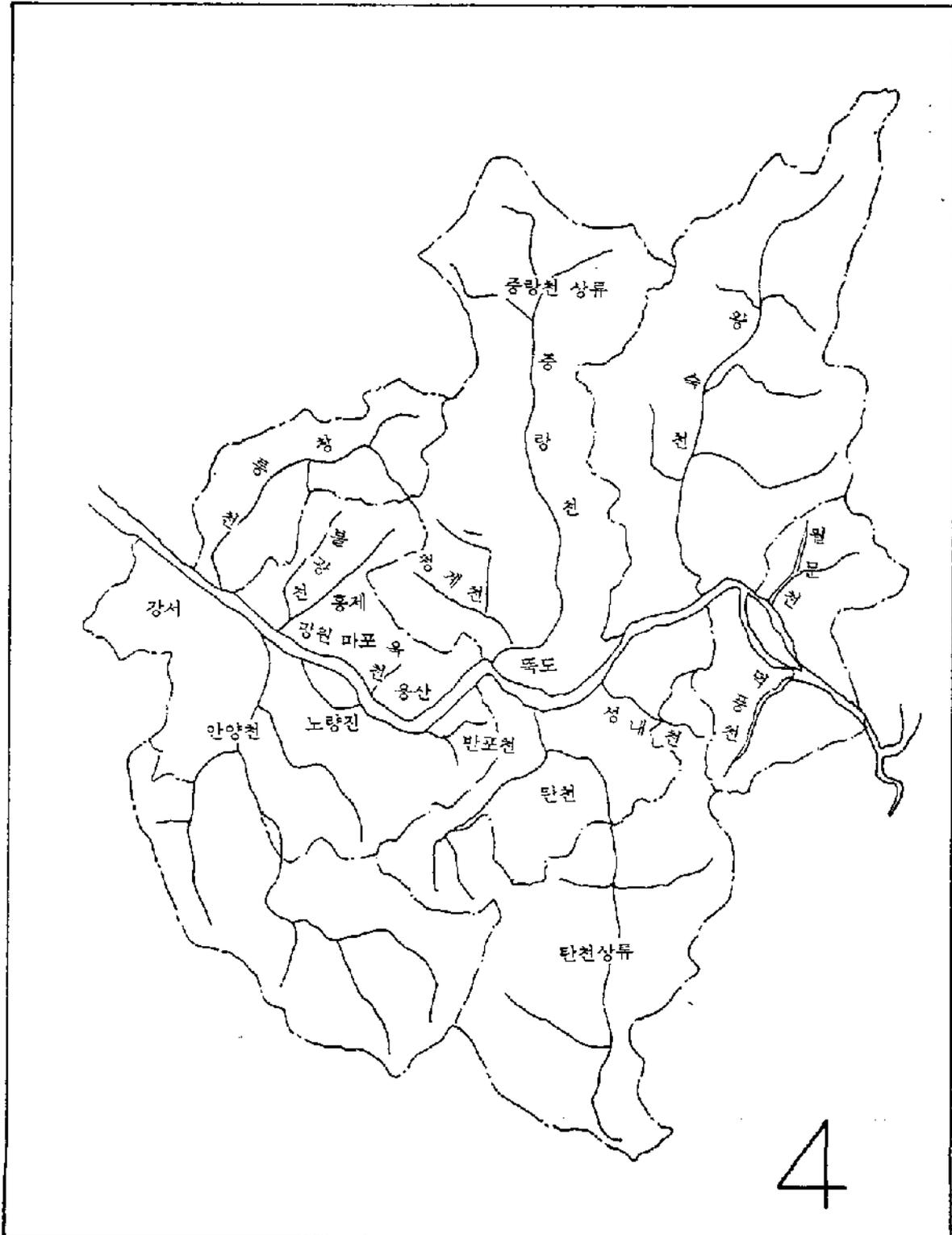
2.2.2 人口

한강유역의 인구는 한강분류 및 지천에 인접한 시군의 인구에 각 지역의 전체 면적중 배수구역면적의 비를 곱해서 산출하였다<표 2-11 참조>.

유역별 인구 산정은 다음식에 의해서 산출하였다.

$$\text{유역별 인구} = \frac{\text{배수구역면적}}{\text{전체면적}} \times 100$$

<그림 2-3> 한강수계 배수구역도



유역별 인구는 총 12,987,587명 이었으며 그중 안양천 유역인구가 4,393,913인
 으로 가장 많았고 증랑천유역 인구가 3,952,487인, 탄천유역 인구가 2,444,309인,
 난지유역인구가 1,695,868인, 기타지역이 501,010인 이었다. <표 2-12>는 행정구
 역별 면적 및 인구현황을 나타내고 있다.

<표 2-11>배수구역별 인구현황 (1992년말 기준) (단위:명)

처리 구역	배수구역	인 구	비 고 (행 정 구 역 명)
증 랑 천	청 계	966,995	도봉구, 성북구, 종로구, 동대문구, 중구, 성동구
	증 랑 천 뚝 도	2,381,838	도봉구, 동대문구, 성동구, 성북구
	증랑천상류	356,878	성동구
	소 계	246,776	경기도 의정부시, 양주군
탄 천	탄 천	807,178	강동구, 송파구, 강남구, 서초구
	성 내	904,972	강동구, 송파구
	탄천 상류	732,159	경기도 과천시, 성남시, 용인군, 광주군
	소 계	2,444,309	
안 양 천	반 포	582,476	동작구, 관악구, 강남구, 서초구
	강 서	600,778	강서구, 양천구
	안 양 천 노 량 진	2,009,000	영등포구, 동작구, 관악구, 구로구, 강서구
	안양천상류	215,754	동작구, 영등포구
소 계	985,905	경기도 안양시, 광명시, 부천시, 과천시, 시흥군	
난 지	불 광	609,831	마포구, 서대문구, 은평구
	홍 제	323,477	종로구, 서대문구
	망 인	68,298	마포구
	마 포	194,473	용산구, 마포구
	육 천	233,377	중구, 서대문구, 용산구
	용 산	266,412	성동구, 용산구
소 계	1,695,868		
기 타	월 문 천	28,053	경기도 남양주군
	덕 풍 천	9,157	경기도 광주군
	왕 속 천	203,032	경기도 구리시, 남양주군, 포천군
	창 룡 천	260,768	서울시 은평구, 경기도 고양군
소 계	501,010		
총 계		12,987,587	

<표 2-12> 행정구역별 면적 및 인구현황(1992년말 기준) (단위:km²,명)

구 분	행정구역명	면 적	인 구	한강 유역 면적 비율(%)
서울시 계배수구역	종로구	24.01	227,988	전 지역
	중구	9.99	176,836	
	용산구	21.86	287,124	
	성동구	33.95	780,526	
	동대문구	14.77	470,594	
	종로구	18.13	458,391	
	성북구	24.30	527,296	
	도봉구	44.55	766,799	
	노원구	35.63	571,833	
	은평구	29.67	507,551	
	서대문구	17.69	390,140	
	마포구	23.86	432,453	
	양천구	17.57	508,096	
	강서구	41.42	437,932	
	구로구	32.80	738,914	
	영등포구	24.44	453,256	
	동작구	16.37	427,486	
관악구	29.65	589,655		
서초구	47.35	149,765		
강남구	39.15	559,068		
송파구	33.78	689,419		
강동구	24.44	548,740		
소 계	605.38	10,699,862		
서울시 계외배수구역	의정부시	81.84	238,319	전 지역
	양주군	303.44	88,559	9.55
	과천시	35.82	72,570	전 지역
	성남시	141.692	645,793	전 지역
	용인군	591.90	182,806	9.68
	광주군	431.66	83,117	14.96
	안양시	58.48	488,581	전 지역
	광명시	38.87	338,255	전 지역
	부천시	52.18	682,110	15.59
	시흥군	131.42	128,586	35.43
	남양주군	419.35	139,293	69.69
	고양군	266.4	244,755	33.76
	구리시	30.10	124,925	전 지역
	포천군	808.46	119,028	7.64
소 계	3,391.612	3,356,417		
총 계	3,996.992	14,056,279		

2.2.3 家畜

유역별 가축사육현황은 인구산정법과 동일한 방법으로 산정하였으며, 1992년 말 기준으로 총 6,782,424마리로 나타났다. 이 중 중랑천유역이 3,444,041마리로 가장 많았으며, 탄천유역이 1,240,779마리, 난지천유역이 497,539마리, 안양천유역이 450,256마리로 나타났다. 자세한 가축사육현황은 <표 2-13>과 같다.

<표 2-13> 배수구역별 가축사육현황(1992년말 기준) (단위:마리)

처리구역	배수구역	가축			
		소	돼지	닭	소계
중랑천	청계	5,992	170,579	657,441	834,012
	중랑	5,017	142,826	550,477	698,320
	도독	12,284	349,733	1,347,928	1,709,945
	중랑천상류	4,004	13,545	184,215	201,764
	소계	27,297	676,683	2,740,061	3,444,041
탄천	탄천	8,508	244,213	-	252,721
	성내	23,110	663,309	-	686,419
	탄천상류	4,211	24,470	272,958	301,639
	소계	35,829	931,992	272,958	1,240,779
안양천	반포	-	-	-	-
	강서	-	-	-	-
	안양천	6,942	399,767	-	406,709
	노량진	-	-	-	-
	안양천상류	8,096	10,341	25,110	43,547
소계	15,038	410,108	25,110	4,502,56	
난지	불광	-	-	-	-
	홍제	-	-	-	-
	망원	-	-	-	-
	마포	-	-	-	-
	옥천산	-	-	-	-
	용산	3,574	101,761	392,204	497,539
소계	3,574	101,761	392,204	497,539	
기타	월문천	3,817	7,438	165,930	-
	덕봉천	983	4,316	117,505	-
	왕숙천	12,363	29,961	670,230	-
	창릉천	3,234	20,509	113,523	-
	소계	20,397	62,224	1,067,188	1,149,809
총	계	102,135	2,182,768	4,497,521	6,782,424

2.3 主要 水域別 河川現況

2.3.1 河川의 構造

팔당호에서 신곡수중보에 이르는 조사대상 구간의 下床構造 및 河幅을 개략적으로 비교한 결과는 <그림 2-4>, <그림 2-5>와 같다. 한강수역은 퇴적 및 준설로 인하여 개발사업이 완료된 후 현재에 이르기까지 下床은 다소 변화하여 왔다. 한강종합개발후 한강의 수역특성현황은 <표 2-14>에 나타내었다.

<표 2-14> 한강 종합개발 후의 수역별 특성

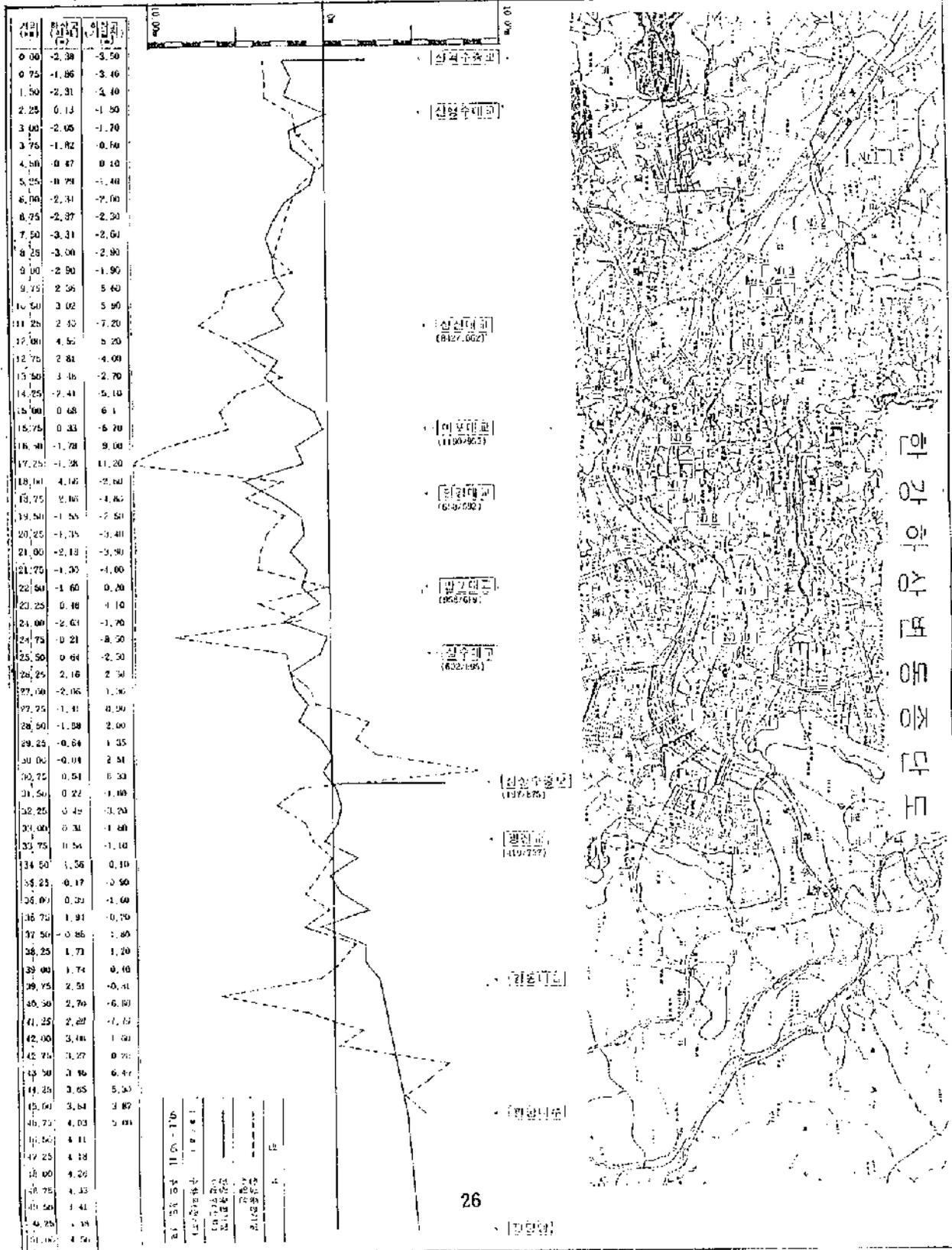
수역별	구간 (km)	수로 구조	하상고 (m)	수하폭 (m)	수위 (m)	* 수심 (m)	담수능 (10 ³ m ³)	유하 시간 (hr)	평균 유속 (m/s)
팔당호	0	-	-	-	-	6.7	244000	-	-
팔당호 ~ 워커힐 전	18	자연적	-6.6 ~ -4.6	-	-	-	-	-	약 0.3
워커힐 전 ~ 잠실대교	2.25	모래 평준화	-0.5 ~ -1.5 (0.5)	757	6.31	6.26	10,660	14.4	0.04
잠실대교 ~ 성수대교	5.25	평준화 모래	-2.0 ~ 0.0 (-1.0)	569 ~ 695 (632)	2.82	3.82	12,670	17.1	0.09
성수대교 ~ 동호대교	3.75	평준화 모래	-3.0 ~ 0.0 (-1.5)	619 ~ 755 (687)	2.71 ~ 2.73 (2.72)	4.22	10,870	14.7	0.07
동호대교 ~ 한강대교	3.00	평준화 모래	-3.0 ~ -0.5 (-1.7)	592	2.56	4.26	7,570	10.2	0.08
한강대교 ~ 양화대교	6.25	평준화 모래	-5.0 ~ 0.0 (-2.5)	752 ~ 955 (854)	2.66 ~ 2.68 (2.67)	5.17	27,600	37.2	0.05
양화대교 ~ 신곡수중보	12.50	평준화 모래	-3.0 ~ 0.0 (-1.5)	1062	2.66	4.16	55,200	74.5	0.05
계	51						124570	108.0	0.05

주) * 성수대교하류 하상고를 불균일 상태를 고려 2m 올려 계산함.

** 팔당호의 담수능 제외

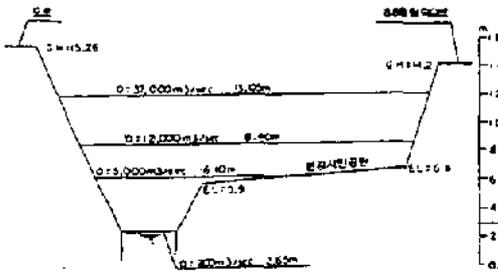
자료 : 한강생태계조사연구, 서울시, 1994

<그림 2-4 > 한강 하상구조 변화도

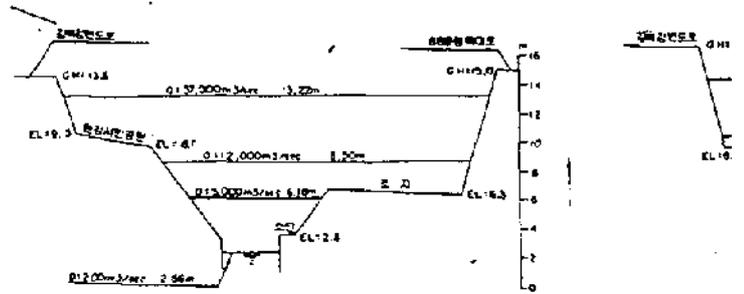


<그림 2-5> 한강주요수역별 단면도

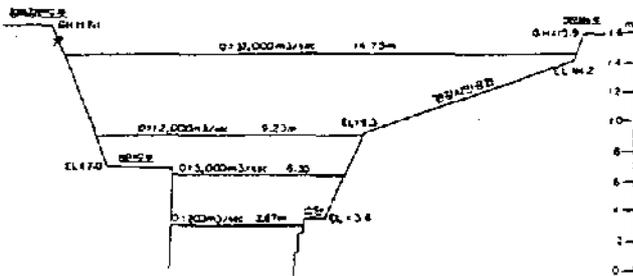
NO.1 양천지구



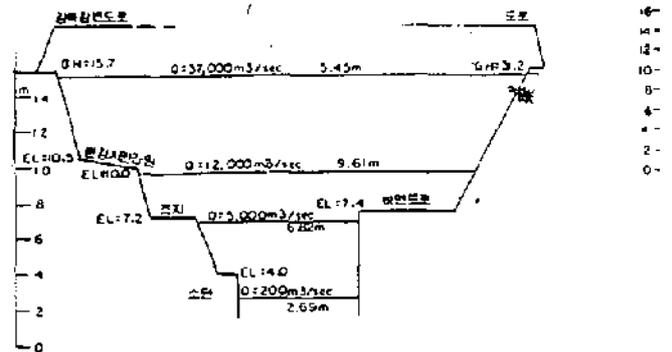
NO.2 남지지구



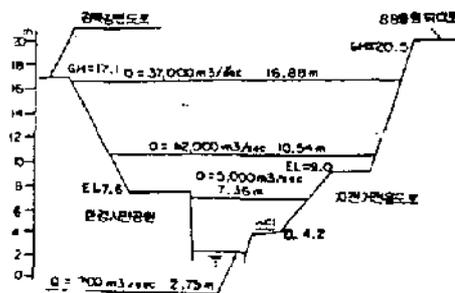
NO.5 여의도지구



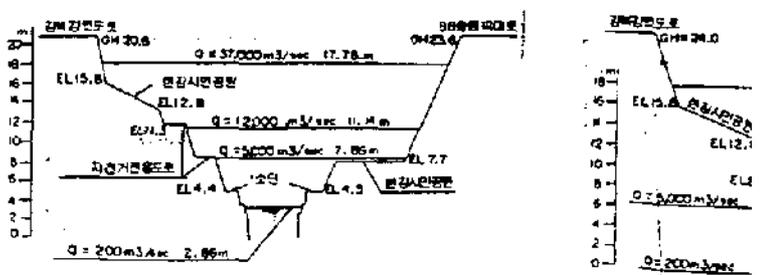
NO.6 이촌지구



NO.9 성수지구



NO.10 뚝섬지구



2.3.2 利水現況

가) 生活用水現況

1) 給水現況

서울시내 급수대상 인구는 1992년말 기준으로 10,970천명이고 이중 급수인구는 10,964천명으로 급수보급율은 99.9%를 보이고 있다. 총 시설용량은 619만톤/일이고 1일 1인당 급수량은 457L로 1986년의 390L에 비해 14.7% 증가하였다.

그러나 유수율은 1991년 기준 58.4%에 그치고 있어 생산량의 40%이상의 높은 누수율을 나타내고 있으며 이 중 50%는 누수로 추정되어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 과거 연도별 급수현황은 다음 <표 2-15>와 같다.

2) 淨水事業所別 生産現況

서울시의 상수공급을 위한 정수사업소는 1992년 말 현재 9개가 있으며 총시설용량은 1일 평균 619만톤이며, 1년에 1,834백만톤을 생산하였다. 각 정수장의 평균 가동율은 80.97%, 1일 평균 생산량은 5,012천톤 이었다. 각 정수장별 자세한 현황은 <표 2-16>과 같다.

<표 2-15> 급수현황

구분 년도	총인구 (천인)	급수인구 (인)	보급율	일생산능력 (만 ³ /일)	생산량 (만 ³ /일)	1인 1일 급수량(ℓ)
1987	9,991	9,810	98.2	472	392	399
1988	10,287	10,169	98.8	397	422	415
1989	10,577	10,507	99.3	497	448	426
1990	10,628	10,586	99.6	522	484	457
1991	10,905	10,899	99.9	565	493	452
1992	10,970	10,964	99.9	619	-	457

자료 : 서울 통계연보, 1993

<표 2-16> 정수사업소별 시설현황

구분	시설용량		생산량		평균가동률		1일 평균생산량	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992
사업소	천톤/일	천톤/일	백만톤	백만톤	%	%	천톤	천톤
단위								
계	5650	6190	1799	1834	87.24	80.97	4929	5012
광암	1000	1000	321	294	88.00	90.40	880	804
암사	1320	1320	387	425	80.30	88.03	1060	1162
구의	1130	1130	380	356	92.03	86.19	1040	974
뚝도	500	1000	203	213	111.20	58.10	556	581
보광동	300	320	108	108	98.33	91.88	295	294
노량진	300	300	99	96	90.33	87.53	271	262
영등포	600	600	133	184	61.00	83.83	366	503
선유	400	400	133	123	91.00	84.25	364	337
신월	100	120	35	35	97.00	79.17	97	95

자료 : 서울시 상수도사업본부기초통계, 상수도사업본부, 1993

<표 2-17> 한강분류구간의 주요 취수현황

(단위 : m³/sec)

구분	1993	1996	2001	2011
강북취수장	-	5.76	17.36	23.15
암사취수장	15.28	18.75	30.09	30.09
구의취수장	13.08	13.08	10.42	10.42
성남취수장	-	3.47	3.47	3.47
인천취수장	-	8.10	8.10	8.10
일산취수장	1.74	1.74	1.74	1.74
풍납취수장	8.10	8.10	8.10	8.10
자양취수장	15.05	15.05	12.15	12.15
청담취수장	1.16	1.16	1.16	1.16
영등포취수장	1.16	1.16	1.16	1.16
계	55.57	76.40	93.75	99.54

자료 : 서울시 상수도 기본계획 보고서 (1992.5 서울특별시)
 한강하천 유지유량 조사연구 보고서 (1990. 1 한국수자원공사)
 서울시 시정자료(1990)
 서울시, 인천시, 성남시 취수장 이설 보고서

3) 漢江本流區域의 取水現況 및 將來計劃

본 연구기간인 한강본류(팔당댐하류) 구간내의 주요 취수현황 및 장래계획은 <표 2-17>과 같다. 1993년말 현재 팔당댐 하류에서부터 잠실수중보까지의 취수량은 55.57 m³/sec 이었으며 2001년에는 93.75 m³/sec에 이를 것으로 계획되고 있다.

나) 工業用水現況

한강에서의 공업용수 취수현황은 1994년 현재 27개 업체에 日取水量은 67,000m³/일로 이중 수출공단이 18,000톤/일로 가장 많이 취수하고 있으며, 그밖에 방립방적의 취수량이 16,000톤/일이고 기타 업체에서 100톤/일~5,300톤/일을 취수하고 있다. 자세한 현황은 <표 2-18>에 나타내었다.

<표 2-18>공업용수 취수현황(1994년 기준)

업 소 명	소 재 지	계 약 량	제 품	비 고
정공사	영등포 3가 15	100	한성유제 금조과단조제품의 화학방수택사제플도효모화타플의 정수제 염전화철	팔당원수
상방잉	양평 3가 47	100		
롯데	당포 6가 2	1,500		
세강	당포 6가 16	100		
남영	당포 5가 10	100		
대방	당포산 2가 10	100		
대방	당포산 3가 54	12,000		
대방	당포산 3가 9	300		
대방	당포 1가 582	4,000		
대방	당포 1가 640	5,000		
서로	도림동 629	2,500		
롯데	양평 5가 119	200		
세원	양평 4가 15	2,300		
양지	양평 3가 15	100		
제일	양평 3가 59	100		
조흥	문래 5가 4-1	500		
한신	신도림동 306	5,300		
국영	신도림동 365	3,000		
영인	신도림동 370-1	1,300		
삼영	신도림동 470	1,600		
중일	구로동 636	500		
제일	구로동 1825	18,000		
수출	신도림동 436	2,000		
대한	독산동 310-12	3,000		
한신	독산동 738	400		
대백	고척동 산 55	500		
광부	오류동 123	2,000		
계		67,000톤/일		

자료: 서울시 상수도 사업본부, 1994

다) 農業用水現況

본 대상구역내의 농업용수 취수량은 경기도내의 농업용수 공급량으로서 4월중순에서 9월초까지 용수를 취수하고 있다. 이 중 상류경기도지역의 취수량은 전체의 5%에 불과하며 나머지 95%인 42.3m³/sec은 한강하류지역인 행주대교에서 신곡수중보 구간에서 취수하고 있다. 현재 한강변에서의 농업용수 취수현황은 <표 2-19>와 같다.

<표 2-19> 농업용수 취수현황

시설물명	소재지			취수량 (m ³ /sec)
	시.도	구.시.군	동.리	
창우	경기	하남	창우	1.6
도곡	경기	남장주	도용	0.048
삼패계1	경기	미금	삼패	0.729
삼패계2	경기	미금	삼패	0.027
염창	서울	강서	염창	1.057
행주	경기	고양	산주외	9.9
신곡	경기	김포	신용	33.33
계				46.691

자료 : 한강 하천 유지유량 조사연구 보고서, 1990, 한국수자원공사

2.3.3 下水處理場 및 下水道 現況

가) 下水處理場 現況 및 計劃

1) 下水處理場 現況

1984년 수립된 하수도정비 기본계획에 의해 서울지역에서 발생하는 하·폐수는 효율적인 처리를 위하여 4대 처리구역에서 처리하도록 하였으며, 각 처리구역별로 분류하수관거 및 하수처리장 건설을 추진하였다. 이러한 사업의 결과로 1992년말 현재 각종 하수관거의 총 시설연장이 9,370km에 달하고 있으며, 하수처

리장의 전체시설규모는 356만톤/일(1차처리포함)을 보이고 있다.

그러나 하수도 및 하수처리장의 양적 확장에도 불구하고 체계적인 하수관망이 마련되지 않은 실정이다. 1992년 말 현재 서울시 하수처리장의 현황은 <표 2-20>과 같다.

<표 2-20> 서울시 하수처리장 현황

구 분	계	중 량	탄 천	가 양	난 지
위 치		성동구 송정동 73	강남구 일원동 580	강서구 마곡동 91	고양군 화전읍 현천리 673
부지 면적 (1,000㎡)	3,193	800	402	1065	925
처리 구역 면 적 (ha)	34,055	10,613 (성동, 동대문, 중랑, 성북, 도봉, 잠원, 종로일부)	5,515 (강동, 송파및 강남, 서초구 일부)	12,007 (영등포, 관악, 동작, 구로, 양천, 강서, 강남, 서초 일부)	5,920 (마포, 용산, 서대문, 은평, 종로 및 중구 일부)
시설 용량 (만㎥/일)	356	146	60	50*	34*
처리 방법		활성슬러지법 (2차 처리)	활성슬러지법 (2차 처리)	중력침전법 (1차 처리), 활성슬러지법	중력침전법 (1차 처리), 활성슬러지법
건설 기간		최초 : 66.3 중설 : 93.5	최초 : 83.10 중설 : 91.1	최초 : 84.5 중설 : 89.10	최초 : 84.10 중설 : 89.7

자료 : 하수도, 1993

2) 處理場別 處理區域

서울시의 하수처리구역은 <표 2-21>과 같이 현재의 증량, 탄천, 가양, 난지 등 4개 처리구역으로 분할되어 있다. 서울시외지역의 하수처리현황을 보면 하남시의 하수는 탄천하수처리장에서, 광명시의 발생하수는 가양하수처리장에서 처리하고 있고, 계획에 의하면 부천시 일부하수를 가양 하수처리장에서, 그리고 화전읍의 발생하수를 난지하수처리장에서 처리할 계획이다.

<표 2-21>처리구역별 배수구역 현황

처리구역	서울시 지역	시 외 지역
증 량	청계, 증량, 뚝도	
탄 천	탄천, 성내	하남시(전체)
가 양	강서, 안양천, 노량진, 반포	광명시(전체), 부천시(역곡천)
난 지	용산, 옥천, 마포, 방원, 홍계, 불광	고양군(화전읍)

자료 : 서울시 하수도 기본계획 재정비(1992. 2, 서울특별시)

3) 處理區域別 下水發生量

발생하수량은 배출구역별로 구분하여 가정오수량과 영업오수량을 합한 생활오수량, 지하수유입량 및 공장폐수량을 합하여 산정하는데 1991년 기준으로 처리구역별 일최대 하수발생량을 <표 2-22>에 나타내었다.

<표 2-22>처리구역별 하수발생량 (1991년 기준) (단위 : m³/일)

구 분	증 량 처리구역	탄 천 처리구역	가 양 처리구역	난 지 처리구역	소 계
서울시 지역	1,975,200	856,000	2,003,100	1,249,100	6,083,400
시 외 지역	-	45,400	192,900	4,300	242,600
계	1,975,200	901,400	2,196,000	1,253,400	6,326,000

자료 : 서울시 하수도 기본계획 재정비 (1991. 2, 서울특별시)

4) 下水處理場 可動現況 및 問題點

현재 서울시에 가동중인 4개 하수처리장 대부분이 유입하수량의 과다 및 설계 수질을 밑도는 유입수질로 인하여 처리공정상 여러가지 문제가 발생하고 있다. 여기서는 4개 하수처리장중 2차 처리법인 활성슬러지법을 사용하고 있는 중랑과 탄천하수처리장의 운영상 문제점을 중심으로 언급하고자 한다.

主要問題點은 다음과 같다.

① 유입하수량 과다 및 유입수질의 저하로 인하여 처리공정별 운영인자의 보정이 필요하나, 현재 가동중인 처리장의 경우 건설시의 운영기준에 의거하여 단위공정조작이 이루어지고 있는 실정이며, 특히 슬러지 처리계통의 경우 각종 부하량 감소에 따른 처리공정상의 문제가 야기되고 있다.

② 동절기 수온의 저하로 폭기조내 미생물의 증식속도가 감소하여 처리수질이 악화되고 있다.

③ 현재 가동중인 처리장의 경우 유지관리요원등 인력확보의 어려움, 건설관계 회사와의 하자보수 범위의 선정미흡, 정상운영기간중의 보수방안에 따른 계획부재, 외화로 도입된 외국산 기계장치에 대한 적기보수의 어려움 등에 따른 기능저하등 유지관리상 여러가지 문제가 발생하고 있으며 이러한 요인으로 인하여 부분적으로운영이 정지되는 경우가 많고, 처리효율 저하의 원인이 되고 있다.

④ 또한 설계시의 용량보다 초과된 하수량이 유입되어 2차처리를 하지 못한채 방류되어 한강수질에 영향을 주고있다.

5) 將來計劃

하수처리장은 일단 건설되면 개조 등이 곤란하고 그 효과가 장기에 걸쳐서 영향을 미치므로 장기적인 견지에서는 최종목표년도의 전체계획을 감안하여 계획이 수립되어야 한다. 서울시는 이미 수립되어 있는 '서울시 하수도 정비 기본계획'에 따라 하수처리장 건설사업을 단계별로 추진하고 있으나, 도시계획지표를 초과하는 인구의 급격한 확장으로 인한 하수량의 증가에 비하여 처리장의 시설용량이 부족한 실정으로 처리장 건설계획의 재정비가 필요하게 되었다. 따라서 1992년 5월에 '서울시 하수도 기본계획 재정비'를 수립하기에 이르렀다.

이 계획에서는 '95년까지 처리장 용량 100% 보급을 달성, 하루 2개하수처리장 방류관거 하류로 연장, 고도처리수의 도시중수도로 이용, 하수처리장 공원화

로 시민 친근성 유도, 슬러지 활용 및 하수의 자원화등의 목표를 가지고 새로운 시설용량을 계획하였으며, 유입하수량 및 처리시설 용량계획은 다음 <표 2-23>과 같다.

나) 下水道現況 및 計劃

1) 下水道 諸元

하수도는 인간생활에서 발생하는 생활오수나 우수를 위생적으로 배출할 수 있도록 시설된 관거나 구조물로서 서울시의 하수관거현황은 <표 2-24>에 나타난 바와 같다.

<표 2-23> 유입하수량 및 처리시설 용량계획 (단위 : 만m³/일)

구분 \ 년도		1989	1991	1996	2001	2011	
유입하수량		408*	451*	541*	703*	772*	
처리시설용량	계	311	356 (45)	539 (183)	694 (155)	775 (81)	
	중량	소계	111	146 (35)	171 (25)	222 (51)	242 (20)
		중량신내	111	146 (35)	171 (25)	196 (25)	196 (26)
		도립	-	-	-	26	20
		독도	-	-	-	(26)	(20)
	탄천	50	60 (10)*	85 (25)	110 (25)	128 (18)	
	안양천	소계	100	100	200 (100)	262 (62)	292 (30)
		안양천	100	100	200 (100)	230 (30)	260 (30)
		도립	-	-	-	32 (32)	32
	난지	50	50	83 (33)	100 (17)	113 (13)	

주) () : 증설용량 : 시설보완을 통한 증설용량 10백만m³/일 증설

* : 일평균 하수량

자료 : 서울시 하수도 기본계획 재정비 (1992. 5, 서울특별시)

<표 2-24> 서울시 하수관거 현황(1992년 말 기준)

(단위 : m)

구		분	관 거 현 황
하수관거	계 획 연 장		9,893,239
	시 설 연 장		9,369,666
	보 급 율 (%)		94.7
합류식	계 획	면 적 (Km ²)	300.76
		연 장	8,680,254
	시 설 연 장		8,305,294(74,705)
	보 급 율 (%)		95.6
	압	거	874,416(14,101)
	관	거	7,182,024(56,847)
	개	거	112,263(-2,045)
측	거	136,591(5,802)	
분류식	계 획 면 적(Km ²)		27.31
	오 수	계 획 연 장	743,055
		시 설 연 장	686,451
	보 급 율 (%)		89.6
압	거	214,623(9,719)	
관	거	451,828(22,283)	
우수관거	계 획 연 장		469,930
	시 설 연 장		397,921(21,103)
	보 급 율 (%)		84.7
	압	거	58,074(6,067)
	관	거	328,620(12,817)
	개	거	-
측	구	11,227	

주) ()안은 당해년도 건설분임
 자료 : 하수도, 건설부, 1993

2) 問題點

현재 서울시의 기존 하수관거에 대한 문제점은 다음과 같다.

① 雨水 排除上 問題點

기존 하수관거의 설계 및 시공시 계획적인 도시개발보다는 도시의 확장에 따라 관거를 증설함에 따라 기존하수관거의 용량이 부족하며 하수관거 개설시 시공불량 등으로 하수의 지체현상이 발생하고 있으며 각종 집수시설의 미비로 인한 표면상의 집수불량으로 우천시 배수불량현상의 원인이 되고 있다.

② 汚水排除 및 處理時 問題點

최근 건설된 대단위 주택개발지구를 중심으로 분류식 하수도가 보급되어 있으나 분류식 지역의 상당부분이 우, 오수관이 잘못 연결되어 있으며 재개발등에 의해 소규모로 개발된 분류식화에 의한 효과를 기대하기 어려운 실정이다. 또한 우천시 계획우수량에 의해 결정된 관거용량의 과다로 인하여 청천시 오수의 관내 유속이 저하되고 이에따라 오수내 침사물이 퇴적되어 오수의 하천차집, 미정비된 분류식 하수관거체계 및 관거의 노후화등으로 인한 불명수의 과다유입, 그리고 선시공된 분뇨정화조 처리시설과 공동주택단지의 오수정화시설의 운전으로 분뇨의 직부입이 이루어지지 않아 처리장유입하수의 수질이 계획수질에 비해 떨어져 하수처리의 효율이 감소되고 있으며, 처리수량의 증가에 따른 하수처리장 운영비의 증가를 초래하고 있다.

2.3.4 流入, 流出特性

가) 한강분류 물수지분석

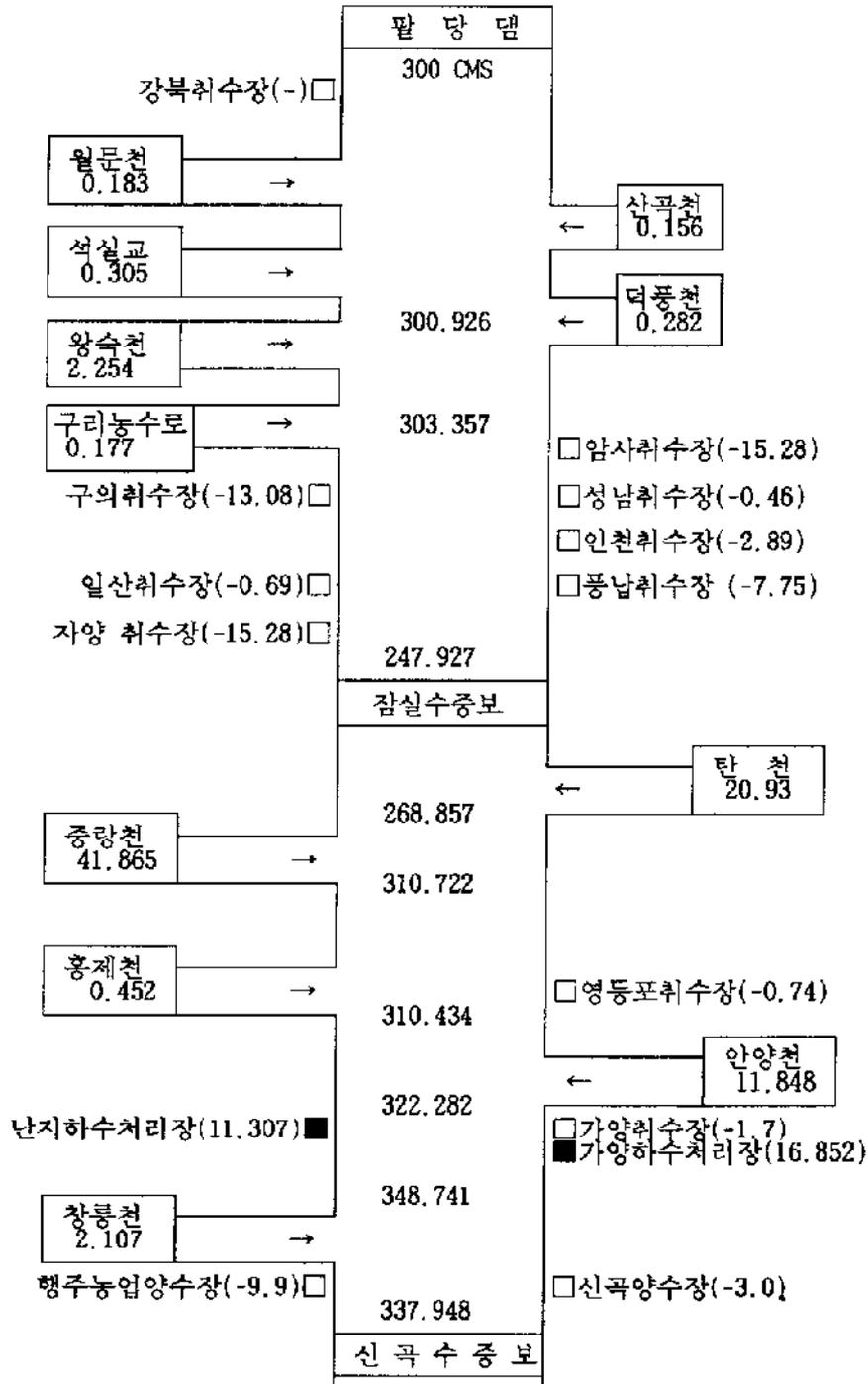
한강수역의 수위, 유속 및 수질등은 주로 팔당방류량에 의하여 결정되며 또한 강우량 및 유입지천의 유입량에 따라 영향을 받는다.

수질에 미치는 영향은 방류량이 많아지면 편차는 있으나 대체적으로 보아 희석효과를 나타내어 오염물질함량을 다소 낮추는 효과를 나타내는 것으로 조사되었다. 비교적 영향이 큰 부분은 수리조건이 미치는 영향이라고 볼 수 있다. <그림 2-6>은 한강분류구간의 물수지에 관한 분석도이다.

나) 팔당방류량 분석

연중 한강수계에 미치는 효과를 분석하기 위해 1994년 1월1일부터 10월 31일 까지 시간별 방류량자료를 분석하여 시간별 자료는 <표 2-25>에, 일평균자료는 <표 2-26>에 종합하였다. <표 2-25>에서 알 수 있는 바와 같이 하루중 시간에 따른 변화는 일정한 경향을 보이지 않으나, 방류량이 200CMS보다 낮은 2,3,4월에는 거의 일정하였다. 일평균 방류량중 최대방류량은 3,581 CMS로 1994년 7월 1에, 그리고 최소방류량은 148.2 CMS로 1994년 3월 14일에 나타났다. 이것은 1994년의 강수량이 매우 적었기 때문인 것으로 사료된다. 평균값은 7, 8월에 534 ~ 739 CMS 로 비교적 높게 나타났고 1, 2월에 150CMS로 가장 낮았으며 기타 월에는 180 ~ 300 CMS 정도였다<그림 2-7 참조>.

<그림 2-6 > 한강분류 물수지분석도



<표 2-25> 시간별 평균 팔당방류량(1994년)

(단위: CMS)

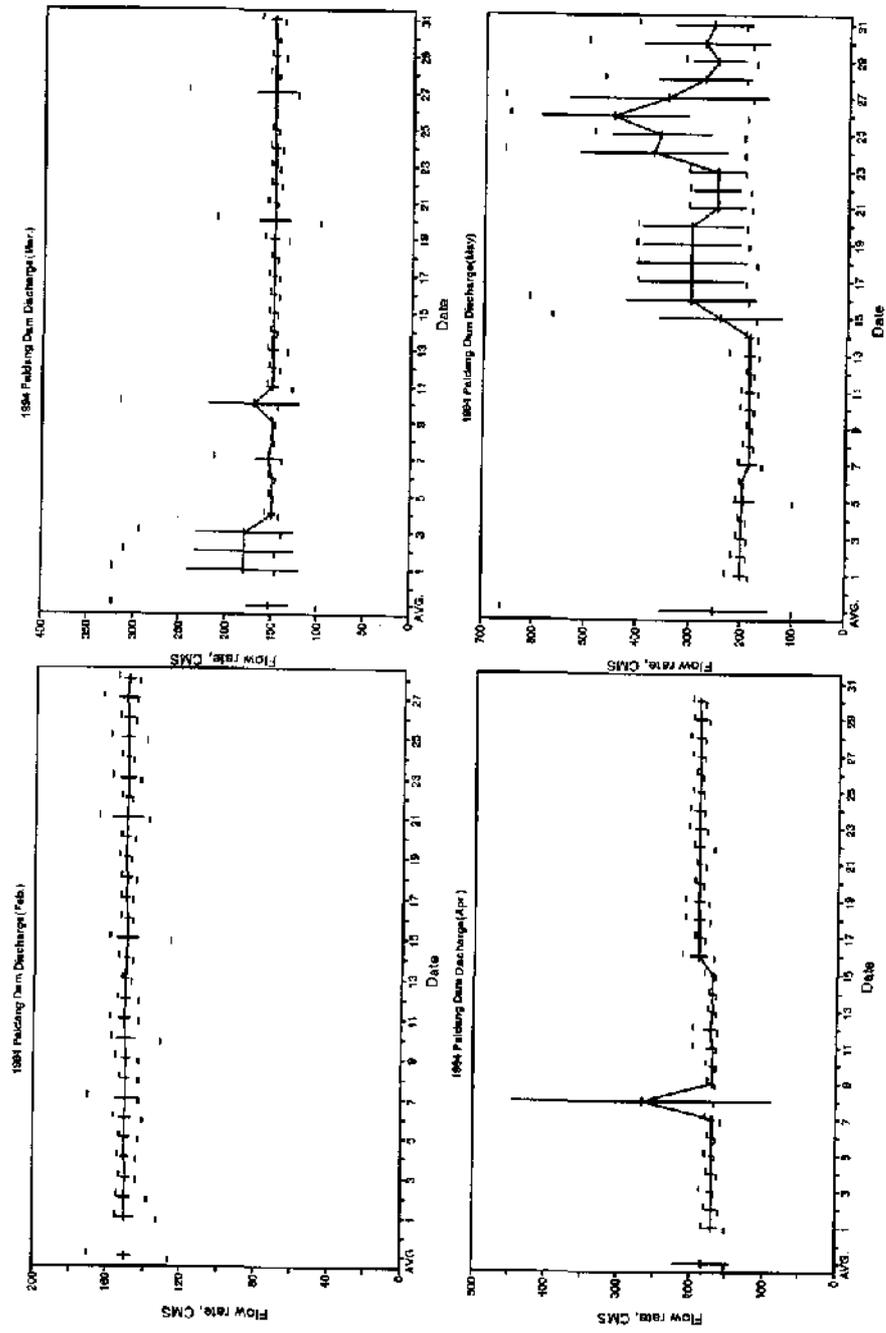
\월 시간	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
1	151.4	153.7	180.6	212.8	205.1	685.5	434.0	272.8	345.6	289.5
2	150.8	151.1	179.7	200.0	204.9	680.2	403.7	258.3	349.1	281.0
3	150.7	150.3	179.2	199.5	201.4	666.2	364.7	241.8	351.1	271.5
4	150.8	150.5	179.8	203.7	200.3	654.7	354.9	239.7	347.2	269.0
5	149.7	150.7	180.0	237.2	196.9	647.4	388.3	257.6	355.6	278.3
6	150.9	150.7	180.0	244.7	206.8	649.6	434.0	258.1	363.6	286.9
7	151.2	150.7	181.0	249.3	214.8	699.0	473.2	257.5	367.6	299.9
8	150.0	149.9	179.4	249.0	224.9	719.7	500.8	254.9	365.6	306.5
9	148.6	148.9	179.8	272.8	234.9	731.1	556.8	255.1	377.5	319.2
10	149.6	159.8	181.4	285.3	238.0	779.6	623.4	257.7	388.8	338.0
11	150.9	163.6	196.6	291.5	235.8	841.3	651.8	267.2	389.8	353.8
12	150.0	162.0	197.2	300.4	225.8	869.1	644.0	263.8	376.6	355.5
13	149.8	149.6	197.6	272.0	228.0	842.6	603.0	261.2	375.1	341.7
14	149.3	148.2	196.0	300.0	217.2	833.3	621.6	274.3	366.0	346.3
15	149.0	151.0	190.0	305.5	234.9	867.9	661.8	270.6	362.8	357.9
16	149.3	149.0	180.3	305.5	245.1	811.5	669.3	265.1	362.5	350.8
17	148.5	148.7	180.7	278.4	241.5	771.8	656.8	260.1	366.2	339.5
18	149.1	153.5	180.8	251.1	214.8	749.2	609.0	253.4	390.6	323.5
19	149.7	157.0	178.2	228.6	214.2	731.2	591.0	264.2	424.2	317.5
20	150.0	167.4	179.5	228.5	217.1	729.3	561.2	272.5	417.4	316.3
21	149.8	157.6	180.2	234.8	210.1	719.4	530.4	272.0	389.6	309.8
22	150.1	154.0	180.6	224.5	213.6	709.0	518.5	270.7	369.4	305.5
23	150.3	153.3	181.4	219.1	215.0	685.9	494.9	268.3	364.4	298.8
24	150.1	156.3	183.2	220.2	218.0	674.0	491.6	264.7	356.5	297.5
평균	150.1	153.6	183.5	250.6	219.1	739.5	534.9	261.7	371.8	314.8
최대	151.4	167.4	197.6	305.5	245.1	869.1	669.3	274.3	424.2	355.5
최소	148.5	148.2	178.2	199.5	196.9	647.4	354.9	239.7	345.6	271.5

<표 2-26> 일별 평균 팔당방류량(1994년)

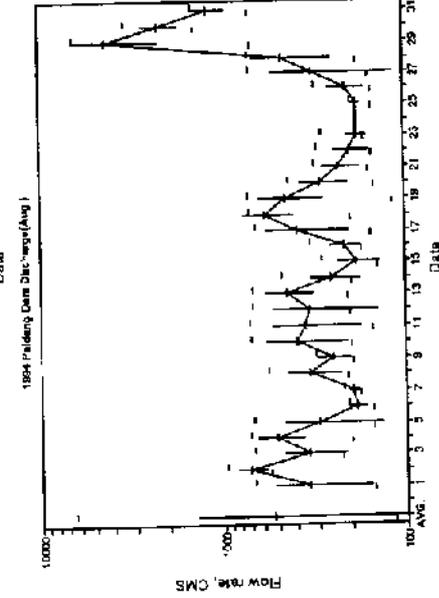
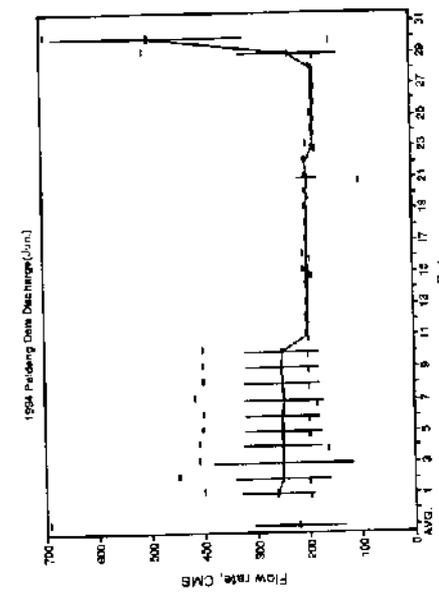
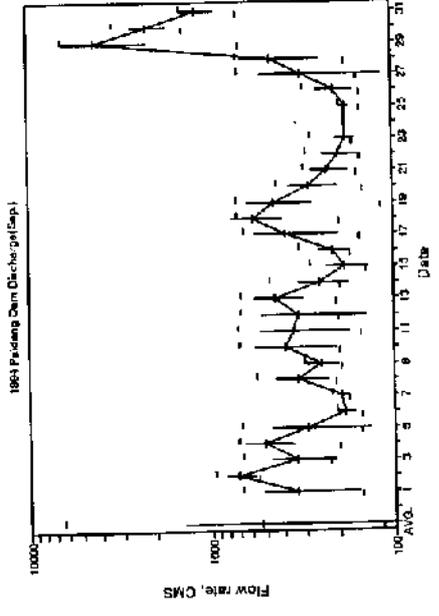
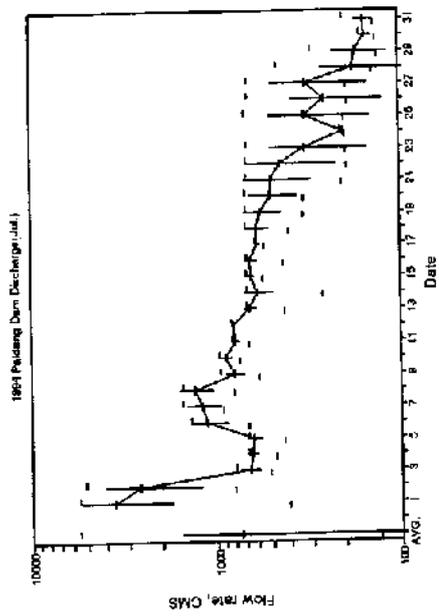
(단위: CMS)

월 일	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
1	149.9	180.3	170.2	200.2	91.5	3581.3	340.7	683.3	140.3	674.7
2	150.1	180.0	170.2	200.3	250.0	2621.0	714.0	630.4	139.8	614.5
3	149.5	179.5	170.3	200.3	250.1	666.5	340.3	569.8	-	315.8
4	150.3	150.3	170.2	199.9	249.9	643.4	509.3	589.5	139.5	332.8
5	150.1	150.2	170.2	196.1	249.8	629.5	297.5	470.3	140.3	289.2
6	150.3	150.3	170.3	200.2	250.0	1129.0	184.5	316.3	140.0	318.9
7	149.7	154.4	170.4	185.4	246.5	1204.8	192.7	265.9	140.1	321.2
8	150.0	150.2	266.5	184.8	250.3	1315.2	334.2	200.5	140.4	356.5
9	150.0	150.3	170.2	185.3	250.4	795.9	249.6	267.7	140.1	277.4
10	150.1	170.0	170.4	185.3	250.1	897.3	390.8	200.4	140.3	301.8
11	150.4	149.8	169.7	184.9	199.8	792.7	356.4	198.7	176.6	275.3
12	150.2	149.6	173.5	184.9	201.3	812.9	332.0	200.3	837.7	275.6
13	150.1	149.8	169.7	185.4	200.3	656.2	444.4	200.3	840.5	269.5
14	150.0	150.1	170.2	185.0	200.1	595.5	252.8	180.0	483.0	235.5
15	149.5	150.2	170.0	243.4	199.7	647.0	183.8	179.6	335.6	240.4
16	149.6	149.7	190.3	300.3	201.0	650.1	213.3	179.8	652.6	254.3
17	150.3	150.0	189.7	300.3	200.4	596.3	388.4	180.4	1148.9	269.5
18	149.8	150.0	190.3	300.2	200.2	602.4	581.2	180.0	507.5	294.3
19	150.4	150.2	190.4	300.0	200.1	572.3	447.3	179.8	448.8	273.8
20	150.1	149.6	190.3	299.6	200.0	505.3	286.6	179.3	-	245.1
21	150.1	149.7	190.2	250.1	196.0	496.7	226.9	180.4	-	230.0
22	149.8	150.2	189.9	250.7	200.3	442.8	198.0	180.3	-	220.2
23	149.9	149.6	189.8	250.1	184.9	324.1	180.5	179.7	-	201.1
24	149.7	149.5	190.7	373.9	185.0	200.0	180.1	180.0	-	201.1
25	150.0	150.4	190.0	360.1	184.6	325.1	180.4	179.4	-	215.0
26	149.8	150.1	190.2	451.3	184.8	251.9	207.8	179.9	-	220.7
27	150.4	149.8	190.3	346.8	185.2	320.5	314.3	180.1	-	229.7
28	149.5	150.0	189.8	277.8	184.7	175.8	458.4	179.8	-	220.7
29		149.5	189.9	250.5	230.7	170.3	4247.0	180.2	-	774.0
30		149.5	190.4	274.8	496.2	149.9	2183.8	180.1	-	517.8
31		150.4		260.3		153.9	1167.0		-	432.9
평균	150.0	153.7	183.5	250.6	219.1	739.5	3534.9	261.7	-	319.2
최대	150.4	180.3	266.5	451.3	496.2	3581.3	4247	683.3	-	774.0
최소	149.5	149.5	169.7	184.8	91.5	149.9	180.1	179.3	-	201.1

주 : - 미측정 자료임



<그림 2-7a> 인평강 관방댐방류량



공산유량관리단 유량 관측 자료

2.3.5 流域 利用 現況

가) 土地利用現況

한강유역의 토지이용현황은 <그림 2-8> 과 같다. 편의상 몇 개의 구간으로 나누어 토지이용현황을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 팔당호 유역 : 북한강 및 남한강수로를 중심으로 좌우에 농경지 및 주거지가 분포하며 대부분은 임야지이다.
- 2) 팔당호 ~ 잠실수중보유역 : 구리, 미금, 하남시등 주거지와 생산공장이 산재해 있으나 면적은 넓지 않고 대부분의 토지는 농경지로 이용되고 있다. 주변시내의 인구가 늘어감에 따라 농경지가 주거지로 전환되는 면적이 많은 지역이다.
- 3) 잠실수중보 ~ 성산대교유역 : 수로변에 연하여 공장이 산재해 있고 인구밀집지이며 외곽은 임야 농경지로 활용되고 있다.
- 4) 성산대교 ~ 신곡수중보유역 : 공장지대, 주거지, 임야가 부분적으로 산재해 있기는 하나 대부분의 면적은 농경지로 이용되고 있다. 특히 이 유역에는 매립이 완료된 난지도 쓰레기매립지가 있다. 또한 일산 신도시 건축 및 고양시의 확장으로 많은 농경지가 주거지로 개발되고 있다.

나) 水邊 利用現況

서울시 관내에 설치된 유선장 설치 허가 현황은 <표 2-27>과 같다. 설치된 유선장은 유람선, 요트, 보트, 기타로 대별되며 1994년 현재 14개 업체가 영업을 하고 있다. 표에서 알 수 있듯이 주요 시설들은 팔당대교에서 성산대교에 이르기까지 분산되어 있으나 각 사업의 규모가 크고 수적으로 많아 수질 및 환경 교란의 원인이 되고 있다. 이 중 잠실수중보 상류수역에 위치하는 수상시설은 5개소로 면적은 5,374.56m²에 달하고 있다. 특히 잠실수중보 상류역의 선상식당, 요트장, 음식점 등에 대해서는 이 지역이 취수원지역임을 고려하여 하류 친수지역으로 이전을 유도하여야 할 것이다. 또한 이용객에 대한 유로순찰, 단속 등 관리방안도 검토되어야 할 것이다.

육상 및 수로변을 이용하고 있는 현황 및 수상, 수변에서 진행되고 있는 각종 시설 공사내용을 조사 종합한 결과는 <그림 2-9>와 같다. 수변 및 육상 이용시설을 대별하

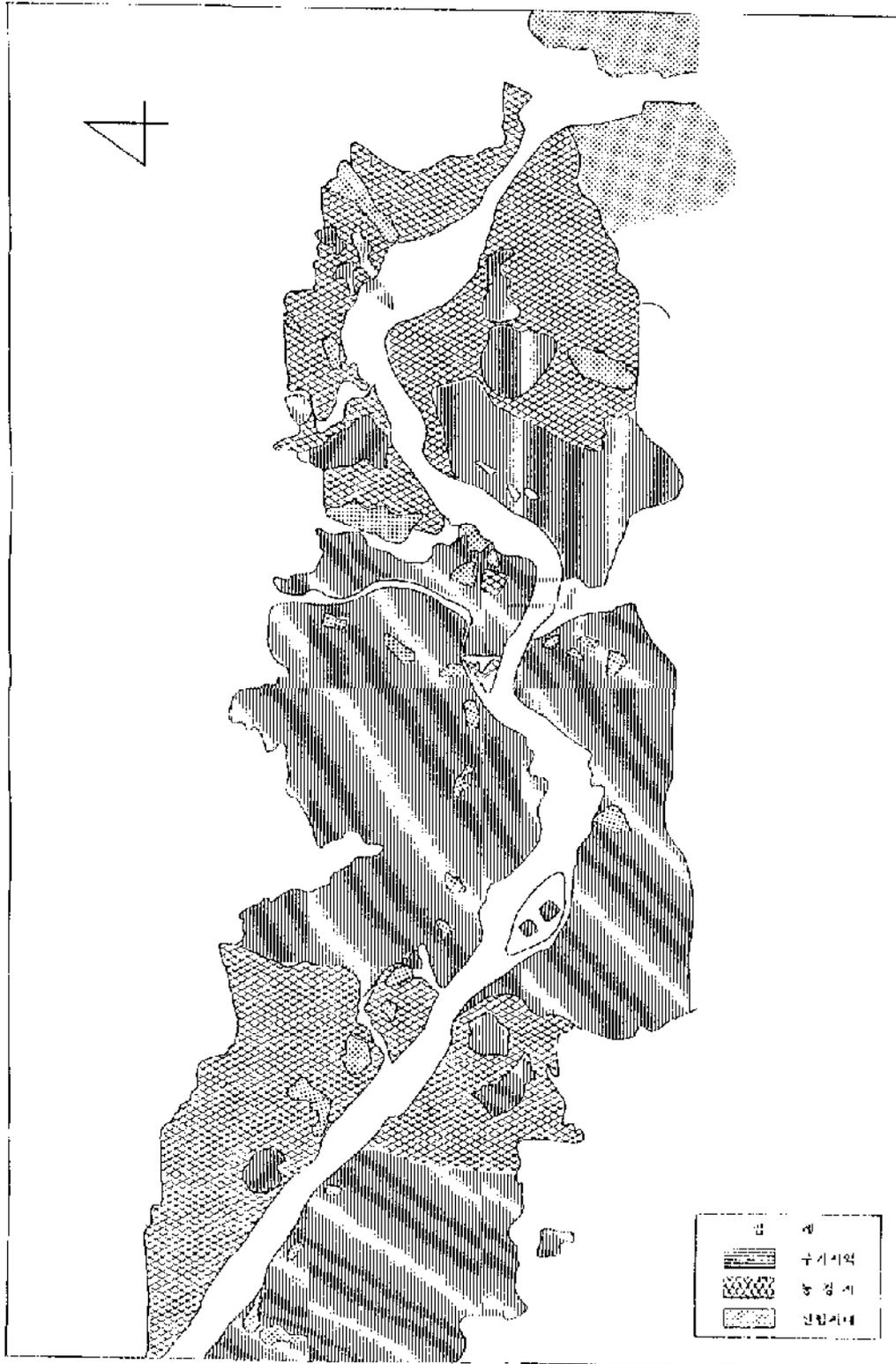
면 음식점, 선상식당, 보트장, 요트장, 농경지, 경작지, 낚시터 등으로 구분할 수 있다.

<표 2-27> 서울시 관내 유선장 설치허가 현황

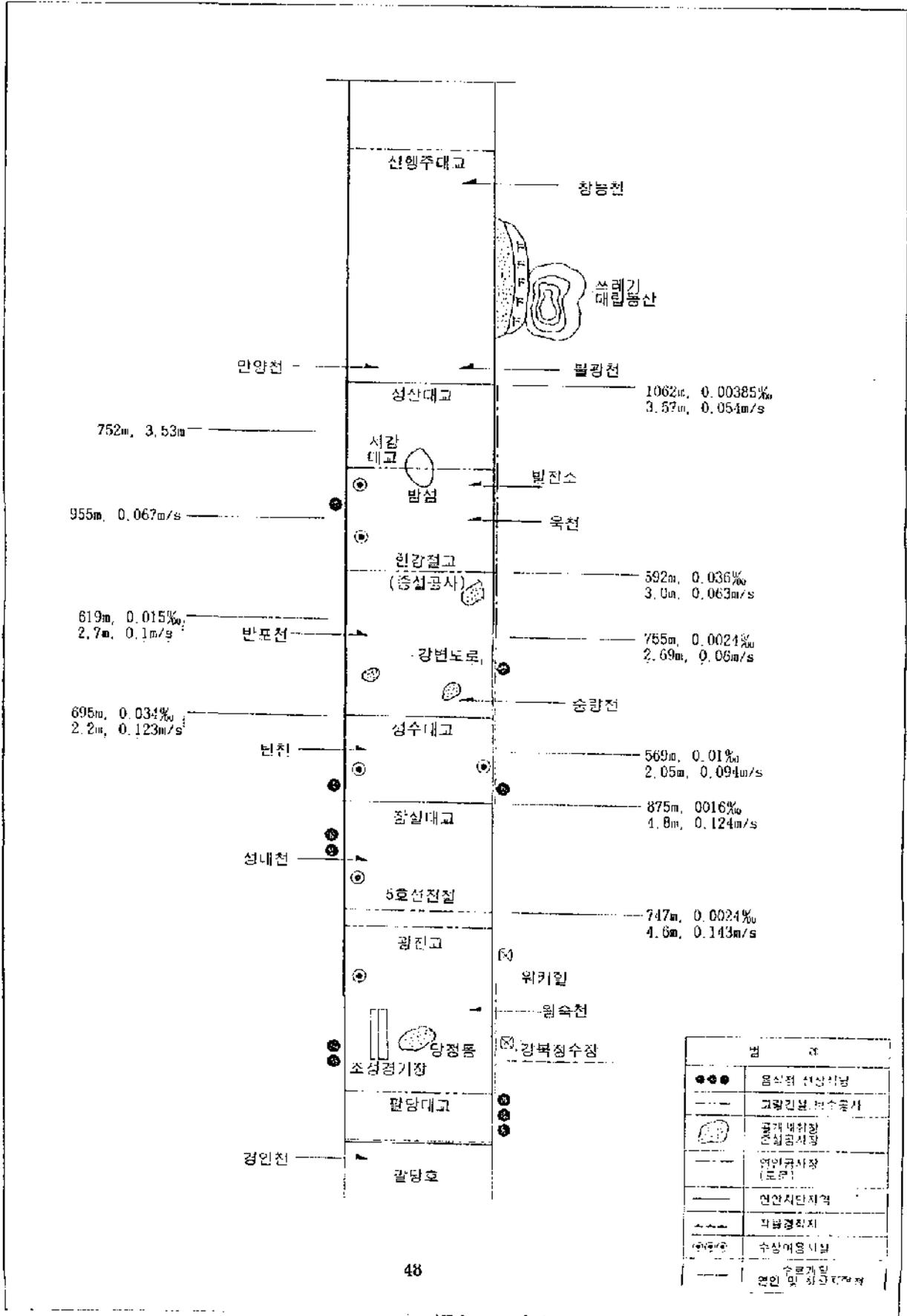
종류별	업체명	대표자	위치	등급	점용면적	허가기간	접용기간
총계	14개 업체				17,536.8		113,717,420
유선장	(주)세모	락상복	뚝섬	192	3,470m ²	93.3.4~ 94.3.3	15,649,700원 뚝도나루
			여의도	203	2,042m ²	93.9.11~ 94.9.10	17,982,700원 유진, 진성호
			여의도	203	1,387m ²	93.9.11~ 94.9.10	12,385,910원 노들나루
			잠실	200	2,395m ²	93.9.11~ 94.9.10.	18,465,450원 누에, 진주호
수상스키	골드관광(주)	황신석	풍납	197	990m ²	92.12.20 93.12.19	6,868,120원
	(주)삼세롱 (용성레저)	임익룡	풍납	189	858m ²	93.2.21~ 94.2.20.	4,117,620원
	(주)삼덕수상레저	심병철	강장동	190	460m ²	93.7.12~ 94.7.11	2,175,800원
요트	(주)쌍방울개발 (서울마리나)	남기룡	광나루	190	671.56m ²	93.4.25~ 94.4.24	3,178,560원
보트	한강레저산업	김홍	뚝섬	192	705m ²	92.11.20 93.11.19	4,140,110원
	아리랑보트(주)	임원식	뚝섬	192	1,036m ²	93.4.20~ 94.4.19	5,633,250원
	위너마리나	강희곤	뚝섬	192	1,178m ²	93.9.18~ 94.9.17.	6,149,160원
	마리나문화센터	최정길	뚝섬	192	852m ²	93.7.14~ 94.7.13	4,447,440원

자료 : 서울시 한강관리사업소

<그림 2-8> 토지이용현황



<그림 2-9> 수변 교란 및 이용현황도



법	의
●●●	음식점 신장사업
———	교량건설, 보수공사
⊖	공개채취장 (중실공사장)
———	연안공사장 (도로)
———	연안지단차격
~~~~~	파출소위치
①②③④	수상어울시설
———	연안 및 하구 지역

## 2.4. 河川 水質環境基準

### 2.4.1. 水質環境基準

環境政策基本法에는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 水質環境基準을 정해놓고 있다. 이것은 수질의 관리기준이 되며 또한 수질오염관리에 있어서 중요한 지표가 되고 있다. 環境政策基本法에 의거하여 정해진 水質環境基準은 생활환경보호항목과 사람의 건강보호항목으로 구분되어 있으며 생활환경보전을 위한 등급은 다시 5등급으로 나누어진다. 생활환경보호항목으로는 하천의 경우 수소이온농도, 생물학적 산소요구량, 용존산소농도, 부유물질량, 대장균농도이고, 호소의 경우에는 수소이온농도, 화학적 산소요구량, 용존산소농도, 대장균군, 총인, 총질소등이다. 사람의 건강보호항목은 전수역에 해당하는 기준으로, 카드뮴, 비소, 시안, 유기인, 납, 6가크롬, 수은, 음이온계면활성제, PCB등의 9개 항목으로 정해져 있다.

우리나라의 水質環境基準은 물의 이용목적에 따라서 <표2-28>, <표 2-29>와 같이 정해져 있다.

### 2.4.2. 水域別 河川水質 達成等級現況

1993년 말 기준 팔당호 이하의 한강 본류구간에 적용되는 목표수질등급과 달성기간은 <표 2-30>과 같다. 한강 본류 구간을 살펴보면 팔당호 직하류에서부터 중랑천 합류전까지 구간이 I 등급으로 정해져있고 그 이후부터 안양천 합류지점까지 II등급, 그 이하 지역이 III등급으로 정해져 있다.

지천 중에서는 왕숙천 전구간이 II등급으로, 탄천 하류와 청계천, 중랑천 하류, 안양천, 굴포천이 모두 V등급으로 정해져 있다.

<표 2-28 > 하천수질환경기준

구분	등급	이용목적별 적용대상	기준				
			수소이온 농도 (pH)	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/ℓ)	부유물질량 (SS) (mg/ℓ)	용존산소요 구량 (DO) (mg/ℓ)	대장균군 수 (MPN/100 mℓ)
생활 환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이하	50이하
	II	상수원수 2급	6.5~8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하
		수산용수 1급 수영용수					
	III	상수원수 3급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하
		수산용수 2급					
IV	공업용수 1급	6.0~8.5	8이하	25이하	2이상	-	
	공업용수 2급 농업용수						
V	공업용수 3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2이상	-	
사람의 건강 보호	전	카드뮴(Cd): 0.01mg/ℓ 이하, 비소: 0.05mg/ℓ 시안(CN): 검출되어서는 않됨, 수은(Hg): 검출되어서는 않됨, 유기인: 검출되어서는 않됨,					
	수	납(Pb): 0.01mg/ℓ 이하, 6가 크롬(Cr ⁶⁺ ): 0.05mg/ℓ 이하, 포리클로리네이티드비페닐(PCB): 검출되어서는 않됨, 염이온 계면활성제(SBS): 0.05mg/ℓ 이하					

- 비고: 1. 수산용수 1급: 빈부수성 수역의 수산생물용  
 2. 수산용수 2급: 중부수성 수역의 수산생물용  
 3. 자연환경보전: 자연경관 등의 환경보전  
 4. 상수원수 1급: 여과 등에 의한 간이정수처리 후 사용  
 5. 상수원수 2급: 침전 여과 등을 거친 일반적 정수처리 후 사용  
 6. 상수원수 3급: 침전 여과 등을 거친 고도의 정수처리 후 사용  
 7. 공업용수 1급: 침전 등에 의한 통상의 정수처리 후 사용  
 8. 공업용수 2급: 약품 처리 등 고도의 정수처리 후 사용  
 9. 공업용수 3급: 특수한 정수처리 후 사용  
 10. 생활환경보전: 국민의 일상생활에 불편감을 주지 아니할 정도

<표 2-29> 호수수질환경기준

구분	등급	이용목적별 적용대상	기준						
			수소이온 농도 (pH)	화학적 산소요구 량(COD) (mg/ℓ)	부유물질 량(SS) (mg/ℓ)	용존산소요 구량(DO) (mg/ℓ)	대장균군 수 (MPN/100 ml)	총인 T-P (mg/ℓ)	총질소 T-N (mg/ℓ)
생	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이하	50이하	0.01이하	0.2이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수영용수	6.5~8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하	0.03이하	0.4이하
활	III	상수원수 3급 수잔용수 2급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하	0.05이하	0.6이하
	IV	공업용수 1급 공업용수 2급	6.0~8.5	8이하	25이하	2이상	-	0.10이하	1.0이하
농업용수									
환	V	공업용수 3급	6.0~8.5	10이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2이상	-	0.15이하	1.5이하
		생활환경보전							
사 람 의 건 강 보 호	전	카드뮴(Cd): 0.01mg/ℓ 이하, 비소: 0.05mg/ℓ 시안(CN): 검출되어서는 않됨, 수은(Hg): 검출되어서는 않됨, 유기인: 검출되어서는 않됨, 납(Pb): 0.01mg/ℓ 이하, 6가 크롬(Cr ⁶⁺ ): 0.05mg/ℓ 이하, 포리클로리네이트디비페닐(PCB): 검출되어서는 않됨, 염이온 계면활성제(SBS): 0.05mg/ℓ 이하							

- 비고: 1. 총인, 총 질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7미만일 경우에는 총인의 기준은 적용하지 아니하며, 그 비율이 16이상인 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.
2. 수산용수 1급: 비수생성 수역의 수생물용
3. 수산용수 2급: 비수생성 수역의 수생물용
4. 자연환경보전: 수생태계의 자연환경보전
5. 상수원수 1급: 수생태계의 자연환경보전
6. 상수원수 2급: 수생태계의 자연환경보전
7. 상수원수 3급: 수생태계의 자연환경보전
8. 공업용수 1급: 수생태계의 자연환경보전
9. 공업용수 2급: 수생태계의 자연환경보전
10. 공업용수 3급: 수생태계의 자연환경보전
11. 생활환경보전: 수생태계의 자연환경보전

<표 2-30> 하천 유역별 목표수질등급과 달성기간

유역명	구 간	등급	달성기간(년)
왕 속 천	전구간	II	11
한강 본류IV	팔당호 하류-탄천합류점전	I	5
탄 천 상 류	발원지-용인군과 성남시 경계점전	I	5
탄 천 하 류	용인군과 성남시 경계후-한강합류점전	V	11
한강 본류V	탄천합류후-증랑천합류점전	I	5
증랑천 상류	발원지-서울시와 의정부 경계점전	III	11
청 계 천	전구간	V	11
증랑천 하류	서울시와 의정부시 경계점후-한강합류점전	V	11
한강 본류VI	증랑천합류후-안양천합류점전	II	5
안 양 천	전구간	V	11
한강 본류VII	안양천합류후-굴포천합류점전	III	5
굴 포 천	전구간	V	11

자료:환경처, 한국환경연감, 1993.

#### 2.4.3. 上水源 保護區域 指定現況

상수원보호구역은 상수원을 오염원으로부터 보호하기 위하여 수면과 육상지대를 포함하여 지정된 일정구역을 말한다. 수처리기술이 초보적인 단계일때는 상수원 보호수단으로 상수원보호구역을 지정하였으나, 근래에는 고분자물질을 비롯한 유해물질의 급속한 보급과 교통수단의 발달로 인한 상수원의 급격한 오염가능성의 방지라는 광역의 의미를 가지고 있다. 현재 상수도 보호구역은 전국적으로 367개소 1,091천Km²에 지정되어 있다. 이중 서울권에는 경기도와 강원도에 34개소가 지정되어 있다. 한편 1993년 건설부가 발표한 팔당호 상수원보호 특별대책지역에 포함된 행정구역 현황은 <표 2-31>과 같다.

<표 2-31> 팔당호 상수원보호특별대책지역에 포함된 행정구역

행정 구역	특별대책지역 1 권역	특별대책지역 2 권역
경기도 7군 43읍 면	남양주군: 화도면(가곡리를 제외한 전역), 조안면	남양주군: 화도면(가곡리), 수동면
	여주군: 능서면(구양리, 번도리, 내양리, 백석리, 왕대리), 흥천면, 금사면, 대신면, 신북면	여주군: 능서면(구양리, 번도리, 내양리, 백석리, 왕대리를 제외한 전역)
	광주군: 광주읍, 오포면, 초월면, 퇴촌면, 남종면, 중부면, 실촌면, 도척면	
		가평군: 설악면(사릉리, 선촌리, 신촌리, 회곡리, 이천리), 외서면(호명리, 고성리), 하면(대보2리), 상면(항사리, 덕현리, 임초1리)
	양평군: 양평읍, 강상면, 강하면, 양서면, 육천면, 서종면, 개군면	양평군: 용문리, 청운면(여물리, 비룡리), 단월면(행소리, 부안리, 덕수리, 보룡리, 봉상리, 삼가리), 지제면(송현리, 월산리, 지평리, 망마리, 대평리, 곡수리, 수곡리, 육현리)
	용인군: 모현면	용인군: 용인읍, 내사면, 포곡면
		이천군: 이천읍, 부발읍(가좌리, 신하리, 마암리, 무촌리, 신원리, 대관리, 죽당리, 산촌리, 아미리), 신둔면, 호법면, 마장면, 백사면, 대월면(장곡리, 고담리, 단월리, 대포리), 모가면(신갈리)

자료: 서울시 상수도 취수원의 북한강 상류이전 타당성연구, 서울시상수도사업본부, 1993





# 제 3 장

## 수질오염도 평가

3.1 조사방법

3.2 조사결과

## 第 3 章 水質汚染度 評價

### 3.1 調査方法

본 연구에서는 한강의 현수질을 평가하고, 장래수질을 예측하기 위한 기초자료를 마련하기 위해서 한강본류 水域과 지천의 수질을 조사하였다.

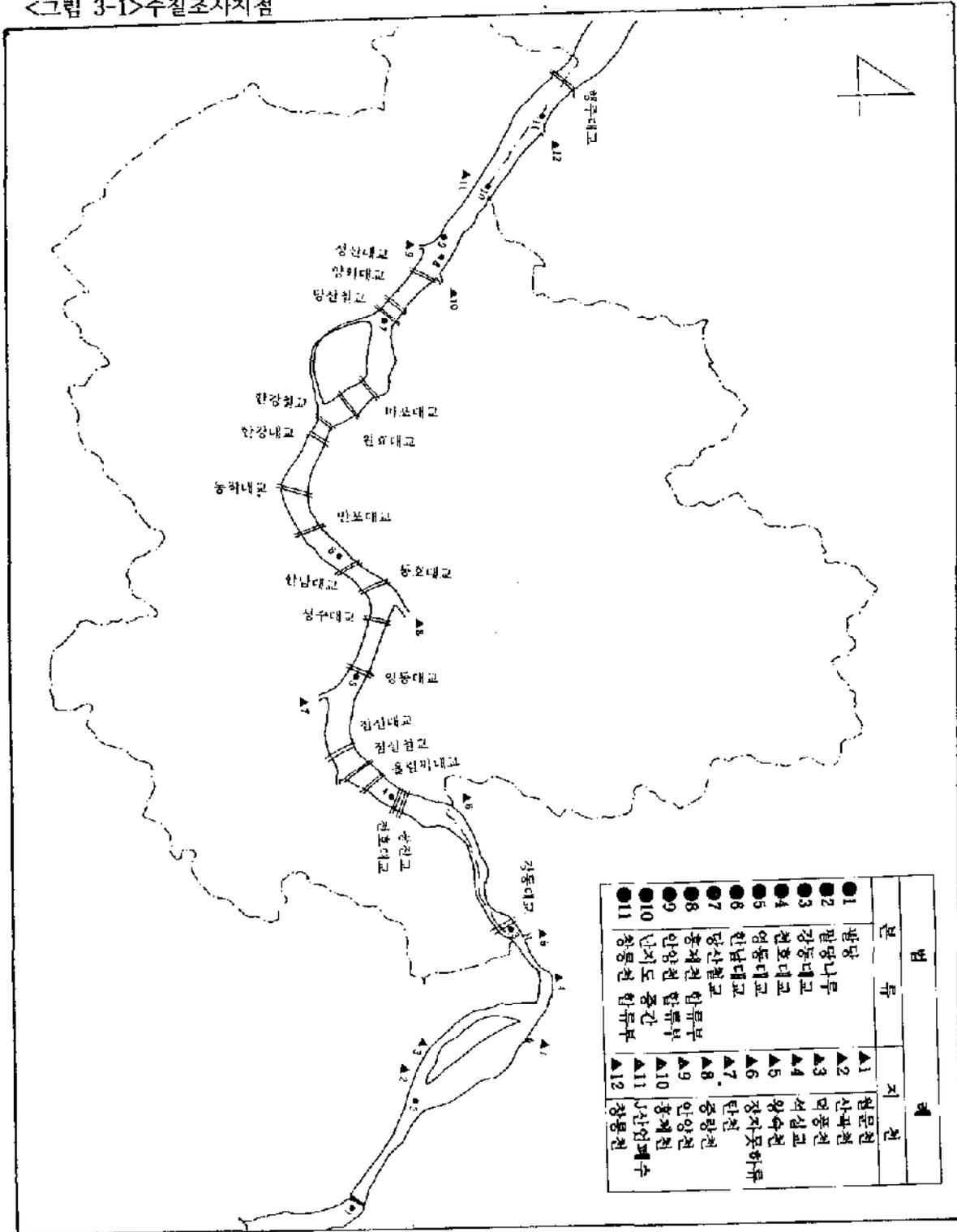
#### 가) 調査地點

조사구간은 한강본류에 합류되는 지천을 포함하여 팔당호하류부터 신곡수증보까지였다. 조사대상 지점은 본류에서는 지천이 합류된 직하류지점을 중심으로 선정하였고, 지천중에서는 지천의 위치, 유량, 수질등을 고려하여 선정하였다. 선정된 지점은 본류에서 팔당호, 팔당나루, 강동대교, 천호대교, 영동대교, 한남대교, 당산철교, 홍제천 합류부, 안양천 합류부, 난지도 중간, 창릉천 합류부등 총 11개 지점이였다. 지천으로는 월문천, 산곡천, 덕풍천, 석실교, 장자못, 왕숙천, 탄천, 중랑천, 안양천, 홍제천, J산업하수, 창릉천등 12개 지점이였다. 자세한 조사지점의 위치는 <그림 3-1>과 같다.

#### 나) 調査期間

조사기간은 한강의 계절에 따른 수질 및 유량변화를 감안하여 2월, 4월, 7월, 10월에 각각 1회씩 수질조사를 실시하였다<표 3-1 참조>. 이중 비교적 갈수기라고 판단되는 4월에는 지천유량 합류후의 확산 영향을 조사하기 위하여 본류지점을 남단, 중간, 북단으로 나누어서 조사하였다. 또한 5월에는 일간 수질의 변화와 지천수의 합류후 확산 형태를 조사하기 위하여 강동대교, 영동대교, 한남대교, 중랑천, 탄천지점에서 24시간 유량 및 수질을 분석하였다. 24시간 수질조사는 3시간 간격으로 채수 분석하는 것을 원칙으로 하였다. 또한 9월에는 모형검정을 위해 12시간동안 3시간 간격으로 채수하여 분석하였다<표 3-2 참조>.

<그림 3-1>수질조사지점



<표 3-1>수질조사회수에 따른 조사시기

조사회수	조 사 시 기	비 고
1차	2월 17일, 18일,	-유입지천의 유량 및 유속 측정
2차	4월 10일, 4월 18일	
3차(24시간)	5월 11일, 12일	
4차	7월 14일, 15일	-본류유속은 5월31일, 6월 1일 6월14일, 12월20일 측정.
5차(12시간)	9월 1일,	
6차	10월 7일	

<표 3-2> 조사시기와 조사지점에 따른 채수위치

지 점	1차	2차	3차(시간별)	4차	5차 (시간별)	6차
팔당	◎	◎		◎		◎
팔당나루	◎	◎	◎	◎		◎
강동대교	◎	◎	◎	◎		◎
천호대교	◎	◎		◎	◎	◎
영동대교	◎	◎	◎	◎	◎	◎
한남대교	◎	◎	◎	◎	◎	◎
당산철교	◎	◎		◎		◎
홍제천 합류부	◎	◎		◎		◎
안양천 합류부	◎	◎		◎		◎
행주대교	◎	◎		◎		◎
월문천	◎	◎		◎		◎
덕풍천	◎	◎		◎		◎
산곡천	◎	◎		◎		◎
석실교	◎	◎		◎		◎
장사못	◎	◎		◎		◎
왕숙천	◎	◎	◎	◎		◎
탄천	◎	◎	◎	◎	◎	◎
중랑천	◎	◎	◎	◎	◎	◎
홍제천	◎	◎		◎		◎
안양천	◎	◎		◎		◎
J산업방류수	◎	◎		◎		◎
창릉천	◎	◎		◎		◎

◎ : 1지점에서 채수

◎ : 3지점(남단, 중간, 북단)에서 채수

#### 다) 調査項目

조사항목은 총 18개로 pH, 수온, 용존산소는 현장에서 측정하였으며, 생물화학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand, BOD), 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand, COD), 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소, 총킬달질소(Total kjeldahl Nitrogen, TKN), 인산염인, 총인, 음이온계면활성제(Alkyl Benzen Sulfonate, ABS), 수은, 비소, 6가크롬, 납, 카드뮴등은 실험실에서 측정하였다. 이중 COD는 원시료와 0.45  $\mu$ m Filter를 통과한 여액의 COD를 별도로 측정해서 원시료의 COD를 Total COD(T-COD)로, 필터를 통과한 여액의 COD를 Soluble-COD(S-COD)로 구분하여 측정하였다.

시료는 조사지점을 대표할 수 있는 중앙에서 채수하였고 남단, 중간, 북단의 채수지점은 강의 폭을 6등분하여 각각 1/6, 3/6, 5/6되는 지점을 선택하였다. 시료 채취 용기는 세제와 세척용 질산, 증류수로 세척한 4L 폴리에틸렌병을 건조시켜 사용하였으며, 시료채취후 바로 4℃이하 냉장고에 저장하고 항목별로 분석시기를 넘기지 않고 1주일 이내에 분석을 완료하였다.

#### 라) 分析方法

채수후 즉시 분석해야 하는 용존산소와 pH, 수온등은 현장에서 DO meter(YSI model 58, USA) 또는 적정법(Azide Modification Method), pH meter(Corning model 58, USA)를 이용하여 측정하였다. BOD는 Standard Methods에 제시된 5-day BOD Test법에 의해 20℃에서 5일간 배양하여 측정하였으며, COD는 Standard Methods에 제시된 Closed Reflux-Titration Method에 의해 측정하였다. 암모니아성 질소, 아질산성질소, 질산성질소, 인산염 인, 총인, 음이온 계면활성제 등은 Spectrophotometer(DR-3000, USA)를 이용하여 분석하였다. 총 킬달질소(Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)는 Standard Methods에 제시된 킬달법에 의거하여 분석하였고, 중금속은 산처리 한 후 원자흡광/불꽃방사 분광광도계(Atomic Absorbance/Flame Emission Spectrophotometer, AA-680 ; Shimadzu)를 이용하여 분석하였다. 항목별 자세한 분석 방법은 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> 항목별 분석방법

항목	분석방법	전처리 및 분석시기*
pH	전극법	즉시
온도	온도계법	즉시
DO	Azide Modification Method	즉시
BOD	20℃에서 5일간 배양	즉시
ABS	Crystal violet method	48hr
T-COD**	Closed Reflux - Titration Method	28day
S-COD**	"	28day
NH ₃ -N	Nessler Reagent method	28day
NO ₂ -N	Diazotiation method	48hr
NO ₃ -N	Cadmium reduction method	48hr
PO ₄ -P	Ascorbic acid method	48hr(즉시여과후)
T-P	Acid persulfate digestion method	28day
T-N	킬달법	28day
중금속	AA법	28day

* 모든시료 4℃에 보관, NH₃-N, T-N, T-P는 pH 2 이하에서 보관

** T-COD: Total-COD, S-COD: Soluble-COD.

### 3.2 調査結果

#### 가) 漢江本流의 水質汚染度

본 연구의 조사기간 중 4월은 심한 가뭄이 이어져 예년보다 강물의 유량이 다소 적은 시기였다. 7월은 장마로 인해 가끔씩 강우현상이 있었던 시기의 중간에 채수하였고 10월은 장마와 폭풍으로 인한 강우현상이 거의 끝난 시기였다.

한강본류 주요시점의 수질을 살펴보면 상수원으로 사용되고 있는 팔당호의 수질은 I 등급에 약간 못미치는 수준을 유지하고 있었으나 유량이 많은 지천이 합류될 때마다 수질이 저하되는 현상을 관찰할 수 있었다. 특히 유량이 많고 수질이 나쁜 왕숙천, 탄천, 중랑천, 안양천, 홍제천에 의한 영향이 가장 뚜렷하게 나

타났다.

본 수질조사시 나타난 각 지점의 평균BOD를 보면 <그림 3-2>와 같다. 팔당에서는 1.24mg/L~ 1.31 mg/L를 나타내던 수질이 왕숙천유량이 합류된 후인 강동대교에서는 1.48mg/L를 나타냈으며, 탄천유량이 합류된 후인 영동대교에서는 2.30 mg/L, 중랑천에 의한 영향을 받는 한남대교에서는 3.69mg/L로 나타나서 중랑천과 탄천이 합류된 후 수질이 크게 저하됨을 알 수 있었다. 한남대교 하류에서 당산철교에 이르는 구간에는 특별히 합류되는 지천이 없이 당산철교는 3.9mg/L로 한남대교와 비슷한 수준을 나타내나 인양천과 홍제천이 합류되면서 BOD 4.64mg/L~5.64mg/L로 나타나서 한남대교에서보다 0.95mg/L~1.95mg/L 상승하였다. 난지도와 창릉천의 하류인 창릉천 합류부에서는 평균BOD가 6.14mg/L~ 6.12 mg/L로 수질환경기준 IV등급수준으로 하락하게 된다<표 3-4 참조>.

계절에 따른 COD등 다른 항목의 수질변화는 <그림 3-3>에서 <그림 3-6>에 나타난 바와 같이 BOD의 변화경향과 비슷하다. 그림에서 알 수 있듯이 갈수기인 4월 조사시의 수질이 가장 나쁜것을 알 수 있었으며 장마로 인한 강우현상이 있었던 7월조사시에 호전되어 10월조사시까지 비슷한 수준으로 유지되었다. 10월 조사시보다는 2월조사시의 수질이 나쁜 것으로 나타났다.

각 調査水域別 자세한 수질경향은 다음과 같으며 <부록 3-1>에서 <부록 3-9>에 자세한 수질조사결과를 나타내었다.

1)八堂水域 : 팔당호의 직상류부와 팔당댐 하류인 팔당나부수역으로서 유기물 함량은 (T-COD 1mg/L~ 3mg/L) 갈수기를 제외하고는 비교적 양호한 것으로 나타났다으며 용존산소 농도도 8.0mg/L~ 14.22 mg/L로 매우 양호한 것으로 나타났다. 영양염류의 경우 총 인이 0.01mg/L~ 0.22 mg/L, TKN이 N.D~ 0.34 mg/L로 나타나 영양염류의 농도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 중금속은 조사대상 전항목이 검출되지 않았다.

2)江東大橋~천호대교수역 : 왕숙천이 합류되는 강동대교와 천호대교사이의 수역으로서 강동대교의 경우 왕숙천의 합류로 팔당수역에서보다 유기물함량이나

영양염류 함량이 다소 높아져 천호대교까지 비슷한 수준을 나타내었다. 대표적 항목의 오염도는 T-COD 2mg/L ~ 4 mg/L, 총인 0.02mg/L ~ 1.28 mg/L, TKN 0.14 mg/L ~ 0.56 mg/L이었다. 중급속의 경우 왕숙천 합류 직후인 강동대교에서는 갈 수기에도 견줄만큼 이하였다.

3) 천호대교~中浪川 合流水域 : 천호대교에서 중랑천의 합류부 상류수역으로서 탄천의 합류로 인하여 수질이 상당히 저하되고 있었다. 유기물의 함량은 갈수기에 T-COD 10mg/L까지 상승하였으며 평상시에도 5mg/L ~ 8 mg/L를 나타냈다. 그밖에 총인은 0.37mg/L ~ 1.28 mg/L, TKN 1.0mg/L ~ 4.26 mg/L로 나타나 영양염류의 유입량도 높은 것으로 나타났다.

4)中浪川 合流後~원효대교수역 : 중랑천 합류부에서 원효대교수역으로서 중랑천의 합류로 인해 수질의 저하현상이 뚜렷한 수역이다. 이 지역의 수질 오염도를 보면 T-COD 7mg/L ~ 14 mg/L, 총인 0.7mg/L ~ 2.8 mg/L, TKN 0.75 ~ 3.26 mg/L로 유기물과 영양염류의 농도가 상당히 증가했음을 알 수 있었다.

5)원효대교~安養川合流後水域 : 이 수역은 당산철교와 안양천합류후 수역을 말한다. 당산철교의 수질은 T-COD 7mg/L ~ 14 mg/L, 총인 1.6mg/L ~ 2.65 mg/L, TKN 2.01mg/L ~ 3.08 mg/L로 한남대교와 거의 비슷한 수준을 유지하고 있다. 그러나 홍제천이 합류된 후에는 T-COD 2mg/L ~ 3 mg/L, 총인 0.03mg/L ~ 0.08 mg/L, TKN 0.0mg/L ~ 0.3 mg/L 이 각각 증가하여 지천수의 합류로 인한 영향을 알 수 있었다.

6) 安養川合流後~新谷水中溜 水域 : 이 곳은 난지도가 강의 북단에 위치하고 있으며 창릉천이 합류되는 수역이다. 또한 신평수중보로 인하여 물의 정체구간이 형성되는 지역이기도 하며 조석간만의 영향을 가장 크게 받는 수역이다.

<표 3-4> 본류 주요지점의 수질오염도(평균)

(단위 : mg/L)

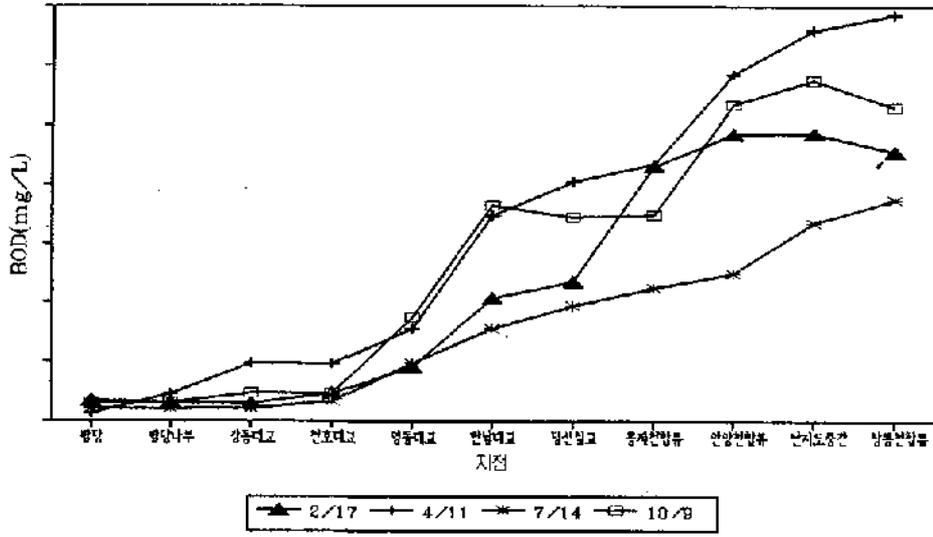
지점 \ 항목	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.26	13.45	11.30	1.24	0.50	1.50	0.04	0.02	0.10	0.01
팔당나루	7.33	13.03	10.91	1.31	0.00	2.00	0.02	0.02	0.10	0.03
강동대교	7.00	12.88	10.58	1.48	0.25	2.50	0.05	0.03	0.12	0.04
천호대교	7.21	13.10	10.61	1.55	1.75	3.00	0.06	0.03	0.15	0.10
영동대교	7.20	13.38	9.68	2.30	4.75	7.50	0.56	0.05	0.47	0.16
한남대교	7.35	16.00	7.15	3.69	6.50	10.50	1.55	0.08	0.70	0.45
당산철교	5.66	16.40	5.90	3.95	7.25	11.50	1.70	0.07	0.75	0.43
홍제천합류	7.32	15.90	5.72	4.60	6.75	12.25	1.77	0.05	0.93	0.48
안양천합류	7.26	15.85	5.34	5.64	7.50	12.25	1.78	0.06	1.05	0.43
난지도중간	7.30	15.73	5.16	6.14	8.25	12.75	1.79	0.06	1.25	0.41
창릉천합류	7.16	15.95	3.19	6.12	9.25	15.25	2.35	0.11	1.40	0.64
지점 \ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
팔당	0.022	0.08	0.23	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
팔당나루	0.024	0.14	0.25	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
강동대교	0.044	0.22	0.40	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
천호대교	0.059	0.22	0.35	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
영동대교	0.112	0.90	1.35	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
한남대교	0.133	1.55	2.61	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
당산철교	0.128	1.56	2.75	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
홍제천합류	0.119	1.47	2.90	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
안양천합류	0.170	1.47	3.06	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
난지도중간	0.142	1.62	3.22	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
창릉천합류	0.267	2.09	3.91	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		

주) * : 단위 : ppb

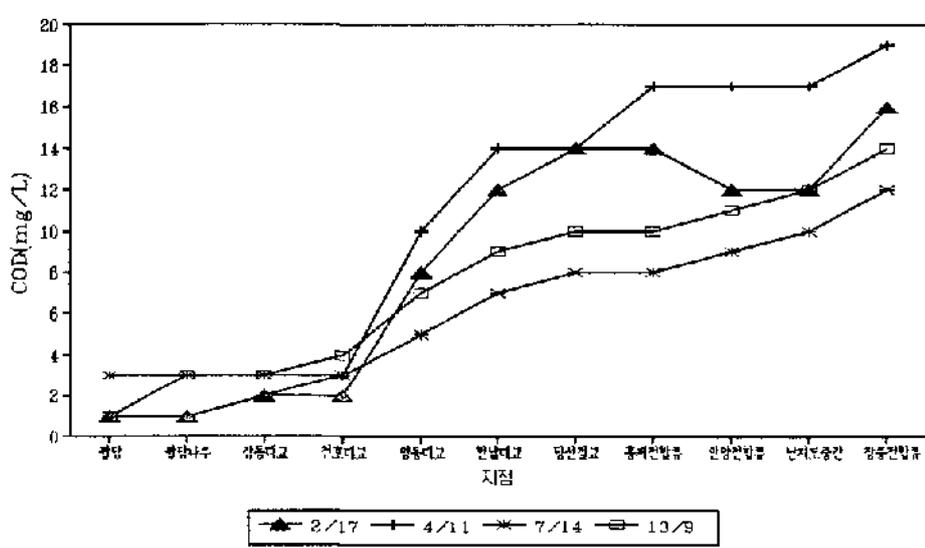
조사지점은 난지도 중간과 창릉천 합류부였는데 난지도 중간지점의 수질은 성산대교 水城과 거의 비슷한 수준이었으나 창릉천 합류부는 난지도 중간지점과 근거리임에도 불구하고 유기물 함량이나 영양염류 농도가 더 높은 것으로 나타났다. 용존산소의 농도도 난지도중간 지점보다 1.0mg/L에서 최고 3.7mg/L가 낮은 것으로 나타났다. 이것은 창릉천의 수질이나 유량으로 미루어 볼 때 지천수의 합류에 의한 영향이기 보다는 행주대교 공사나 신곡수중보 및 조석간만의 차이로 인하여 생긴 물의 정체나 저부에 쌓인 퇴적물로 인한 영향이 더 컸기 때문으로 사료된다.

나) 主要支川 合流後의 漢江本流의 北端, 中間, 南端의 水質變化

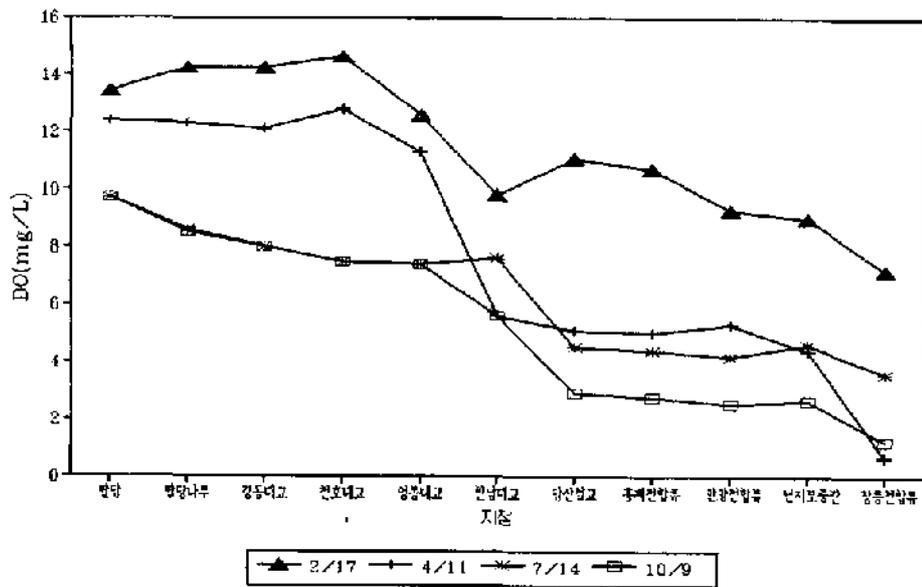
4월 갈수기시 본류지점의 남단, 중간, 북단에서 조사한 수질결과에 따르면 강동대교의 북단, 영동대교의 남단, 한남대교 북단, 홍제천합류부 북단, 안양천합류부 남단의 수질이 반대편의 수질보다 더 나쁜 것을 알 수 있었다. 항목이나 지점에 따라 약간의 차이는 있지만 대부분의 지점에서 지천이 합류되고 있는 쪽의 수질이 더 나쁜것으로 나타났다. 이는 지천유량이 본류에 합류된 영향 때문으로 판단된다.<그림 3-7>~<그림 3-11>.



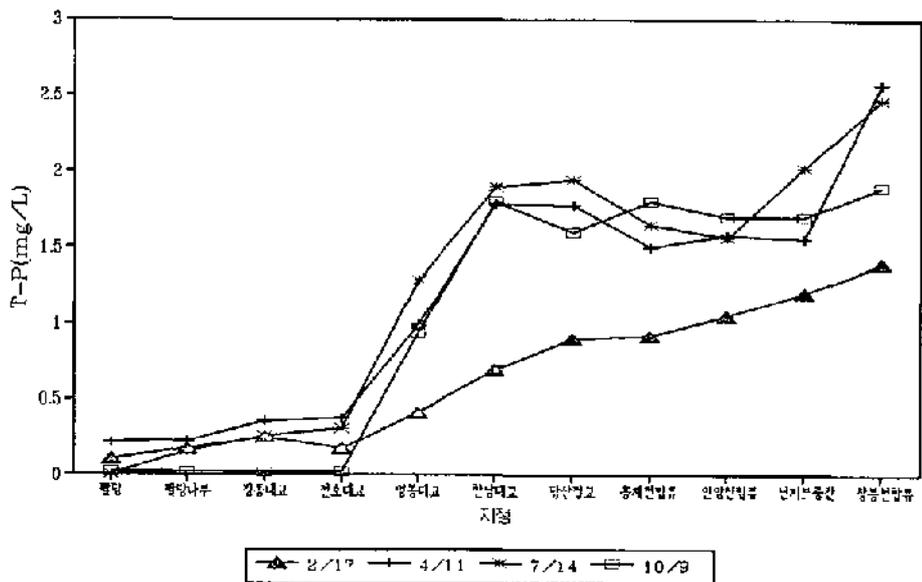
<그림 3-2> 계절에 따른 본류 주요 지점의 생물화학적 산소 요구량 변화



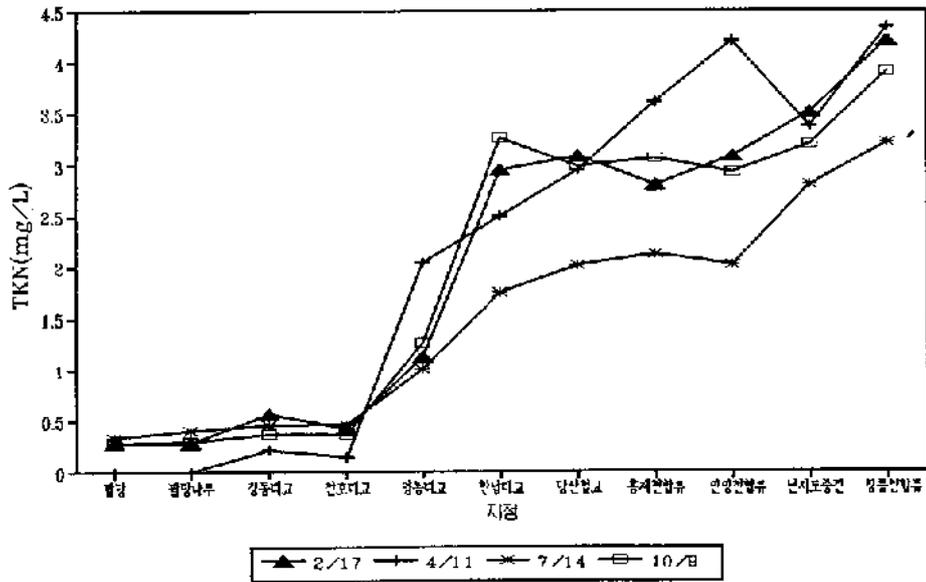
<그림 3-3> 계절에 따른 본류 주요 지점의 화학적 산소 요구량 변화



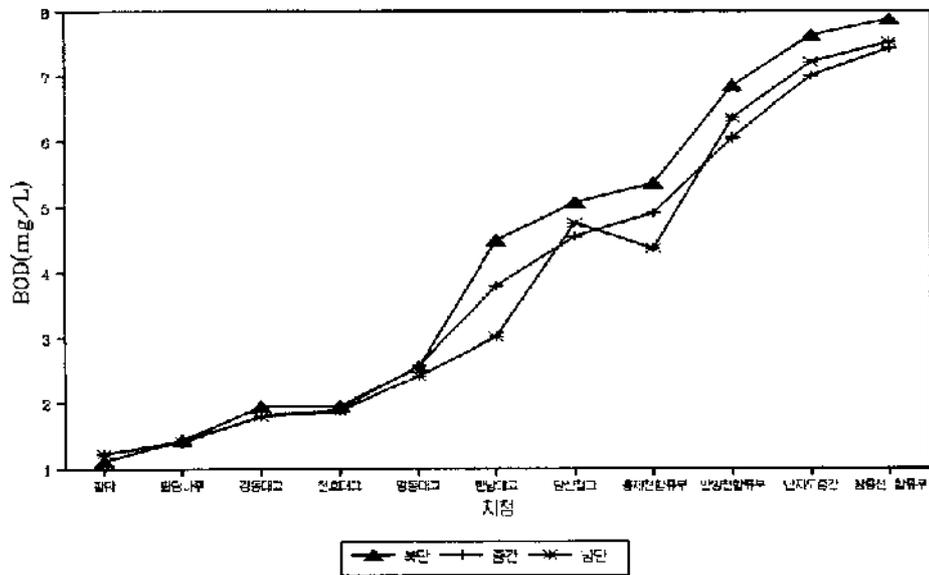
<그림 3-4> 계절에 따른 본류 주요 지점의 용존산소



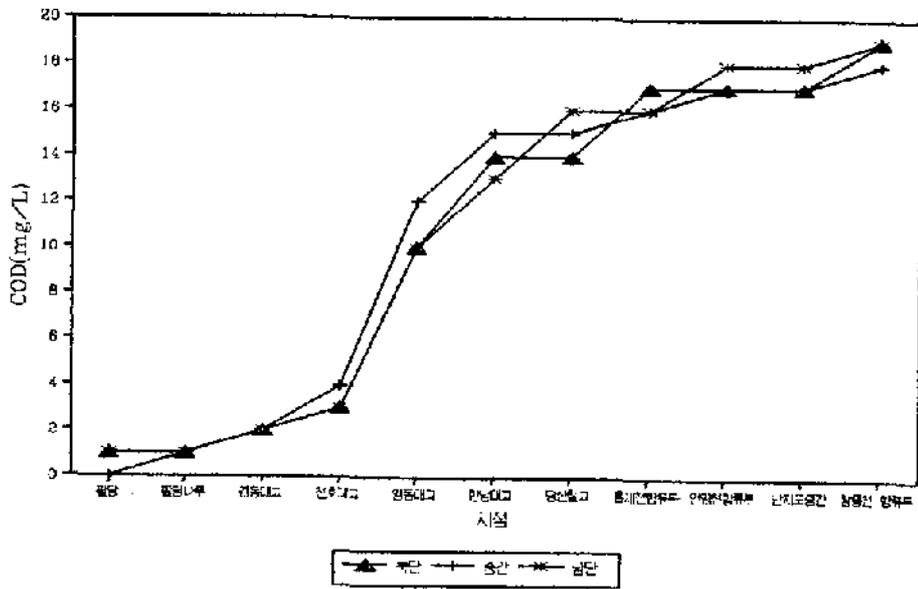
<그림 3-5> 계절에 따른 본류 주요 지점의 총인의 농도 변화



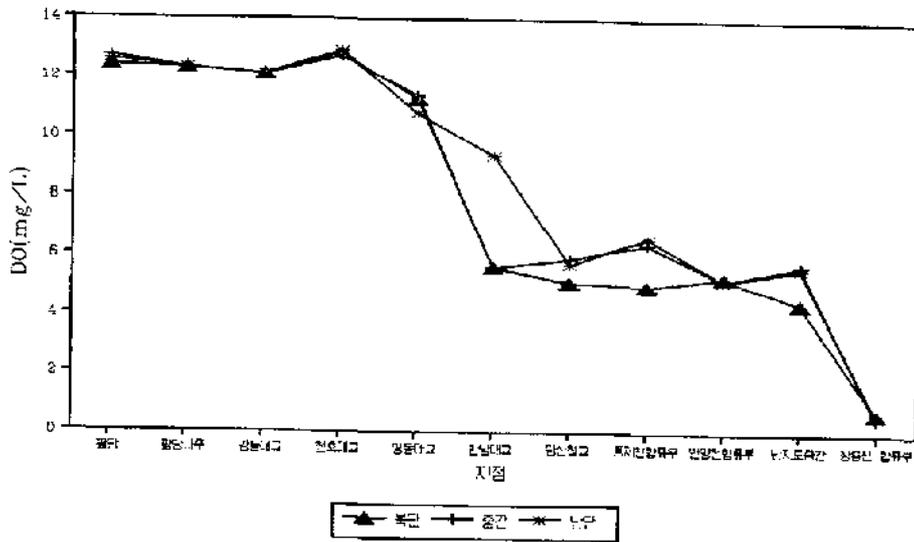
<그림 3-6> 계절에 따른 본류 주요 지점의 총킬달질소의 농도 변화



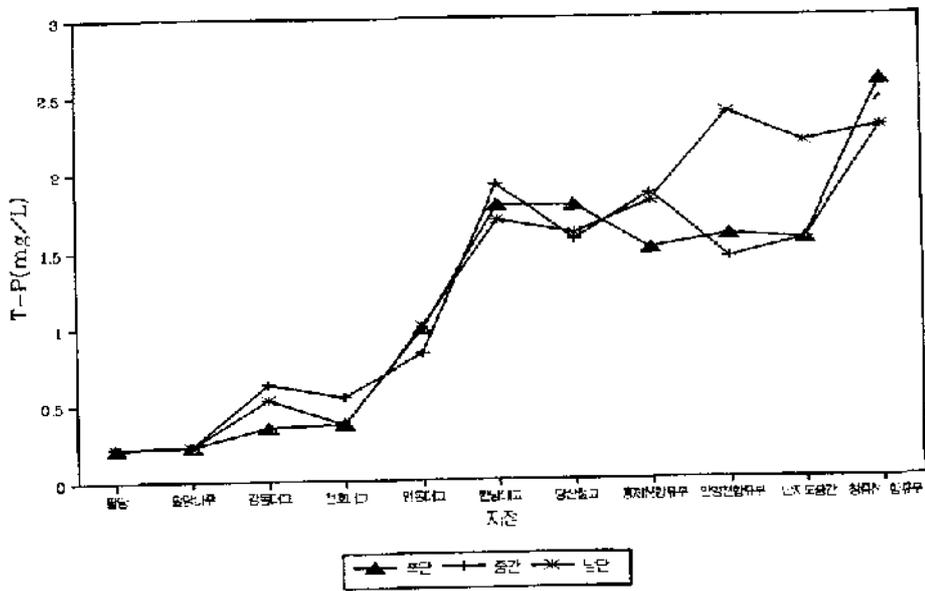
<그림 3-7> 본류 주요 지점의 생물화학적 산소 요구량 변화



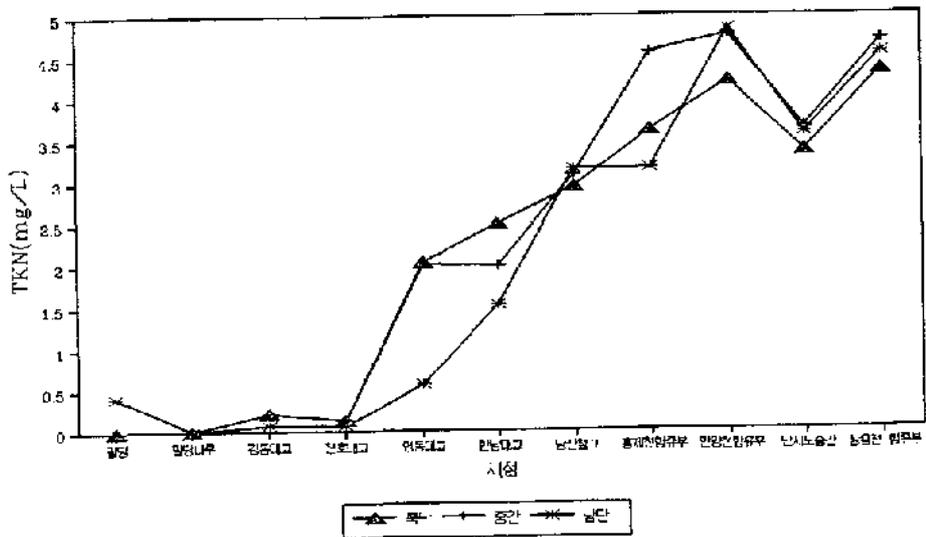
<그림 3-8> 본류 주요 지점의 화학적 산소 요구량 변화



<그림 3-9> 본류 주요 지점의 용존산소



<그림 3-10> 본류 주요 지점의 총인의 농도 변화



<그림 3-11> 본류 주요 지점의 총킬달질소의 농도 변화

## 다) 主要支川의 水質調査結果

### 1) 季節에 따른 水質汚染度 變化

본 연구대상인 지천은 총 12개였다. 이 중 잡실 수중보 상류에 위치한 월문천, 석실교, 산곡천, 덕풍천, 장자못은 유량은 작지만 서울시 및 경기도지역의 취수장이 위치한 잡실수중보 상류로 직접 합류된다는 점을 감안하여 조사대상으로 정하였고, 그밖에 본류의 수질에 영향을 줄 우려가 있는 지천인 왕숙천, 탄천, 중랑천, 홍제천, 안양천, J산업방류구, 창릉천등을 조사하였다.

각 지천별의 수질오염도 특성은 주변에 분포한 오염원이나 유량등에 따라 다양하게 나타났다. 일반적으로 유량이 적은 지천들이 계절에 따른 수질의 변화폭이 크고, 유량이 많으면 작게 나타났다. 전체적인 오염부하량은 유량에 비례하는 것으로 나타났다.

본 연구의 조사대상 지천의 수질은 <표 3-5>와 <그림 3-12>~ <그림 3-16>에 나타난 바와 같다. 용존산소의 경우 대부분의 지천이 3.0mg/L~ 8.0mg/L를 나타냈고 안양천이 0.9mg/L로 가장 낮았다. 유기물은 BOD가 9.71mg/L~ 22.54mg/L, T-COD 26.5mg/L~ 64.0mg/L로 나타나서 BOD를 기준으로 판단할 때 거의 전 지천이 V등급을 만족하지 못하고 있었다. T-COD와 S-COD의 함량을 비교해 보면 S-COD는 T-COD의 50%~84%로 상당히 높게 나타났다. 영양염류의 경우 T-P의 농도가 1.38mg/L~ 6.26mg/L, TKN의 농도가 4.26mg/L~ 16.07mg/L로 나타났다. T-P 농도의 경우 덕풍천, 장자못, 탄천은 5.0mg/L이상으로 높았고, TKN의 경우 대부분의 지천이 10mg/L이상으로 나타나 본류로 합류되는 영양염류부하량이 상당히 높은 것으로 사료된다. 합성세제는 0.312mg/L~1.233mg/L가 검출되었다. 중금속은 Hg과 As가 거의 검출되지 않았고, Cr⁶⁺이 0.005mg/L~ 0.028mg/L, Pb이 N.D~ 0.039mg/L, Cd이 N.D~ 0.003mg/L 검출되었으나 기준치를 초과한 항목은 없었다. 주요지천별 수질오염도는 다음과 같다.

° 月文川 : 농경지나 주거지역을 거쳐서 유하하는 지천으로 유량이 적으나 전체적인 오염도는 높았으며, 계절에 따라 수질오염도의 변화폭이 컸다. 주요항목

의 수질오염도를 보면 BOD는 17.42mg/L, T-COD는 69.75mg/L, T-P는 4.23mg/L, TKN은 12.92mg/L, ABS는 0.783mg/L로 나타났다.

◦ 석실교: 월분천합류부 하류에 합류되는 지천으로 주로 농경지를 통과해오는 지천이다. 조사대상지천에 비해 수질이 비교적 양호한 편이나 전체적인 유량이 적어 계절에 따른 유량과 수질의 변화폭이 큰 편이다. 용존산소의 농도는 8.5mg/L로 다른 항목에 비해 높은 편이고 평균 BOD는 15.77mg/L, T-COD는 33.50mg/L, T-P는 0.51mg/L, TKN은 3.44mg/L, ABS는 0.510mg/L 였다.

◦ 山谷川: 하남시를 통과해서 한강상류 남단으로 합류되는 지천으로 수질오염도가 높은 편이고 유량이 적어 계절에 따른 수질의 변화가 컸다. 그러나 평균오염도는 다른 지천에 비해서 양호한 편이었다. 항목별 수질오염도를 살펴보면 DO가 9.1mg/L, BOD가 3.55mg/L, T-COD가 34.25mg/L, T-P가 1.05mg/L, TKN이 1.05mg/L, ABS가 0.253mg/L 였다.

◦ 德楓川: 산곡천 하류부분에서 합류되는 하천으로 역시 하남시 일부구간과 농경지를 통과하고 있다. 유기물질(BOD 26.14mg/L, T-COD 66.75mg/L)과, 영양염류(T-P 6.75mg/L, TKN 14.4mg/L)의 농도가 상당히 높은 것으로 나타났다.

◦ 王宿川: 인구밀도가 높은 구리시가 상류유역에 위치해 있으며, 상류에는 생활하수가 합류되고 하류에는 농경지와 축사가 위치하고 있다. 용존산소의 농도는 6.5mg/L로 다른 항목의 오염도보다 비교적 양호한 편이나 유기물질(BOD 22.54mg/L, T-COD 62.0mg/L)이나 영양염류(T-P 3.72mg/L, TKN 16.07mg/L)의 농도는 상당히 높은 편이다. 또한 Cr⁶⁺과 Pb이 각각 0.0028mg/L, 0.0039mg/L가 검출되었다.

◦ 장자못 하류 : 위커힐 상류지점으로 합류되는 농수로로 바닥은 콘크리트로

처리되어 있고 유량이 적은 하천이다. 그러나 유관상 검은색을 띄고 냄새가 나는 폐수이며, 주로 축산폐수나 인근에 위치한 소규모 산업체에서 방류된 폐수가 합류되는 것으로 사료된다. 항목별 오염도는 BOD가 15.36mg/L, T-COD가 57.0mg/L, T-P가 5.87mg/L, TKN이 14.95mg/L로 유기물질이나 영양염류의 농도도 매우 높았다. 그러나 유량은 0.080CMS~0.277CMS로 적었다.

° 탄천 : 성남시와 강남구 주거지역 및 공단지역을 거쳐 유하하며 특히 서울강남지역의 아파트 밀집지역을 지나는 탄천은 잠실수중보 하류로 합류하는 하천이다. 항목별 오염도는 BOD가 16.43mg/L, T-COD가 55.00mg/L, T-P가 5.20mg/L, TKN이 15.46mg/L, ABS가 0.357mg/L로 수질오염도가 높고 유량도 많은 편으로 본류에 합류되는 오염부하량이 높은 하천이다.

° 中浪川: 의정부와 서울의 인구밀집지역을 관통하는 하천인 증랑천은 공장폐수, 생활하수등으로 인해 인위적오염이 심한 지천이다. 유량이 30.24CMS~48.35CMS로 조사대상 지천중 가장 높았다. 수질오염도는 BOD가 121.39mg/L, T-COD가 32.75mg/L, T-P가 4.59mg/L, TKN이 15.15mg/L, ABS가 0.435mg/L로 나타나서 본류의 수질오염도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

° 홍제천: 서대문구 주택지를 관통하는 홍제천은 생활하수의 유입량이 많아 오염도가 높은 하천이다. 수질오염도는 BOD가 15.63mg/L, T-P가 3.67mg/L, TKN가 11.57mg/L, ABS가 1.067mg/L로 나타나고 있다.

° 安養川: 서울시 공업밀집지역중 하나인 구로구 염창동을 통과하는 안양천은 한강의 하류부로 유하하는 하천으로, 용존산소의 농도가 가장 낮고 유기물함량이 높았다. 항목별 평균수질오염도는 BOD가 15.15mg/L, T-COD는 64.00mg/L, T-P가 6.04mg/L, TKN이 12.24mg/L, ABS가 1.233mg/L였다. 유량은 8.516CMS(봄철)~ 19.59CMS(여름철)로 높은편으로 본류의 오염도에 큰 영향을 주고 있다.

<표 3-5> 주요지천의 수질오염도(평균)

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	P ₀₄ -P
월문천	7.22	12.5	5.3	17.42	40.75	69.75	7.28	0.58	3.28	1.45
석실교	7.41	14.9	8.5	15.77	21.50	33.50	4.06	0.46	2.50	2.62
산곡천	7.33	14.5	9.1	3.55	23.50	34.25	1.11	0.10	0.75	0.34
덕풍천	7.61	15.2	4.0	26.14	46.25	66.75	6.10	0.29	2.35	3.43
왕숙천	7.50	14.8	6.5	22.54	28.50	62.00	5.99	0.65	2.48	2.71
장자못	7.48	16.6	3.3	15.36	34.00	57.00	6.74	0.28	4.28	2.94
탄천	7.22	15.7	3.1	16.43	32.50	55.00	8.05	0.20	1.80	2.85
중량천	6.97	17.3	3.7	21.39	32.75	51.75	5.93	0.22	2.50	2.63
홍제천	7.90	18.3	8.7	15.63	37.00	44.75	6.32	0.12	2.00	1.91
안양천	7.57	17.5	0.9	15.15	34.75	64.00	5.42	0.18	3.25	3.07
J산업	7.19	19.4	4.7	9.71	13.00	26.50	2.57	0.08	2.01	0.79
창릉천	7.43	18.1	5.6	10.67	34.75	41.75	3.01	0.16	1.88	1.42

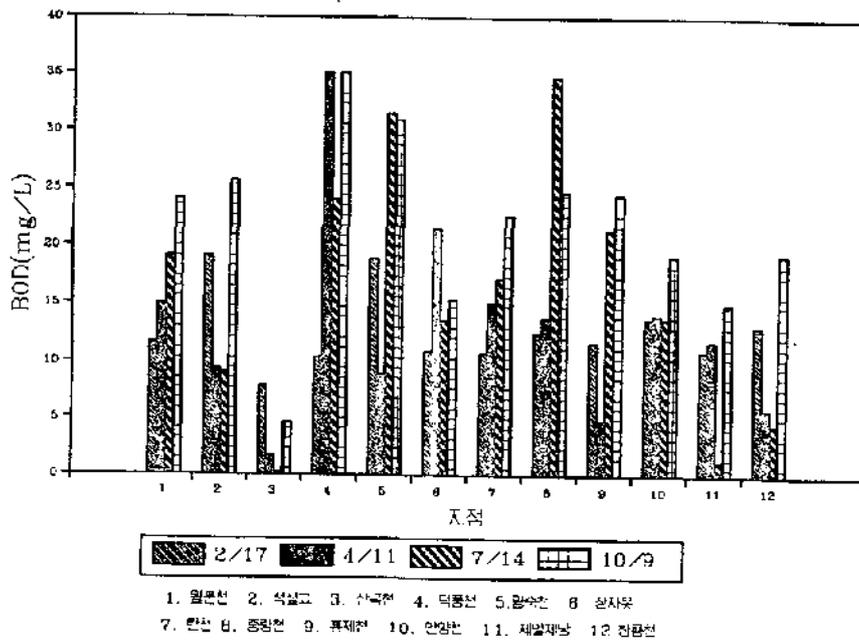
  

지점 \ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd
월문천	0.783	4.23	12.92	N.D	N.D	0.010	0.027	N.D
석실교	0.510	3.41	10.00	N.D	N.D	0.007	0.009	N.D
산곡천	0.253	1.05	2.40	N.D	N.D	0.025	0.030	N.D
덕풍천	0.619	6.75	12.93	N.D	N.D	0.013	0.035	0.003
왕숙천	0.382	3.72	16.07	N.D	0.017	0.028	0.039	N.D
장자못	0.344	5.87	14.95	N.D	N.D	0.025	0.021	N.D
탄천	0.357	5.20	15.46	N.D	N.D	0.015	0.022	N.D
중량천	0.435	4.59	15.15	N.D	N.D	0.007	0.014	N.D
홍제천	1.067	3.67	11.57	N.D	N.D	0.015	N.D	0.002
안양천	1.233	6.04	12.24	N.D	N.D	0.017	0.024	N.D
J산업	0.467	1.38	4.26	N.D	N.D	0.005	0.019	N.D
창릉천	1.074	2.67	6.78	N.D	N.D	0.007	0.043	0.001

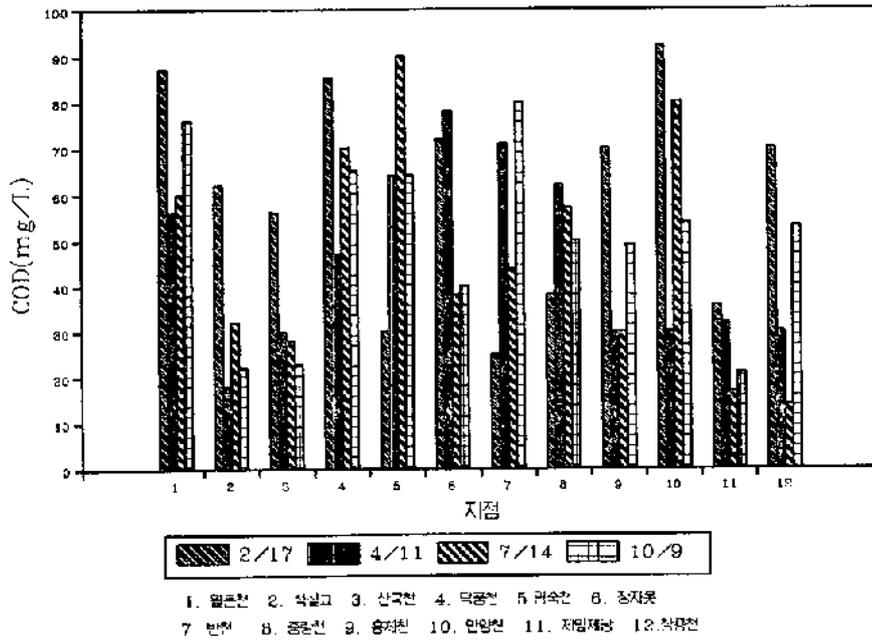
주) * : 단위 : ppb

° J산업폐수: 안양천합류부에서 올림픽대로를 따라 김포공항쪽으로 1000m 정도 떨어진 곳으로 배출되는 방류수로 BOD가 9.71mg/L, T-COD가 26.5mg/L, T-P가 1.38mg/L, TKN이 4.26mg/L, ABS가 0.467mg/L로 폐수배출기준에 적합한 수질을 보였다.

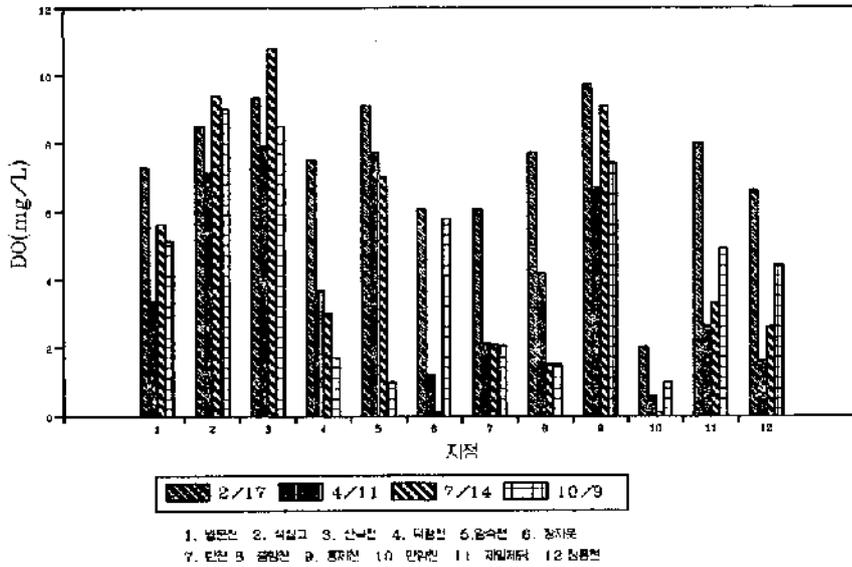
° 昌陵川: 경기도의 주거 및 농경지등을 유하하는 하천으로 이 지천의 고수부지는 계획적으로 조성되지 않고 자체의 굴곡과 강우량변화에 따른 퇴적지변동으로 생성되었다. 다른 지천과의 수질오염도가 비슷한 양상을 보였다. 항목별 오염도는 BOD가 10.67mg/L, T-COD가 41.75mg/L, T-P가 2.67mg/L, TKN이 12.93mg/L, ABS가 1.074mg/L였다.



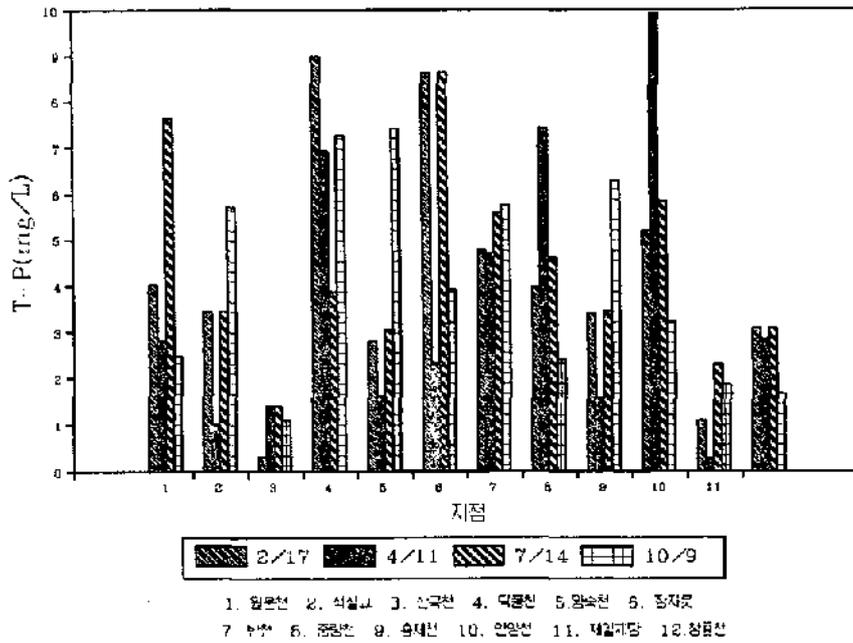
<그림 3-12> 계절에 따른 주요 지천의 생물화학적 산소 요구량 변화



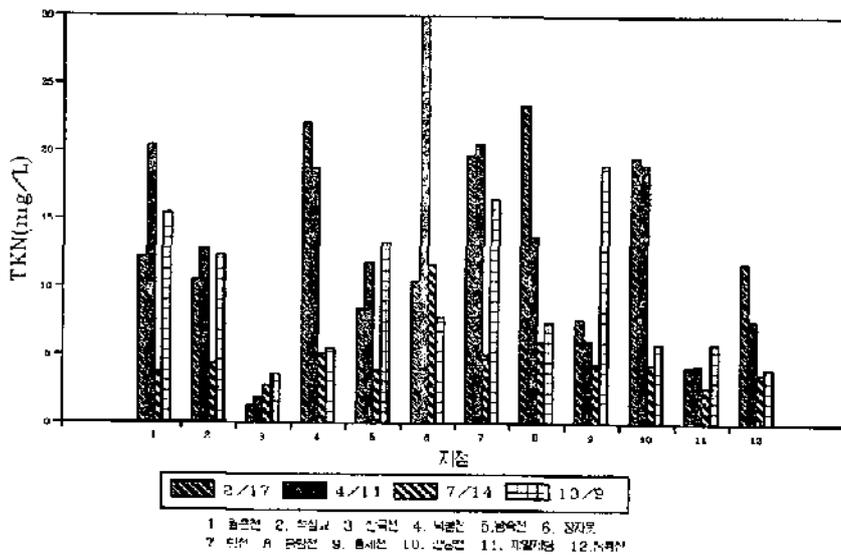
<그림 3-13> 계절에 따른 주요 지천의 화학적 산소 요구량 변화



<그림 3-14> 계절에 따른 주요 지천의 용존산소



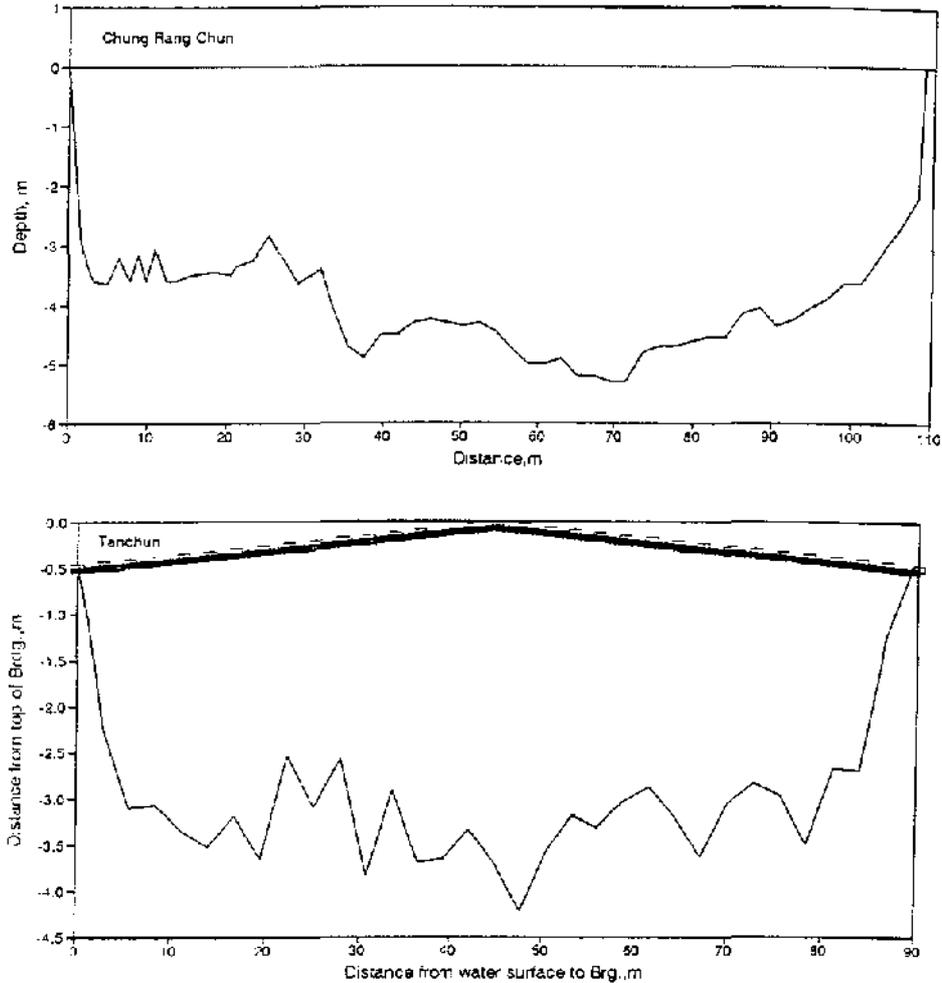
<그림 3-15> 계절에 따른 주요 지천의 총인의 농도 변화



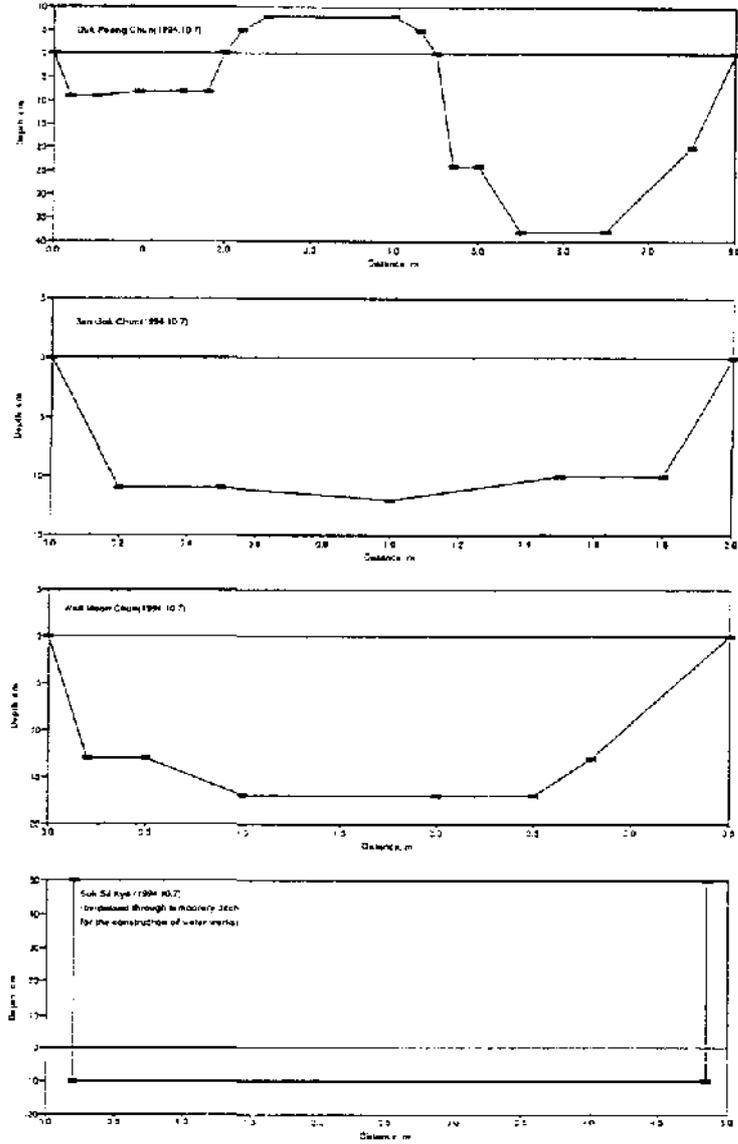
<그림 3-16> 계절에 따른 주요 지천의 총킬달질소의 농도 변화

## 2) 支川別 水路断面

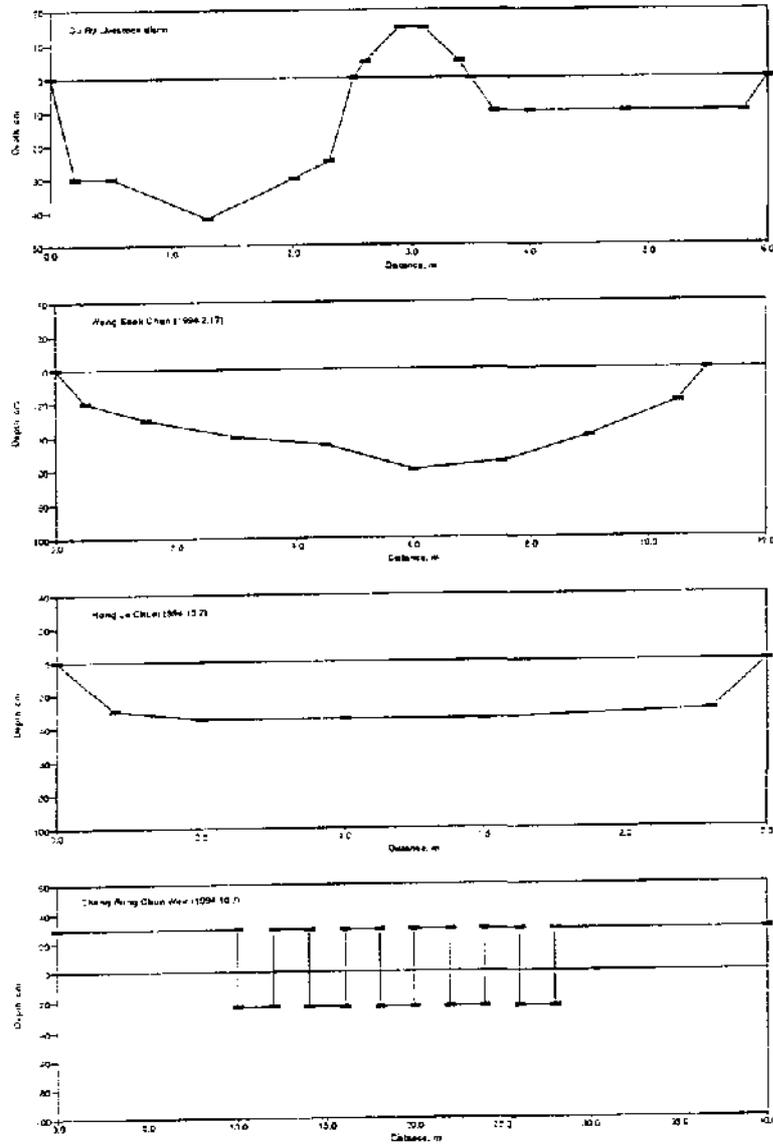
본 연구에서 조사한 지천들의 단면은 <그림 3-17>과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 석실교와 창릉천은 콘크리트로 처리되어 단면이 일차형이고 수심은 각각 10cm~40cm 정도였다. 중랑천과 탄천의 수심이 3~5m로 가장 깊고 폭도 넓었으며 그 이외의 지천들의 수로폭은 대개 10~60cm 범위로 이중 수심이 60cm인 왕숙천의 하폭이 12m로 가장 넓었다. 나머지 지천의 하폭은 2~6m 수준이었다.



<그림 3-17a> 각 지천별 수로단면도(상:중랑천, 하:탄천)



<그림 3-17b> 각 지천별 단면도( 1)덕풍천, 2)산곡천, 3)월문천, 4)석실교)



<그림 3-17c> 각 지천별 단면도( 1)장자못하류, 2)왕숙천, 3)홍제천, 4)창릉천)

#### 라) 24시간 水質調査結果

본 연구에서는 중랑천과 탄천에 대한 24시간 수질조사를 실시하여 본류에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 잠실수중보수역에 영향을 미치고, 유량이 비교적 많은 왕숙천과 오염도가 높은 장자뚝에 대해서도 24시간 수질조사를 실시하였다. 이들 지천이 본류에 합류된 후의 영향을 알아보기 위하여 본류중 강동대교, 영동대교, 한남대교의 남단, 중간, 북단지점의 수질도 24시간 조사하였다.

##### 1) 江東大橋

강동대교 북단의 경우 pH는 7.72, 수온은 16.8℃, 용존산소는 8.94mg/L, T-COD는 3.7mg/L, S-COD는 2.1mg/L, NH₃-N는 0.44mg/L, PO₄-P는 0.26mg/L였고 남단의 경우 pH가 7.69, 수온이 16.7℃, 용존산소가 9.42mg/L, T-COD가 3.6mg/L, S-COD가 1.8mg/L, NH₃-N가 0.19mg/L, PO₄-P이 0.07 mg/L로 나타나 북단의 수질이 남단보다 나쁜 것으로 나타났다. 시간별 측정결과에서도 COD를 제외한 전 항목의 농도가 북단에서 저하된 곳으로 나타나 왕숙천의 합류에 따른 영향이 있었음을 알 수 있었다. 왕숙천의 영향이 큰 항목은 인과 질소와 같은 영양염류인 것으로 나타났다. 그러나 항목별로 시간에 따른 농도변화의 경향은 뚜렷하지 않았다<표 3-6>, <그림 3-18>~<그림 3-21>.

##### 2) 泳東大橋

탄천이 합류된 직후인 영동대교의 수질은 <표 3-7>과 같이 강동대교에서보다도 T-COD가 평균 6mg/L정도 높아졌다. 지점별 농도는 북단의 T-COD가 8.6mg/L, 중간이 9.59mg/L, 남단이 9.37mg/L로 중간과 남단이 북단보다 약간 높은 것으로 나타났다. 영양염류는 북단과 남단의 농도차이가 큰 것으로 나타났는데 이것은 탄천이 합류된 후 본류에 완전히 희석되지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 영양염류의 농도가 오전 10시경과 오후 9시경에 높아지는 경향을 보였을 뿐 다른 항목에서는 일정한 경향을 보이지 않았다<그림 3-22>~<그림 3-25>.

### 3) 漢南大橋

한남대교의 수질오염도는 용존산소가 6.50mg/L~8.36mg/L, T-COD가 13mg/L~17.5mg/L, NH₃-N이 3.2mg/L~3.39mg/L, PO₄-P가 0.71mg/L~1.16mg/L였다 <표 3-8>. 이 지역은 중랑천이 북단에서 합류되고 있으므로 대체적으로 북단에서의 오염도가 남단에서보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 중랑천이 합류된 지점에서 한남대교 사이가 비교적 떨어져 영동대교에서와 같이 뚜렷한 농도차이는 나타나지 않았다. 시간에 따른 농도변화는 <그림 3-26>~<그림 3-29>에 나타났다.

### 4) 王宿川, 장자못, 탄천, 中浪川

주요지천의 24시간 수질조사결과는 <표 3-9>와 같다. 왕숙천은 용존산소의 농도가 지천으로서는 비교적 높은 6.34mg/L였으나 유기물질이나 영양염류의 농도는 T-COD가 72.9mg/L, 암모니아성 질소가 25.3mg/L, 인산염 인이 3.61mg/L로 다른 지천과 비슷한 수준으로 나타났다. 시간에 따른 T-COD나 영양염류의 농도는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다 <그림 2-30>~<그림 2-33>.

장자못 하류의 T-COD가 평균 100mg/L로 가장 높았다. 또한 용존산소의 농도는 1.00mg/L 이하였으며 영양염류의 농도도 암모니아성 질소가 29.6mg/L, 인산염 인이 6.58mg/L로 상당히 높았다. 시간별 농도변화폭이 매우 크고 전체적인 유량이 작으나 유량이 합류되는 수역이 구의 정수장의 취수지점의 직상류지점이므로 상수원의 수질에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히 악취가 나고 검은색을 띄고 있으므로 잠실수중보상류의 수질관리를 위해 중점관리해야 할 필요가 있다.

탄천의 용존산소는 2.36mg/L, T-COD는 89.3mg/L, S-COD는 72.1mg/L, NH₃-N는 17.0mg/L, PO₄-P는 3.57mg/L였다. T-COD는 오전 10시경에 높은 농도를 보이고 있으며, 영양염류는 오후 2시경에 높은 농도를 나타냈다.

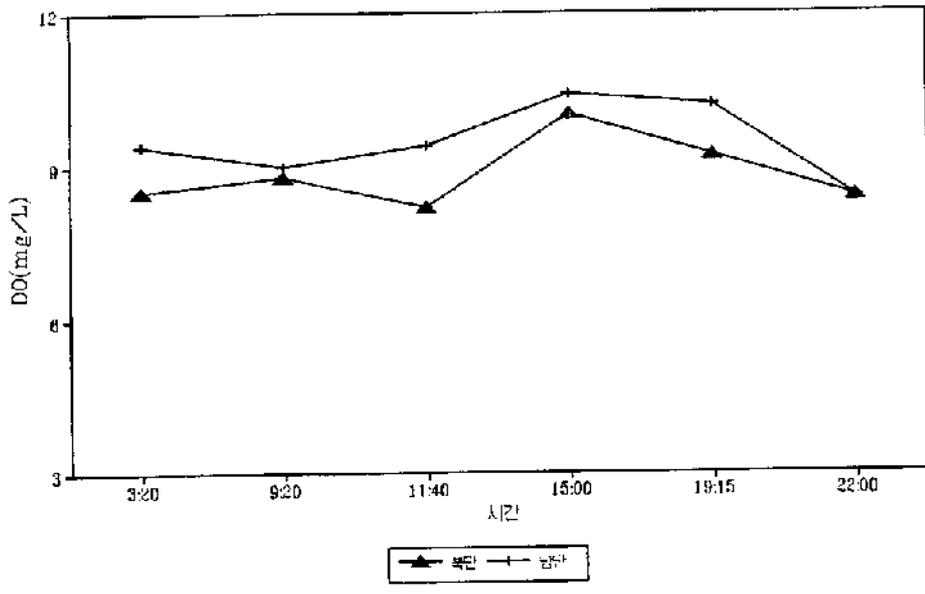
중랑천은 용존산소는 2.71mg/L, T-COD는 75mg/L, S-COD는 61mg/L, NH₃-N는 16.9mg/L, PO₄-P는 4.55mg/L로 다른 지천의 오염도와 비슷하였다. 그러나 유량이 가장 많아 본류의 수질오염도에 영향을 가장 많이 주는 것으로 나

타났다. 시간에 따른 수질변화는 일정한 경향을 보이지 않았다.

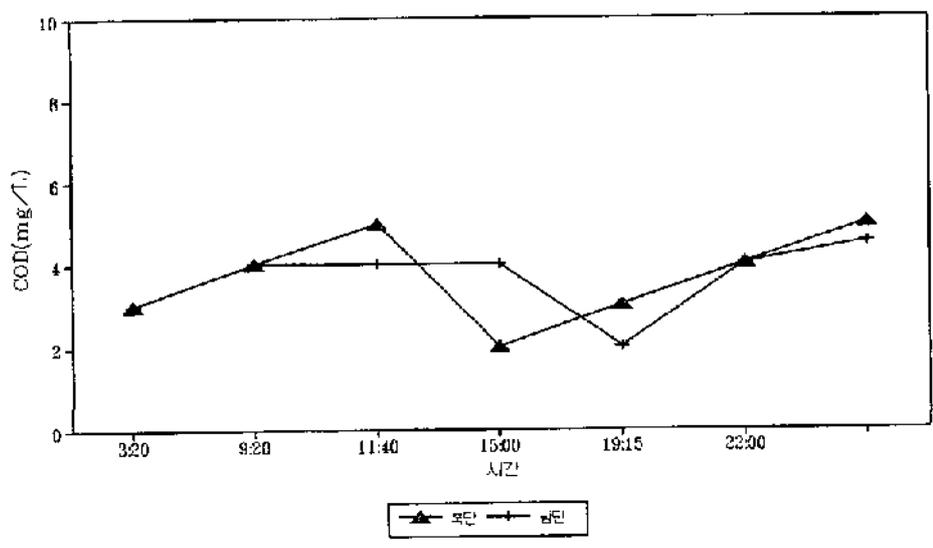
<표 3-6> 강동대교의 24시간 수질조사결과

(단위 : mg/L)

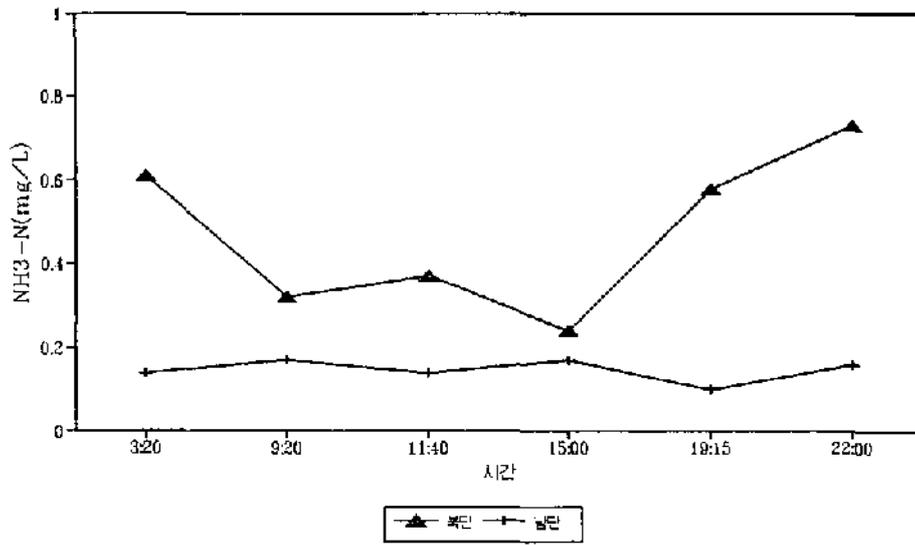
지점	시간	pH	수온	DO	T-COD	S-COD	NH ₃ -N	PO ₄ -P
강 동 대 교 북 단	03:20	7.58	16.6	8.50	3	1	0.61	0.35
	09:20	7.52	17.0	8.80	4	2	0.32	0.52
	11:40	7.85	16.8	8.20	5	3	0.37	0.09
	15:00	7.87	16.5	10.00	2	1	0.24	0.06
	19:15	7.81	16.8	9.20	3	3	0.58	0.39
	22:00	7.82	17.7	8.40	4	3	0.73	0.37
	24:40	7.61	16.6	9.50	5	1.5	0.21	0.02
	평균	7.72	16.8	8.94	3.7	2.1	0.44	0.26
강 동 대 교 남 단	03:20	7.75	16.5	9.40	3	2	0.14	0.03
	09:15	7.54	16.6	9.00	4	3	0.17	0.04
	11:30	7.33	16.8	9.40	4	3	0.14	0.03
	15:00	7.78	16.3	10.40	4	1	0.17	0.02
	19:15	7.93	16.7	10.20	2	1	0.10	0.00
	22:10	7.82	17.7	8.40	4	0	0.16	0.00
	01:00	7.70	16.5	9.60	4.5	3	0.19	0.18
	평균	7.69	16.7	9.42	3.7	1.8	0.19	0.07



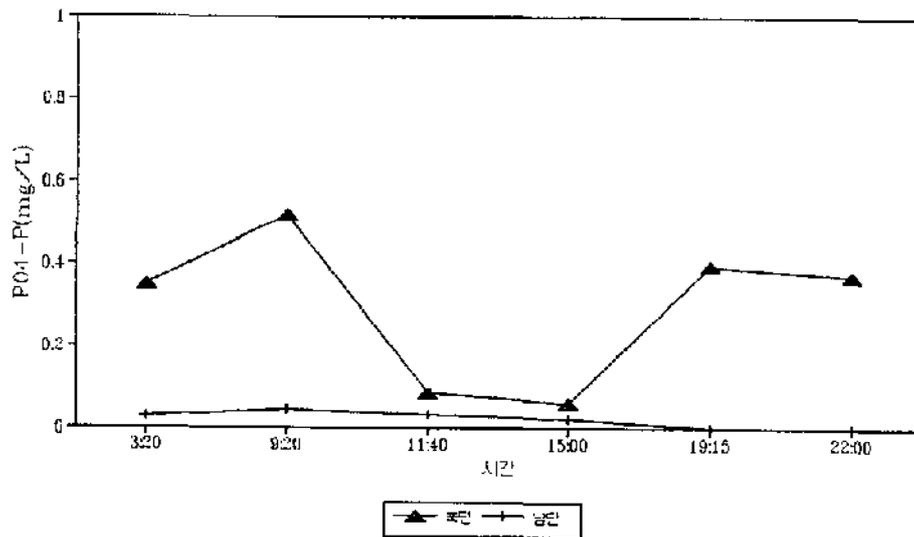
<그림 3-18> 강동대교의 시간에 따른 용존산소의 농도변화



<그림 3-19> 강동대교의 시간에 따른 T-COD의 농도변화



<그림 3-20> 강동대교의 시간에 따른 NH₃-N의 농도변화

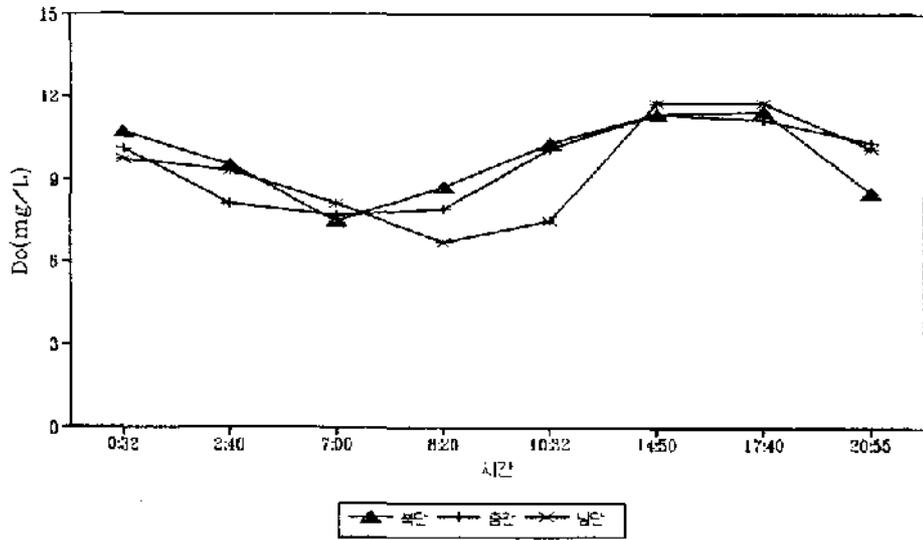


<그림 3-21> 강동대교의 시간에 따른 PO₄-P의 농도변화

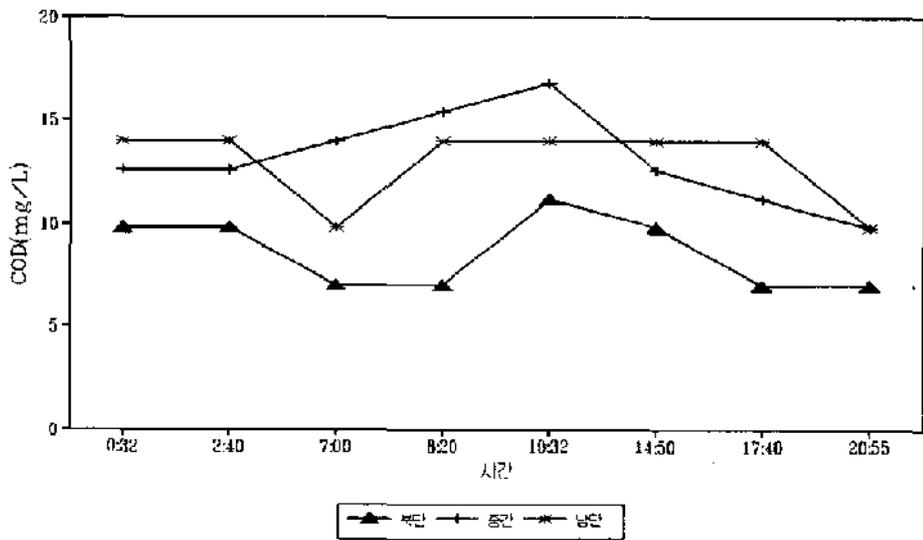
<표 3-7> 영동대교의 24시간 수질조사결과

(단위 : mg/L)

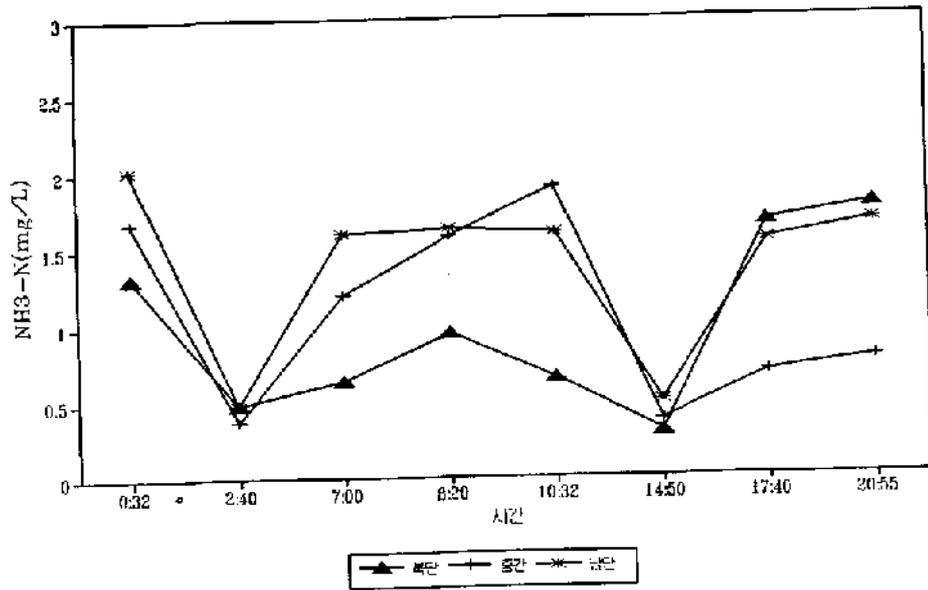
지점	시간	pH	수온	DO	T-COD	S-COD	NH ₃ -N	PO ₄ -P
영동북단	00:32	7.34	17	10.74	9.8	7.7	1.32	0.69
	02:40	7.36	16.8	9.53	9.8	7.0	0.48	0.02
	07:00	7.45	16.9	7.49	7.0	5.6	0.64	0.49
	08:20	7.42	17.3	8.72	7.0	5.6	0.95	0.095
	10:32	7.21	17.3	10.3	11.2	8.4	0.65	0.02
	14:50	7.31	17.1	11.35	9.8	8.4	0.30	0.02
	17:40	7.21	17.5	11.47	7.0	4.2	1.66	0.04
	20:55	7.42	17.2	8.51	7.0	7.0	1.77	0.16
	평균	7.42	17.1	9.76	8.6	6.7	0.97	0.19
영동중간	00:40	7.34	17.0	10.13	12.6	4.2	1.67	0.20
	02:47	7.35	16.7	8.11	12.6	4.2	0.37	0.01
	06:55	7.44	16.9	7.70	14.0	6.2	1.20	0.42
	08:30	7.50	17.3	7.90	15.4	7.0	1.58	0.22
	10:50	7.51	17.0	10.10	16.8	14.0	1.90	0.13
	15:05	7.48	17.0	11.35	12.6	7.0	0.37	0.08
	17:50	7.49	17.4	11.15	11.2	8.4	0.68	0.25
	21:05	7.50	17.2	10.34	9.8	7.0	0.77	0.27
	평균	7.45	17.1	9.59	13.1	7.8	1.06	0.19
영동남단	00:49	7.44	16.9	9.73	14.0	12.6	2.02	1.48
	02:53	7.42	16.7	9.32	14.0	12.6	0.48	0.94
	06:48	7.38	17	8.11	9.8	7.0	1.60	2.56
	08:35	7.38	17.2	6.69	14.0	9.8	1.63	3.21
	11:10	7.36	16.9	7.49	14.0	9.8	1.60	2.78
	15:10	7.46	17.1	11.75	14.0	9.8	0.50	0.91
	17:55	7.55	17.4	11.76	14.0	12.6	1.54	2.08
	21:15	7.51	17.1	10.13	9.8	7.7	1.66	1.71
	평균	7.44	17.0	9.37	12.9	10.23	1.38	0.60



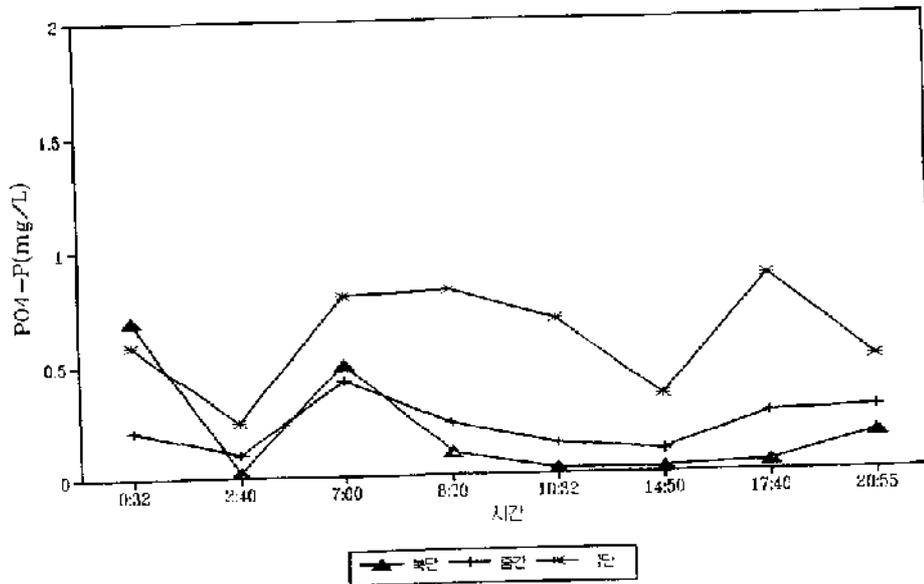
<그림 3-22> 영동대교의 시간에 따른 용존산소의 농도변화



<그림 3-23> 영동대교의 시간에 따른 T-COD의 농도변화



<그림 3-24> 영동대교의 시간에 따른 NH₃-N의 농도변화

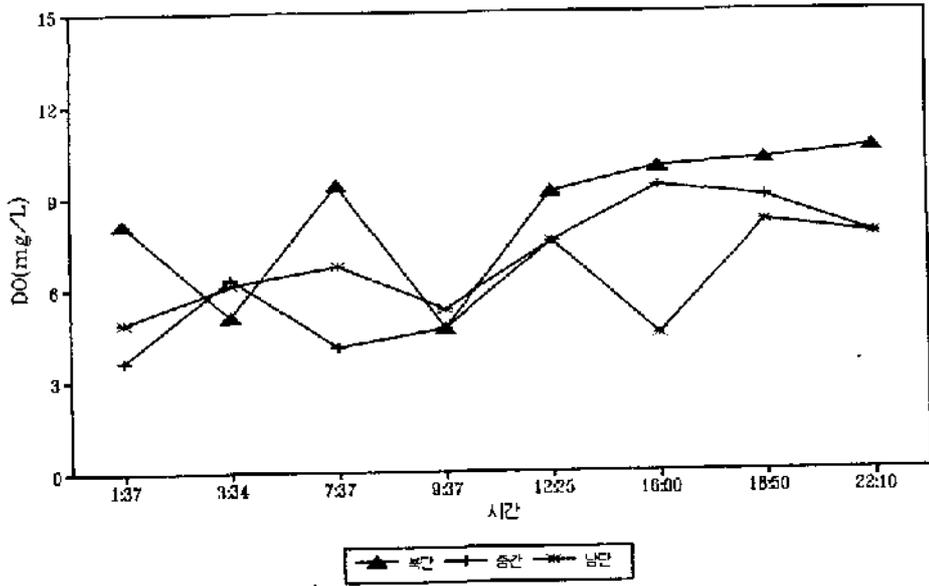


<그림 3-25> 영동대교의 시간에 따른 PO₄-P의 농도변화

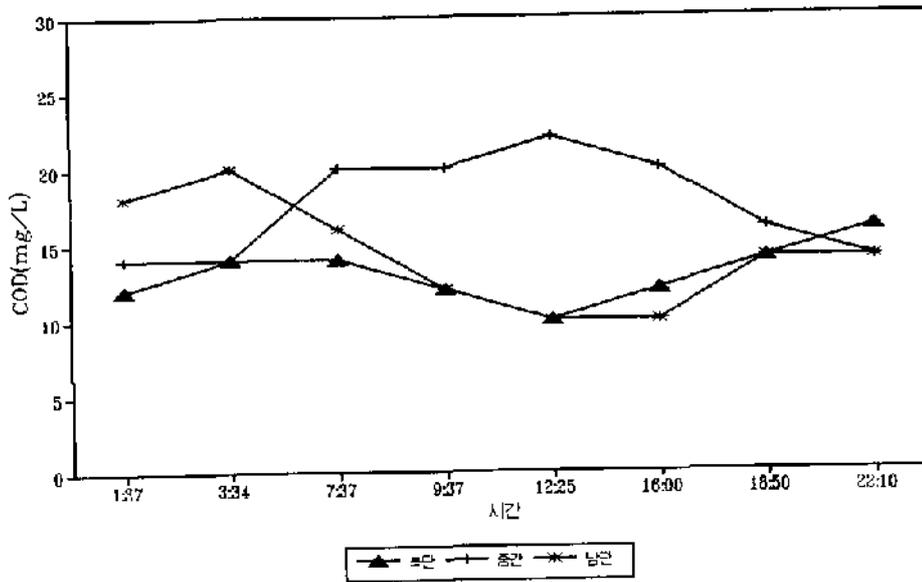
<표 3-8> 한남대교의 24시간 수질조사결과

(단위 : mg/L)

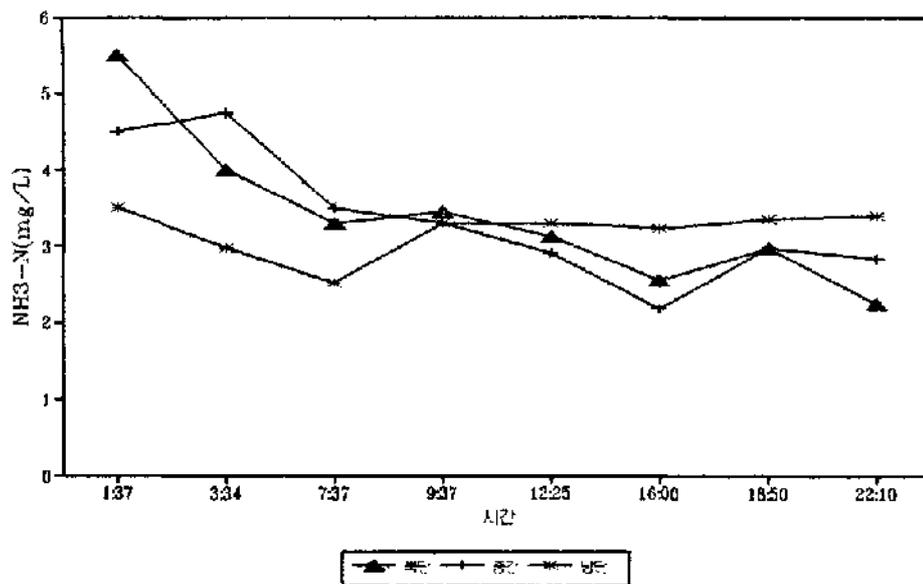
지점	시간	pH	수온	DO	T-COD	S-COD	NH ₃ -N	PO ₄ -P
한남북단	01:37	7.40	17.3	8.11	12	12	5.50	1.47
	03:34	7.43	17.3	5.07	14	12	4.00	1.33
	07:37	7.35	17.1	9.37	14	14	3.30	1.02
	09:37	7.39	17.5	4.66	12	10	3.45	1.64
	12:25	7.50	17.2	9.12	10	10	3.12	1.77
	16:00	7.43	17.6	9.93	22	22	2.54	0.34
	18:50	7.42	17.4	10.14	14	10	2.97	0.87
	22:10	7.43	17.2	10.54	24	12	2.25	0.84
	평균	7.42	17.3	8.36	13	12.7	3.39	1.16
한남중간	01:20	7.50	17.2	3.64	14	6	4.50	1.67
	03:28	7.40	17.1	6.28	14	14	4.75	0.77
	07:44	7.46	17.6	4.05	20	18	3.50	0.94
	09:31	7.45	17.3	4.66	20	18	3.30	0.55
	12:20	7.43	17.2	7.49	22	14	2.91	0.51
	15:50	7.44	17.6	9.32	20	20	2.18	0.46
	18:45	7.50	17.3	8.92	16	14	2.97	0.49
	22:00	7.51	17.2	7.70	14	10	2.83	0.58
	평균	7.46	17.3	6.50	17.5	14.2	3.36	0.74
한남남단	01:13	7.52	17.1	4.86	18	10	3.50	0.84
	03:20	7.49	17.0	6.08	20	16	2.97	0.35
	07:50	7.46	16.8	6.69	26	10	2.52	0.78
	09:23	7.55	17.4	5.29	12	10	3.30	1.24
	12:05	7.42	17.4	7.49	10	10	3.30	0.57
	15:40	7.37	18.3	4.46	10	8	3.23	0.40
	18:30	7.44	17.6	8.11	14	8	3.35	0.45
	21:50	7.51	17.2	7.70	14	8	3.40	1.03
	평균	7.47	17.4	6.34	14.2	10	3.20	0.71



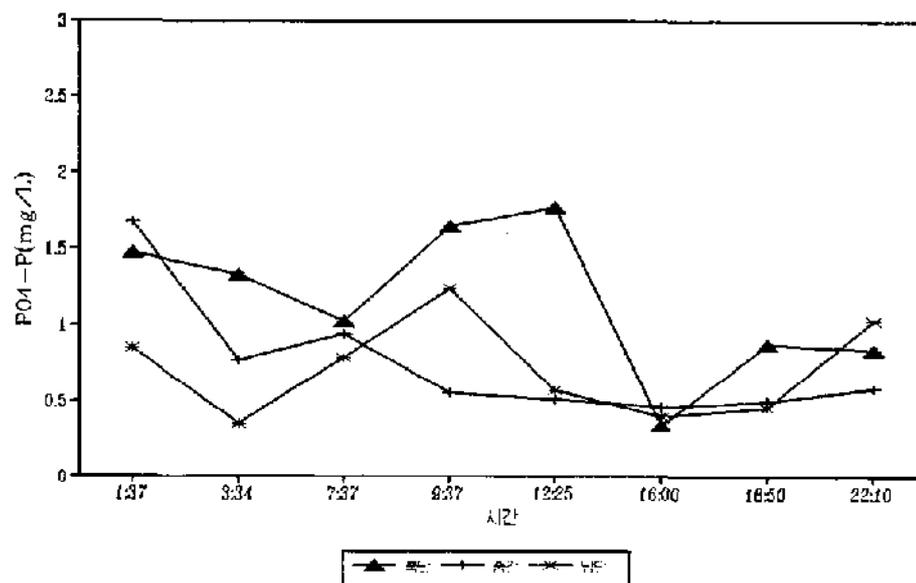
<그림 3-26> 한남대교의 시간에 따른 용존산소의 농도변화



<그림 3-27> 한남대교의 시간에 따른 T-COD의 농도변화



<그림 3-28> 한남대교의 시간에 따른 NH₃-N의 농도변화

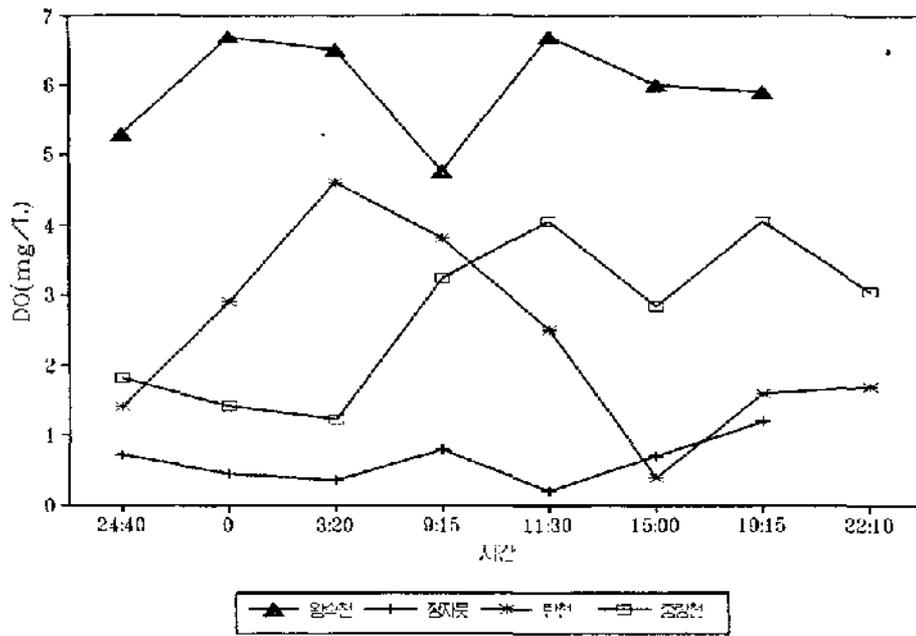


<그림 3-29> 한남대교의 시간에 따른 PO₄-P의 농도변화

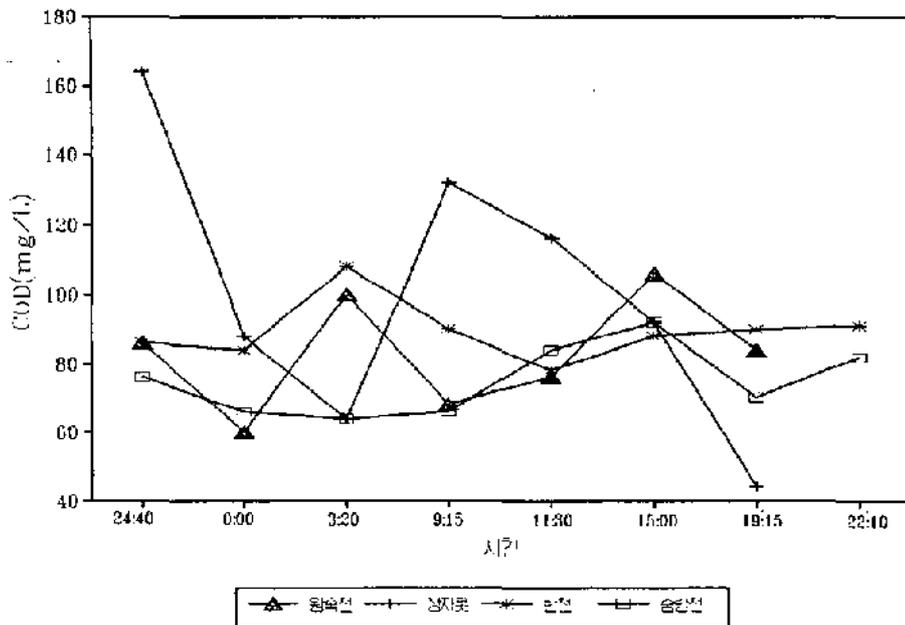
<표 3-9> 주요지천의 24시간 수질조사결과

(단위 : mg/L)

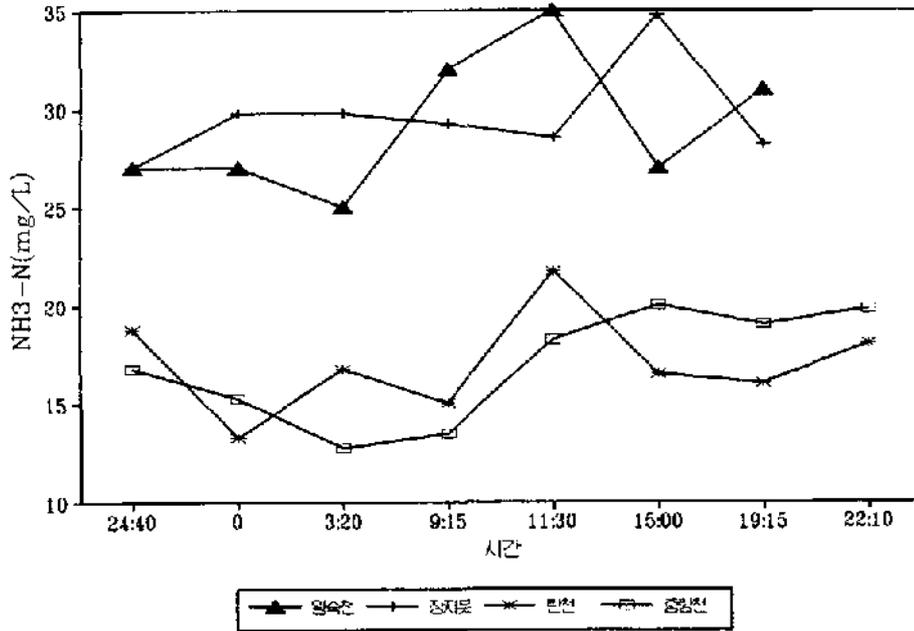
지점	시간	pH	수온	DO	T-COD	S-COD	NH ₃ -N	PO ₄ -P
왕숙천	01:20	7.47	7.47	5.3	86	70	47.0	3.50
	03:45	7.36	16.6	6.7	60	50	47.2	3.28
	09:40	7.37	17.7	6.5	100	60	50.5	4.28
	12:00	7.65	18.6	4.8	68	44	64.2	4.14
	15:30	7.55	18.9	6.7	76	46	70.2	4.79
	19:40	7.40	19.1	6.0	106	68	55.5	3.91
	22:35	7.42	19.0	5.9	84	82	62.2	4.99
	평균	7.50	16.8	6.34	72.9	52.6	25.3	3.61
장자뚝	01:40	7.74	18.1	0.72	164	44	27.0	2.85
	04:00	7.85	17.8	0.45	88	56	29.7	6.58
	10:20	7.82	19.6	0.35	64	52	29.7	8.63
	12:40	8.10	20.6	0.80	132	112	29.2	6.18
	15:50	7.91	19.8	0.20	116	80	28.5	5.81
	20:00	7.87	19.2	0.70	92	40	34.7	8.64
	22:54	7.85	18.7	1.20	44	40	28.2	7.39
	평균	7.50	16.8	0.51	100	60	29.6	6.58
탄천	02:50	7.15	18.8	1.4	86	70	18.7	4.18
	08:45	7.14	19.2	2.9	84	80	13.2	2.83
	10:40	7.28	19.1	4.6	108	88	16.7	2.41
	11:25	7.15	20.7	3.8	90	82	15.0	3.07
	14:35	7.26	20.1	2.5	78	72	21.7	4.13
	18:35	7.20	19.2	0.4	88	60	16.5	4.75
	21:00	7.21	19.2	1.6	90	62	16.0	3.28
	24:00	7.06	18.9	1.7	91	63	18.0	3.90
평균	7.18	19.4	2.36	89.3	72.1	17.0	3.57	
중랑천	00:12	7.82	18.2	1.82	76	66	16.7	5.48
	02:16	7.84	18.3	1.42	66	50	15.2	4.30
	06:20	7.79	18.2	1.22	64	50	12.7	3.74
	10:03	7.75	18.9	3.24	66	62	13.5	2.96
	12:50	7.80	19.3	4.05	84	60	18.2	5.13
	14:05	7.74	19.5	2.84	92	68	20.0	5.42
	17:05	7.75	19.5	4.05	70	62	19.0	4.80
	20:30	7.71	18.9	3.04	82	72	19.7	4.54
평균	7.77	18.8	2.71	75	61	16.9	4.55	



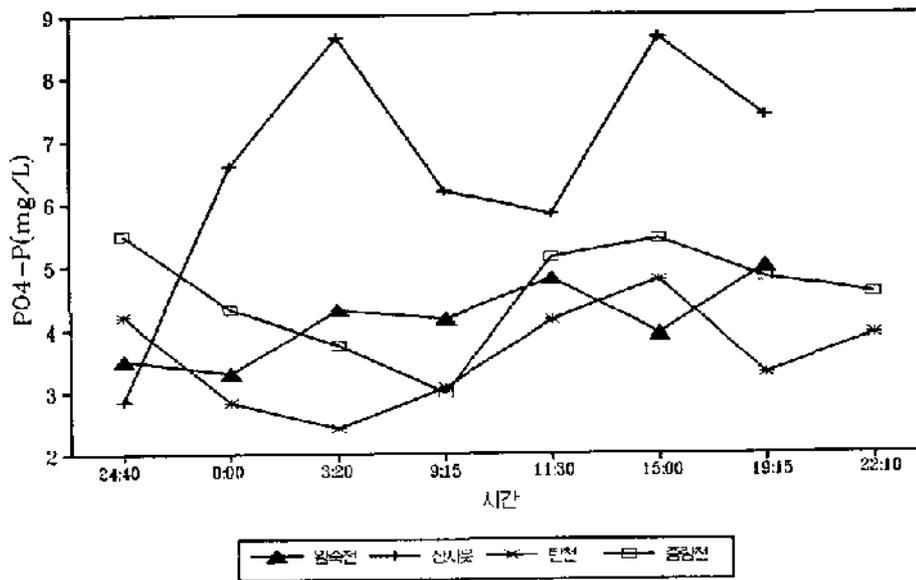
<그림 3-30> 주요지천의 시간에 따른 용존산소의 농도변화



<그림 3-31> 주요지천의 시간에 따른 T-COD의 농도변화



<그림 3-32> 주요지천의 시간에 따른 NH₃-N의 농도변화



<그림 3-33> 주요지천의 시간에 따른 PO₄-P의 농도변화

# 제 4 장 수질오염부하량 평가 및 전망

4.1. 발생오염부하량산정

4.2. 배출오염부하량산정

4.3. 유달오염부하량산정

## 第 4 章 水質汚染 負荷量評價 및 展望

수질오염원으로는 생활하수, 공장폐수, 축산폐수등의 점오염원과 도시우수유출수, 농경지 유출수, 매립지유출수, 자연녹지배수 등의 비점오염원이 있다. 오염부하량은 주요 오염원이 되고있는 생활하수, 공장폐수, 축산폐수의 점오염원과 토지이용에 따라 발생하는 비점오염원으로 구분하여 각 오염원에 대한 현재 및 장래 부하량을 추정하였다.

### 4.1 發生汚染負荷量 算定

#### 4.1.1. 點汚染源

##### 가) 生活下水

생활하수에는 각 가정에서 배출되는 가정하수와 영업 및 공공시설에서 배출되는 영업오수가 포함된다. 생활하수의 질과 양은 그 지역의 생활수준, 토지이용, 그리고 가옥형태 등에 따라 크게 달라질 수 있다.

##### 1) 生活下水량과 汚染負荷量의 原單位

생활하수의 오염부하량 산정에 사용된 생활하수의 원단위는 서울시 하수도 기본계획 재정비(92.5), 수질보전장기종합대책수립(92.12), 한강 하류 수질보전대책수립 조사보고서(93. 12)등의 관련자료를 비교, 분석하여 추정하였다(<표 4-1> 참조). 가정하수량은 서울시 하수도 기본계획재정비를 이용하여 추정하였고 영업오수량은 영업용수량을 근거로 산출하였다.

생활하수 오염부하량 원단위중 BOD의 발생부하량 원단위는 '수질보전 장기종합계획수립'의 원단위를 이용하였고, 연간변화는 다소 증가하는 것으로 예측하였으며, T-N 및 T-P의 발생부하량 원단위는 '영양염류 원단위산정에 관한 연구'(91.8)에서 산정한 원단위인 T-N 8.7g/인·일을 이용하였으며, 연간변화는 발생하지 않은 것으로 가정하였다.

본 연구에서 적용한 서울시 및 시외지역의 생활하수로부터 발생하는 지역별 현재 및 장래 오염부하량 원단위(BOD, T-N, T-P)는 <표 4-2>에 수록하였다.

<표 4-1> 생활하수량 원단위

(단위 : L/인)

배수구분별	1993년	1996년	2001년	비고	
월분천	181.8	200	225	읍면급	
덕풍천	189.3	200	260		
왕속천	194	215	250		
성내천	281.7	300	320		
탄천	탄천	214	345	380	
	탄천상류	218.8	240	270	성남시
중랑천	청계, 중랑, 뚝도	289.3	320	350	
	중랑천 상류	224	245	280	의정부시
반포천	298.2	360	405		
옥천	380.7	430	470		
봉원천	298.3	325	380		
망원천	265.7	290	320		
불광천	272.8	300	340		
안양천	안양천, 노량진	309.3	340	370	
	안양천 상류	206.3	230	280	광명시
마곡천	279.7	310	350		
창릉천	서울시 지역	252.3	250	320	은평구
	서울외 지역	133.3	170	210	화전읍

<표 4-2> 발생 부하량 원단위

(단위 : g/인 일)

구분	BOD	T-N	T-P	비고
1993	시가	62	8.7	1.7
	비시	51		
1996	시가	65	8.7	1.7
	비시	54		
2001	시가	70	8.7	1.7
	비시	59		

## 2) 生活下水量 및 汚染負荷量의 算定

생활하수량 및 오염부하량은 각 배수구역별 장래인구에 (1)항에서 구한 생활하수 원단위와 오염부하량 원단위(BOD, SS, T-P, T-N)를 적용하여 산정하였다. 생활하수량은 오수발생량, 일평균오수량, 일최대오수량으로 각각 구분하였고 그 산출식은 아래와 같다.

- 하수발생량 = 계획인구 x 생활하수량 원단위
- 일평균오수량 = 계획인구 x (생활하수량 원단위 + 지하수 유입량, 65L/인일)
- 일최대오수량 = 계획인구 x (생활하수량 원단위 x 1.25 + 지하수 유입량, 65L / 인일 )

위의 생활하수량 산출식을 기준으로 하여 각 계획구역별, 배수구역별 현재 및 장래의 생활하수발생량과 오염부하량의 산정결과는 <표 4-3> 및 <표 4-4>에 수록하였다.

### 나) 工場廢水

공장폐수의 특성과 오염부하량은 생산업종, 사용원료, 단위공정, 종업원수 등에 따라 크게 달라지며 처리장이 설치되어 있는 경우에는 처리시설의 효율에도 크게 좌우된다. 그러나 현재 정부에서는 수질오염의 악화를 방지하기 위해 폐수배출시설에 대한 엄격한 규제를 하고 있고 이는 계속 강화될 것으로 전망되며 폐수를 배출하는 공장이나 사업장에서는 의무적으로 처리장을 설치하여 排出許容基準에 적합하도록 폐수를 처리하여 배출해야만 한다.

따라서 공장폐수가 수계에 미치는 오염부하량은 원폐수의 농도에 의해 산출되는 부하량이 아니라 排出許容基準을 근거로 부하량을 산정하는 것이 적합하다.

이로 인해 조사대상 지역의 공장 및 사업장에서의 장래 오염부하량을 추정하기 위해서는 수질환경보전법 제 8조의 폐수 排出許容基準을 고려한 공장폐수의 오염부하량 원단위를 적용하여 산출하였다.

또한 장래의 오염부하량 추정은 장래에도 현재의 수역등급이 계속 적용된다고 가정하고 예측된 폐수량을 적용하여 BOD에 대해 오염부하량을 산정하였으며, T-N 및 T-P에 대해서는 각 수역등급의 排出許容基準인 60mg/L의 T-N, 8mg/L의 T-P를 이용하여 부하량을 산출하였다.

<표 4-3> 생활하수발생량

(단위 : m³/일)

배수구역		1993년	1996년	2001년
월문천		5,566	6,300	7,088
덕풍천		20,010	25,600	38,220
왕숙천		687,230	82,496	106,750
성내천		261,470	290,310	318,496
탄천	탄천본류	308,070	374,774	444,714
	탄천상류	189,750	275,040	354,510
	계	497,810	649,804	799,224
중랑천	청계, 중랑, 독도	1,128,200	1,310,592	144,855
	중랑천 상류	640,360	85,505	120,400
	계	1,192,200	1,396,097	1,568,455
반포천		211,720	278,280	348,786
육천		103,160	113,950	119,333
봉원천		170,300	187,168	222,490
방원천		394,490	43,877	50,240
불광천		216,260	239,010	271,150
안양천	안양천, 노량진	868,010	975,664	1,089,946
	안양천 상류	248,210	313,927	449,400
	계	1,116,200	1,289,591	1,539,346
마곡천		106,950	146,444	186,340
창릉천	구파발, 진관	10,080	10,125	13,056
	경기도 고양군	13,108	17,680	24,150
	계	23,188	27,805	37,206
합계		4,033,100	4,776,742	5,613,124

<표 4-4> 생활하수에 의한 발생오염부하량

(단위 : kg/일)

배수구역		1993년			1996년			2001년		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
월문천		1562	266	52	1701	274	54	1859	274	54
덕풍천		5396	913	178	6912	1114	218	8673	1279	250
왕숙천		18002	3060	598	20720	3338	652	25193	3715	726
성내천		57600	8072	1577	62901	8419	1645	69671	8659	1692
탄천	탄천본류	59107	8256	1613	70610	9451	1847	81921	10182	1990
	탄천상류	44284	7455	1457	61884	9970	1948	77467	11423	2232
	계	103391	15711	3070	132494	19421	3795	159388	21605	4222
중랑천	청계, 중랑, 뚝도	241867	33883	6621	266214	35632	6963	289611	35995	7033
	중랑천상류	14506	2452	479	18846	3036	593	25370	3741	731
	계	256373	36335	7100	285060	38668	7556	314981	39736	7764
반포천		43563	6093	1190	50245	6725	1314	60284	7492	1464
육천		16830	2364	462	17225	2306	451	17773	2209	432
봉원천		35375	4962	960	37434	5010	979	40985	5094	995
망원천		9197	1290	252	9835	1316	257	10990	1366	267
불광천		49147	6895	1347	51786	6931	1354	55825	6938	1356
안양천	안양천, 노량진	173880	24380	4764	186524	24966	4878	206206	25628	5008
	안양천상류	60899	10328	2018	73705	11875	2320	94695	13963	2729
	계	234778	34709	6782	260229	36841	7198	300901	39591	7737
마곡천		23633	3290	643	30706	4110	803	37268	4632	905
창릉천	구파발, 진관	2479	348	68	2633	352	69	2856	355	69
	경기도 고양군	4951	842	164	5616	905	177	6786	1000	196
	계	7430	1190	232	8249	1257	246	9641	1355	265
합계		862278	125147	24454	975497	135730	26522	1113432	143945	28129

공장폐수의 BOD, T-N 및 T-P에 대한 오염부하량 현황 및 예측결과는 <표 4-5>와 같다.

연도별 BOD 오염부하량을 보면 1996년에 44,599kg/일, 2001년에 55,034kg/일로 추정하였고, T-N 오염부하량과 T-P 오염부하량은 1996년에 23,445kg/일, 3,125kg/일로, 2001년에 28,950 kg/일, 3,860 kg/일로 각각 추정하였다.

<표 4-5> 공장폐수에 의한 발생오염 부하량 (단위 : kg/일)

배수 구역	1993년			1996년			2001년			비 고
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	
월문천	931	612	81	894	670	89	1,102	826	110	"가" 지역
덕풍천	1,040	684	91	999	749	100	1,231	923	123	
왕숙천	2,424	1,594	213	2,327	1,745	233	2,949	2,212	295	
성내천	92	61	8	88	66	9	109	82	11	
탄 천	2,113	926	124	2,028	1,014	135	2,501	1,250	167	"나" 지역
중랑천	12,159	5,331	711	11,674	5,837	778	14,392	7,196	959	
반포천	300	131	17	287	143	19	353	176	24	
육 천	158	69	9	151	76	10	187	94	12	
봉원천	164	72	9	157	79	10	194	97	13	
망원천	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
불광천	115	50	6	110	55	7	137	68	9	
안양천	25,717	11,275	1,504	24,707	12,353	1,647	30,427	15,214	2,028	
마곡천	934	409	55	896	448	60	1,105	553	74	
창릉천	292	192	26	280	210	28	346	259	35	
계	46,439	21,406	2,854	44,599	23,445	3,125	55,034	28,950	3,860	

#### 다) 畜産廢水

축사로부터 발생하는 축산폐기물은 아직도 대부분이 야적 또는 간이저장시설에 보관되어 있고 그나마 처리시설이 있는 곳도 제대로 가동되지 못하고 있다. 따라서 야적물질이 자연유하되거나 토양침투되어 하천 및 지하수의 오염원인이 되고 있다. 특히 축산폐수는 오염물질의 농도가 높기 때문에 인근 하천 및 수자원을 크게 오염시킬뿐 아니라 축사주변에 쥐와 파리의 서식을 초래하고 악취를 발생시키는 등 위생적측면에서도 악영향을 주고있다.

##### 1) 畜産廢水 汚染負荷量 原單位

축산폐수의 오염부하량 원단위는 과거의 가축사육 현황자료를 근거로 장래 가축사육두수를 추정하였으며 가축폐수 오염부하량 원단위는 전국 환경보전 장기종합계획(86.12), 전국 축산분뇨 적정관리대책연구(90.1), 영양염류 원단위 계산에 관한 연구(91.8) 및 한강하류 수질보전대책수립 조사보고서(93.12)등에서 조사, 이용한 가축폐수의 오염물질 발생 원단위를 비교 및 분석하여 다음과 같이 추정하였다. 소의 경우 폐수량은 40L/두·일, BOD 640g/두·일, T-N 125g/두·일, T-P 47g/두·일이고, 돼지는 폐수량 12.5L/두·일, BOD 125g/두·일, T-N 20.4g/두·일, T-P 16.5g/두·일이며, 닭, 오리, 칠면조, 거위, 꿩 등 가금류의 경우는 BOD 12.5g/두·일, T-N 0.96g/두·일, T-P 0.78g/두·일로 각각 적용하였다.

##### 2) 畜産廢水 汚染負荷量 算定

축산폐수의 오염부하량은 각 처리구역별, 배출구역별, 가축현황과 장래 가축사육 추정치에 1)항의 축산폐수 오염부하량원단위(BOD, T-N, T-P)를 적용하여 산정하였다.

각 처리구역별 및 배출구역별 축산폐수 오염부하량은 <표 4-6>~<표 4-8>에 수록하였다. 1993년 현재 가축폐수 부하량이 가장 많은 구역은 왕숙천으로 1일 가축에 의한 폐수발생량이 1,680m³이고 오염부하량은 BOD 35,095kg/일, T-P 및 T-N는 3,510kg/일, 5,538kg/일로 나타났다. 또한 한강 전체 배수구역의 1일 축산폐수발생량은 4,521m³/일이고 오염부하량은 BOD 99,314kg/일, T-P 및 T-N은 9,727kg/일, 15,023kg/일로 각각 나타났다. 또한 2001년의 전체 배수구역의 1

일 축산폐수발생량은 5,049m³/이고, 오염부하량은 BOD 109,898kg/일, T-P 및 T-N은 각각 10,802kg/일, 16,733kg/일로 추정되었다.

<표 4-6> 가축에 의한 폐수발생량(1993년)

배수구역	가축류(두)			폐수발생량 (m ³ /일)	발생오염부하량(kg/일)			
	소	돼지	닭		BOD	T-N	T-P	
월문천	5576	2493	19318	254	4122	767	458	
덕풍천	3747	4491	217380	206	5676	769	514	
왕숙천	33698	26580	816474	1680	35095	5538	3510	
성내천	218	-	433	9	145	28	16	
탄천	탄천본류	491	335	1785	24	378	70	42
	탄천상류	9579	12502	708790	539	16553	2133	1453
	계	10070	12837	710575	563	16931	2203	1495
중랑천	청계, 중랑, 뚝도	87	-	32761	3	465	42	32
	중랑천상류	7395	14846	664897	481	14900	1865	1300
	계	7482	14846	697658	484	15365	1907	1332
반포천	167	140	797	8	134	24	15	
육천	-	-	40	0	1	0	0	
봉원천	-	-	207	0	3	0	0	
망원천	-	-	86	0	1	0	0	
불광천		-	65	159	1	10	1	1
	안양천, 노량진	502	1250	12543	36	634	100	67
안양천	안양천상류	18513	18995	144421	978	16028	2840	1764
	계	19015	20245	156964	1014	16662	2940	1831
마곡천	381	508	12066	22	458	70	45	
창릉천	구파발, 진관	-	43	-	1	5	1	1
	경기도 고양군	4195	8818	73456	278	4706	775	508
	계	4195	8861	73456	279	4711	776	509
합계	84549	91066	2705613	4521	99314	15023	9727	

<표 4-7> 가축에 의한 폐수발생량(1996년)

배수구역	가축류(두)			폐수발생량 (㎥/일)	발생로염부하량(kg/일)			
	소	돼지	닭		BOD	T-N	T-P	
월문천	5859	2686	21179	268	4350	808	483	
덕풍천	3923	4491	217380	213	5789	791	527	
왕숙천	35392	27046	820545	1754	36288	5763	3643	
성내천	217	-	425	9	144	28	16	
탄천	탄천본류	491	335	1785	24	378	70	42
	탄천상류	9827	12680	751368	552	17266	2208	1507
	계	10318	13015	753153	576	17644	2278	1549
중랑천	청계, 중랑, 뚝도	87	-	32761	3	465	42	32
	중랑천상류	7837	15612	698130	509	15694	1968	1371
	계	7924	15612	730891	512	16519	2010	1403
반포천	167	140	797	8	134	24	15	
육천	-	-	40	0	1	0	0	
봉원천	-	-	207	0	3	0	0	
망원천	-	-	86	0	1	0	0	
불광천	-	65	159	1	10	1	1	
안양천	안양천, 노랑진	502	1250	12543	36	634	100	67
	안양천상류	19369	21238	144421	1040	16856	2993	1864
	계	19871	22488	156964	1076	17490	3093	1931
마곡천	381	508	12066	22	458	70	45	
창릉천	구파발, 진관	-	43	-	1	5	1	1
	경기도 고양군	4401	8818	73456	286	4837	801	522
	계	4401	8861	73456	287	4842	802	523
합계	88453	94912	2787348	4726	103313	15668	10136	

<표 4-8> 가축에 의한 폐수발생량(2001년)

배수구역	가축류(두)			폐수발생량 (㎥/일)	발생오염부하량 (kg/일)			
	소	돼지	닭		BOD	T-N	T-P	
월문천	6371	3052	24814	293	4769	882	529	
덕풍천	4241	4491	217380	226	5993	830	550	
왕숙천	38460	27846	827387	1886	38437	6170	3882	
성내천	215	-	412	9	143	28	16	
탄천	탄천본류	491	335	1785	24	378	70	42
	탄천상류	10240	12977	822331	572	18455	2334	1597
	계	10731	13312	824116	596	18833	2404	1639
중랑천	청계, 중랑, 뚝도	87	-	32761	3	465	42	32
	중랑천상류	8574	16889	753519	554	17017	2140	1489
	계	8661	16889	786280	557	17482	2182	1521
반포천	167	140	797	8	134	24	15	
옥천	-	-	40	0	1	0	0	
봉원천	-	-	207	0	3	0	0	
망원천	-	-	86	0	1	0	0	
불광천	-	65	159	1	10	1	1	
안양천	안양천, 노량진	502	1250	12543	36	634	100	67
	안양천상류	20796	22587	144421	1114	17938	3199	1989
	계	21298	23837	156964	1150	18572	3299	2056
마곡천	381	508	12066	22	458	70	45	
창릉천	구파발, 진관	-	43	-	1	5	1	1
	경기도 고양군	4744	8818	73456	300	5057	843	547
	계	4744	8861	73456	301	5062	844	548
합계	95269	99001	2924164	5049	109698	16733	10802	

#### 4.1.2. 非點汚染源

비점오염원(Nonpoint Source)인 토지에서 발생하는 오염부하량은 토지가 논, 밭, 임야, 주거지 등 어떤 용도로 사용되었는가에 따라 다르다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 도시계획적 측면에서 분류되어 사용되어온 토지이용현황을 기초 자료로 활용하였다. 이를 위해 각 구역의 토지를 논, 밭, 임야, 대지 및 기타로 분류하였다.

##### 가) 土地利用에 따른 發生汚染負荷量 原單位

토지이용에 따른 오염부하량 원단위는 앞 절에서 인용한 여러 관련자료를 비교, 분석하여 <표 4-9>과 같이 추정하였다. 용도별, 오염물질별 부하량의 원단위를 보면 밭에서는 BOD 7.10 kg/km² 일, T-P 0.269kg/km² 일, T-N 3.21kg/km² 일도, 논에서는 BOD 5.12kg/km² 일, T-P 0.269kg/km² 일, T-N 3.21kg/km² 일로서 논이 밭 보다는 BOD부하가 낮지만 T-P, T-N부하는 같게 적용하였다. 임야에 대해서는 BOD 0.96kg/km² 일을 적용하였고 T-P, T-N은 각각 0.027kg/km² 일, 0.759kg/km² 일을 적용하고 이외의 대지에 대해서는 BOD 87.6kg/km² 일, T-P, T-N은 각각 0.027kg/km² 일, 0.759kg/km² 일을 적용하였다.

##### 나) 土地利用에 따른 發生汚染負荷量 算定

각 배수구역별 토지이용에 따른 현재 및 장래의 오염부하량은 <표 4-9>의 오염부하량 원단위와 <표 4-10>의 토지이용현황 및 상래계획을 이용하여 산정하였고 그 결과는 <표 4-11>과 같다.

#### 4.1.3. 發生汚染負荷量

시울시 및 주변지역에서 발생하는 하 폐수량과 인구, 토지이용, 가축 및 공장 등에서 발생하는 오염부하량은 <표 4-12> 및 <표 4-13>과 같다.

<표 4-12>에 나타난 것과 같이 1993년 현재 서울시 및 주변도시에서 발생하는 하폐수량은 총 4,414,511m³/일로서 이중 생활하수, 공장폐수, 가축폐수가 각각 차지하는 비율은 91.7%, 8.2%, 0.1%이며, 장래 2001년도의 하폐수량은 현재보다 38%가 늘어난 총 6,099,680m³/일이 될 전망이다. 한편 <표 4-13>에 나타난 것과 같이 1993년 현재 서울시 및 주변도시에서 발생하는 오염부하량을 보면 BOD의 경우 총 1,030,701kg/일로서 중랑천유역 290,746kg/일, 탄천유역 126,916kg/일, 안양천유역 282,835kg/일, 그밖의 유역에서 330,204kg/일로 나타나서 중랑천유역이 전체 BOD발생량중 28%를 차지하여 가장 많이 배출되고 있다. 또한 장래 2001년도의 총 BOD발생량은 현재보다 27% 증가된 1,307,713kg/일이 될 전망이다. T-N 및 T-P의 1993년 현재 발생량은 각각 163,542kg/일, 37,131kg/일로서 안양천 유역에서 총발생량의 30%, 27%로 가장 많이 배출되고 있으며 장래에는 각각 17%, 15% 증가된 191,621kg/일, 42,905kg/일이 될 전망이다.

<표 4-9> 토지이용 오염부하량 원단위

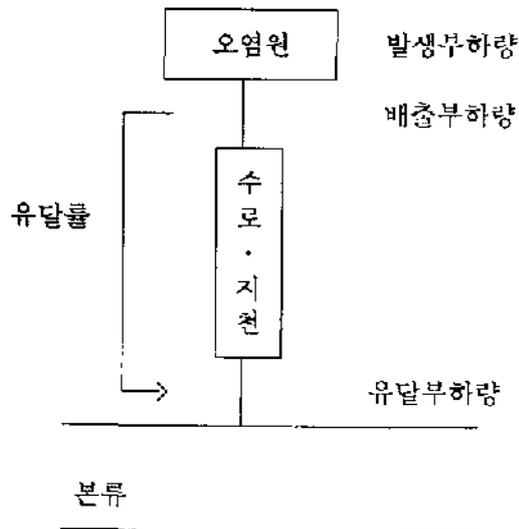
(단위 : kg/km² 일)

구 분	BOD	T-N	T-P
전	7.1	3.21	0.269
답	5.12	3.21	0.269
임 야	0.96	0.759	0.027
대 지	87.59	0.759	0.027
기 타	0.96	0.759	0.027

## 4.2. 排出汚染負荷量 算定

### 4.2.1. 각종 부하량과의 관계

오염원별 발생오염부하량은 정화조, 하수처리장, 공장의 처리시설, 축산폐수처리장과 같은 처리시설에서 처리를 받아 감소되어 수로 지천에 배출된다. 이렇게 처리시설을 거쳐 감소된 부하량은 배출부하량이라 부르는데, 현재 및 장래의 배출부하량은 하·폐수처리시설과 장래의 증설계획에 따라 산정하였다. 부하량 간의 관계를 도식화하면 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 부하량 관계의 개념도

#### 4.2.2 배출오염부하량 원단위

##### 가) 人口

인구에 의한 오염부하량 원단위는 전국주요하천 기초조사(83)등 <표 4-14>와 같이 기존자료를 비교·검토하였으며, 그중 '한강하류 수질보전대책수립 조사 보고서'의 자료를 채택하였으며 그 자료는 <표 4-15>에 나타내었다.

본 연구에 적용한 생활하수 배출오염부하량 원단위중 BOD는 전국주요하천 유역기초조사(83)자료를 이용하여 93년으로 환산하여 산정하였으며 정화조 효율을 50%로 가정하여 계산하였다. 또한, T-N, T-P의 경우 '영양염류 원단위 산정에 관한 연구' 자료를 이용하여 발생부하량 원단위에 정화조 효율 25%, 1.4%를 각각 적용하여 산정하였다.

(단위 : ha)

<표 4-10> 토지이용현황 및 계획

배수 구역	1993년										1996년										2001년														
	전		담		입야		대지		기타		계	전		담		입야		대지		기타		계	전		담		입야		대지		기타		계		
	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율		면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율		면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율			
שלמנח	7.19	7.43	72.75	1.67	4.73	4.73	93.76	7.18	7.42	72.74	1.69	4.73	4.73	93.76	7.17	7.41	72.74	1.71	4.73	4.73	93.76	7.17	7.41	72.74	1.71	4.73	4.73	93.76	7.17	7.41	72.74	1.71	4.73	4.73	93.76
תפנמנח	6.97	9.19	29.78	2.13	9.17	9.17	57.24	6.93	9.17	29.77	2.2	9.17	9.17	57.24	8.89	9.14	29.76	2.28	9.17	9.17	57.24	8.89	9.14	29.76	2.28	9.17	9.17	57.24	8.89	9.14	29.76	2.28	9.17	9.17	57.24
חחחחחח	34.58	35.72	224.94	6.41	22.70	22.70	324.35	34.53	35.68	224.92	6.52	22.7	22.7	324.35	34.47	35.65	224.88	6.03	23.32	23.32	324.35	34.47	35.65	224.88	6.03	23.32	23.32	324.35	34.47	35.65	224.88	6.03	23.32	23.32	324.35
חחחחחח	3.3	3.50	4.95	16.56	13.57	13.57	41.88	2.77	2.91	4.64	17.99	13.57	13.57	41.88	2.21	2.47	4.28	19.34	13.58	13.58	41.88	2.21	2.47	4.28	19.34	13.58	13.58	41.88	2.21	2.47	4.28	19.34	13.58	13.58	41.88
חחחחחח	30.75	35.54	168.40	44.23	46.75	46.75	325.67	29.62	34.41	166.74	48.15	46.75	46.75	325.67	28.26	33.35	164.81	52.50	46.75	46.75	325.67	28.26	33.35	164.81	52.50	46.75	46.75	325.67	28.26	33.35	164.81	52.50	46.75	46.75	325.67
חחחחחח	17.82	17.49	135.95	73.65	53.33	53.33	238.24	17.03	16.85	134.16	76.2	54	54	238.34	15.97	16.04	133.42	79.68	53.13	53.13	238.24	15.97	16.04	133.42	79.68	53.13	53.13	238.24	15.97	16.04	133.42	79.68	53.13	53.13	238.24
חחחחחח	1.7	1.74	9.78	13.94	8.33	8.33	35.48	1.35	1.4	9.13	15.28	8.32	8.32	35.49	0.90	1.04	8.36	16.85	8.32	8.32	35.47	0.90	1.04	8.36	16.85	8.32	8.32	35.47	0.90	1.04	8.36	16.85	8.32	8.32	35.47
חחחחחח	0.07	-	1.61	5.69	4.87	4.87	12.24	0.07	-	1.61	5.7	4.86	4.86	12.24	0.06	-	1.61	5.74	4.83	4.83	12.24	0.06	-	1.61	5.74	4.83	4.83	12.24	0.06	-	1.61	5.74	4.83	4.83	12.24
חחחחחח	1.08	0.30	2.04	11.70	12.40	12.40	27.51	1	0.28	2.01	11.83	12.39	12.39	27.51	0.89	0.24	1.96	12.04	12.36	12.36	27.51	0.89	0.24	1.96	12.04	12.36	12.36	27.51	0.89	0.24	1.96	12.04	12.36	12.36	27.51
חחחחחח	21.70	34.59	120.05	59.01	64.47	64.47	239.82	21.09	33.78	119.8	60.67	64.48	64.48	239.82	20.22	32.87	119.38	62.87	64.48	64.48	239.82	20.22	32.87	119.38	62.87	64.48	64.48	239.82	20.22	32.87	119.38	62.87	64.48	64.48	239.82
חחחחחח	1.91	0.69	16.80	18.23	12.76	12.76	50.39	1.81	0.66	16.72	18.45	12.75	12.75	50.39	1.66	0.60	16.57	18.80	12.78	12.78	50.39	1.66	0.60	16.57	18.80	12.78	12.78	50.39	1.66	0.60	16.57	18.80	12.78	12.78	50.39
חחחחחח	0.59	0.17	0.28	2.62	3.26	3.26	6.91	0.55	0.16	0.26	2.69	3.25	3.25	6.91	0.49	0.14	0.34	2.79	3.15	3.15	6.91	0.49	0.14	0.34	2.79	3.15	3.15	6.91	0.49	0.14	0.34	2.79	3.15	3.15	6.91
חחחחחח	1.15	4.67	4.80	13.48	13.97	13.97	38.09	0.89	3.9	4.69	14.63	13.98	13.98	38.09	0.57	3.28	4.45	15.82	13.99	13.99	38.11	0.57	3.28	4.45	15.82	13.99	13.99	38.11	0.57	3.28	4.45	15.82	13.99	13.99	38.11
חחחחחח	7.82	11.98	60.35	7.45	15.37	15.37	102.97	7.99	11.79	60.3	7.58	15.31	15.31	102.97	7.93	12.00	60.20	7.80	15.04	15.04	102.97	7.93	12.00	60.20	7.80	15.04	15.04	102.97	7.93	12.00	60.20	7.80	15.04	15.04	102.97
חחחחחח	136.6	163.0	852.5	276.8	285.7	285.7	1714.6	132.8	158.4	847.5	289.6	286.3	286.3	1714.6	127.7	154.2	842.8	304.3	285.7	285.7	1714.6	127.7	154.2	842.8	304.3	285.7	285.7	1714.6	127.7	154.2	842.8	304.3	285.7	285.7	1714.6

<표 4-11> 토지이용에 따른 발생오염부하량

(단위 : kg/일)

배수구역	1993년			1996년			2001년		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
월둔천	309.87	106.98	6.07	311.37	106.95	6.06	313.00	106.90	6.06
덕풍천	320.35	83.07	5.46	326.23	82.91	5.44	332.79	82.73	5.42
왕숙천	1,227.24	418.49	25.77	1,236.65	418.27	25.75	1,193.70	818.05	25.73
성내천	1,509.31	48.47	2.78	1,627.79	45.7	2.51	1,739.47	83.25	2.26
탄 천	4,481.13	409.66	24.84	4,808.89	404.12	24.29	5,172.97	398.19	23.70
증랑천	6,848.78	312.91	16.60	7,062.18	309.41	16.25	7,353.77	31.67	15.80
반포천	1,258.31	35.34	1.79	1,370.2	33.68	1.63	1,503.62	9.43	1.43
옥 천	505.45	9.46	0.35	505.97	9.46	0.35	505.37	23.65	0.34
봉원천	1,047.66	24.25	1.07	4,058.54	24.02	1.05	1,075.89	6.79	1.02
망원천	237.75	7.1	0.37	243.71	6.98	0.36	251.92	43.78	0.34
불광천	1,642.59	44.62	1.99	1,660.55	44.3	1.96	1,689.70	357.69	1.91
안양천	5,425.36	365.54	21.72	5,183.69	362.05	21.37	5,995.15	38.30	20.94
마곡천	1,231.21	42.19	2.44	1,325.65	40.65	2.19	1,424.11	127.00	1.96
창릉천	841.90	126.68	7.57	853.61	126.64	7.57	873.19	1,992.25	7.60
계	26,886.91	2,035.77	118.81	27,575.03	2,015.14	116.78	29,428.64	3,679.68	114.51

(단위 : m³/일)

<표 4-12> 하·폐수 발생량 증산경

배수구역	1993년				1996년				2001년							
	생활오수		가축폐수		생활오수		가축폐수		생활오수		가축폐수		계			
	생활오수	가축폐수	공정폐수	계	생활오수	가축폐수	공정폐수	계	생활오수	가축폐수	공정폐수	계	생활오수	가축폐수	공정폐수	계
월문천	5580	254	6198	12032	6300	288	1170	7738	7088	293	13770	21151				
더풍천	19900	206	11404	31510	25600	213	12490	38303	38220	226	15390	53836				
왕숙천	68682	1380	26584	96926	82496	1754	29090	113340	106750	1886	35860	144496				
성내천	262102	9	1010	263121	290310	9	1100	291419	318496	9	1360	319865				
탄천분구	309367	24	5135	314526	374774	24	5622	380420	444714	24	6932	451670				
탄천	192085	539	10301	202926	275040	552	11278	286870	354510	572	13908	368990				
탄천 계	501453	563	15436	517452	649814	576	16900	667290	799224	596	20840	820660				
청계·중앙·뚝도	1133454	3	59890	1193347	1310592	3	65582	1376177	1448055	3	80851	1528909				
중앙천	64064	481	28948	93493	85505	509	31698	117712	120440	554	39079	160033				
중앙천 상류	1197518	484	88838	1286840	1396097	512	97280	1493889	1568455	557	119930	1688942				
반포천	212993	8	13256	226257	278280	8	2390	280678	348786	8	2940	351734				
옥천	103561	0	1152	104713	113950	0	1260	115210	119333	0	1560	120893				
봉원천	170073	0	1196	171269	187168	0	1310	188478	222490	0	1620	224110				
망원천	39481	0	7	39488	43877	0	7	43884	50240	0	7	50247				
불광천	216443	1	842	217286	239010	1	920	239931	271150	1	1140	272291				
안양천, 노량진	870081	36	104935	975041	975664	36	114969	1090669	1089946	36	141588	1231570				
안양천 상류	247391	978	82985	331354	313927	1040	90921	405888	449400	1114	111972	562486				
안양천 계	1119462	1014	187920	1306395	1289591	1076	206890	1496557	1539346	1150	253560	1794056				
마곡천	107764	22	6822	114608	146444	22	7470	153936	186340	22	9210	195572				
구파발	9990	1	3200	9991	10125	1	3500	10126	13056	1	4320	13057				
창릉천	13144	278		16622	17680	286		21466	24150	300		28770				
창릉천 계	23134	279	3200	26613	27805	287	3500	31592	37206	301	4320	41827				
합계	4046145	4521	963845	4414511	4776742	4726	380777	5162245	5613124	5049	481507	6099680				

(단위 : kg/일)

<표 4-13> 발생 오염부하량 총산정

배수구역	1993년				1996년				2001년							
	인구	토지	가축	공장	인구	토지	가축	공장	인구	토지	가축	공장	계			
	계	계	계	계	계	계	계	계	계	계	계	계	계			
월문천	BOD	1562	309.87	4122	931	6925	1701	311.37	4350	894	7256	1859	313.00	4769	1102	8043
	T-N	266	106.98	767	612	1752	274	106.95	808	670	1859	274	106.90	882	826	2089
	T-P	52	6.07	458	81	598	54	6.06	483	89	632	54	6.06	529	110	699
덕봉천	BOD	5396	320.35	5676	1040	12433	6912	326.23	5789	999	14026	8673	332.79	5993	1231	16230
	T-N	913	83.07	769	684	2449	1114	82.91	791	749	2737	1279	82.73	830	923	3115
	T-P	178	5.46	514	91	789	218	5.44	527	100	850	250	5.42	550	123	928
왕숙천	BOD	18002	1227.24	35095	2424	56748	20720	1236.65	36288	2327	60572	25193	1193.70	36.437	2869	67693
	T-N	3060	418.49	5508	1594	10580	3338	418.27	5763	1745	11264	3715	418.05	6170	2212	12515
	T-P	598	25.77	3510	213	4346	652	25.75	3643	233	4554	726	25.73	3882	295	4929
성내천	BOD	57600	1509.31	145	92	59347	62901	1627.79	144	88	64761	69671	1739.47	143	109	71662
	T-N	8072	48.47	28	61	8209	8419	45.7	28	66	8559	8659	43.25	27	82	8811
	T-P	1577	2.78	16	8	1804	1645	2.51	16	9	1673	1692	2.26	16	11	1721
탄촌	BOD	103391	4481.13	16931	2113	126916	132494	4808.89	17644	2028	156975	159388	5172.97	18833	2501	185895
	T-N	15711	409.66	2203	926	19250	19421	404.12	2278	1014	23117	21605	398.19	2404	1250	25657
	T-P	3070	24.84	1495	124	4713	3795	24.29	1549	135	5503	4222	23.70	1639	167	6052
중랑천	BOD	256373	6848.78	15365	12159	290746	285060	7062.18	16159	11674	319955	314981	7353.77	17462	14392	354209
	T-N	36335	312.91	1907	5331	43886	38668	309.41	2010	5837	46824	39736	304.82	2182	7196	49419
	T-P	7100	16.60	1332	711	9160	7556	16.25	1403	778	9753	7764	15.80	1521	949	10260
반포천	BOD	39563	1264.31	134	300	41261	40245	1370.2	134	286	42035	60284	1503.62	134	253	62275
	T-N	6093	35.34	24	131	6283	6725	33.88	24	143	6926	7492	31.67	24	176	7724
	T-P	1190	1.79	15	17	1224	1314	1.63	15	19	1350	1464	1.43	15	24	1504

<표 4-13> 계 속

배수구역	1993년				1996년				2001년							
	인구	토지	기축	공장	계	인구	토지	가축	공장	계	인구	토지	가축	공장	계	
육천	BOD	16830	505.45	1	158	17494	17225	1	151	17883	17773	509.37	1	187	18470	
	T-N	2364	9.46	0	69	2442	2306	0	76	2391	2209	9.43	0	94	2312	
	T-P	461	0.35	0	9	470	451	0	10	461	432	0.34	0	12	444	
봉원천	BOD	35375	1047.66	3	164	36589	37434	3	157	38653	40985	1075.89	3	194	42258	
	T-N	4962	24.25	0	72	5058	5010	0	79	5113	5094	23.65	0	97	5215	
	T-P	969	1.07	0	9	980	979	0	10	990	995	1.02	0	13	1009	
망원천	BOD	9017	237.75	1	1	9257	9385	1	1	9631	10990	251.92	1	1	11244	
	T-N	1290	7.10	0	-	1297	1316	0	-	1323	1336	6.79	0	-	1373	
	T-P	252	0.37	0	-	253	257	0	-	257	267	0.34	0	-	267	
불광천	BOD	49147	1618.59	10	115	50891	51786	10	110	53507	55825	1689.70	10	137	57662	
	T-N	6895	44.62	1	50	6991	6931	1	55	7031	6938	43.78	1	68	7051	
	T-P	1347	1.99	1	6	1357	1354	1	7	1364	1356	1.91	1	8	1368	
안양천	BOD	234778	5677.36	16662	25717	282835	260229	5813.69	17490	24707	308240	300901	5995.15	18572	30427	355895
	T-N	34709	365.54	2940	11275	49289	36841	362.05	3093	12353	52649	357.69	3299	15214	58462	
	T-P	6782	27.72	1831	1504	10145	7198	21.37	1931	1647	10797	7737	20.94	2056	11842	
마곡천	BOD	23633	1231.21	186	934	25984	30706	1325.65	458	896	33386	37268	1424.11	458	1105	40255
	T-N	3290	43.19	29	409	3771	4110	40.65	70	448	4669	4632	38.30	70	553	5293
	T-P	643	2.44	19	55	718	803	2.19	45	60	910	905	1.96	45	74	1026
창룡천	BOD	7430	841.90	4711	292	13275	8249	853.61	4842	280	14225	9641	873.18	5062	746	15922
	T-N	1190	126.68	776	192	2285	1257	126.64	802	210	2396	1355	127.00	844	259	2585
	T-P	2320	7.57	509	26	774	246	7.57	523	28	805	265	7.60	548	35	856

각 배수구역별 배출오염부하량 산출을 위하여 '서울시 하수도 기본계획 재정비'(92.5)등 관련자료를 이용하여 수거식과 수세식의 구성비를 산출하여 <표 4-16>에 나타내었다.

<표 4-14> 기존자료의 인구에 의한 배출오염부하량 원단위 (단위:g/인,일)

구 분	구 분	BOD	N	TKN
		수 세 식	30.20	6.8
전국 주요하천 유역 기초조사보고서 (1983. 12)	수 거 식	20.42	1.1	0.24
	비시가화	39.97	8.7	1.7
	분 뇨	19.11	7.6	1.46
유역별 하수도 정비종합계획조사 지침과 해설, 일본하수도협회	1970년	44	12	1.4
	1990년	64~84	13	1.2
호소 오염의 진단과 대책, 일본 일간 공업 신문사 (1970-1984)	가정배수	15~31	4.3~12.2	0.82~1.65
		24	8.6	1.22
	가정잡배수	7~21	0.9~2.4	0.23~1.06
		15	1.45	0.52
분 뇨	9	7.15	0.68	
전국 환경보전 장기종합 계획사업 수질부분 보고서 (1986)	수 세 식	35	-	-
	수 거 식	18	-	-

<표 4-15> 인구에 의한 배출오염부하량 원단위 (단위 : g/인 일)

구 분	지 역	1993년	1996년	2001년	비 고
BOD	수 세 식	52.5	55.5	60.5	
	수 거 식	43.0	46.0	51.0	
T-N	수 세 식	6.8	6.8	6.8	8.7(7.6:분뇨)
	수 거 식	1.1	1.1	1.1	
T-P	수 세 식	1.68	1.68	1.68	1.7(1.46:분뇨)
	수 거 식	0.24	0.24	0.24	

<표 4-16> 수세화를 현황 및 장래계획

(단위 : %)

구 분		1993년	1996년	2001년	비 고
증량처리구역	수 세	82.7	89.2	94.6	청계, 증량, 뚝도 처리분구
	수 거	17.3	10.8	5.4	
탄천처리구역	수 세	98.5	99.0	99.5	성내천 배수구역 및 탄천 처리분구
	수 거	1.5	1.0	0.5	
안양처리구역	수 세	91.4	94.3	96.8	반포천, 안양천, 마곡천 배수구역
	수 거	8.6	5.7	3.2	
난지처리구역	수 세	88.0	92.5	96.3	육천, 봉원천, 망원천, 홍제천 배수구역 및 창릉천 배수구역중 서울시 지역
	수 거	12.0	7.5	3.7	
주변도시	수 세	69.0	75.0	85.0	월문천, 덕풍천, 왕숙천, 창릉천 배수구역중 일부지역 및 상류지역
	수 거	31.0	25.0	15.0	

인구에 의한 배출부하량 산출은 발생오염부하량을 기준으로 수세화율을 참작하여 하수미처리시의 배출부하량을 추정하여 배수구역의 하수처리현황 및 증설계획을 고려하였다. 즉 하수처리장 수질자료를 이용하여 BOD의 배출부하량을 산정하였고, 처리장에서 측정되지 않은 T-N, T-P의 처리율은 외국의 기존자료를 참고하여 1차처리후에는 각각 10%의 처리율을 적용하고, 2차 처리 이후에는 35%, 30%의 처리율을 적용하였다. 처리장을 거치지 않은 부하량은 전체부하량이 하천으로 유출한다고 가정하였다.

#### 나)工場

공장에서 배출된 오염물질중 일부는 하수와 함께 하수관거로 유입되어 분류식 하수관을 통하여 처리구역내 하수처리장으로 이송, 처리되는 것으로 추정되지만 실제의 경우에는 하수관거의 미설치, 관거의 파손, 지하수, 우수에 의한 방출등 여러 요인에 의해 유실되고 있어 오염부하량 추정이 어렵기 때문에 발생하수량의 전량이 배출되는 것으로 가정하였다.

#### 다) 家畜

가축에 의해 발생하는 오염물질은 분뇨의 발생량 전체가 하천에 유입된다고 볼 수 없고 발생원에서 분이 제거되고 세척수로 인해 실제 노보다 희석된 분만이 하천에 영향을 주는 오염부하량이 되기 때문에 실질적인 하천에 유입되는 배출부하량 원단위의 추정이 필요하다. 이에 따라 배출부하량 원단위 추정을 위해 가축 원폐수의 대표수질과 가축별 폐수발생량을 곱하여 가축별 1마리당 1일 배출되는 오염부하량을 원단위로 산정하여, 소의 경우 BOD 111.6g/두 일, T-N 17.8g/두 일, T-P 2.4g/두 일, 돼지의 경우 BOD 31.4g/두 일, T-N 5.6g/두 일, T-P 1.9g/두 일, 가금류는 BOD 0.25g/두 일, T-N 0.019g/두 일, T-P 0.016g/두 일의 가축별 배출원단위를 구하였으며, 이를 이용한 가축별 배출부하량을 <표 4-17>에 나타내었다.

#### 라) 土地利用

이용되고있는 토지로부터 오염물질 배출을 추정하는 것은 강우에 의해 유출되는 양이 대부분을 차지하고 있기 때문에 정량화하기 어렵다. 이는 강우현상이 불확정적이고 특히 우리나라는 7,8월에 연간 강우량의 50%이상이 집중적으로 내리며 강우강도가 불규칙적인 특징을 가지기 때문이다. 유출수에 수반한 오염물질배출은 강우강도, 토양, 경사도등에 따라 변화하며, 오염물질 유출특성은 앞에서 지적한 인자에 따라 큰 차이를 보인다. 이로 인해 토지이용에 따른 하천유입부하량 비율의 산정이 곤란하게 된다. 이 분야에 대한 현재까지의 연구도 활발하지 않아 본 연구에서는 '한강하류 수질보전대책수립 조사보고서'(93.12)의 자료를 참고로 각 항목별 배출율을 발생량의 10%로 추정하여 적용하였다.

#### 4.2.3. 排出汚染負荷量

배수구역에 따른 오염부하량을 하수처리하지 않은 경우, 하수를 현상태, 하수처리장을 증설한 경우로 구분하여 <표 4-18>~<표 4-20>에 나타내었다.

#### 4.3. 流達汚染負荷量 算定

일반적으로 유역에서 오염물질이 발생, 유출되어 지천을 통해 하천에 유입될때

대상지천의 유입부에서 실측된 오염부하량을 유달부하량이라고 하는데 오염원에서 발생, 배출되는 배출부하량에 비해 감소되어 나타난다. 이때 유달부하량과 배출오염부하량과의 비를 유달률이라한다. 배수구역을 흐르는 각 지천들의 한강본류 유입부에서 실측된 오염물질농도와 유량자료로부터 각 지천의 유달부하량을 산정하여 <표 4-21>에 나타내었다.

한강 본류로 유입되는 주요지천의 오염농도는 심각한 수준으로 전전되어, 지천으로부터 흘러 들어가는 오염물질로 인해 한강본류도 영향을 받고 있으므로 한강의 수질을 보전하기 위해서는 지천의 오염부하량을 감소시키는 방안이 모색되어야 하며 이를 위하여 각 유입지천의 오염부하량을 계산하였다. 지천별 생물화학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P)에 대한 오염부하량을 각각 지천으로부터 조사된 수질조사 및 유량조사 결과를 이용하여 산정하였으며, <표 4-21>과 <그림 4-2>에 kg/day로 나타내었다.

<표 4-21>에 나타낸 바와 같이 유기물(BOD)의 부하량이 많은 하천은 중랑천, 탄천, 안양천, 왕숙천의 순이며 각각 1일 77370.5, 29704.1, 15508.2, 4390.3 kg이 한강에 유입되는 것으로 추산되었다.

하천별로 유입되는 T-N, T-P등의 오염부하량도 BOD부하량과 비슷한 경향을 보여준다. 잠실수중보 상류에 유입되는 월문천, 석실교, 산곡천, 덕풍천은 유량이 적어서 전체적인 오염부하량은 작은 것으로 나타났다. 이들 지천의 전체적인 부하량은 왕숙천의 25%에 해당하는 양이며 상수원에 인접하여 있으므로 간과해서

<표 4-17> 가축에 의한 배출부하량

(단위 : kg/일)

배수구역		1993년			1996년			2001년		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
밀문천		705	113	19	743	120	20	813	131	21
덕풍천		613	96	21	633	99	21	669	105	22
왕숙천		4799	764	144	5004	797	149	5373	856	158
성내천		25	4	1	24	4	1	24	4	1
탄천	탄천분구	66	11	2	66	11	2	66	11	2
	탄천상류	1639	254	58	1683	260	60	1756	271	62
	계	1705	265	60	1749	271	62	1822	282	64
	청계, 증랑, 뚝도	18	2	1	18	2	1	18	2	1
증랑천	증랑천 상류	1457	227	57	1539	240	60	1676	262	65
	계	1475	229	58	1557	242	61	1694	264	66
반포천		23	4	1	23	4	1	23	4	1
옥천		0	0	0	0	0	0	0	0	0
봉원천		0	0	0	0	0	0	0	0	0
망원천		0	0	0	0	0	0	0	0	0
불광천		2	0	0	2	0	0	2	0	0
안양천	안양천, 노량진	98	16	4	98	16	4	98	16	4
	안양천 상류	2699	438	83	2865	466	89	3066	499	95
	계	2797	454	87	2963	482	93	3164	515	99
마곡천		61	10	2	61	10	2	61	10	2
창릉천	구파발, 진관	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	경기도 고양군	763	125	28	786	129	28	825	135	29
	계	764	125	28	787	129	28	826	135	29
합계		12970	2066	421	13546	2158	438	14471	2306	463

<표 4-18> 배출오염부하량 총산정(하수 미처리시)

(단위 : kg/일)

배수구역	1993년			1996년			2001년			
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	
서울시 상류	월문천	3,191	888	137	3,341	967	151	3,807	1,152	177
	덕풍천	6,926	1,319	242	8,465	1,542	290	10,617	1,908	360
	왕숙천	2,2860	3,854	795	2,7839	4,635	890	33,586	5,638	1,080
	소 계	34,995	6,381	1,175	39,645	8,144	1,331	48,010	8,698	1,617
서울시 본류 구간	탄천	145,620	18,188	4,360	179,216	21,400	5,143	213,628	24,123	5,790
	중랑천	226,551	29,622	6,682	255,581	33,309	7,544	290,407	36,902	8,284
	안양천	291,030	42,838	9,180	328,451	47,456	10,201	392,055	54,765	11,670
	불광천	92,341	11,091	2,709	98,777	11,618	2,839	108,802	12,104	2,956
	소 계	755,540	101,740	22,932	862,025	113,783	25,727	1,004,892	127,894	28,700
기타	창릉천	8,011	1,060	233	8,896	1,166	257	10,507	1,357	299
총 계	798,540	109,180	24,342	910,566	122,093	27,315	1,063,409	137,949	30,616	

<표 4-19> 배출오염부하량 총산정(현상태 처리시)

(단위 : kg/일)

배수구역	1993년			1996년			2001년			
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	
서울시 상류	월문천	3,191	888	137	3,341	967	151	3,807	1,152	177
	덕풍천	5,522	1,248	226	7,061	1,471	275	9,213	1,837	310
	왕숙천	19,331	3,694	694	22,293	4,156	789	28,040	5,159	979
	소 계	28,045	5,831	1,058	32,695	6,594	1,215	41,060	8,148	1,466
서울시 본류 구간	탄천	87,254	14,042	3,371	120,730	17,241	4,295	155,287	19,978	4,917
	중랑천	119,310	21,916	5,060	148,836	25,603	5,922	183,861	29,196	6,661
	안양천	159,030	18,517	3,186	181,872	21,487	3,800	216,211	25,936	4,552
	불광천	19,194	1,894	442	19,444	1,995	465	19,098	2,106	488
	난지 하수처리장	46,388	8,271	2,039	51,566	8,641	2,137	58,308	8,998	2,222
	가양 하수처리장	94,349	21,788	5,371	104,832	23,283	5,739	122,304	25,844	6,381
	소 계	525,520	86,429	19,472	627,280	98,250	22,358	755,069	112,058	25,221
기타	창릉천	8,011	1,060	188	8,896	1,166	257	10,507	1,357	299
총 계	561,580	93,322	20,719	668,871	106,010	23,830	806,636	121,563	26,986	

<표 4-20> 배출오염부하량 총산정(하수처리개선시)

(단위 : kg/일)

배수구역		1993년			1996년			2001년		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서울시상류	일문천	3,191	888	137	3,341	967	151	3,807	1,152	177
	덕풍천	5,522	1,248	226	4,469	1,332	246	5,109	1,647	305
	왕숙천	19,331	3,694	694	12,106	3,985	754	12,053	4,838	911
	소계	28,045	5,831	1,058	19,916	6,284	1,151	20,969	7,637	1,393
서울시본류구간	탄천	87,254	14,042	3,371	50,093	14,375	3,680	42,045	16,568	4,195
	증랑천	119,310	21,916	5,060	79,522	23,805	5,537	59,996	26,626	6,111
	안양천	159,030	18,517	3,186	89,202	19,405	3,327	69,007	24,283	4,203
	불광천	19,194	1,894	442	15,430	1,487	340	11,445	1,055	229
	난지하수처리장	46,388	8,271	2,039	10,324	6,585	1,749	11,961	7,182	1,909
	가양하수처리장	94,349	21,788	5,371	24,848	17,319	4,603	30,278	18,665	4,963
	소계	525,520	86,429	19,472	269,419	82,976	19,236	224,732	94,379	21,610
기타	창릉천	8,011	1,066	188	5,672	843	217	7,283	1,182	262
총계		561,580	93,322	20,719	295,007	90,103	20,604	252,984	103,198	23,265

는 안될 것으로 사료된다.

<표 4-21>와 같이 산정한 유달부하량과 1993년도를 기준으로 추산한 배출부하량으로부터 구한 유달률은 <표 4-22>과 같다. 각 지천의 장래 유달부하량은 현재의 유달률이 장래에도 변화하지 않는다는 가정하에 각 지천의 배출오염부하량과 유달률로부터 산정하여 <표 4-23>과 <표 4-24>에 나타내었다. 이때 산출된 각 지천의 유달부하량은 한강에 유입되는 오염물질 유입부하량이 된다.

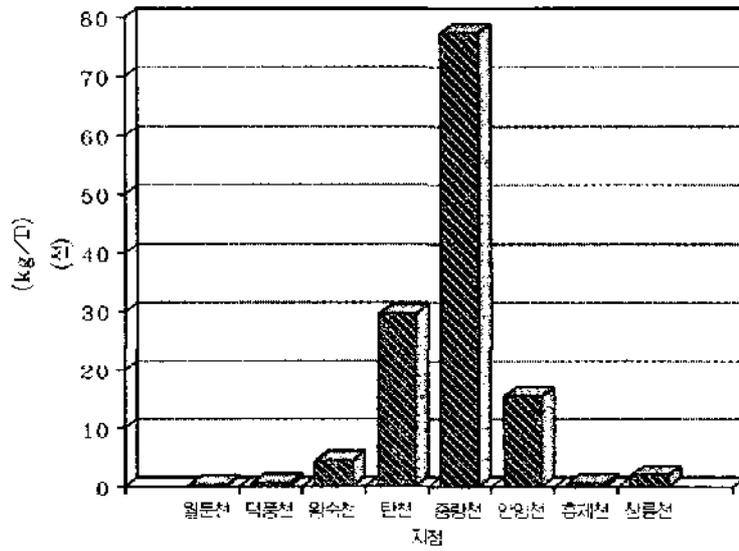
<표 4-21> 각 지천의 유달 부하량

지 천	유 량 (m ³ /s)	농도(측정값)(mg/L)			유달부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
월분천	0.183	17.42	12.92	4.23	274.7	203.7	66.7
덕풍천	0.305	20.01	14.41	6.26	488.4	351.7	152.8
왕숙천	2.254	22.54	16.07	3.72	4,390.3	3,130.1	724.6
탄 천	20.925	16.43	15.46	5.20	29,704.1	27,950.4	9,401.2
증량천	41.865	21.39	15.15	4.58	77,370.5	54,799.6	16,602.7
안양천	11.848	15.15	12.54	6.04	15,508.2	12,529.4	6,182.8
홍제천	0.452	15.63	11.57	11.57	610.7	452.1	452.1
창릉천	2.107	10.67	6.78	2.67	1,942.4	1,234.3	486.1

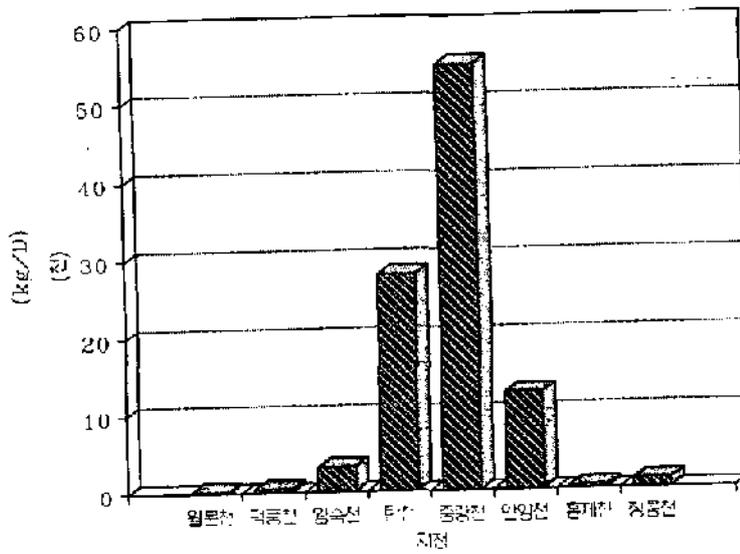
<표 4-22> 지천별 유달률

구분	배출부하량(kg/일)			유달부하량(kg/일)			유 달 률(%)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
월분천	3,191	888	137	274.7	203.7	66.7	8.6	22.9	48.7
덕풍천	5,522	1,248	226	488.4	351.7	152.8	8.8	28.2	67.6
왕숙천	19,331	3,694	694	4,390.3	3,130.1	724.6	22.7	84.7	104.4
탄 천	87,254	14,042	3,371	29,704.1	27,950.4	9,401.2	34.0	199.0	278.9
증량천	119,310	21,916	5,060	77,370.5	54,799.6	16,602.7	64.8	250.0	328.1
안양천	159,030	18,517	3,186	15,580.2	452.1	6,182.4	9.8	67.7	194.1
홍제천	19,194	1,894	442	610.7	12,529.4	143.4	3.2	23.9	32.4
상릉천	8,011	1,060	188	1,942.4	1,234.3	486.1	24.2	116.1	258.5

### BOD

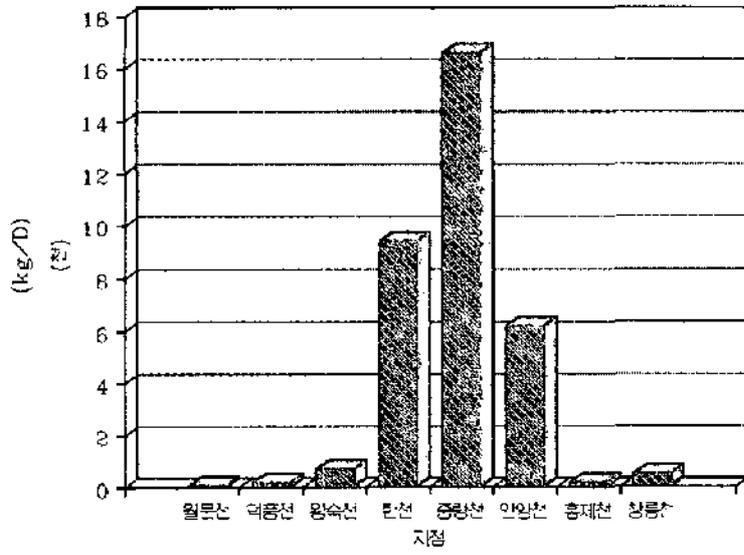


### T-N

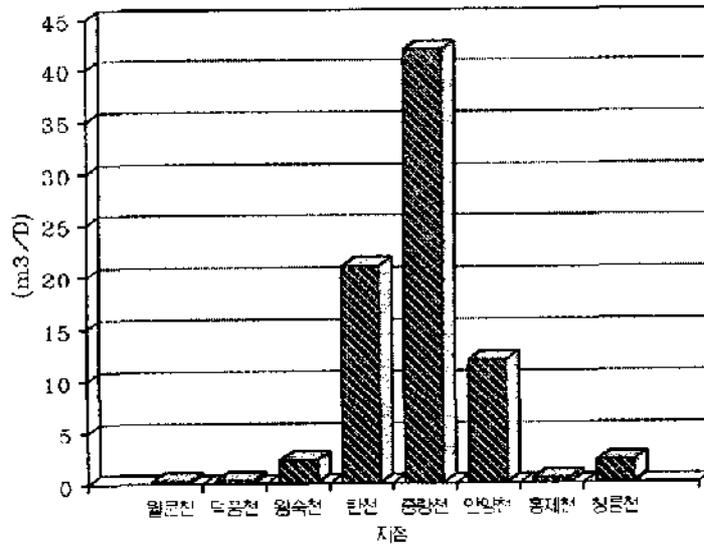


<그림 4-2a> 한강 유입지천변 유달오염부하량의 비교

### T-P



### 유량



<그림 4-2b> 한강 유입지천별 유달오염부하량의 비교 .

<표 4-23> 유달부하량 총산정(현재상

배수구역	1993년			
	BOD	T-N	T-P	BO
월문천	274.7	203.7	66.7	287
덕풍천	488.4	351.7	152.8	624
왕숙천	4390.3	3130.1	724.6	5063
탄천	29704.1	27950.4	9401.2	41100
중랑천	77370.5	54799.6	16602.7	96515
안양천	15508.2	12529.4	6182.8	17735
홍재천	610.7	452.1	143.4	618
창릉천	1942.4	1234.3	486.1	12503
난지하수 처리장	46388	8271	2039	23094
가양하수 처리장	94349	21788	5371	1959

<표 4-24> 유달부하량(하수처리개선)

1993년			
-------	--	--	--



# 제 5 장

## 장래 수질오염도 예측

5.1 일반적인 수질예측 모형

5.2 QUAL2E 모형을 이용한 수질예측

5.3 RMA 모형을 이용한 동적 수질예측



## 제 5 장 장래 수질오염도 예측

각종 산업활동과 일상생활활동 등에 의해 다양한 汚染物質이 발생하여 하수도 와 지천을 통하여 公共水域으로 유출되고 있다. 따라서 공공수역으로 유입되는 지천의 將來 오염부하량과 이에따른 한강분류의 水質을 豫測하는 것은 적절한 水質保全對策을 講究하는 첫단계이기 때문에 중요하다.

본 장에서는 하천수질 예측을 위한 모형을 선정하고, 선정된 모형을 이용하여 주요 관심대상인 한강의 현 수질평가 및 예측을 수행하여 漢江의 水質을 改善하기 위한 여러가지 대안을 제시하고자 한다.

본 장은 5.1절에 일반적인 수질예측모형의 개요를 설명하였고, 5.2절에는 한강 분류에 많이 적용되었던 QUAL2E 모형을 이용하여 한강수질관리 방안을 설명하였고, 5.3절에서는 RMA 모형을 이용하여 한강의 유속 및 動的水質豫測을 수행하였다.

### 5.1 일반적인 수질예측모형

수질예측모형은 적용대상 하천을 流下하는 汚染物質이 沈澱 또는 分解作用에 의하여 점점 감소해가는 상태를 사실과 같게 잘 나타내는 것이 필요하다. 이를 위하여 반응계수들을 실제조건에서 구하여 적용하여야 하겠으나 이 작업과정은 쉬운 일이 아니다. 따라서 수질예측모형을 선정하기 위해서는 일반적으로 대상 하천의 수질현황을 模擬發生(Simulation)하여 실측치와 비교하므로써 모형의 여러계수를 결정하고 모형의 妥當性을 檢證한다.

#### 5.1.1 모형의 계산식 구성

##### 가) 수질농도의 기초식

水質濃度의 基礎式은 일반적으로 Streeter-Phelps의 식을 기본으로 한 <식 5-1>과 같은 식을 사용하고 있다.

$$\frac{dC}{dt} = -(k_1 + k_3 - k_2)C \quad \text{<식 5-1>}$$

이식을 적분하면 다음식을 얻는다.

$$C = C_0 \exp\{-(k_1 + k_3 - k_2)t\}$$

여기서,  $C$  = 水質濃度(mg/L)

$C_0$  = 初期水質濃度值(mg/L)

$k_1$  = 脫酸素係數(1/日)

$k_2$  = 再曝氣係數(1/日)

$k_3$  = 沈澱 또는 吸着에 의한 BOD 除去速度係數(1/日)

$t$  = 流下時間(日)

$k_1 + k_3$  = 총 제거속도계수(自淨係數) 이다.

하천의 상류를 제외하고는 재폭기계수  $k_2$ 값을 작게 적용하고, 평지의 증소하천 등에서는 재폭기 현상을 무시하는 경우도 있다.

나) 유량의 수지식

하천의 유량은 상류쪽의 유량에 지천에서 유입되는 流入水 및 취수량등을 가해서 구성된다. 일반적으로 하천에 있는 구간  $n$  reach에 있어서의 하천유량  $Q(n)$ 은 <식 5-2>로 표현된다.

$$Q(n) = Q_0 + \sum_{i=1}^n (Q_i + Q_{oi}) - \sum_{i=1}^n Q_{li} \quad \text{<식 5-2>}$$

여기서,  $Q(n)$  = reach  $n$ 에서의 하천 유량( $m^3$  / 日)

$Q_0$  = 상류중 유량( $m^3$  / 日)

$Q_i$  = reach  $i$ 에서의 流入水量( $m^3$  / 日)

$Q_{oi}$  = reach  $i$ 에서의 복류수 또는 용천수량( $m^3$  / 日)

$Q_{li}$  = reach  $i$ 에서의 취수량( $m^3$  / 日)이다

다) 유하부하량과 수질의 산정식

流下負荷量  $L(n)$ 은 <식 5-3>으로 표현된다.

$$L(n) = L_o \exp(-(k_1+k_3)t_o) + \sum_{i=1}^n L_i \exp(-(k_1+k_3)t_{i*}) \quad \text{<식 5-3>}$$

여기서,  $t_o$  = 총 流下時間

$t_i$  =  $i$ 지점부터  $i-1$ 지점까지의 流下時間

$t_{i*}$  =  $i$ 지점부터  $n$ 지점까지의 流下時間이다

$$t_o = \sum_{i=1}^n t_i, \quad t_{i*} = \sum_{i=1}^n t_i = \ell / \left( \frac{v_{i-1} + v_i}{2} \right) \quad \text{<식 5-4>}$$

여기서,  $\ell$  : reach  $i$  에서  $i-1$ 까지의 거리이다.

하천수질  $C(n)$ 은 <식 5-3>과 <식 5-4>로부터 <식 5-5>와 같이 된다.

$$C(n) = \frac{L(n)}{Q(n)} \quad \text{<식 5-5>}$$

라) 물질수지식

수계내 物質收支의 기본식은 일반적으로 다음과 같이 표현한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & - \left[ \frac{\partial (uC)}{\partial x} + \frac{\partial (vC)}{\partial y} + \frac{\partial (wC)}{\partial z} \right] + \\ & + \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] \\ & + W_o \frac{\partial C}{\partial z} - aC \end{aligned} \quad \text{<식 5-6>}$$

여기서,  $C$  = 수계내에 있어서 汚染物質濃度  
 $x, y, z$  = 각각 하천의 유하, 횡단, 수심방향  
 $u, v, w$  = 각각  $x, y, z$  방향의 유속성분  
 $W_0$  = 汚染物質의 침강속도  
 $D_x, D_y, D_z$  =  $x, y, z$  방향의 擴散係數  
 $\alpha$  = 汚染物質의 자기감쇄계수이다.

<식 5-6>의 첫째항은 유하에 의한 汚染物質의 농도변화, 둘째항은 擴散에 의한 汚染物質의 濃度變化, 셋째항은 沈澱에 의한 影響, 넷째항은 自己滅殺의 영향을 표시하고 있다.

## 5.1.2 수질변화 모의발생

### 가) 입력자료구성

水質變化 模擬發生은 5.1.1의 계산식을 이용한다. 즉 수질모델의 계산을 위한 入力資料는 다음과 같이 설정된다. 먼저 모의발생 구간을 정하고, 계산에 필요한 격자망 간격을 설정한다. 각 格子網에 대응하여 지천 및 취수구 또는 배수로의 위치를 결정하여 모형화한다.

上流境界層의 조건으로 상류측 유량 및 수질은 實測結果로부터 결정한다. 수질 예측에서는 일반적으로 저유량이 이용된다. 즉 저유량이란 1년을 통해서 275일간은 그 값 이하로 떨어지지 않는 유량치이고 累積頻度曲線의 75%치에 해당하는 양을 말한다.

### 나) 모형의 보정 및 검증

수질예측 모형식의 결정은 현장에서 실제로 측정된 水質項目에 관련된 反應에 대한 常數나 係數를 사용하는 것이 이상적이나 조사하여야 할 상수나 계수의 수가 상당히 많고 또한 구간별로 차이가 있어 어려움이 많다. 따라서 수질모형의 補正은 모형에 포함된 각종 상수나 계수를 조정하여 예측한 값이 실측 수질값을

잘 나타낼 수 있도록 유도하는 것이다. 또한 모형의 檢證은 補正에 사용된 각종 상수나 계수값이 실측된 다른 수질값에도 잘 맞는지 즉 실측된 수질값을 잘 나타내고 있는지를 살펴보는 것이다. 수질모형의 補正과 檢證이 잘 이루어지면 모의발생한 계산값이 실측값을 잘 나타낸다고 보기 때문에 수질모형의 補正과 檢證 후 대안에 따른 수질예측이 실시될 수 있다.

## 5.2 QUAL2E 모형을 이용한 수질예측

수질모형을 이용하여 장래 汚染負荷量이 증가함에 따라 발생할 수질의 장기적인 변화의 경향을 예측하고, 악화추세를 경감하기 위한 여러가지 수질관리 대안을 비교하여 수질관리 대책을 수립하는 것이 일반적인 추세이다. 본 연구에서는 1988년 서울시 수질오염감축 대책 연구와 1994년 한강생태계 조사연구 및 각종 연구에서 한강에 적합하다고 제안한 바 있는 QUAL2E모형을 적용하여 한강본류의 오염도 추세를 예측하고자 한다.

### 5.2.1 모형의 개요

QUAL2E 모형은 1985년에 미국환경청(EPA)에 의해서 QUALII/SEMCOG를 개인용 컴퓨터에서 사용할 수 있도록 수정한 것이며, 수정시 기존의 QUALII/SEMCOG에서 조류와 영양염류와의 관계, 온도보정계수, 덤 및 수증구조물에 의한 재포기 등을 고려하고 BOD와 DO의 도식화 등 입출력을 개량한 것으로 기타 사항은 기존의 QUALII/SEMCOG Version과 동일한 1차원 수질예측모형이다. 하천의 수계는 수리학적 특성이 유사한 대구간(reach)으로 나누고, 대구간은 계산이 실제로 이루어지는 계산요소(element)로 이루어지며 계산요소는 물질수지의 형태에 따라 7가지의 계산요소로 구분된다.

#### 가) 기본이론

QUAL2E는 다음과 같은 物質收支方程式과 連續性의 法則에 의한 수체내의 모든 반응을 표현하며, 13개 수질항목간의 상호작용을 고려하여 각 수질항목이 표현되며 각 수식의 해는 역음해법(Backward implicit method)에 의해서 구해진다.

물질전달 방정식은 1차원 편미분 방정식으로 <그림 5-1>과 같이 농도부하가 이동되는 advection, 난류성 유체와 濃度差異에 의해 발생하는 dispersion, 화학 및 생물학적 반응에 의한 물질의 증감, 계내의 汚染負荷量의 증감을 고려하여 <식 5-7>과 같이 1차 편미분방정식으로 표현된다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial (A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x})}{A_x \partial x} - \frac{\partial (A_x \bar{u} C)}{A_x \partial x} + \frac{dC}{dt} + \frac{S}{V} \quad \text{<식 5-7>}$$

여기서,  $C$  = 어떤 물질의 濃度

$X$  = 거리

$t$  = 시간

$A_x$  = 소구획(element)의 단면적

$D_L$  = 종확산계수(dispersion coeff.)

$\bar{u}$  = 평균유속

$S$  = 어떤 물질의 유입 및 유출

$V$  = 소구획(element)의 체적

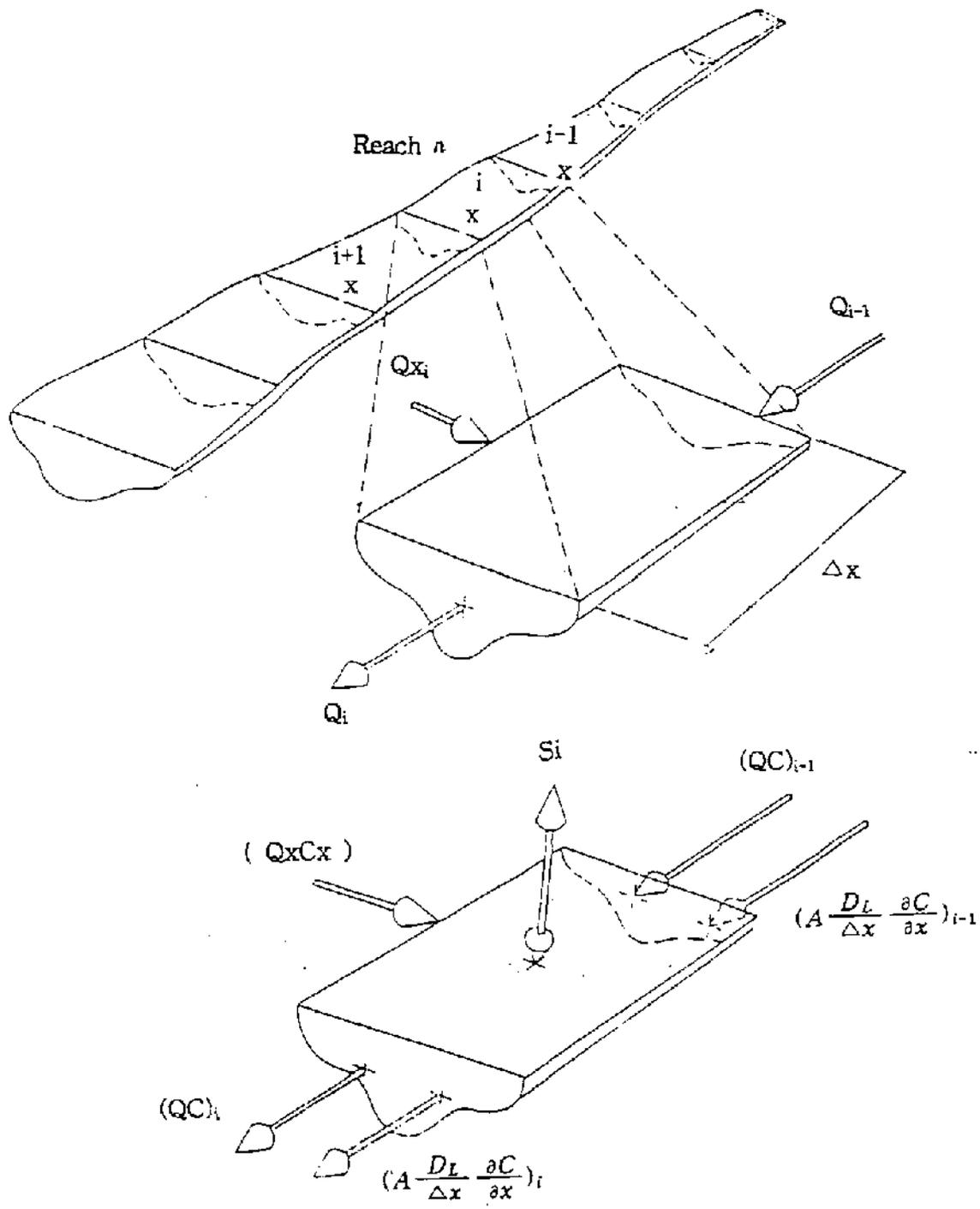
$dC/dt$  = 어떤 물질의 자체변화

#### 나) 모형의 이용성과 제한성

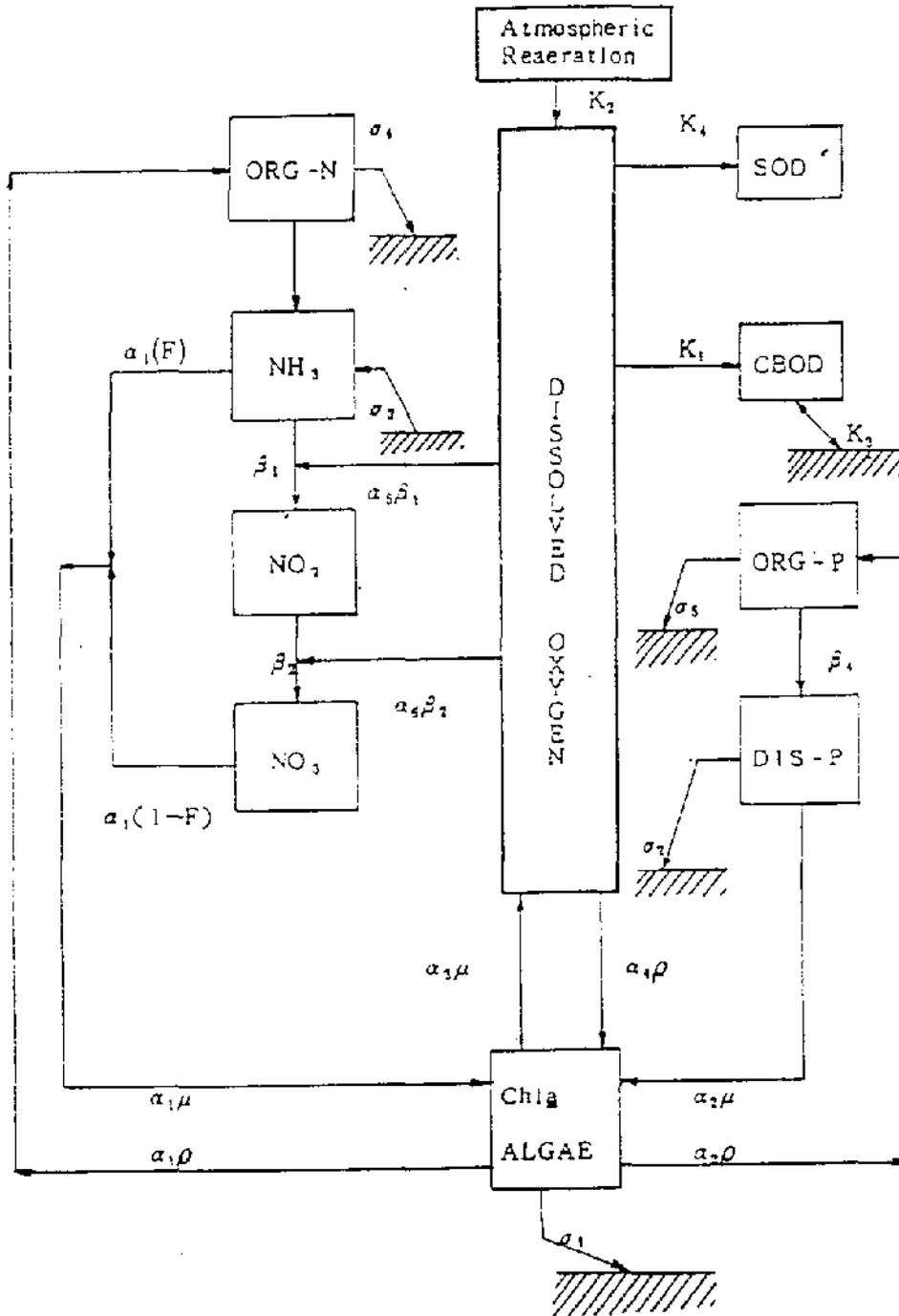
QUAL2E 모형을 이용하여 계산 가능한 수질항목은 총 15개 항목으로 이용하는 목적에 따라 선택적으로 사용이 가능하며, 이들간의 관계는 <그림 5-2>에 나타냈다.

- Dissolved oxygen
- Temperature
- Organic Nitrogen
- Nitrite as N
- Nitrate as N
- Coliform
- 3 Conservative Constituents
- Biochemical Oxygen Demand
- Algae as Chlorophyll-a
- Ammonia as N
- Organic Phosphorous as P
- Dissolved Phosphorous P
- Arbitrary Nonconservative Constituent as N

QUAL2E 모형은 수학적으로 정상, 등류흐름(steady, uniform flow)에 대한



<그림 5 I> 하천시스템 구성도



<그림 5-2> QUAL2E 모형의 반응 모식도

여 적용이 가능하며, 수질계산에 있어 동적모의가 가능한 다음 두가지 경우를 제외하고 정상상태의 수질을 모의한다.

첫째, 기상조건의 일변화에 따른 수질(온도 및 DO)의 변동에 대한 모의로서 이때 기상관련 자료들을 동적으로 입력한다. 그러나 유량이나 오염원 입력값의 동적변화에 대한 수질의 동적모의는 불가능하다. 둘째는 순간적으로 부하된 오염원에 대한 계산으로 특정지점(들)에 순간적으로 부하되는 오염원의 濃度를 해당 지점(들)의 初期條件으로 입력함으로써 가능하다.

또한 QUAL2E 모형을 사용하기 위하여 하천을 모형화하였을 때 구간(reach)의 수, 소구획(element)의 수, 하천상류의 최초유입 소구획(headwater)의 수, 합류점을 갖는 소구획(junction)의 수 및 유입 또는 유출지점을 갖는 소구획(input and withdrawal)의 수는 모형에서 총수를 제한하고 있다.

모형에서 제한하고 있는 각 구간(reach) 및 각 소구획(element)의 수는 아래와 같다.

- Reach 수 = 최대 50개
- Element의 수 = reach당 최대 20개 및 전체 element의 수는 최대 500개
- Headwater element의 수 = 최대 10개
- Junction element의 수 = 최대 9개
- Input and withdrawal element의 수 = 최대 50개

#### 다) QUAL2E의 입력자료

- ㉑ 모형수행을 위한 기본입력자료
  - 모형수행의 형태 및 입출력의 제어
  - 분할구획에 관련된 정보 및 수질관련 계수
- ㉒ 경계조건 및 汚染負荷量에 관한 入力資料
  - 분할구획에서의 수질항목 및 汚染負荷量
  - 특정구획에서의 비점원에 의한 수질항목 및 汚染負荷量
- ㉓ 모형의 환경매개변수
  - 운량, 기온, 기압, 풍속, 일사량 등의 기상자료

㉔ 수질항목의 初期條件

- 최상류부의 유량 및 수질자료 등

5.2.2 모형의 입력자료

가) 대상지역분포

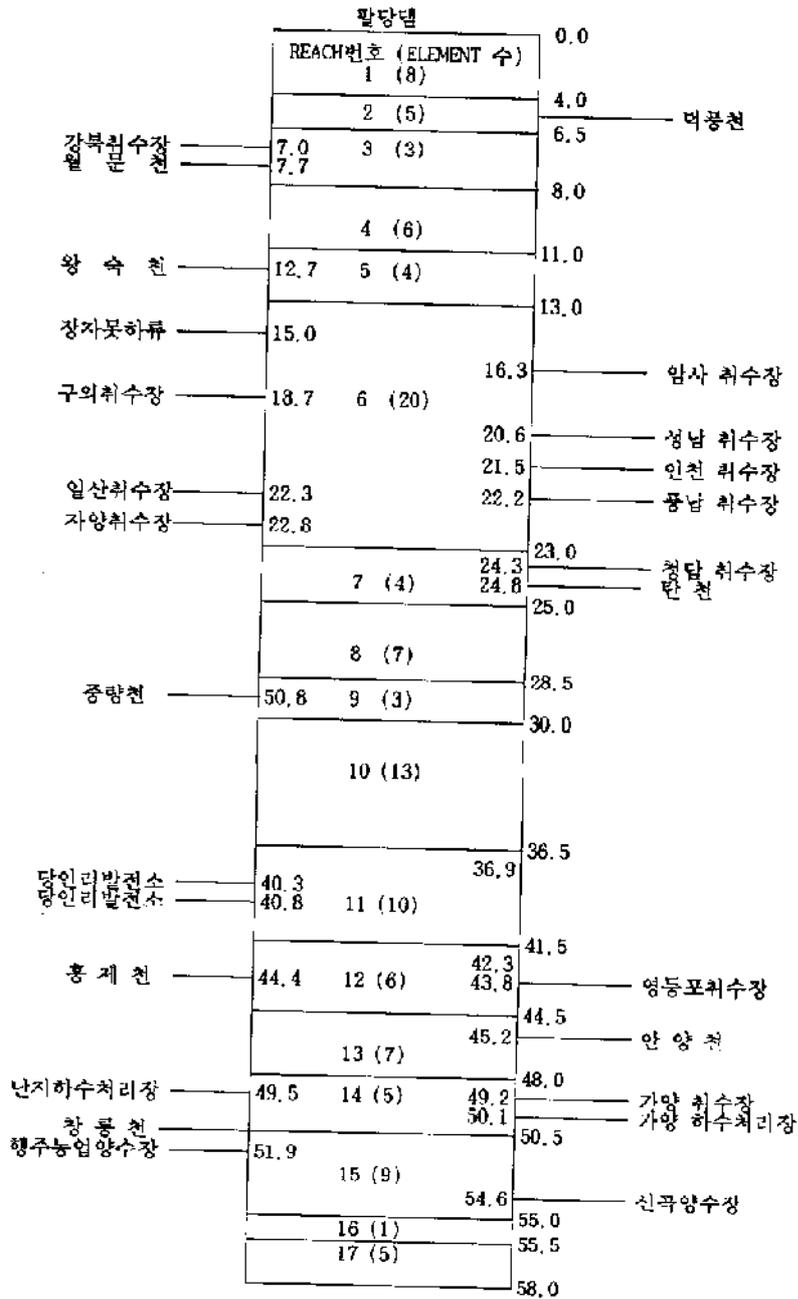
QUAL2E 모형을 적용할 대상지역은 한강수계의 팔당댐에서 新谷水中狀까지의 구간으로 하천연장 58 km이며 하천의 모식도는 <그림 5-3>과 같다.

나) 유량자료

QUAL2E 모형을 적용하기 위해서는 대상하천에 대한 수리학적 자료(유량, 수심, 유속)가 필요하며 이를 위하여 HEC-2가 사용될 수 있다. 본 연구의 水理學的 자료로 이용된 流量係數는 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> 각 구간별 유량계수

Reach 번호	유속계수	유속지수	수심계수	수심지수
1	0.00381	0.80854	4.16180	0.07332
2	0.00073	0.84064	4.34949	0.06580
3	0.00060	0.88800	4.38742	0.06418
4	0.00050	0.92294	4.53079	0.05796
5	0.00046	0.93885	4.60536	0.05478
6	0.00049	0.91930	4.74795	0.04894
7	0.00268	0.71709	0.87084	0.21513
8	0.00220	0.76778	0.95459	0.19543
9	0.00120	0.78863	0.96207	0.19364
10	0.00142	0.81745	1.04912	0.17620
11	0.00420	0.90739	1.27477	0.13796
12	0.00055	0.90242	1.40792	0.11866
13	0.00040	0.90621	1.44642	0.11343
14	0.00038	0.91497	1.55050	0.10082
15	0.00430	0.95221	1.59759	0.09421
16	0.00530	0.58860	0.22290	0.38480
17	0.02480	0.50910	0.74290	0.11810



<그림 5-3> 하천의 모식도

본 모형에 적용할 유량자료를 보면 팔당댐 放流量은 모형의 補正 및 검증에 이용할 수질을 측정할 날의 일평균 팔당방류량을 입력하였으며 유입지천의 유량은 본 연구에서 실측한 자료를 사용하였다.

#### 다) 수질자료

본 모형의 補正과 檢證을 위하여 사용한 수질자료는 본 연구에서 실측한 수질자료중 4월 자료(補正用), 10월 자료(檢證用)를 사용하였다.

### 5.2.3 QUAL2E 수질모형의 수행

#### 가) 모형의 보정

補正은 모형을 구성하는 하천에서의 물리, 화학, 생물학적 현상을 표현하는 식들이 실제현상을 잘 표현하여 계산된 수질이 實測結果와 잘 부합되도록 모형에 포함된 각종 상수와 계수를 조정하는 작업을 말한다.

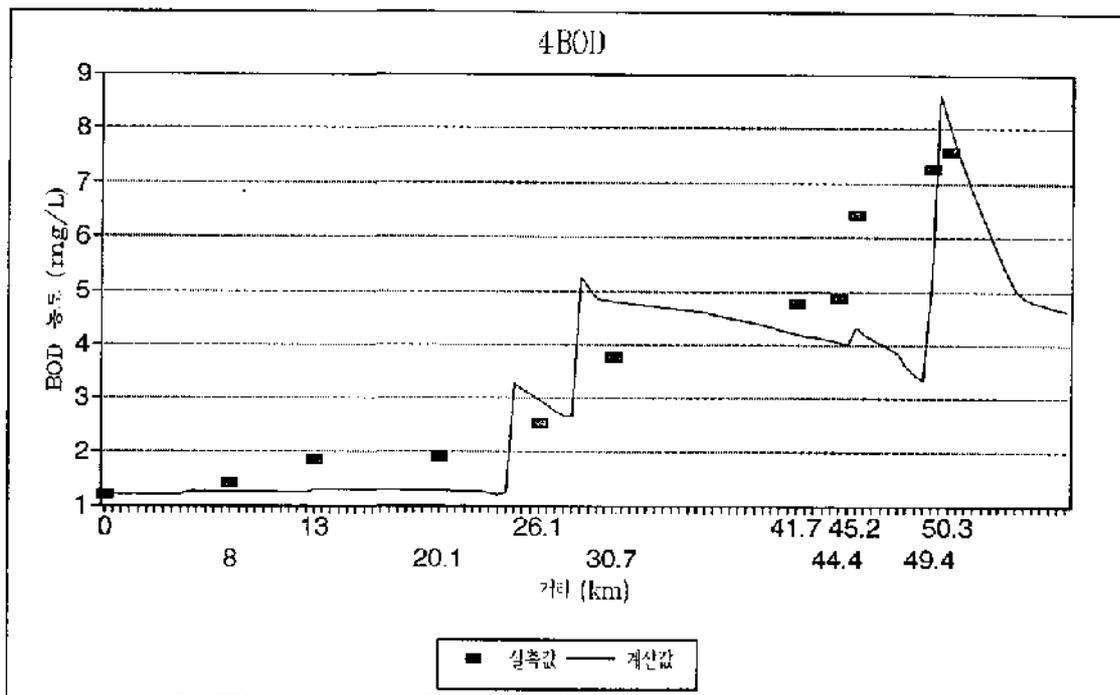
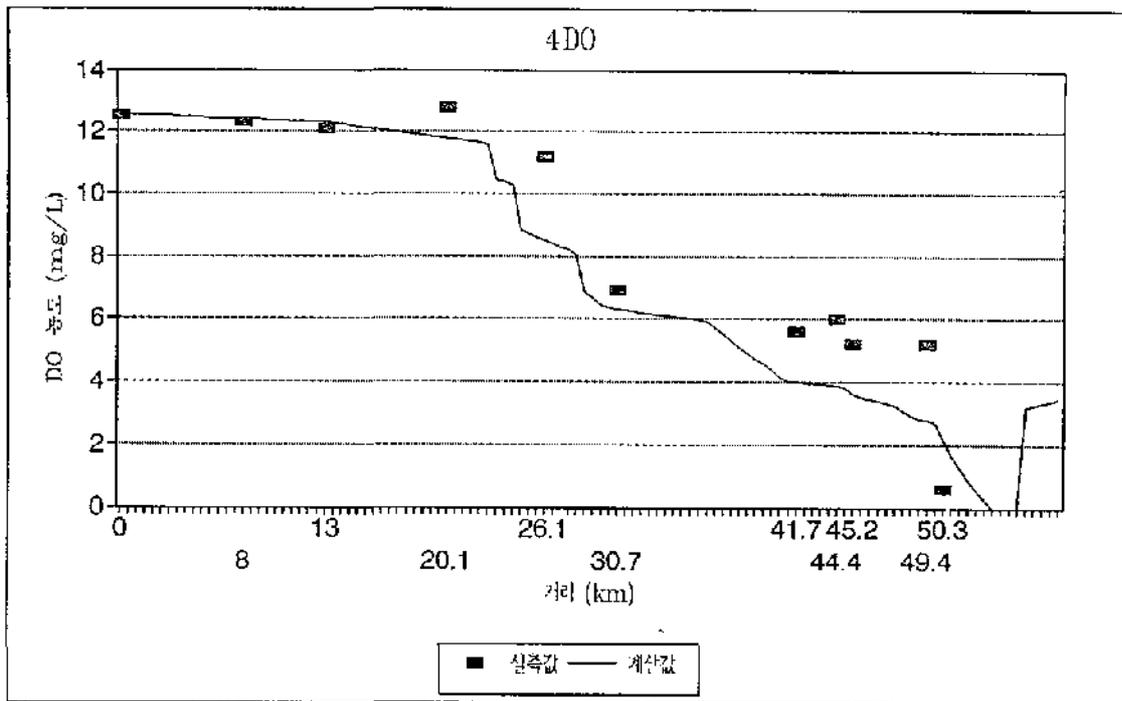
모형의 補正을 위하여 DO, BOD, T-N, T-P에 대한 實測値와 計算値를 비교한 결과는 <그림 5-4a,b>와 같다.

#### 나) 모형의 검증

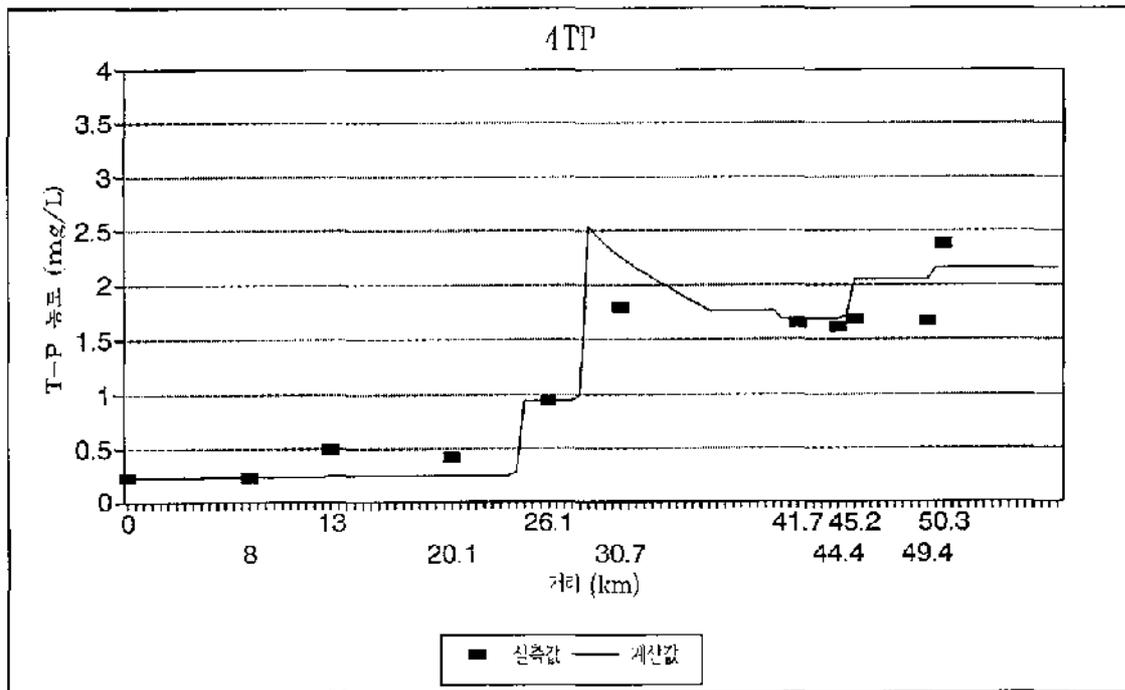
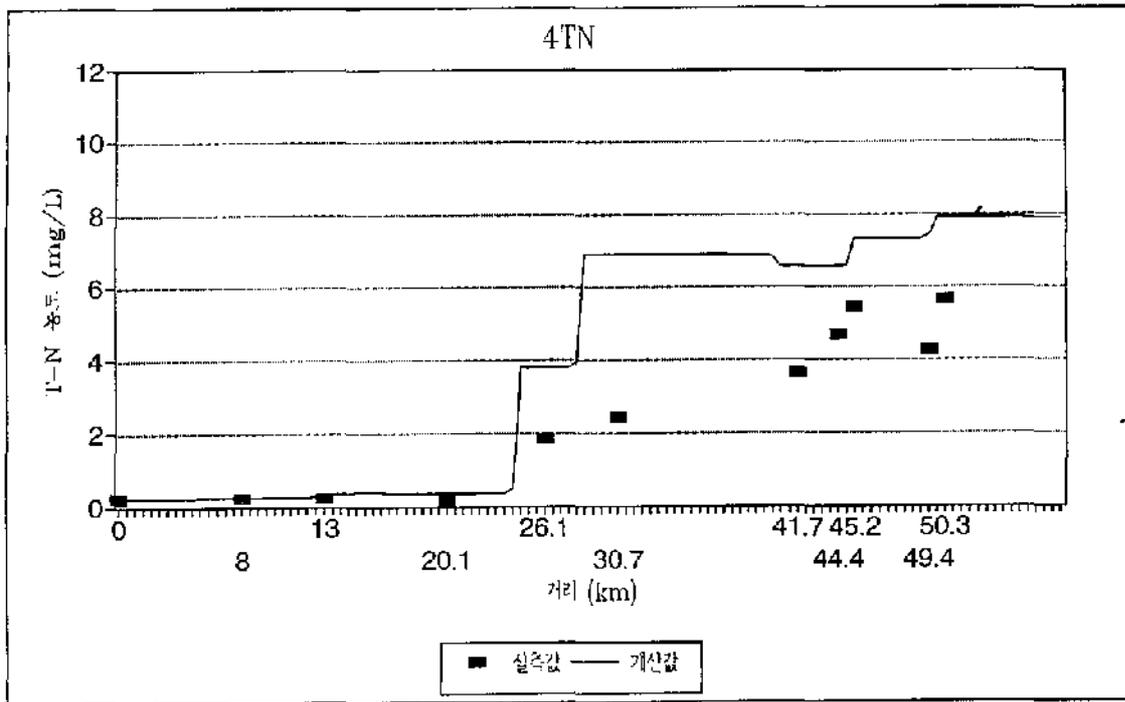
檢證은 補正된 계수를 이용하여 확정한 수학적 모형이 다른 환경조건에서도 수질을 잘 예측할 수 있는가 확인하는 절차로서 補正에 이용하였던 것 이외의 대상하천에 대한 별도의 수질측정자료가 필요하게 된다. 檢證에 이용한 수질 및 유량 자료는 10월에 측정된 값으로서 DO, BOD, T-N, T-P에 대한 實測値와 計算値를 비교한 결과는 <그림 5-5a,b>와 같다.

補正 및 검증결과를 보면 QUAL2E에 의한 計算値와 實測値와의 상관관계( $R^2$ )가 0.82~0.98로 나타나서 비교적 計算値가 實測値를 잘 반영하는 것을 알 수 있다.

BOD의 경우 검증시 計算値가 實測値보다 비교적 높게 나타나고 있는데 이것은 檢證에 이용한 10월 수질조사전 몇일 동안 강우가 많아서 실측 BOD값이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 補正과 檢證을 통하여 QUAL2E에 필요한 반응계수

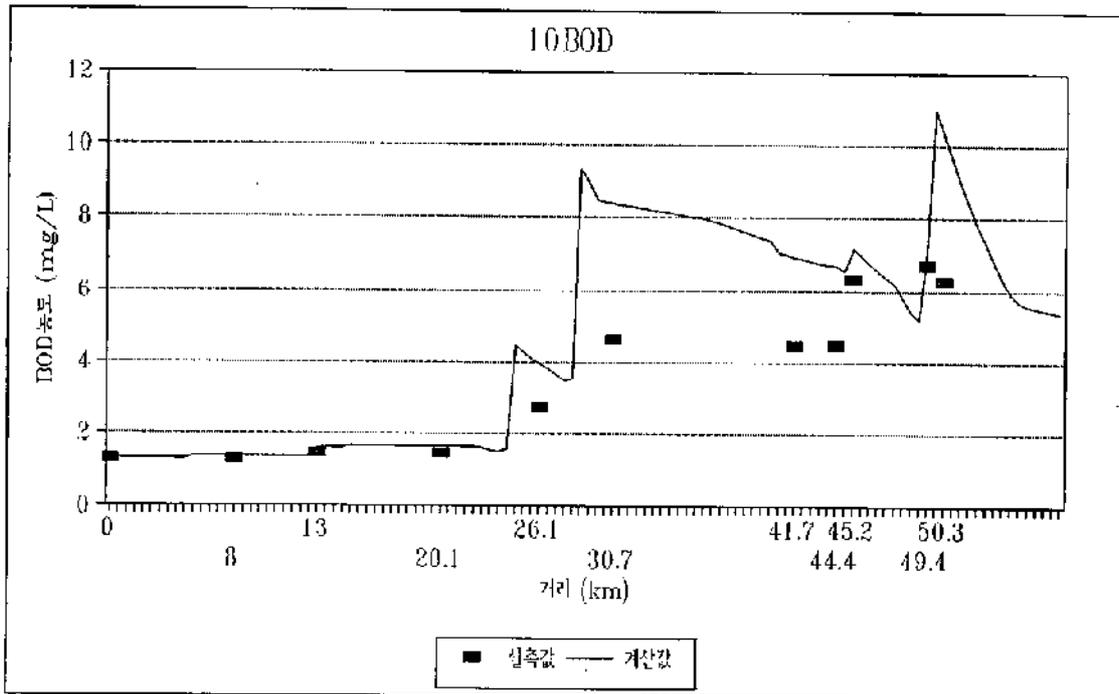
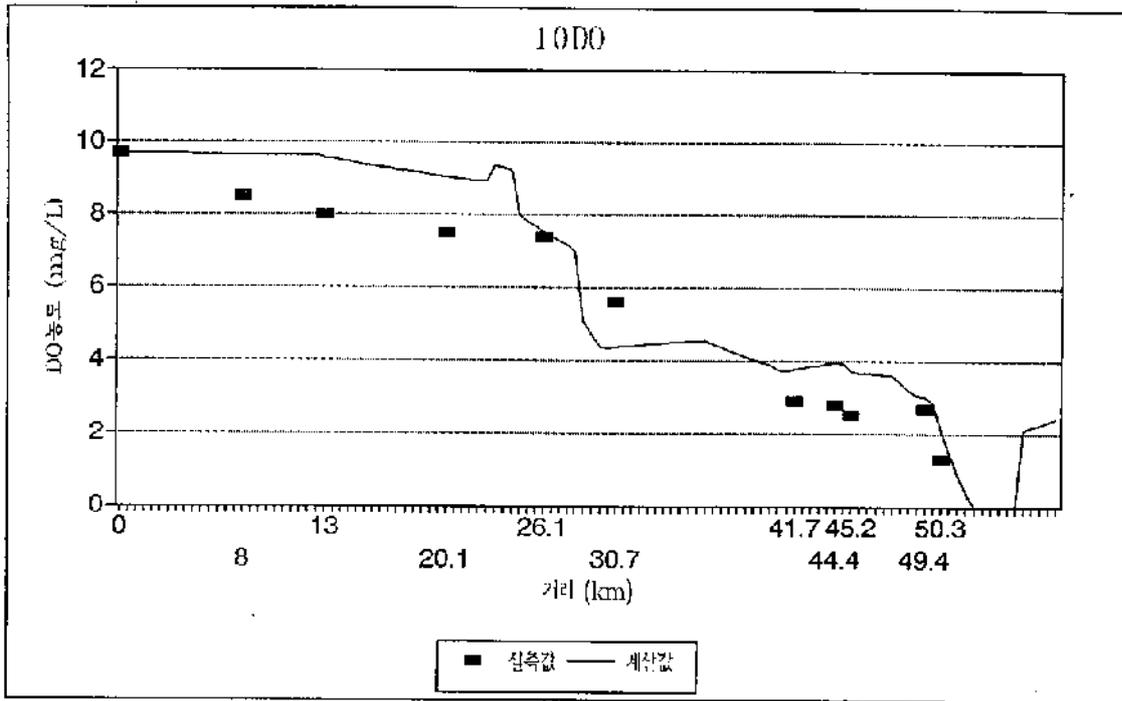


<그림 5-4a> QUAL2E 모형의 DO, BOD, 보정 결과  
 ( $r^2$  : DO = 0.94, BOD = 0.82)



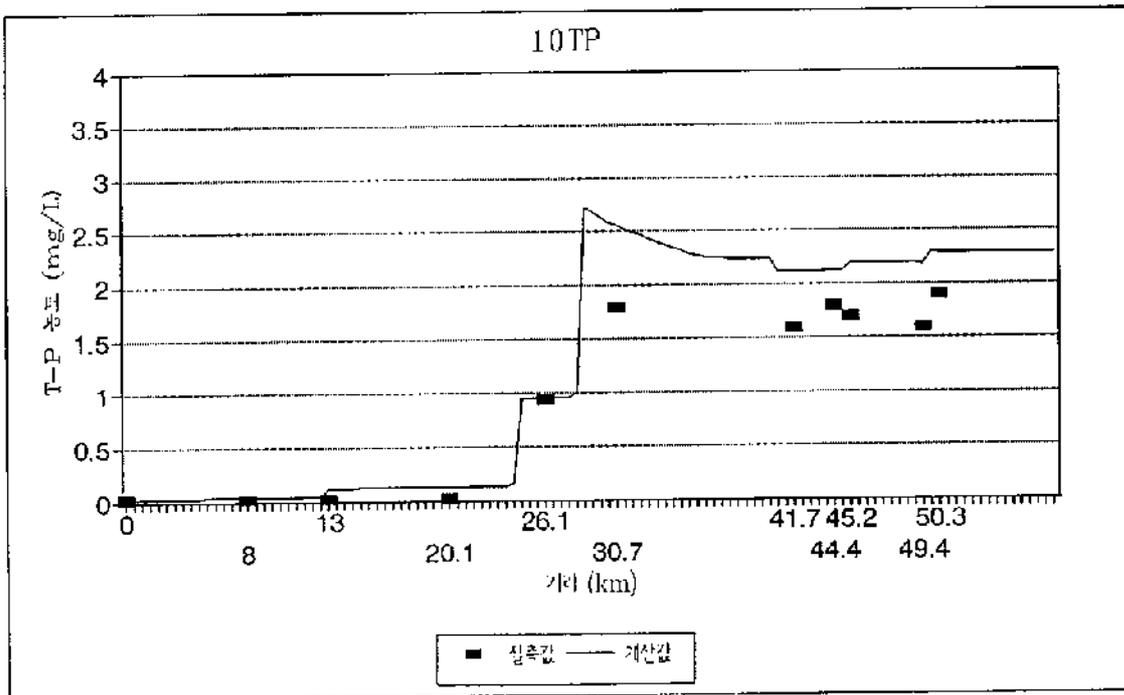
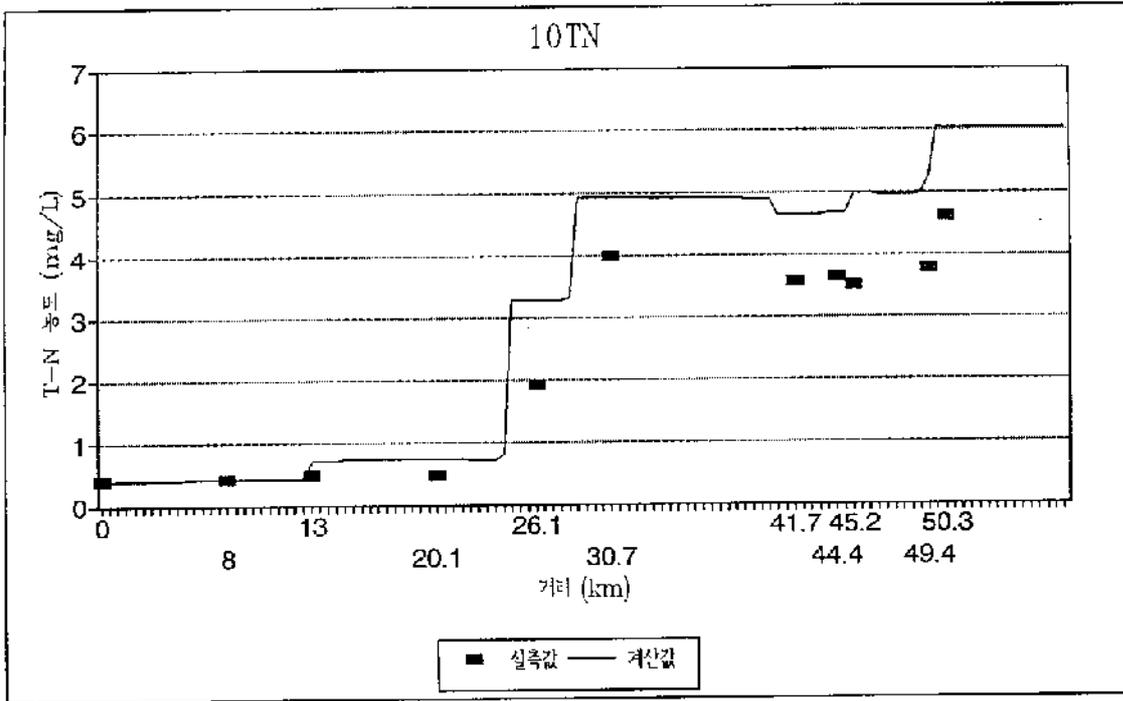
<그림 5-4b> QUAL2E 모형의 T-N, T-P, 보정 결과

( $\gamma^2$  : T-N = 0.88, T-P = 0.93)



<그림 5-5a> QUAL2E 모형의 DO, BOD, 검증 결과

( $\gamma^2$  : DO = 0.93, BOD = 0.85)



<그림 5-5b> QUAL2E 모형의 T-N, T-P 검증 결과

( $\gamma^2$  : T-N = 0.98, T-P = 0.98)

값들을 정리하였는데 그 결과는 <표 5-2>와 같다.

주요 계수의 값을 소개하면 재폭기계수 0.01~1.19/일, 탈산소계수 0.02~0.45/일, BOD 자정계수 0~0.3/일, 하상산소소비율 0~1.30 g/m²/일, 유기질소 분해계수 0.0~0.01/일, NH₃-N 산화계수 0.08~0.22/일, NO₂-N 산화계수 0.0~1.72/일, 유기인 침전계수 0.0~0.5/일 이었다.

<표 5-2> 水質豫測式(QUAL2E)에 도입된 反應係數

Reach	구 간	재폭기 계수 (1/일)	탈산소 계수 (1/일)	BOD 침전 계수 (1/일)	하 상 산 소 소비율 g/m ² /일	유기질 소분해 계수 (1/일)	유기질 소침전 계수 (1/일)	NH ₃ -N 산 화 계수 (1/일)	NO ₂ -N 산 화 계수 (1/일)	유기인 분 해 계수 (1/일)	유기인 침 전 계수 (1/일)
1	팔 당 ~ 일문천	0.11	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.08	1.65	0.04	0.0
2		0.02-0.06	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.08	1.64	0.04	0.0
3		0.02	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.08	1.64	0.04	0.0
4	일문천 ~ 왕숙천	0.02	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.16	1.63	0.04	0.0
5		0.03	0.01	0.0	0.0	0.01	0.0	0.17	1.66	0.04	0.0
6	왕숙천 ~ 잠실수중보	0.02-0.01	0.01	0.0	0.82	0.01	0.0	0.21	1.70	0.04	0.0
7	잠실수중보 ~ 탄천	0.07-0.12	0.17	0.10	1.24	0.0	0.0	0.21-0.22	1.72	0.04	0.0
8	탄천 ~ 중랑천	0.13-0.14	0.26	0.30	0.42	0.0	0.01	0.09	0.17	0.04	0.0
9	중랑천 ~ 노량진수원지	0.10-0.12	0.26	0.30	0.42	0.0	0.01	0.09	0.17	0.01	0.5
10		0.17-0.24	0.02	0.05	0.43	0.0	0.01	0.09	0.17	0.01	0.5
11	노량진수원지 ~ 안양천	0.24	0.02	0.05	0.89	0.0	0.01	0.17-0.18	0.17-0.18	0.09	0.0
12		0.24	0.02	0.05	0.43	0.0	0.01	0.12	0.16	0.09	0.0
13	안양천 ~ 창릉천	0.19-0.22	0.04	0.15	0.43	0.0	0.01	0.11-0.12	0.15-0.16	0.09	0.0
14		0.19	0.18	0.30	0.86	0.0	0.0	0.11	0.14-0.15	0.09	0.0
15	창릉천 ~ 신곡수중보	0.09-0.15	0.45	0.30	0.87	0.0	0.0	0.0-0.10	0.09-0.13	0.09	0.0
16	신곡수중보 하류	0.19	0.25	0.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.0
17		0.74-0.19	0.25	0.30	1.30	0.0	0.0	0.11-0.12	0.15-0.16	0.18	0.0

## 5.2.4 장래수질예측

대상 하천에 수리 및 수질조건에 보정 검정된 QUAL2E 모형을 이용하여 장래 수질을 예측하여 하천수질환경기준과 비교하여 봄으로서 수질관리대책의 필요성을 알 수 있고 수질관리대안을 비교함으로써 합리적인 유역의 수질관리 대책을 수립할 수 있다. 본 연구에서는 ① 하수를 현상태의 下水處理容量으로 처리할 때 ② 下水處理施設이 계획대로 시행되었을 경우 ③ 팔당방류량이 BOD 1mg/L유지할 경우 ④ 왕숙천의 한강유입유량을 鰐室水中淤 하류로 By-Pass 하였을 경우를 가정하여 수질상태를 비교하였다.

### 가) 현재의 下水處理 容量으로 처리할 때

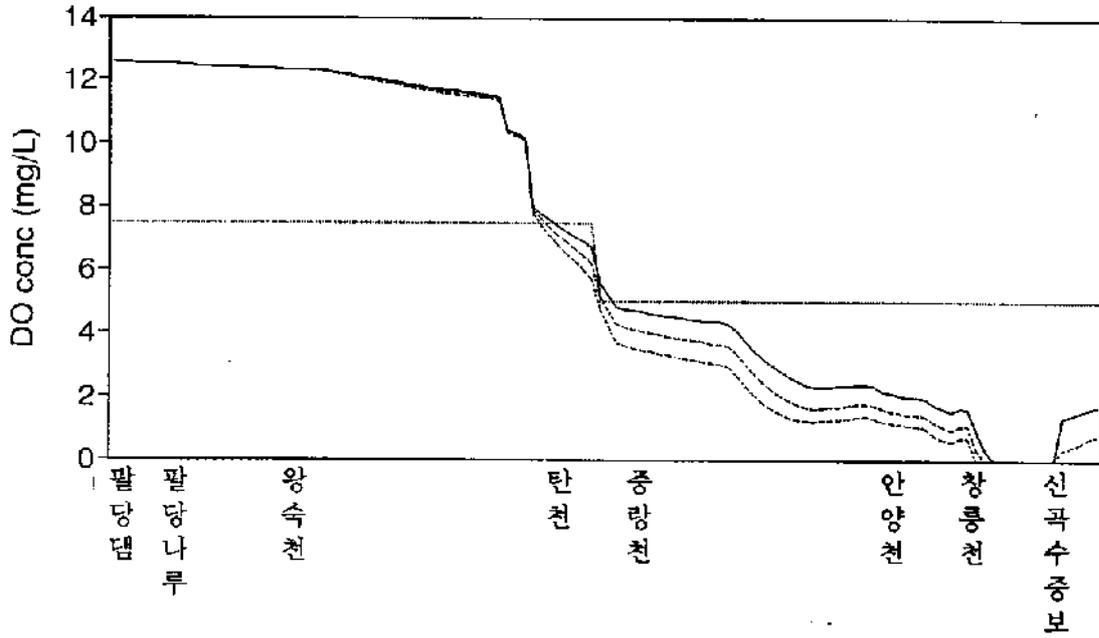
<그림 5-6a,b>는 각각 팔당방류량이 125CMS 및 300CMS인 경우 한강본류에 대한 DO, BOD를 나타낸것이다. 팔당방류량 125CMS 경우 BOD는 현재 탄천 유입전까지는 수질환경기준 I 등급보다 오염도가 약간 높으며 탄천 유입후부터 중랑천 유입전까지는 기준을 크게 초과하고 있다. 안양천 합류전까지의 구간은 II 등급으로 설정되어 있으나 중랑천 합류후부터 안양천 합류전까지 기준을 초과하고 있으며 안양천 합류점 이후 III등급 구간에서는 가양 난지하수처리사업소 방류수 유입후 기준을 초과하고 있다. 현재의 처리수준이 개선되지 않는다면 한강 본류의 수질은 <그림 5-6a>에 보인 바와 같이 점점 악화될 것으로 보인다.

팔당방류량이 300CMS로 증대된 경우에는 <그림 5-6b>와 같이 수질은 크게 개선되나 거의 전 구간이 현재로도 수질기준을 만족시키지 못하며, 이러한 구간은 해가 지남에 따라 연장되는 경향을 나타낸다. DO는 팔당방류량 125CMS의 경우 현재도 탄천유입 후부터 하류부는 환경기준을 만족시키지 못하는 형편이나 300CMS의 경우에는 현재는 물론 2001년까지도 수질환경기준을 일부 하류구간을 제외하고 거의 만족한다.

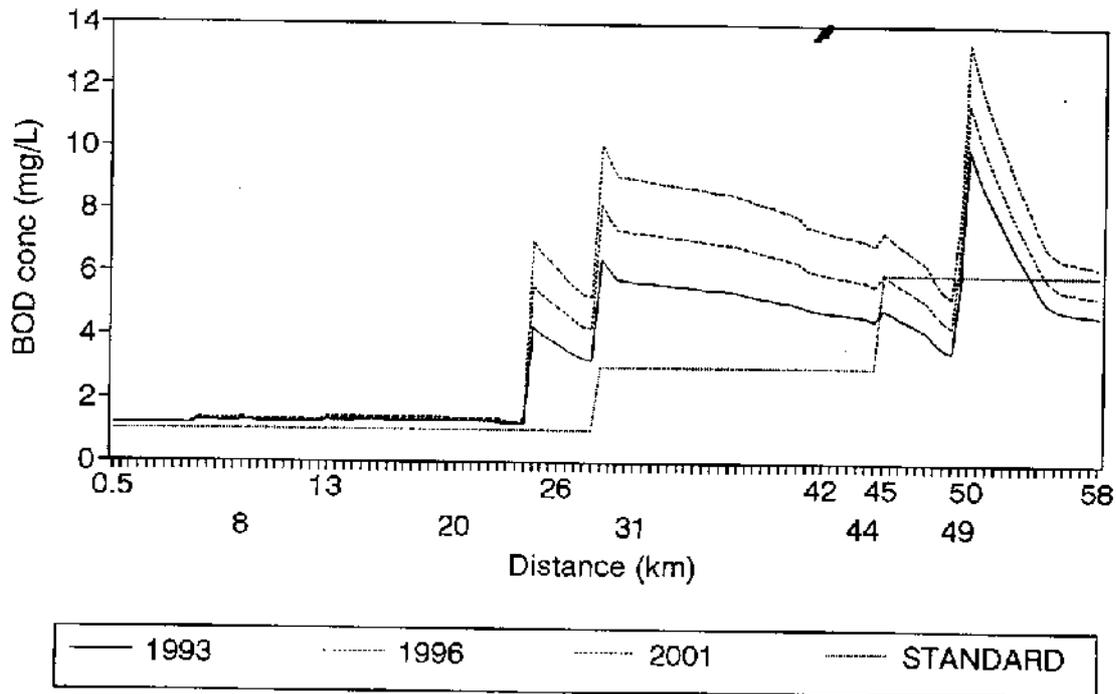
<그림 5-6c,d>는 각각 팔당방류량 125CMS 및 300CMS인 경우에 대한 한강 본류구간에서의 T-N, T-P를 나타내고 있다.

T-N의 경우 탄천 유입전까지는 0.4mg/L 이하를 유지하나 이후 급격히 증가하여 탄천과 중랑천 流入水가 유입한 후에는 높게 증가하는 것으로 나타나고 있다. 장래에는 현상태 정도로 처리된다면 탄천 유입이후에는 더욱 나빠질 것으로 예

Paldang Discharge = 125CMS

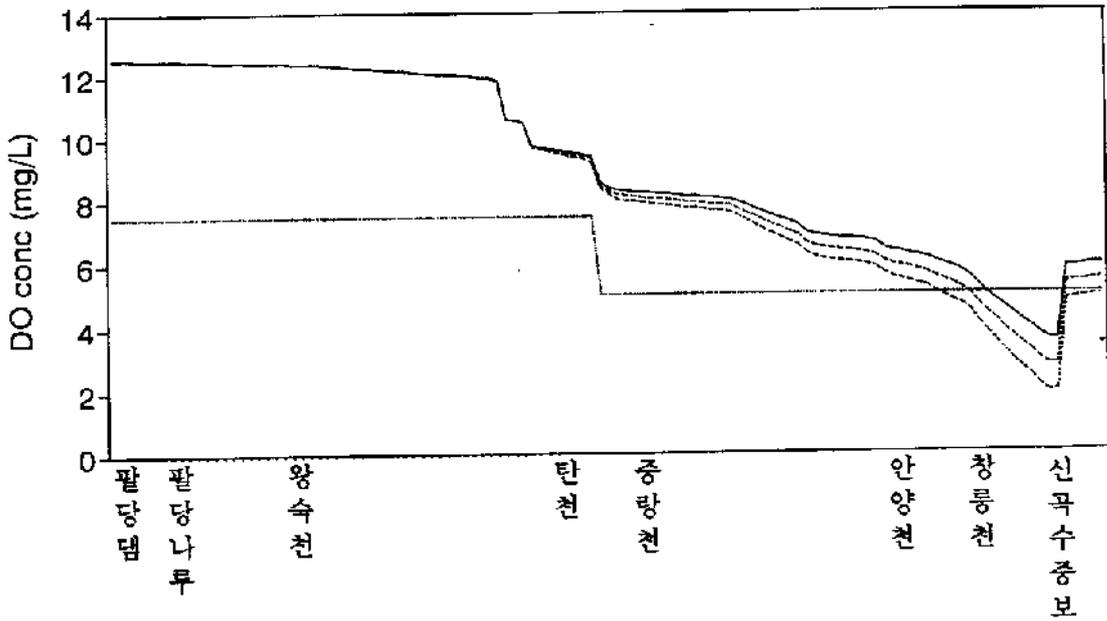


Paldang Discharge = 125CMS

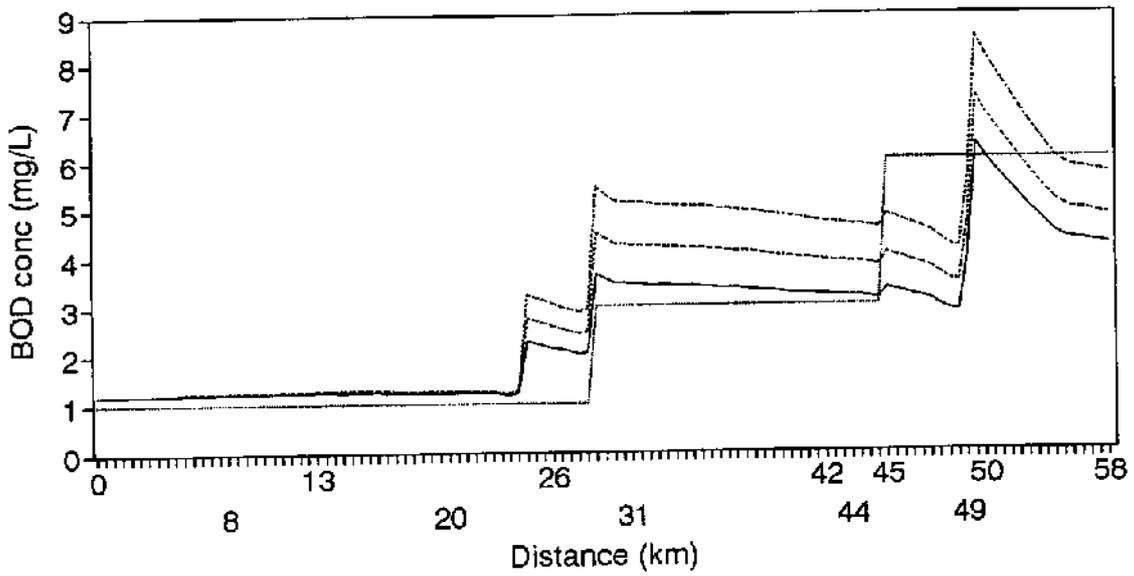


<그림 5-6a> 현상태로 하수처리시 년도별 DO 및 BOD변화  
(팔당댐 방류량=125 CMS)

Paldang Discharge = 300CMS

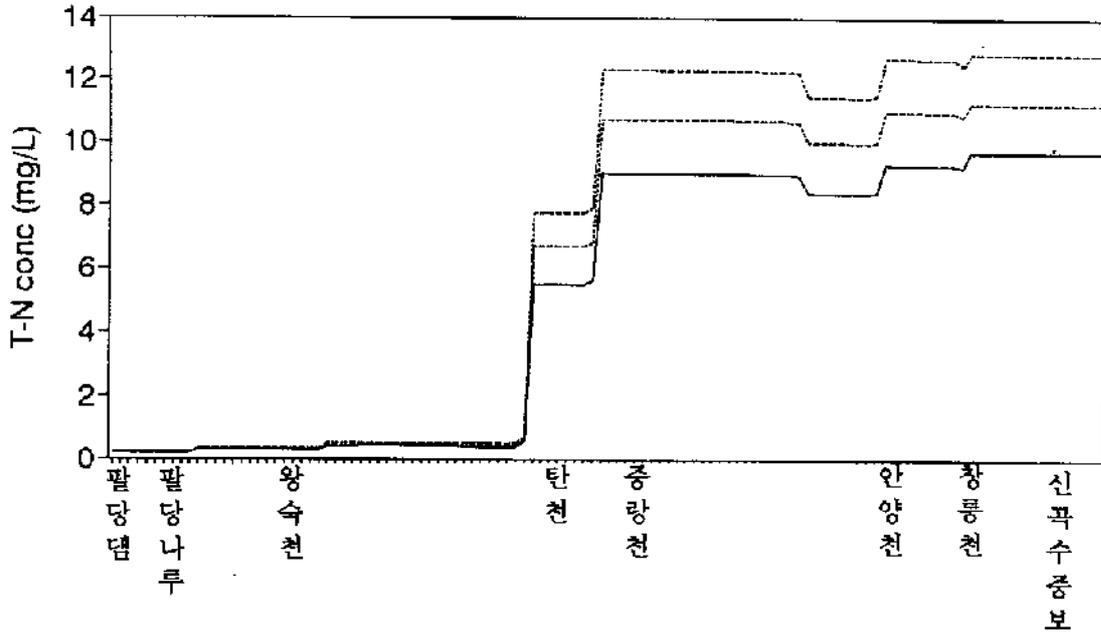


Paldang Discharge = 300CMS

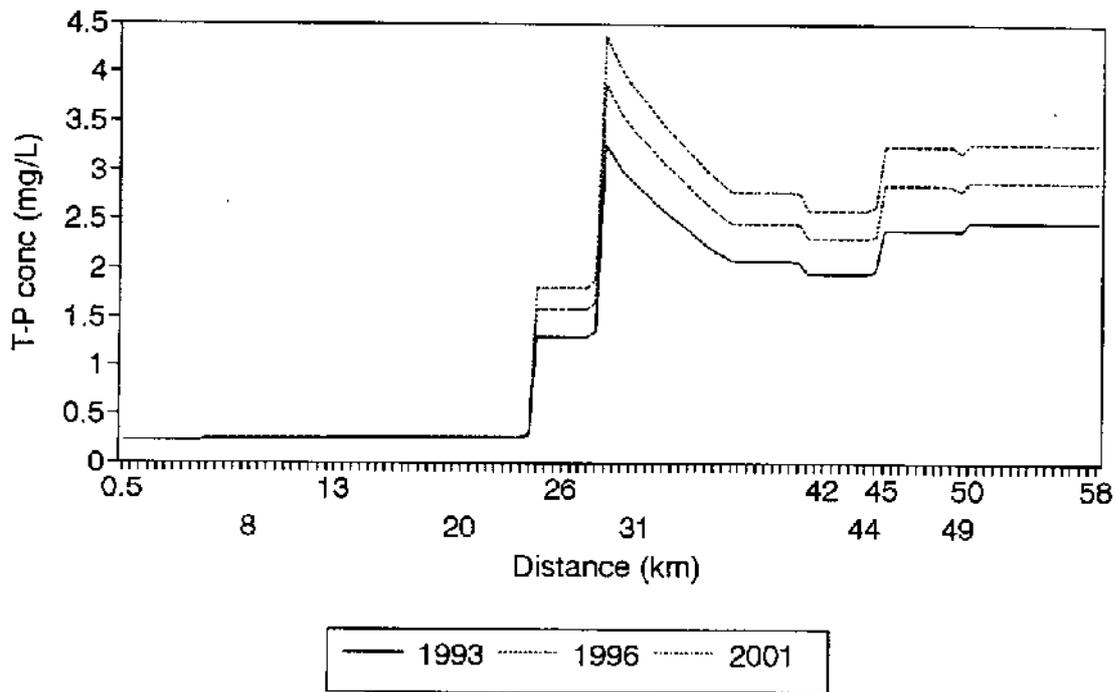


<그림 5-6b> 현상태로 하수처리시 년도별 DO 및 BOD변화  
(팔당댐 방류량=300 CMS)

Paldang Discharge = 125CMS

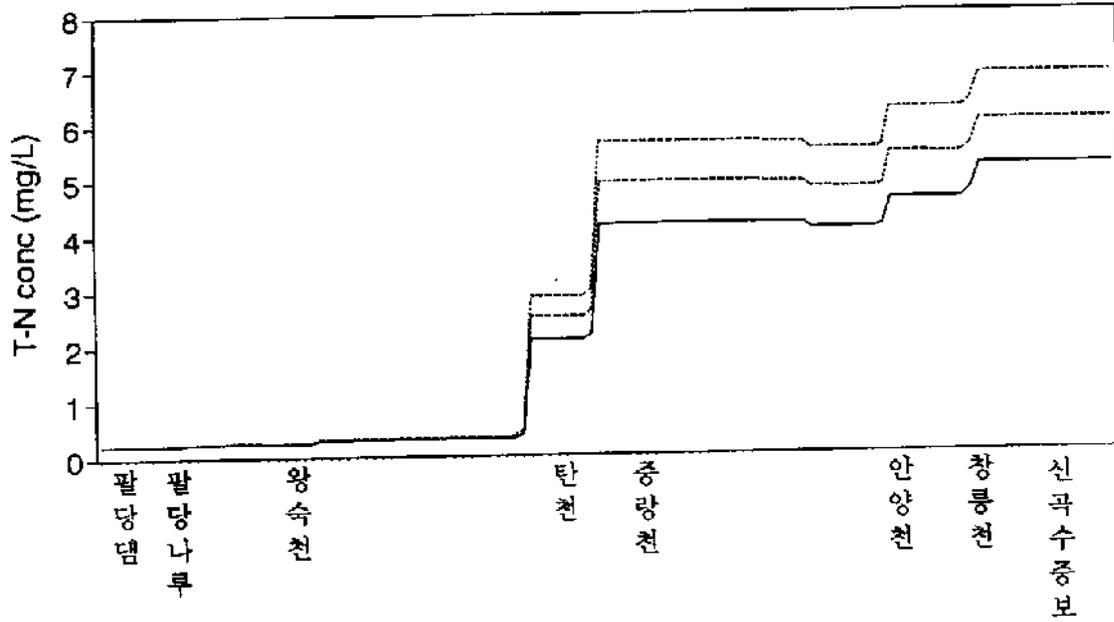


Paldang Discharge = 125CMS

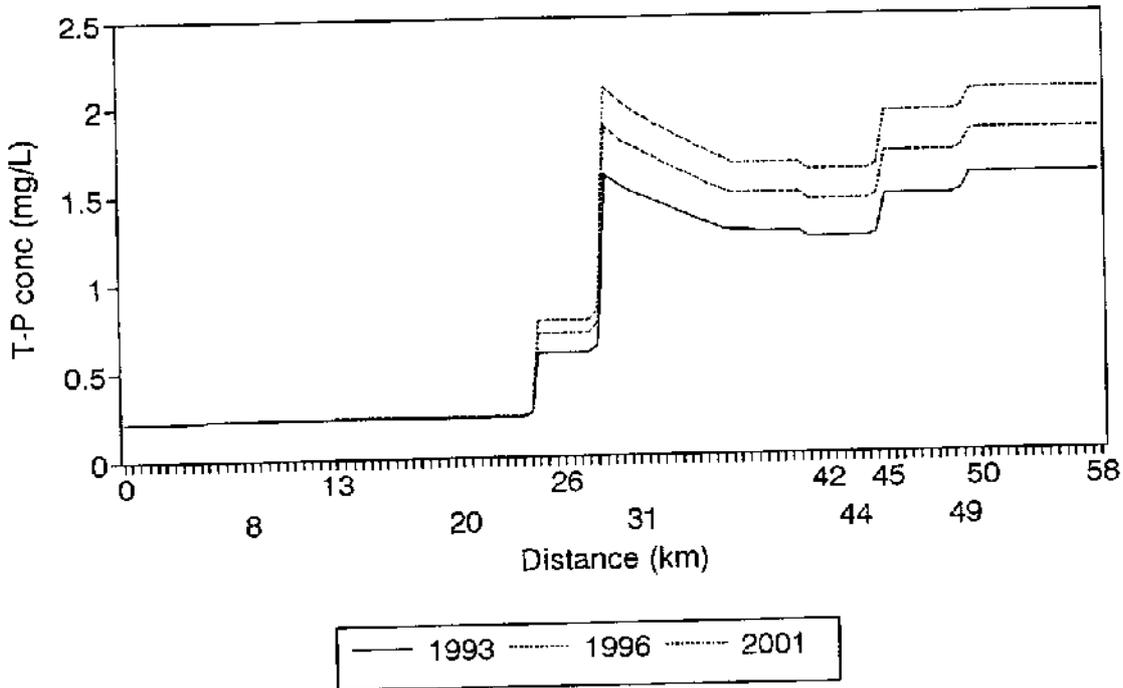


<그림 5-6c> 현상태로 하수처리시 년도별 T-N 및 T-P변화  
(팔당댐 방류량=125 CMS)

Paldang Discharge = 300CMS



Paldang Discharge = 300CMS



<그림 5-6d> 현상대로 하수처리시 년도별 T-N 및 T-P변화  
(팔당댐 방류량=300 CMS)

상된다.

T-P의 경우는 탄천 유입전까지는 현재 팔당방류량이 125CMS 및 300CMS인 경우 각각 0.25mg/L 및 0.3mg/L 수준으로 대단히 양호한 수준이나 이후 지천들과 下水處理場 방류수 유입으로 濃度가 높아져 행주대교 부근에서는 현재 기준으로 125CMS, 300CMS의 경우 각각 2.5mg/L, 1.5mg/L의 높은 水質濃度를 나타내고 있다.

#### 나) 계획대로 하수처리될 때

<그림 5-7a,b>는 각각 팔당방류량 125 CMS, 300 CMS에 대한 한강 본류에서의 BOD와 DO이다. 下水處理施設을 계획대로 설치하여 운영한다면, 96년, 2001년 모두 BOD의 경우 팔당방류량 125CMS에서 탄천 유입 전까지 수질환경기준 I등급을 다소 초과하는 수준이나 탄천 유입후부터 중랑천 유입전까지는 초과 정도가 더 커진다. 중랑천 유입후부터 안양천 유입전까지는 96년 이후 수질환경기준을 만족하지 못하지만 2001년 하수처리가 계획대로 더 진행되면 거의 만족하게 된다. 팔당방류량이 300CMS가 되면 수질은 더욱 개선되어 '96년에도 수질환경기준을 만족한다. 그러나 팔당댐으로부터 잠실수중보부근까지는 팔당댐 방류수의 수질에 支配를 많이 받아 팔당호에서의 수질이 개선되지 않는 한 I등급 달성이 어려운 실정이다. DO는 팔당댐 방류량이 300CMS정도에서는 1996년부터 수질환경기준을 거의 만족하나, 125CMS에서는 현상태로 처리하는 것보다 向上되나 여전히 탄천 방류후부터는 수질환경기준에 미달하게 된다.

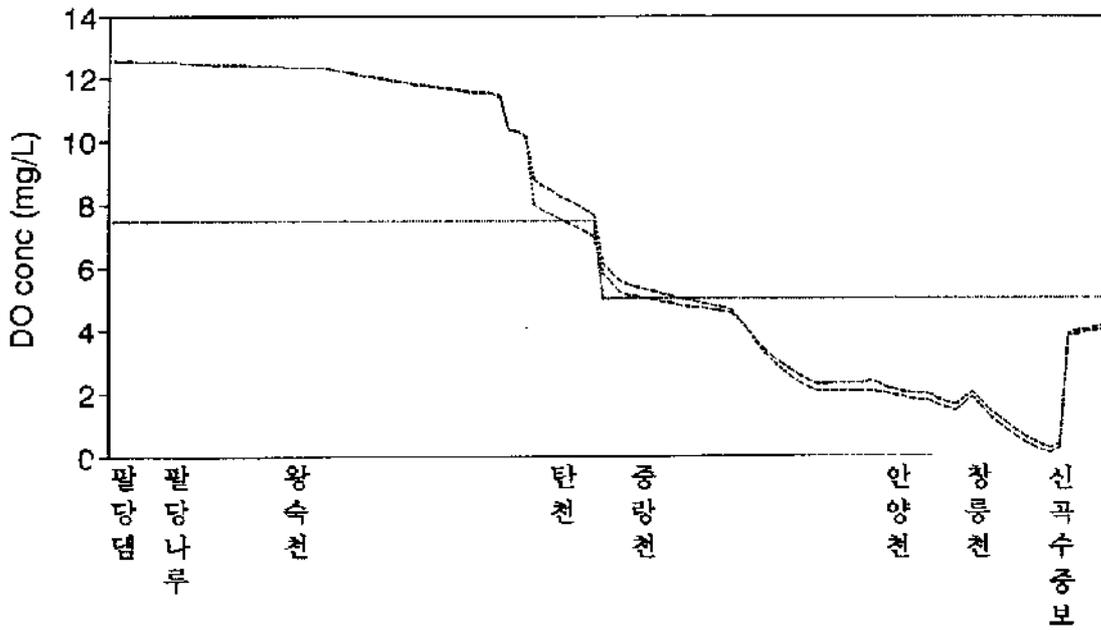
<그림 5-7c,d>는 각각 팔당 방류량 125CMS, 300CMS에 대한 T-N과 T-P를 나타내고 있다. 탄천 유입전까지는 T-N이 0.5 mg/L정도를 유지하며, 하류부에서는 현상태로 처리할 경우 보다는 개선되나 행주대교 부근에서는 2001년이 되면 팔당 방류량이 125CMS, 300CMS에서 각각 11mg/L, 6mg/L정도까지 높아지게 된다.

T-P의 경우에는 하류로 진행함에 따른 연도별 증가 상황은 T-N의 경우와 비슷하다고 평가된다.

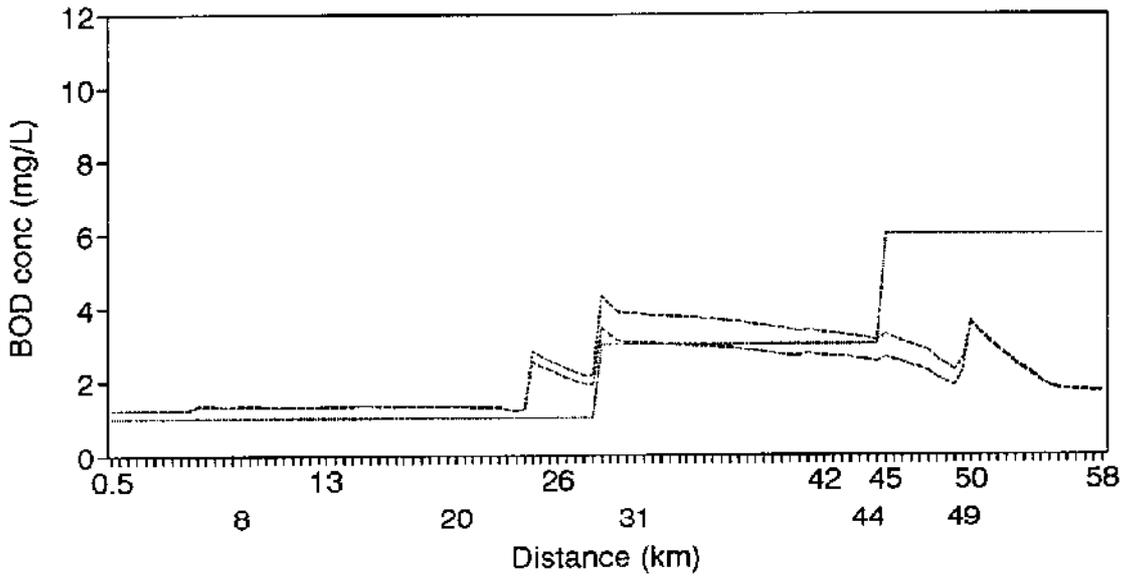
#### 다) 팔당댐 방류수의 BOD를 1mg/L로 유지할 경우

'93년기준, 팔당방류량 125CMS에 대하여 예측하여 보면 <그림 5-8>과 같다.

Paldang Discharge = 125CMS



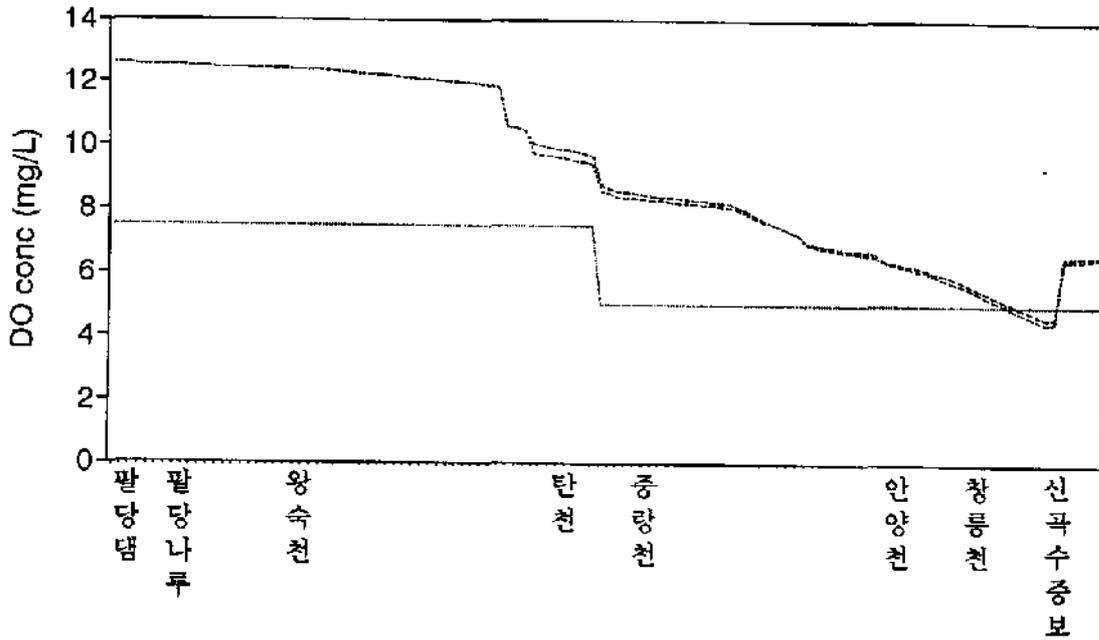
Paldang Discharge = 125CMS



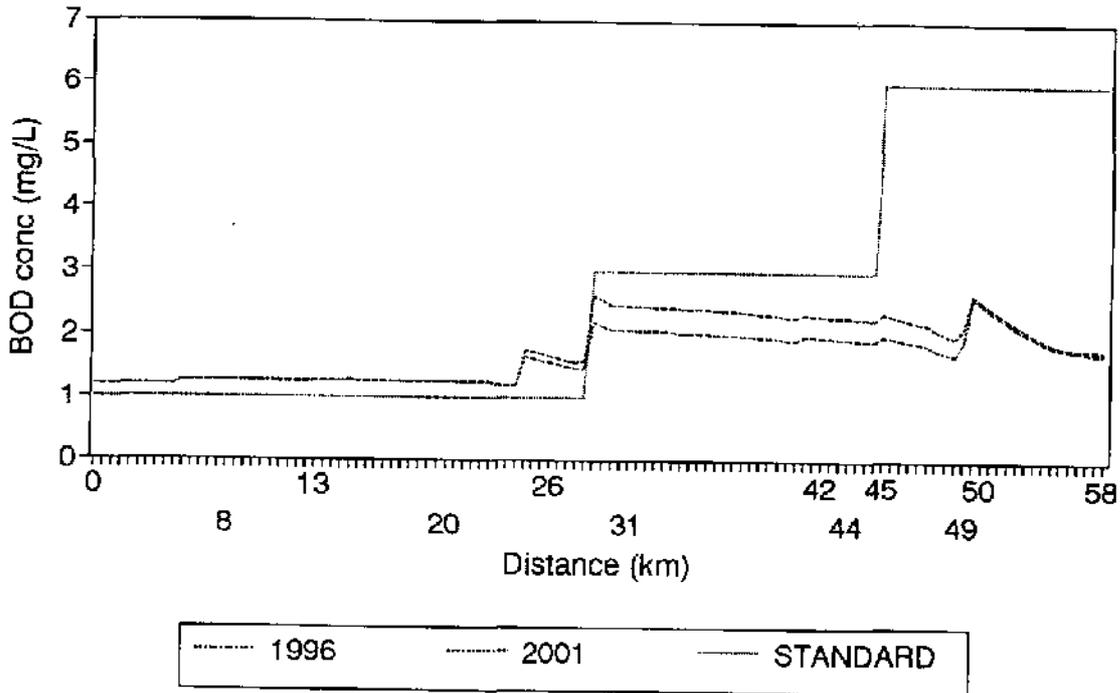
1996
  2001
  STANDARD

<그림 5-7a> 계획대로 하수처리시 년도별 DO 및 BOD  
 (팔당댐 방류량=125 CMS)  
 152

Paldang Discharge = 300CMS

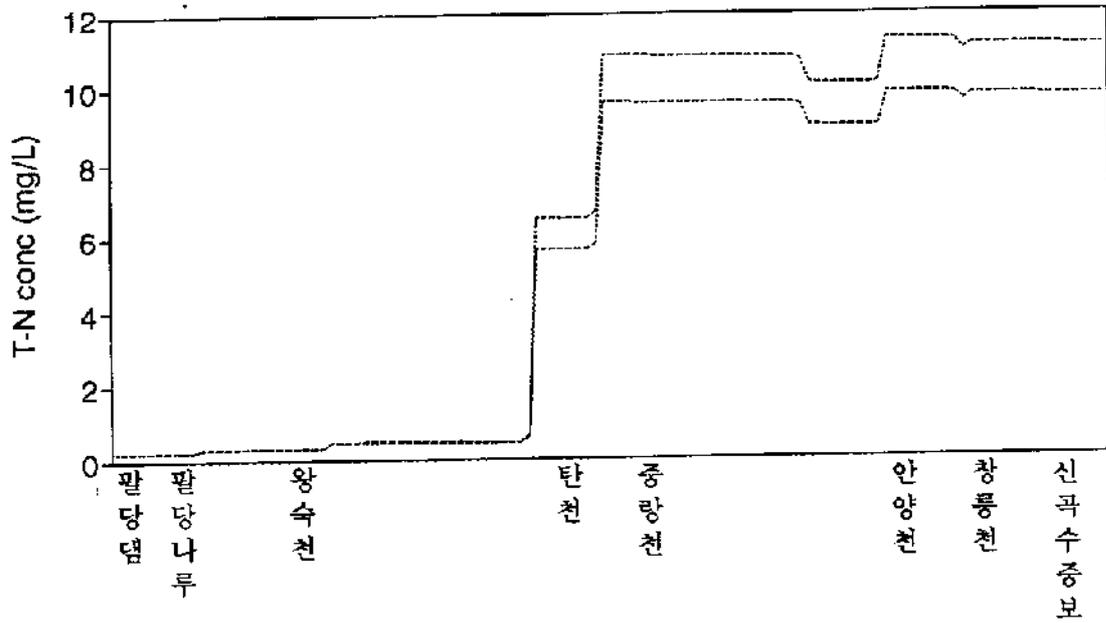


Paldang Discharge = 300CMS

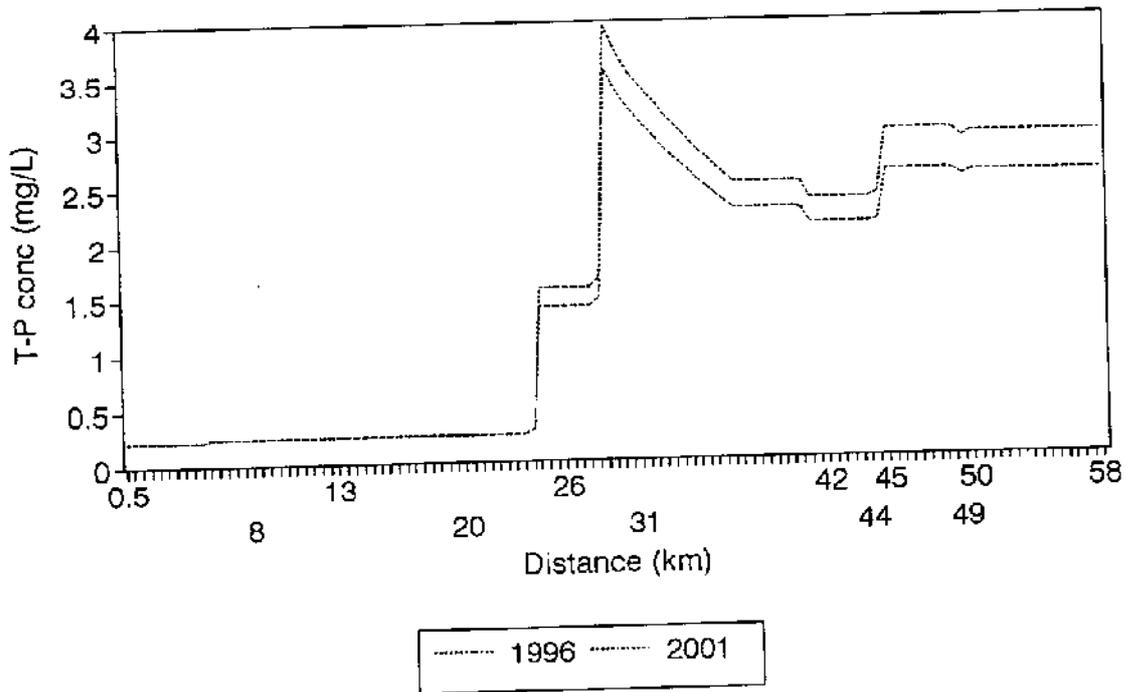


<그림 5-7b> 계획대로 하수처리시 년도별 DO 및 BOD  
(팔당댐 방류량=300 CMS)

Paldang Discharge = 125CMS

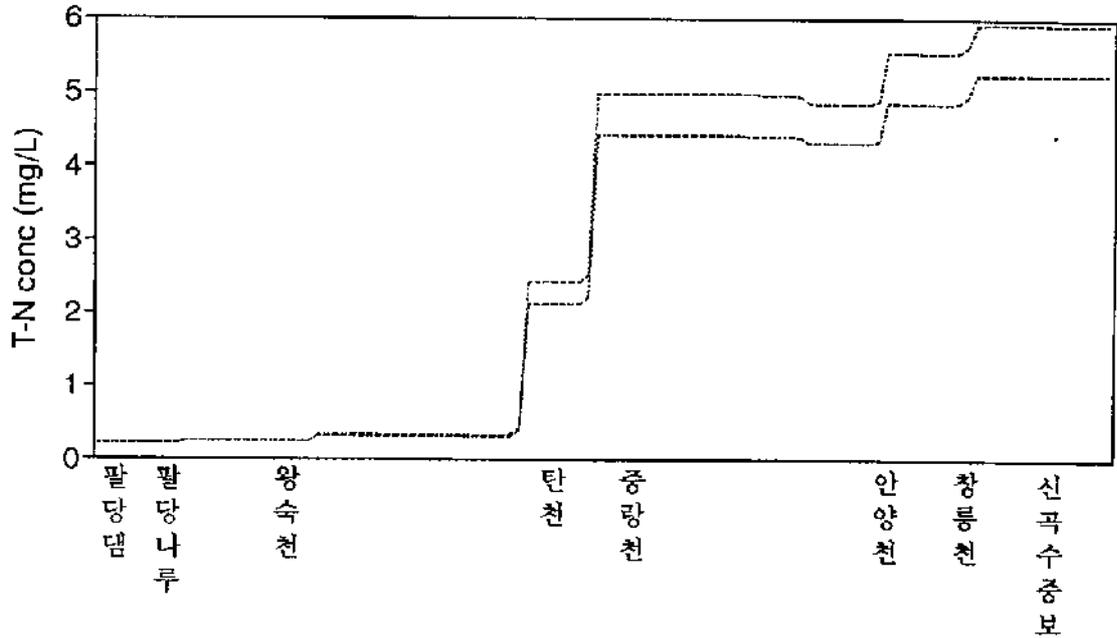


Paldang Discharge = 125CMS

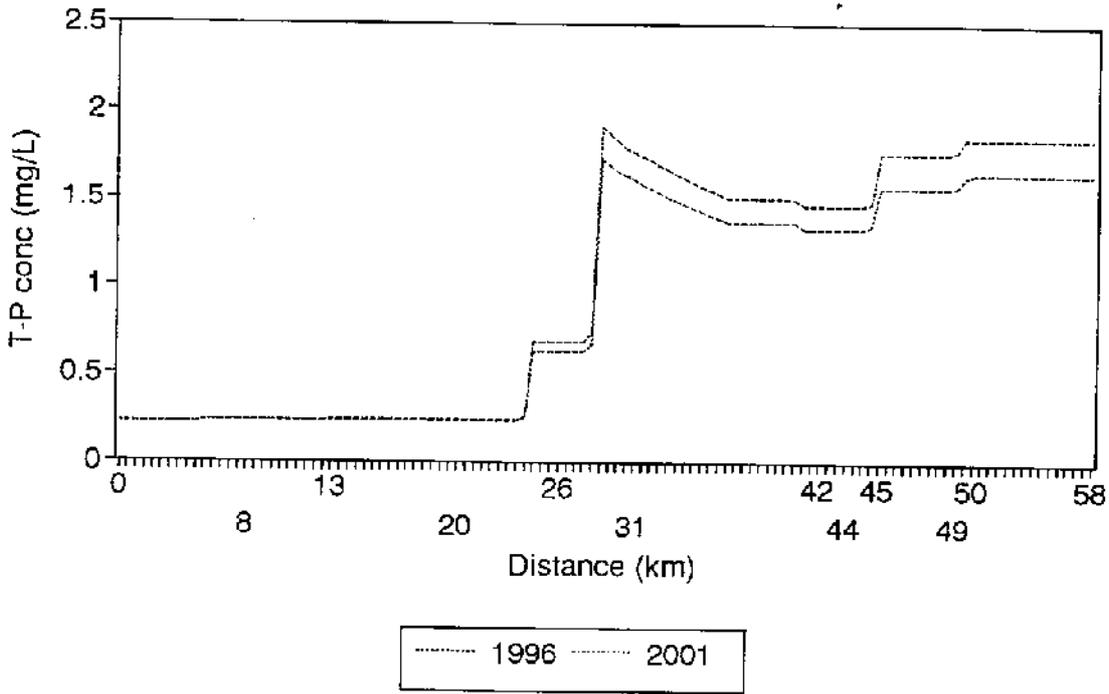


<그림 5-7c> 계획대로 하수처리시 년도별 T-N 및 T-P  
(팔당댐 방류량=125 CMS)

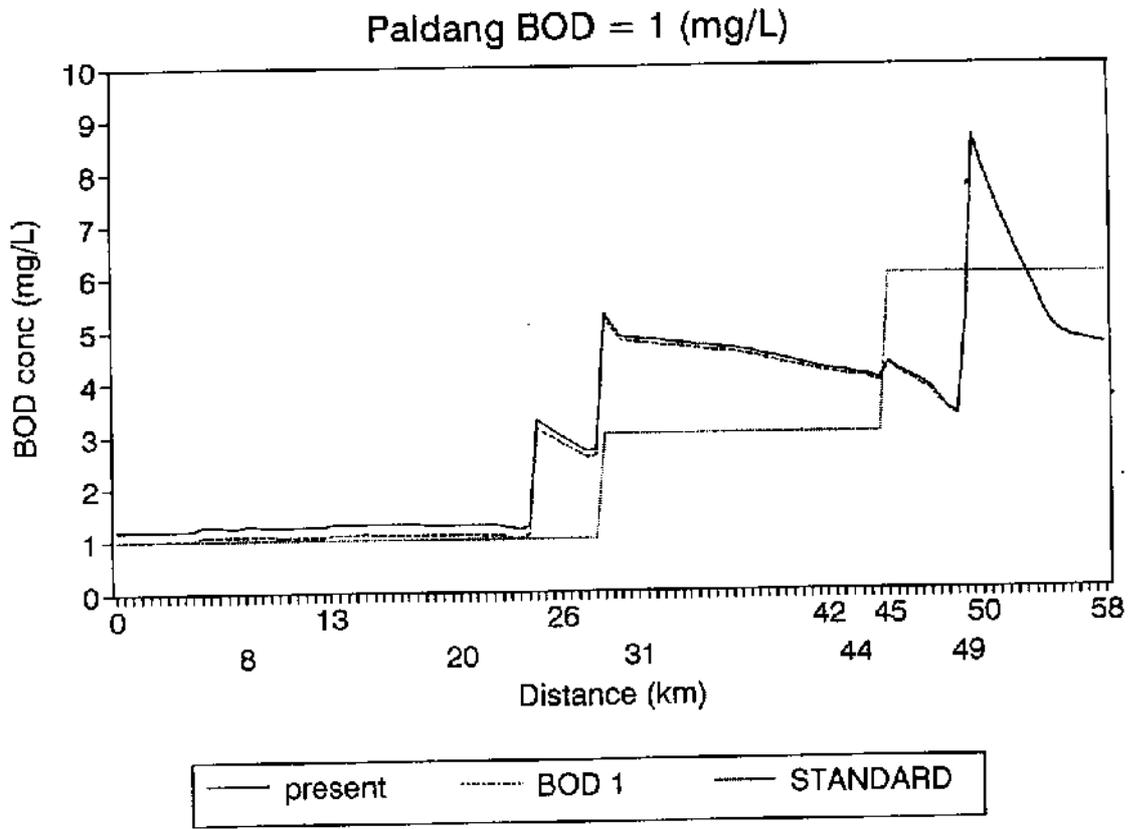
Paldang Discharge = 300CMS



Paldang Discharge = 300CMS



<그림 5-7d> 계획대로 하수처리시 년도별 T-N 및 T-P  
(팔당댐 방류량=300 CMS)



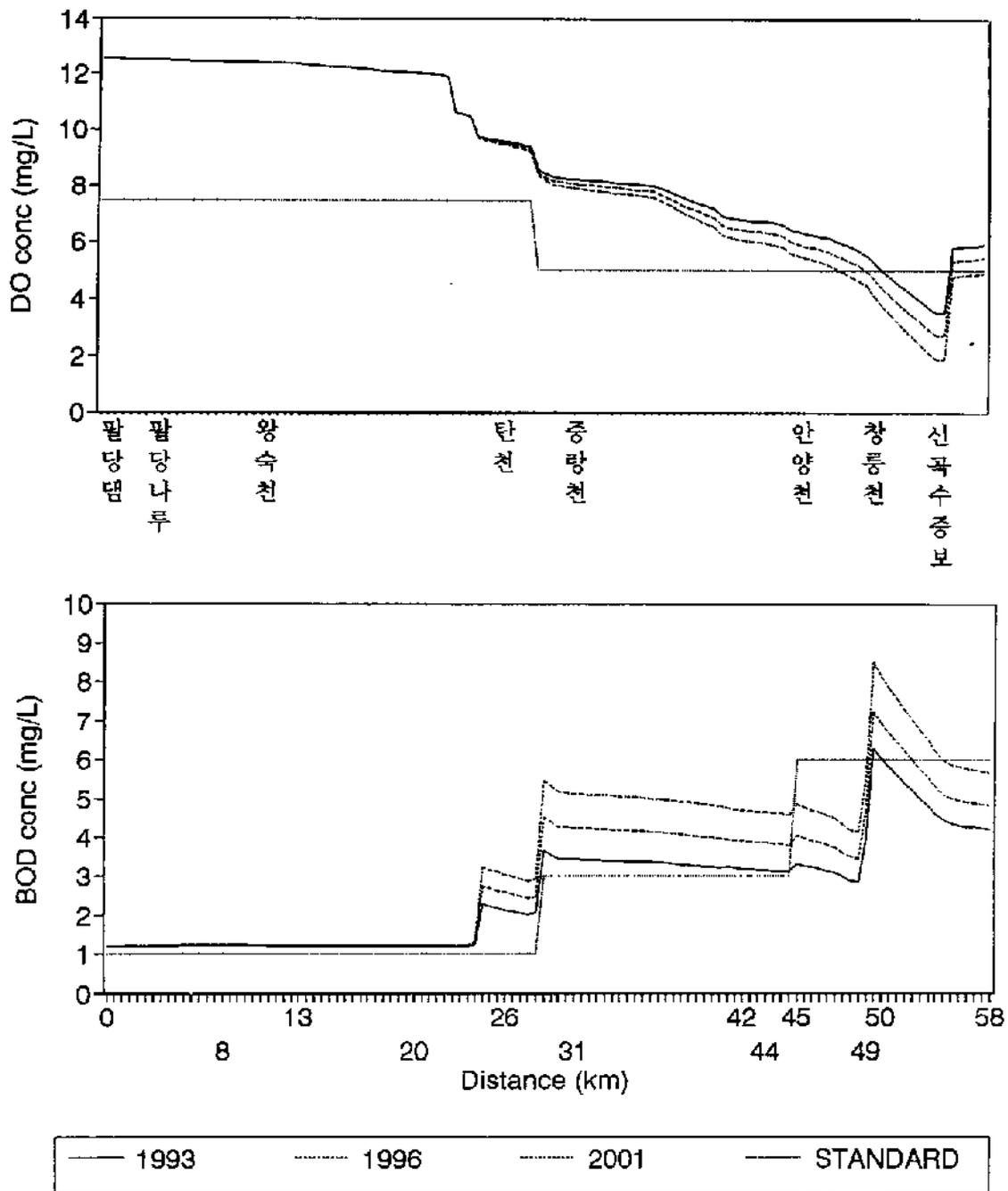
<그림 5-8> 팔당방류수 BOD를 1mg/L이하로 유지할 경우 BOD 변화  
(93년, 방류량:125CMS 기준)

팔당댐으로부터 탄천유입전 수역까지 수질이 향상되나 탄천유입후 수질에는 거의 영향이 없다. 따라서 팔당댐의 BOD를 1mg/L를 유지하고 유입지천의 수질을 개선하여야 蠶室水中湫까지의 거의 1mg/L를 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 蠶室水中湫까지의 수역은 팔당댐 방류량에 영향을 크게 받고 있으며, 또한 방류수의 수질에도 큰 영향을 받는 것으로 나타나고 있다. 따라서 팔당댐의 1등급 수질유지 및 방류량 조절이 한강본류의 수질관리에 중요하다.

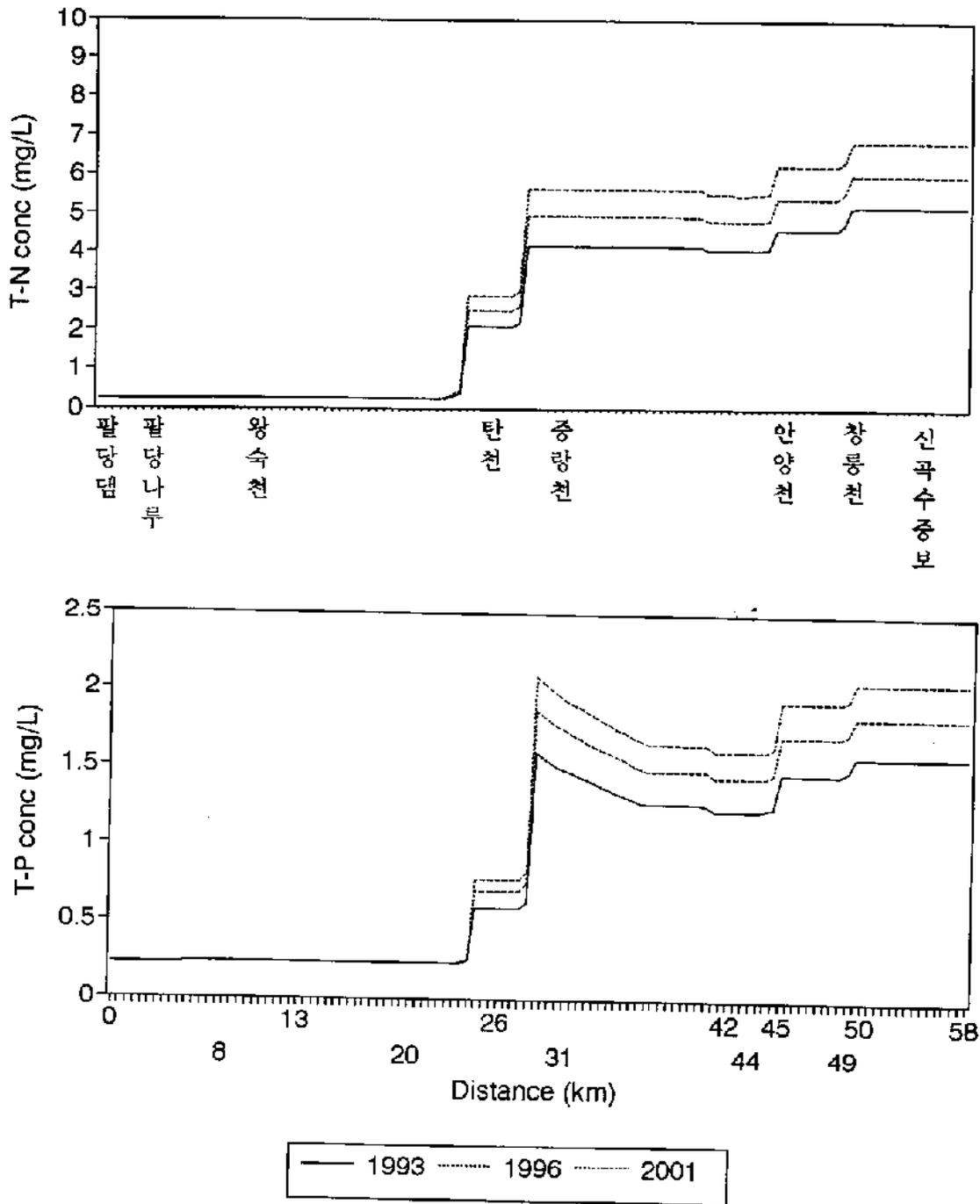
라) 왕숙천 流入水를 잠실수중보 수역으로 By-Pass할 경우

<그림 5-9a,b,c,d>는 왕숙천 流入水를 蠶室水中湫 하류로 By-Pass 했을 경우, 팔당방류량 300CMS에서 현상태 하수처리시와 계획대로 하수처리시에 대해 DO, BOD, T-N, T-P의 수질변화를 나타내고 있다.

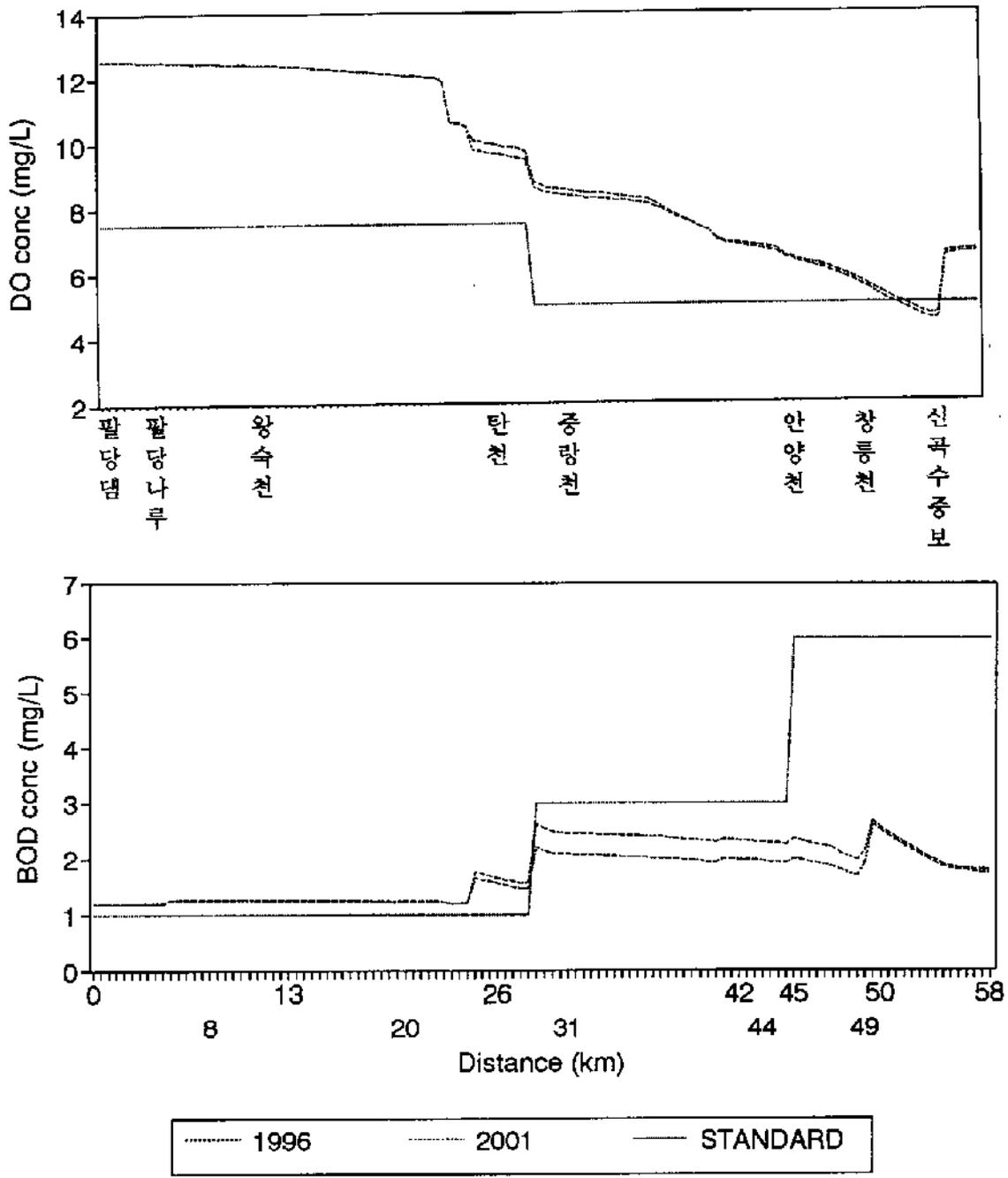
BOD를 보면 왕숙천 流入水를 By-Pass 했을 경우가 By-Pass를 안했을 경우와 거의 차이가 없는 것으로 나타나고 있다. 즉 현 상태로 유지하든지, 하수처리를 하든지 왕숙천이 한강본류에 미치는 영향은 0.05mg/L 정도로 나타나고 있다. 이것은 왕숙천의 유량이 팔당방류량에 비해 매우 작기 때문으로 판단된다. 그러나 QUAL2E 모형에서는 각 계산요소에서의 수질은 완전혼합으로 균일한 것으로 가정하여 계산되었기 때문에 오염된 지천 유입시 일부 지점에서는 실제의 현상을 나타내기가 어렵다. 한강 본류 및 지천의 유속을 감안할 때 지천유입 후 본류와 완전혼합을 기대하기란 어려운 실정이다. 즉, 한강 및 지천의 유속을 고려할 때 본류에서 왕숙천의 유입부 반대편(좌안)에서는 왕숙천의 영향이 거의 없으나 본류의 우안은 국지적으로 크게 영향을 받을 수도 있다. 예로써, 장자못하류 지천과 왕숙천 등이 천호대교 상류에서 한강본류 우안으로 유입함으로써 천호대교 北端에서의 오염도가 높게 나타나는 현상이 이를 뒷받침 해준다. 다시말해서, 왕숙천과 장자못하류의 지천 유입후 혼합이 상당히 이루어졌다고 예상되는 천호대교에서 北端과 南端의 BOD는 각각 1.96mg/L 및 1.88mg/L로 나타나서 北端과 南端에서 약 1mg/L의 차이를 나타내고 있다. 한강의 우안에 위치한 상수취수장에 대한 왕숙천의 영향은 計算値보다 훨씬 클 것으로 판단된다. 따라서 蠶室水中湫까지의 취수원수역 관리를 위해서는 왕숙천의 수질관리가 중요하다.



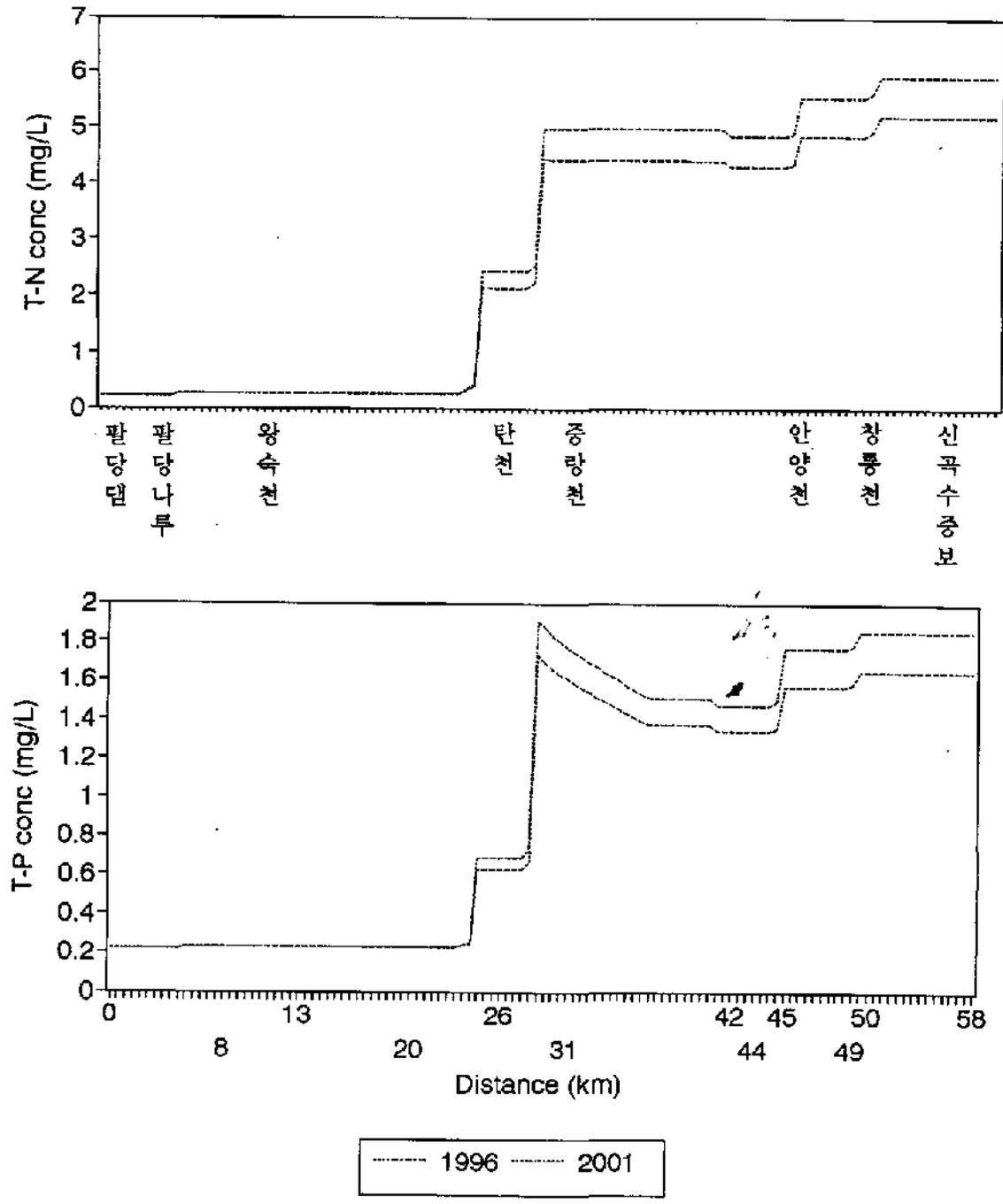
<그림 5-9a> 왕숙천을 잠실수중보 하류로 By-pass 할 경우 년도별 수질변화 (DO 및 BOD, 현상태로처리시, 팔당방류량:300CMS)



<그림 5-9b> 왕속천을 잠실수중보 하류로 By-pass 할 경우 년도별 수질변화 (T-N 및 T-P, 현상태로처리시, 발당방류량:300CMS)



<그림 5-9c> 왕숙천을 잠실수중보 하류로 By-pass 할 경우 년도별 수질변화 (DO 및 BOD, 계획대로 처리시, 팔당방류량:300CMS)



<그림 5-9d> 왕숙천을 잠실수중보 하류로 By-pass 할 경우 년도별 수질변화 (T-N 및 T-P, 계획대로 처리시, 팔당방류량:300CMS)

## 5.3 RMA 모형을 이용한 동적 수질 예측

본절에서는 5.3.1절에 모형의 개요, 5.3.2 수리 및 수질 모형을 위한 RMAGEN 모형, 5.3.3 RMA-2 모형(수리부문)의 동적수행, 5.3.4 RMA모형(수질부문)의 동적수행, 5.3.5 동적 수질오염도 예측으로 나누어 설명하였다. 특히, 5.3.5절에는 가) 팔당방류량 125CMS시 동적 수질예측, 나) 팔당방류량 300CMS시 동적 수질예측, 다) 탄천 및 증랑천의 유량이 COD 30mg/L이하로 한강본류에 합류되는 경우 라) 천호대교 부근에서 유해물질 유출 사고시 모의 발생 순으로 설명하였다.

### 5.3.1 모형의 개요

하천 수질관리 대책수립에 가장 기본적인 것은 현재 수질의 확실한 평가와 정확한 장래 수질예측이며, 하천 수질은 하천 자체에 여러가지 복잡한 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 거치므로 수질예측을 위해서는 보다 합리적이고 과학적인 방법을 필요로 한다. 따라서 본 절에서는 시간적, 공간적 수질예측을 필요로 하므로 그 도구로서 동적 수질예측모형을 이용하였다.

본 연구에 사용된 모형은 RAM 모형으로서, 1973년 Resource Management Associates, Inc.의 Norton 등이 하천 및 하구의 유속분포를 예측하기 위한 유한요소 수치모형(Finit Element Method Model)으로 개발되었다. 1990년 U.S Army Engineer Waterway Experiment Station의 Thomas & McAnally 등에 의하여 많은 수정 및 보완이 되었고, 1993년에 Brigham Young 대학에서 FastTABS 2.2 Windows Version으로 발표하였다. Ian. P. King(캘리포니아주립대 토목공학과) 교수는 Resource Management Associates, Inc.에서 이를 수정 보완하여 RMA라는 모형으로 1988년에 UNIX Version 4.0을 발표하였고, 1994년에 PC Version 5.0을 발표하였다.

RMA 모형과 유사한 유한요소 모형으로는 OSU Model 등이 국내에 보급되어 팔당호의 수리계산과 한강 하류의 水中淤 수리계산에 적용한 바 있으나 수리계산에만 이용되었을 뿐 수질계산에는 이용되지 않았다. 따라서 평년 2차원 dynamic 모형인 RMA를 이용한 수리 및 수질계산은 본 시정개발연구원에서 처음으로 발표하게 된 것이라 생각된다.

본 모형은 FORTRAN-77로 작성되어 Lahey FORTRAN (with Graphoria Library)으로 Compile 되었고 모형을 수행하기 위해서는 기본적으로 HD 200Mb 이상, MainMemory 8Mb이상, Color Monitor, MOUSE 등이 갖추어진 IBM PC 호환 기종인 PC 386급 이상이 요구된다.

본 모형에는 우선 Graphical Preprocessor로서 RMAGEN 모형과 Preprocessor로서 RMA-1모형이 독립적으로 구성되어 있다. RMAGEN 모형은 지형자료를 읽어들이고, 격자망구성을 위한 절점(Node)과 요소(Element)를 임의로 생성할 수 있으며 자동적으로 만들수도 있는 Mesh Generator이다. TABS 모형(Windows Version)의 GFGEN 모형처럼 격자의 자동발생이 편리하지는 않지만 절점 및 요소의 수정 또는 삭제 추가를 임의대로 수행할 수 있으며, 자료를 ASCII 형태와 BINARY 형태로 동시에 저장할 수 있으므로 DOS 편집기로 DATA를 수정 및 추가 삭제가 가능하여 MOUSE를 이용한 편집이 불편한 경우에도 효과적이다. RMAGEN 모형은 入力資料인 좌표와 표고를 MOUSE를 통하여 Monitor상에서 받아들이며, RMAGEN 모형의 출력은 절점 및 요소번호와 좌표 및 표고를 BINARY 형태로 저장되어 RMA-2, RMA-4, RMA-6, RMA-9, RMA-10, SED-2, SED-8, RMAPLT 모형 등의 入力資料로 사용된다

RMA-1 모형은 RMAGEN 모형과 입출력과 용도가 대동소이하며 ASCII 입력 자료를 BINARY FILE로 출력하여 RMA 모형의 입력자료로 제공한다.

Postprocessor로서 RMAPLT 모형은 RMAGEN(또는 RMA-1), RMA-2, RMA-4, RMA-6, RMA-9, RMA-10, SED-2, SED-8 모형 등의 입력 및 출력 자료를 Color Graphic Display한다.

Main Processor에는 RMA-2, RMA-4, RMA-6, RMA-9, RMA-10, SED-2, SED-8 모형 등이 있으며 RMA-2 모형은 수리계산 모형으로서 RMAGEN의 출력인 *.geo 파일(Binary)을 지형 및 격자망자료로 받아들이며 관측된 수위, 유속, 유량 및 그의 관계식과 조도 및 擴散·分散係數, 풍향, 풍속등을 이용하여 각각의 절점에서의 유속의 크기와 방향을 계산한다.

RMA-4 모형은 RMAGEN과 RMA-2 모형의 출력인 *.geo, *.VEL을 지형 및 격자망 자료, 유속 및 유량자료로 받아들이고 경계조건 수질자료(최대 6개 항목)와 확산·분산계수를 이용하여 시간에 따른 수질변화를 각 격자망에서의 공간적인 분포로 계산하여 준다.

RMA-6 및 RMA-9 모형은 성층이 발생하는 호수에서의 수평적으로 평균된 (Laterally Averaged) 수리 및 수질을 모의발생하는 모형이며, RMA-10 모형은 밀도성층이 발생하는 호수에 적용하기 위한 모형이다. SED-2 및 SED-8 모형은 2차원 및 3차원 모형으로 퇴적저니 이동에 관한 모의발생을 위해 개발된 모형으로 RMA 모형의 부모형으로 각각 구성되어 있다.

본 연구에서는 한강의 주요 관심 지점의 수질분포 및 수질변화를 파악하기 위하여 RMA 모형중에서 RMAGEN(RMA-1), RMA-2, RMA-4, RMAPLT 부모형을 수행하였다.

### 5.3.2 수리 및 수질모형을 위한 RMAGEN모형

수리(RMA-2) 및 수질(RMA-4) 모형을 수행하기 위해서는 본 연구의 대상지역인 한강의 지형을 나타내어야 한다. 즉 RMAGEN을 발생시켜야 한다. 따라서 한강관리사업소의 1993년도 한강수심측량도 (1:50,000)를 기초로 절점 및 요소의 좌표와 하상 표고를 RMAGEN 모형을 이용하여 MOUSE로 지형자료를 입력하였다.

#### 가) RMAGEN 모형 수행의 조건

본 모형의 수행은 5.3.1절의 모형의 개요에 제시된 PC를 기본으로, 절점의 갯수는 최대 6000개, 요소의 갯수는 최대 3000개, 절점 및 요소의 자동발생 가능한 갯수는 최대 250개로 제한되어 있다. 격자망을 구성할 때 장애물이 있을 경우에는 그 부분을 가능하면 단순화하여 처리하여야 하며, 계산시 해의 발산을 방지하기 위해서는 인접한 큰 요소와 작은 요소의 면적이 50% 이상 차이나지 않도록 구성하여야 하고, 계산시 오차가 크게 발생되지 않도록 요소의 모양은 가능하면 정다각형에 가깝게 하여야 한다. 인접한 절점의 바닥 표고 차이는 해의 안정을 위해서 20% 이상 차이나지 않는 것을 기본으로 하며 요소의 바닥경사도 1:10을 넘지 않도록 하여야 한다.

한강을 천호대교에서부터 新谷水中淤까지의 41.7km 구간에 대해 절점수 5,100개, 요소수 1,500개로 구성된 격자망을 구성하였다. 한강본류 구간은 계산오차를 줄이기 위하여 250m 내외의 정사각형에 가까운 요소로 구성하였고 고수부지는

수리계산에 사용되지 않았기 때문에 좁은 직사각형 요소로 단순화하여 개략적으로 입력한 평면 2차원 격자망을 구성하였다. <그림 5-10>은 한강을 평면 2차원 격자망으로 구성한 것이다. 신곡水中淤, 중랑천, 탄천, 천호대교부근의 RMA모형의 격자망 구성을 위한 Node 번호, 표고 및 Element 번호는 <부록 5-1a~3d>에 나타내었다.

### 5.3.3 RMA-2 모형(수리부분)의 수행

#### 가) RMA-2 모형 수행의 조건

본 모형의 수행은 RMAGEN 모형과 마찬가지로 5.3.1절의 모형 개요에 제시된 PC를 기본으로 한다. RMA-2 모형의 지배방정식은 x축, y축 방향으로 적분된 2차원 질량보전식으로서, <식 5-8>~<식 5-10>의 연속방정식을 Newton Raphon 방법으로 적분한 것이다,

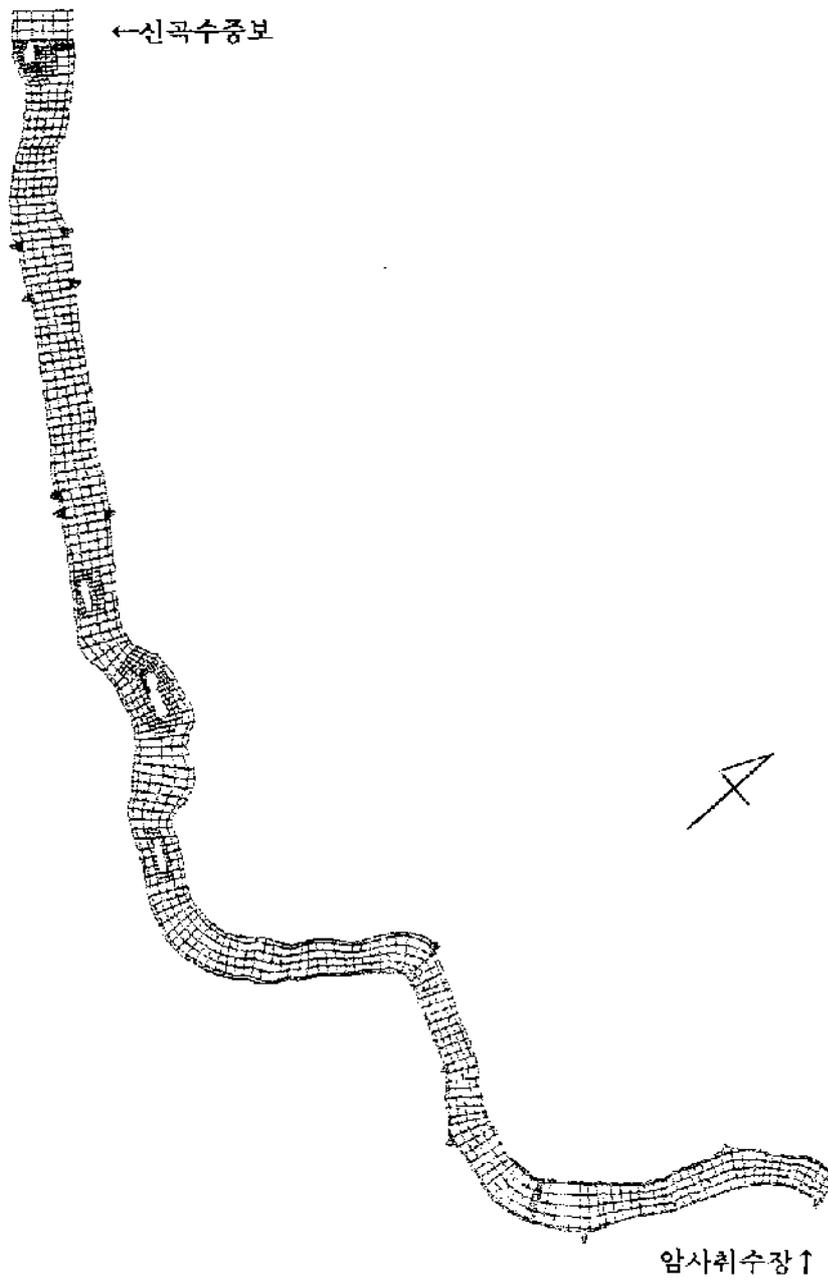
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (uh)}{\partial x} + \frac{\partial (vh)}{\partial y} = 0 \quad \text{<식 5-8>}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_o}{\partial x} \right) \\ & - \frac{\epsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad \text{<식 5-9>} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_o}{\partial y} \right) \\ & - \frac{\epsilon_{yx}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad \text{<식 5-10>} \end{aligned}$$

여기서 :

- $x$  = distance in the x-direction (longitudinal to flow direction)[L]
- $u$  = horizontal flow velocity in the x-direction [LT⁻¹]
- $y$  = distance in the y-direction (lateral to flow direction)[L]
- $v$  = horizontal flow velocity in the y-direction [LT⁻¹]



<그림 5-10> RMA 모형을 위한 한강 본류의 격자망 구성

- $t$  = time [t]
- $g$  = gravity acceleration due to gravity [ $LT^{-2}$ ]
- $h$  = water depth [L]
- $a_0$  = elevation of the profile bottom [L]
- $\rho$  = fluid density [ $ML^{-3}$ ]
- $\epsilon_{xx}$  = normal turbulent exchange coefficient in the x-direction [ $MT^{-1}L^{-1}$ ]
- $\epsilon_{xy}$  = tangential turbulent exchange coefficient in the x-direction  
[ $MT^{-1}L^{-1}$ ]
- $\epsilon_{yx}$  = tangential turbulent exchange coefficient in the y-direction  
[ $MT^{-1}L^{-1}$ ]
- $\epsilon_{yy}$  = normal turbulent exchange coefficient in the y-direction [ $MT^{-1}L^{-1}$ ]
- $C$  = Chezy roughness coefficient (converted from Manning's  $n$ ) [ $L^{2/3}T^{-1}$ ]

RMA-2 모형은 조사된 유량, 유속, 수위등의 자료와 함께 RMAGEN의 지형자료를 이용하여 각각의 요소에서 유속의 크기 및 방향을 결정하는 도구이다.

RMA-2 모형의 수행에 있어서 경계조건의 입력은 가장 중요한 요건이며 하류의 수위변동과 상류의 유속분포 및 유입유량의 수는 모의발생시 결과치에 큰 영향을 미치고 있다. 이러한 영향을 제거하기 위해서는 주요 관심구역을 가능하면 경계조건으로 설정하지 않거나, 경계조건으로부터 대상구역까지 요소를 20개 이상 배치시키거나 실제현장에서의 거리가 수 km이상 떨어져 위치하도록 하여야 한다.

또한 유속과 요소의 크기 및 擴散係數에 관련된 Peclet Number ( $P = (V \cdot \Delta X) / \nu$ ;  $V$  = Velocity,  $\Delta x$  = mesh spacing,  $\nu$  = Eddy Viscosity =  $E_{ij}/1.00 \text{ kg/m}^3$ ,  $E_{ij}$  = Turbulent Exchange Coefficients)값이 50을 넘지 않도록 하여야 한다. 그런데, Peclet Number를 50 이하로 하기 위하여  $E_{ij}$ 를 너무 크게 하면 유속 분포를 적정하게 모의발생할 수 없게 되므로 주의 하여야 한다.

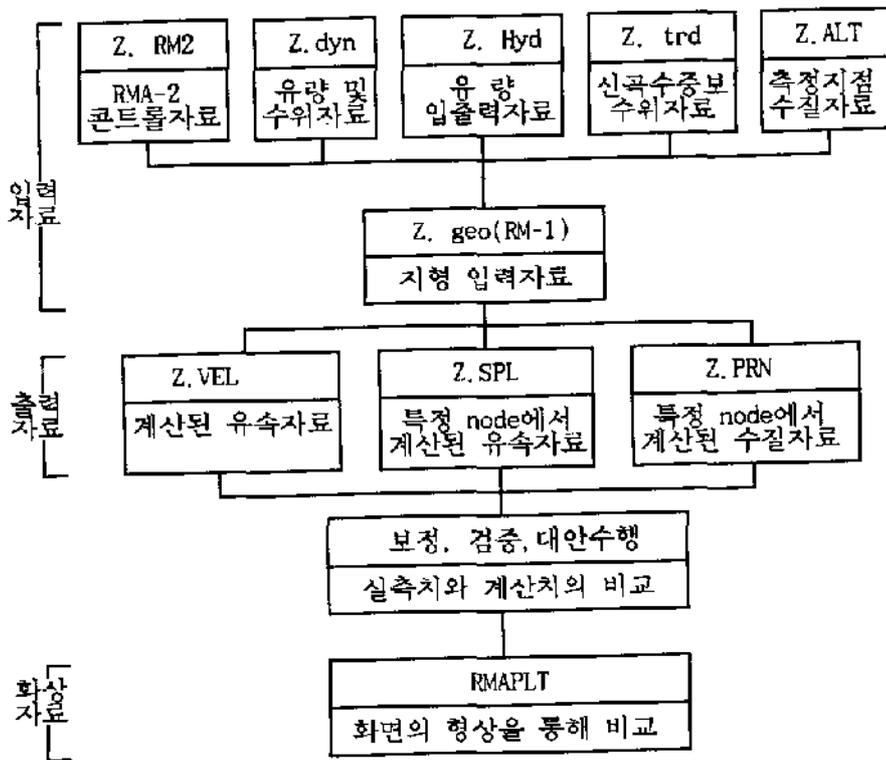
그리고 격자망의 구성을 너무 단순화하거나 요소의 모양이 길고 좁은 형태가 되면 특정 요소구역에서 유량의 흐름 방향이 180도로 뒤바뀌는 것이 반복되는데, 이는 격자망을 좀 더 작은 크기로 나누면 해결할 수 있으며 검증선(Continuity Check Line)을 입력화일에 삽입하면 쉽게 발견해 낼 수 있다.

초기 유량조건으로 인하여 해가 발산을 할 경우에는 Steady State의 모의발생에서 유량을 점차로 증가시켜가면 되고 이에 따라 Bij를 적절하게 줄여가면 유속 분포를 적정하게 모의발생할 수 있을 것이다. 그리고 현실과는 동떨어진 무리한 가정(예를 들면, 성층이 발생하는 곳을 수직적으로 평균화하여 처리 등)을 하지 않도록 주의하여야 하며 모의발생 후에는 반드시 현장에서 그러한 현상이 발생하는지 조사할 필요가 있다.

RMA-2 모형의 入力資料를 구득하기 위하여 1994년 2월부터 10월까지 9개월 동안 팔당댐 방류량과 중랑천 등 12개 지천의 유입량과 유속 그리고 구의 취수장 등 8개 취수장의 취수량, 가양 하수처리장 방류수 등 3개 처리장 방류수 유량등을 계절별로 조사하였다.

나) RMA-2 모형의 보정 및 검증

① RMA-2 모형의 보정



<그림 5-11> RMA-2, RMA-4모형 수행도

RMA-2 모형의 補正, 檢證 및 대안에 따른 수행을 위한 입력자료는 <그림 5-11>과 같이 이루어진다. 하류경계 조건인 新谷水中湫 수위자료는 新谷水中湫 농시개항 조합에서 1시간 간격으로 측정된 '94년도 수위를 참고로하여 사용하였다(<표 5-3> 참조). 보정은 각 방향의 확산 계수  $E_{xx}$ ,  $E_{xy}$ ,  $E_{yx}$ ,  $E_{yy}$ 와 Manning's  $n$ 을 기본으로 하여 계산요소의 재질분포, 계산 시간 간격, 초기 입력치 등을 이용하였다. FastTABS 2.2에서 제안한 것과 같이  $E_{xx}$ ,  $E_{xy}$ ,  $E_{yx}$ ,  $E_{yy}$ 를 같은 값으로 처리하였으며 가능한 한 작은 값이 되도록 하였다.

RMA-2 모형의 補正 및 檢證을 위해 해운항만청의 '94년 조석표에서 인천의 시조위를 참고하고 하류 경계조건인 新谷水中湫의 조위를 고려하여 한남대교동 3개 지점을 선정하여 하천중앙에서 시간별 유속을 6분 간격으로 측정하였다. 본 연구에서 적용한 擴散係數 값은  $7,000 \text{ N sec/m}^2$ 이었으며, 이는 Default값인 <표 5-4>와 비교하면 Wetland with Tidal wetting and drying에 속하는 수치로서 본 모형 한강이 갑조하천임을 적절히 반영하고 있는 것으로 판단할 수 있었다.

<표 5-3> RMA-2 모형의 보정 및 검증에 사용된 신평수중보의 수위자료

보정에 사용된 신평수중보 수위 자료(1994.5.31)				검정에 사용된 신평수중보 수위 자료(1994.6.14)			
시 간	수위,cm	시 간	수위,cm	시 간	수위,cm	시 간	수위,cm
1	90	13	105	1	220	13	200
2	85	14	90	2	210	14	170
3	80	15	80	3	190	15	150
4	75	16	150	4	190	16	140
5	190	17	265	5	190	17	140
6	340	18	270	6	180	18	170
7	300	19	230	7	180	19	320
8	260	20	200	8	180	20	360
9	230	21	170	9	330	21	340
10	170	22	140	10	300	22	310
11	140	23	120	11	260	23	260
12	120	24	105	12	240	24	230

<표 5-4> 대표적인 Turbulent Exchange Coefficients.

CONDITION	$\epsilon$ Value [lb · sec/ft ² ]	$\epsilon$ Value [ N · sec/m ² ]
Shallow River (Slow Current)	5 ~ 25	240 ~ 1200
Shallow River (Fast Current)	25 ~ 50	1200 ~ 2400
Deep Estuary (Small Elements)	50 ~ 100	2400 ~ 4800
Deep Estuary (Large Elements)	200 ~ 300	9500 ~ 14400
Wetland with Tidal wetting and drying	100 ~ 200	4800 ~ 9500
Flow Separation around Structures	1 ~ 5	50 ~ 240

$$1\text{b} \cdot \text{sec}/\text{ft}^2 = 47.8791\text{ N} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$$

자료 : FastTABS, 1993, 2,2 Windows Version User's Manual.

Manning 계수는 자연 하천이 갖는 범위 내에서 조정하였다. 즉 하천연안과 수중섬연안 및 주수로 구역을 각각 0.850, 0.40, 0.020으로 구분하여 적용하였다. 이는 <표 5-5>에서 보듯이 한강 본류의 주수로 구역은 0.020~0.030으로서 Deep River 상태의 하천으로 나타내었으며 제방 구역과 수중보구역에서는 각각 0.850와 0.4로서 Dense Vegetation in a Wetland의 조건에 속한다. 한강의 물은 주수로 구역을 통하여 거의 대부분 흐르므로 제방 구역과 수중보구역에서의 이러한 가정은 큰 무리가 없을 것으로 판단하였다.

<표 5-5> 제안된 Manning's Values

CONDITION	n Value
Shallow River without Snags	0.025 ~ 0.035
Deep River	0.018 ~ 0.025
Shallow Estuary without Vegetation	0.020 ~ 0.030
Deep Estuary	0.015 ~ 0.020
Dense Vegetation in a Wetland	0.05 ~ 0.10

자료 : FastTABS, 1993, 2,2 Windows Version User's Manual.

한강 본류의 유속은 <표 5-6>처럼 성산대교의 경우 인천의 조위에 따라 역과  
순의 방향으로  $-0.40 \text{ m/s} \sim +0.26 \text{ m/s}$ 의 범위로 측정되었다.

보정에 사용된 유속의 實測値는 <표 5-6>과 같고 RMA-2모형으로 계산한 유  
속값은 <부록 5-4>에 나타내었다. RMA-2모형의 보정결과는 <그림 5-12>에 나  
타낸 바와 같이 계산한 유속값이 실측값을 잘 나타내고 있다. 즉, <그림 5-12>  
의 1:1 그래프에서처럼 상관계수가 0.93으로 매우 높으며 實測値와 計算値의 차  
이도 근소하게 나타나서 RMA 모형이 한강의 수리현상을 비교적 잘 나타내고  
있음을 알 수 있다.

## ② RMA-2 모형의 검증

보정된 계수를 이용하여 1994년 6월 1일의 팔당 방류량 260CMS와 新谷水中狀  
의 수위등을 입력하여 모형검증을 실행하였다. 檢證에 이용한 실측값은 <표  
5-6>에 나타내었다. 즉 한남대교등에서 6분 간격으로 실측한 유속 측정 자료를  
RMA-2 모형의 檢證에 이용하였다. 그 결과 <그림 5-13>에서 보는 바와 같이  
팔당 방류량이 200 CMS시에도 計算値가 實測値를 잘 반영하고 있음을 알 수 있  
다. <그림 5-13>의 1:1 그래프에서 상관계수가 0.92로서 實測値와 計算値가 양호  
한 상관관계를 나타내고 있어 보정결과와 마찬가지로 검증결과도 한강수리 현상  
을 잘 나타내고 있다.

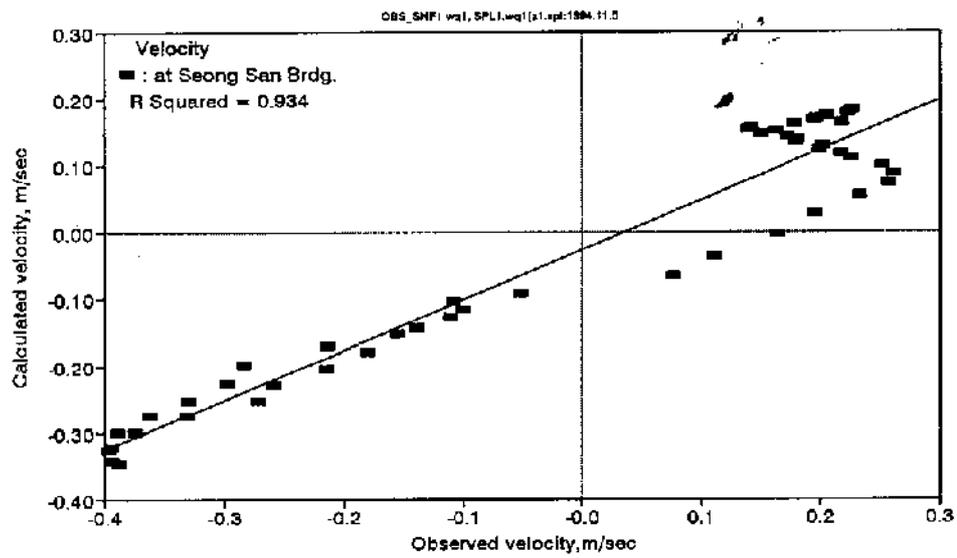
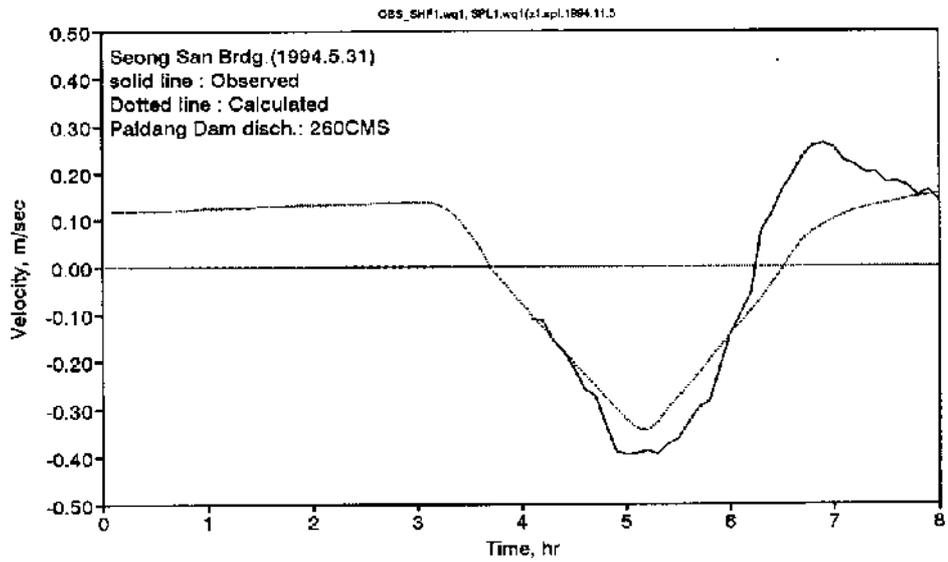
증랑천 및 탄천 부근에서 갈수량인 125CMS시의 유속벡터를 <그림 5-14a,b>  
에 300CMS시의 유속벡터를 <그림 5-15a,b> 나타내었다. 그리고 125CMS 및  
300 CMS인 경우에 대해 신곡수중보 및 천호대교부근에서 유속벡터를 <부록  
5-5a,b> 및 <부록 5-6a,b>에 나타내었다. 또한 683 CMS시의 신곡수중보 및 증  
랑천 부근에서 유속벡터는 <부록 5-7a,b>에 나타내었다. 여기서 팔당방류량이  
많을수록 유속벡터가 큰 것을 알 수 있다.

<표 5-6> 한강 주요 지점의 연속 유속측정 결과

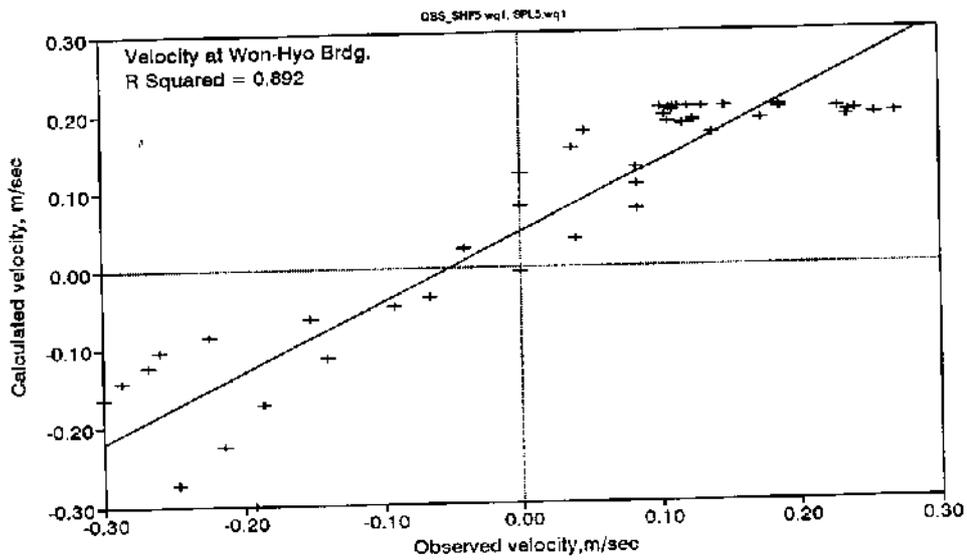
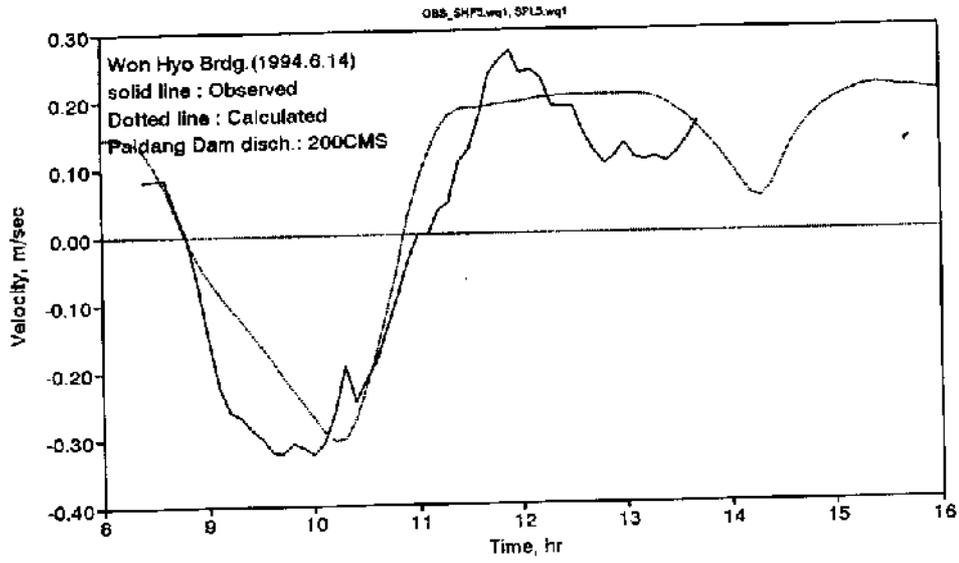
시간	한남대교	원효대교	성산대교	시간	한남대교	원효대교	성산대교
2.7	0.054			6.0	-0.051	-0.186	-0.140
2.8	0.057			6.1	-0.042	-0.140	-0.101
2.9	0.054			6.2	0.000	-0.091	-0.052
3.0	0.050			6.3	0.055	-0.041	0.076
3.1	0.052			6.4	0.038	0.000	0.111
3.2	0.048			6.5	0.052	0.000	0.164
3.3	0.049			6.6	0.074	0.037	0.195
3.4	0.044			6.7	0.092	0.046	0.232
3.5	0.042			6.8	0.113	0.106	0.257
3.6	0.040			6.9	0.135	0.125	0.262
3.7	0.043			7.0	0.136	0.174	0.252
3.8	0.039	0.083		7.1	0.175	0.235	0.225
3.9	0.043	0.084		7.2	0.179	0.255	0.216
4.0	0.043	0.084		7.3	0.203	0.269	0.199
4.1	0.051	0.040	-0.109	7.4	0.122	0.236	0.201
4.2	0.059	0.000	-0.111	7.5	0.112	0.241	0.179
4.3	0.081	-0.067	-0.155	7.6	0.103	0.229	0.181
4.4	0.119	-0.151	-0.181	7.7	0.080	0.187	0.172
4.5	0.107	-0.224	-0.215	7.8	0.068	0.186	0.150
4.6	0.109	-0.260	-0.258	7.9	0.065	0.187	0.162
4.7	0.108	-0.268	-0.272	8.0		0.147	0.139
4.8	0.099	-0.287	-0.331	8.1		0.121	0.142
4.9	0.078	-0.300	-0.389	8.2		0.101	0.178
5.0	0.000	-0.321	-0.395	8.3		0.113	0.218
5.1	-0.042	-0.323	-0.394	8.4		0.132	0.195
5.2	-0.036	-0.308	-0.387	8.5		0.110	0.197
5.3	-0.049	-0.315	-0.396	8.6		0.107	0.205
5.4	-0.058	-0.325	-0.374	8.7		0.110	0.205
5.5	-0.100	-0.305	-0.361	8.8		0.104	0.223
5.6	-0.117	-0.263	-0.330	8.9		0.117	0.224
5.7	-0.059	-0.193	-0.299	9.0		0.138	0.226
5.8	-0.049	-0.247	-0.284	9.1		0.164	
5.9	-0.045	-0.215	-0.214				

주) 측정일자

한남대교: 1994.6.1, 원효대교 : 1994.6.14, 성산대교 : 1994.5.31



<그림 5-12> RMA-2 모형의 보정 결과( $\gamma^2 = 0.93$ )



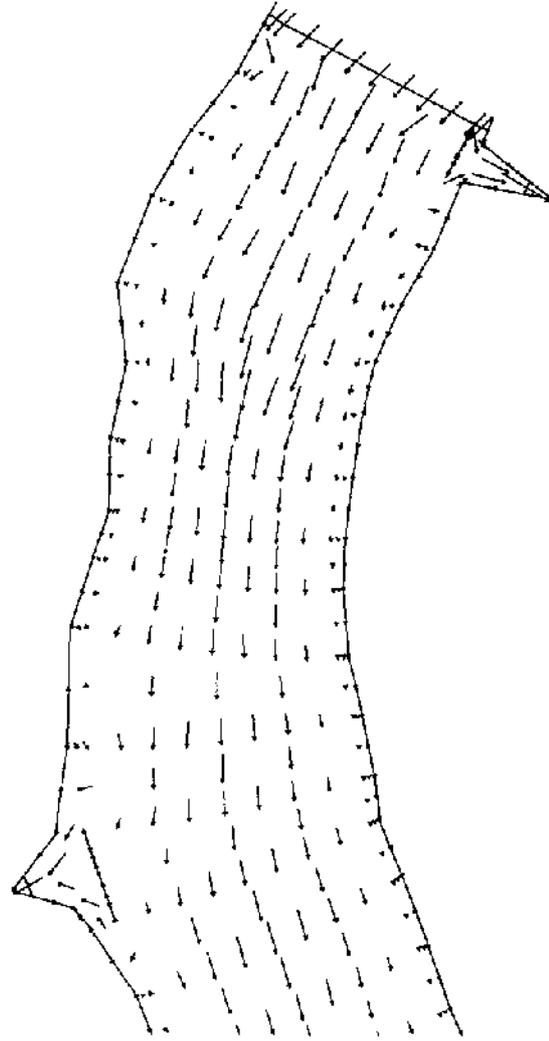
<그림 5-13> RMA-2 모형의 검증 결과( $r^2 = 0.89$ )

```
(v)plot (t)time c(o)nt(s)paceg(9)resid (s)avare(P)lot (z)axiom((b)draw(q))unit
```

Velocities from file

at time 0.1

0.50 →



<그림 5-14a> 한강분류 유량이 125 CMS일때 지점별

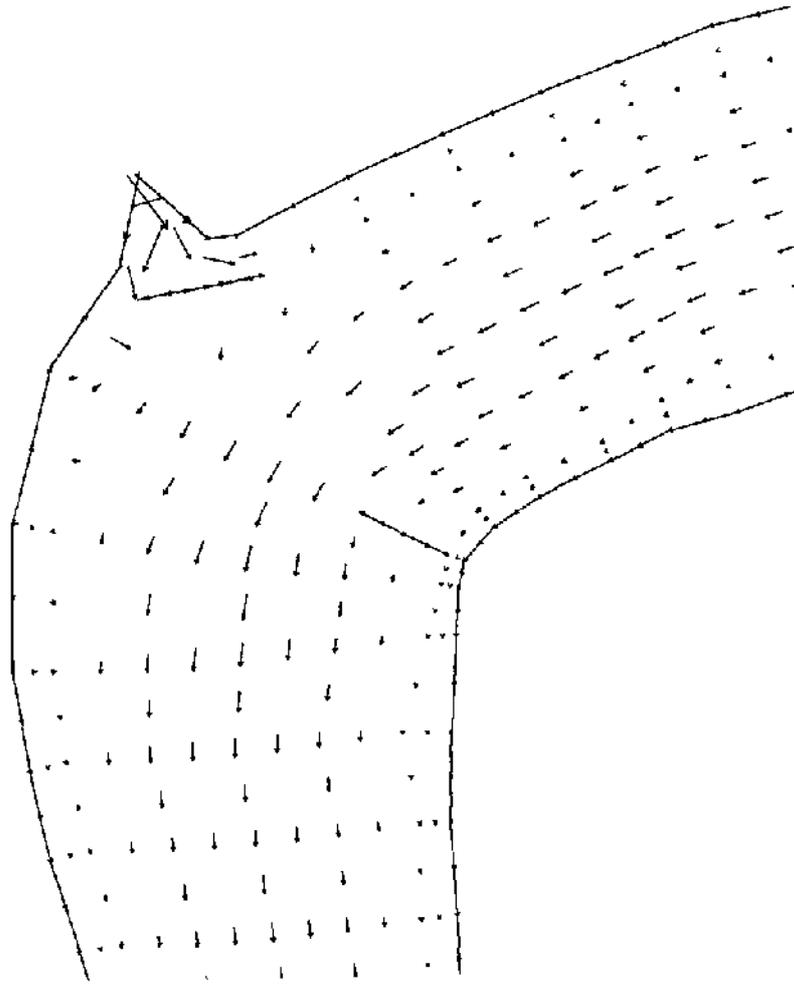
유속벡터(탄진유입부)

(v)plot (t)ime c(o)nt(s)paceg(s)read (s)avere(P)lot (z)om(m)(t)raw(w(q))uitt

Velocities from file

at time 0.1

0.50 →

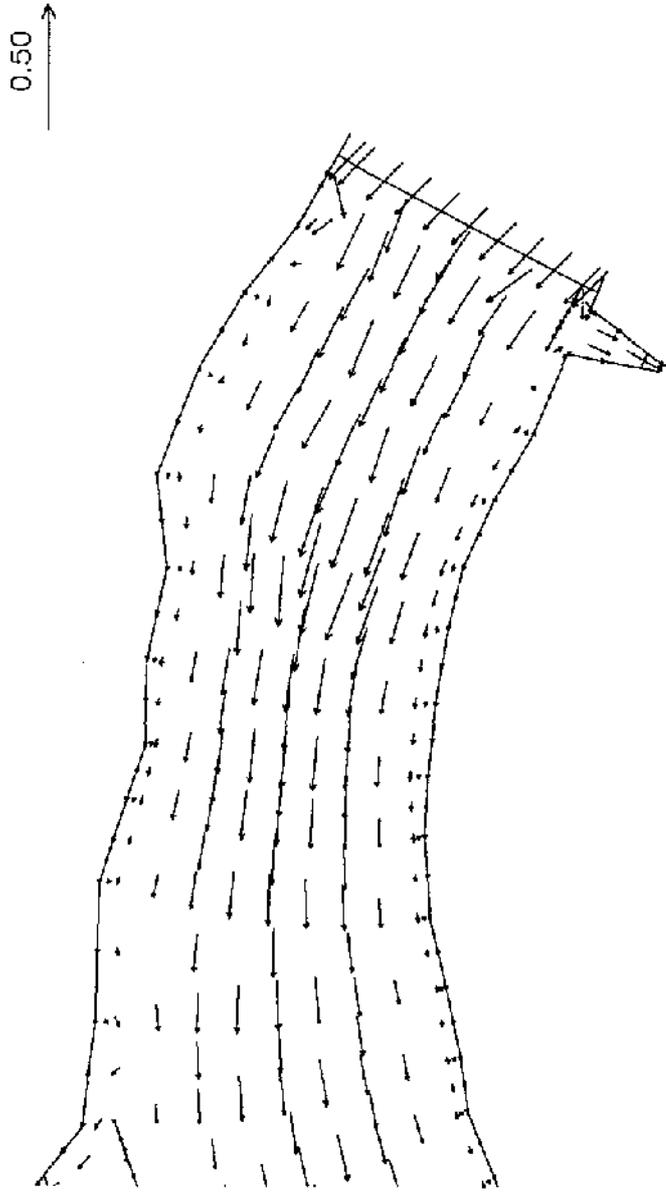


<그림 5-14b> 한강분류 유량이 125 CMS일때 지점별  
유속벡터(증량천유입부)

```
(v)plot (t)ime c(o)nt(s)paceg(9))read (s)ave(P)lot (z)axiom(f(t))raw(q)unit
```

Velocities from file

at time 0.1



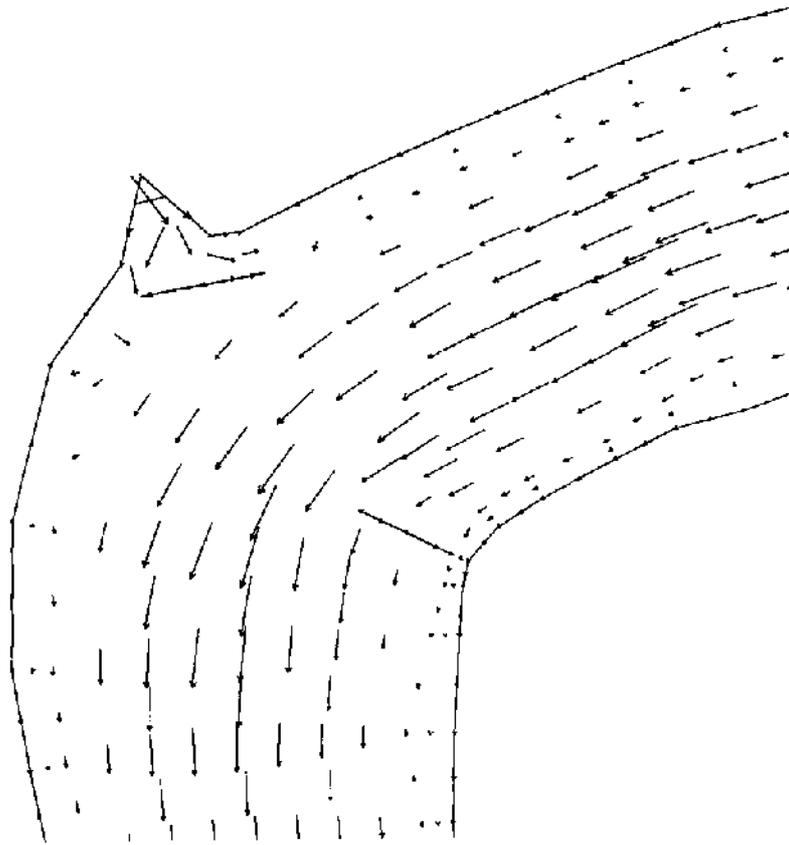
<그림 5-15a> 한강분류 유량이 300 CMS일때 지점별

유속벡터(탄천유입부)

```
(v)plot (t)time c(o)nt(s)paceg(9)read (s)ave(r(P))ot (z)oom(t)draw(q)uitt
```

Velocities from file at time 0.1

0.50 →



<그림 5-15h> 한강본류 유량이 300 CMS일때 저점별  
유속벡터(중랑천유입부)

### 5.3.4 RMA-4 모형(수질부분)의 수행

#### 가) RMA-4 모형 수행의 조건

본 모형의 수행은 RMAGEN 모형과 마찬가지로 5.3.1절의 모형 개요에 제시된 PC를 기본으로 한다. RMA-4 모형은 지배방정식은 x축, y축 방향으로 적분된 2차원 이류-확산방정식으로서 <식 5-11>의 물질수지 방정식을 Newton Raphon 방법으로 적분한 것이다.

$$h \left( \frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} - D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - \sigma + kc \right) = 0 \quad \text{<식 5-11>}$$

여기서 :

$x$  = distance in the x-direction (longitudinal to flow direction) [L]

$u$  = horizontal flow velocity in the x-direction [ $L T^{-1}$ ]

$y$  = distance in the y-direction (lateral to flow direction) [L]

$v$  = horizontal flow velocity in the y-direction [ $L T^{-1}$ ]

$t$  = time [T]

$h$  = water depth [L]

$c$  = concentration of constituent [ $MT^{-3}$ ]

$D_x$  = turbulent diffusion coefficient in the x-direction [ $L^2 T^{-1}$ ]

$D_y$  = turbulent diffusion coefficient in the y-direction [ $L^2 T^{-1}$ ]

$\sigma$  = local source or sink of constituent [ $MT^{-1} L^{-2}$ ]

$k$  = decay rate of constituent [ $T^{-1}$ ]

RMA-4 모형은 조사된 수질, 수온, 부하량 등의 자료와 함께 RMAGEN의 출력인 지형자료와 RMA-2의 출력인 유속의 크기와 방향을 이용하여 각 요소에서의 水質濃度와 확산형태를 시간에 따라 계산하는 도구이다.

RMA-4 모형은 RMA-2의 유속벡터를 이용하여 보전성 물질이나 비보전성 물

질에 관계없이 단순히 수질항목(최대 6개)의 시간에 따른 擴散과 자정에 의한 각 요소의 水質濃度를 계산하며, RMA-2가 정상상태이면 입력화일 형태도 정상상태로 하여야 하며, 동적상태이면 시간에 따른 入力資料 화일을 준비하여야 한다.

RMA-4 모형의 정확도는 격자망 구성과 입력자료에 영향을 받으며, 擴散係數와 자정계수에 가장 큰 영향을 받는다. 특히 큰 擴散係數는 횡방향 水質濃度를 균일하게 계산하게 된다. 그러므로 모형 수행시 적절한 계수의 선택과 격자망의 구성은 RMA-2에서와 같이 모형의 보정시간을 단축시켜 효율적인 모형작업이 수행되게 한다.

RMA-4 모형의 入力資料로는 팔당댐 방류량 및 중랑천등 한강 본류 주요지점과 12개 지천의 流入水 수질 등이다.

#### 나) RMA-4 모형의 보정 및 검증

##### ① RMA-4 모형의 보정

수질모형 보정에 이용된 상류경계 조건인 천호대교 등 수질자료는 94년 5월 10일부터 94년 5월 11일 사이 24시간 연속 측정된 자료이다. 補正은 각 방향의 擴散係數와 자정계수를 기본으로 하여 지천과 본류 구간에서의 시간에 따른 水質濃度, 계산시간 간격, 초기 입력치 등을 이용하였다.

<그림 5-16a,b,c,d>는 각각 DO, COD,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  등의 수질 항목에 대한 보정결과를 나타낸 것이다. 擴散係數( $D_x, D_y$ )는 default 값(0.15)으로 하였으며 水質項目의 자정계수는 각각 재포기 계수는 0.50, COD 제거 계수는 0.20, 질소(T-N)제거계수는 0.10, 총인(T-P)제거계수는 0.0004로 나타났다.

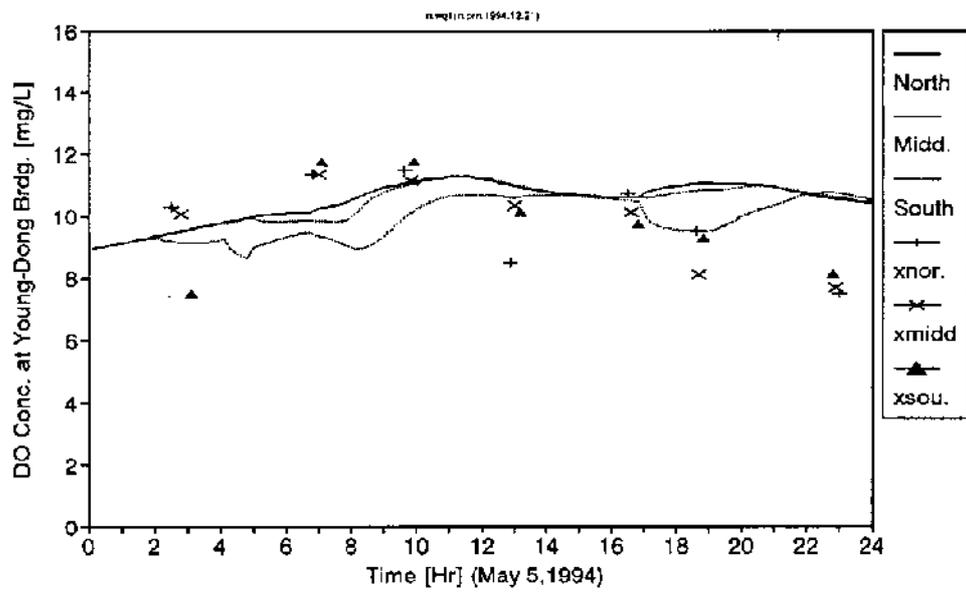
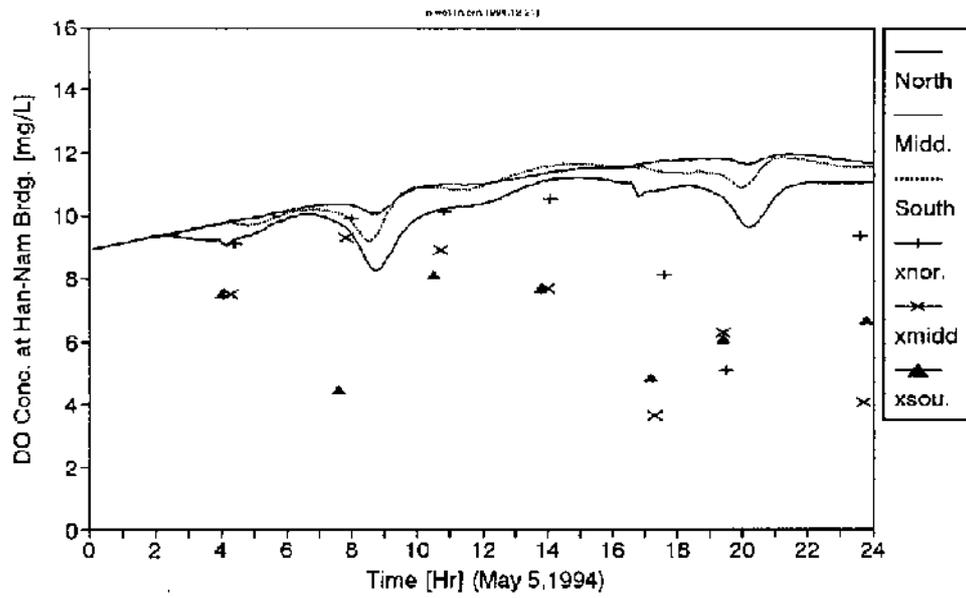
##### ② RMA-4 모형의 검증

보정된 계수 및 94년 9월 1일에 실측한 12시간 측정자료를 이용하여 검증한 결과는 <그림 5-17a,b,c,d>에 나타낸 바와 같다.

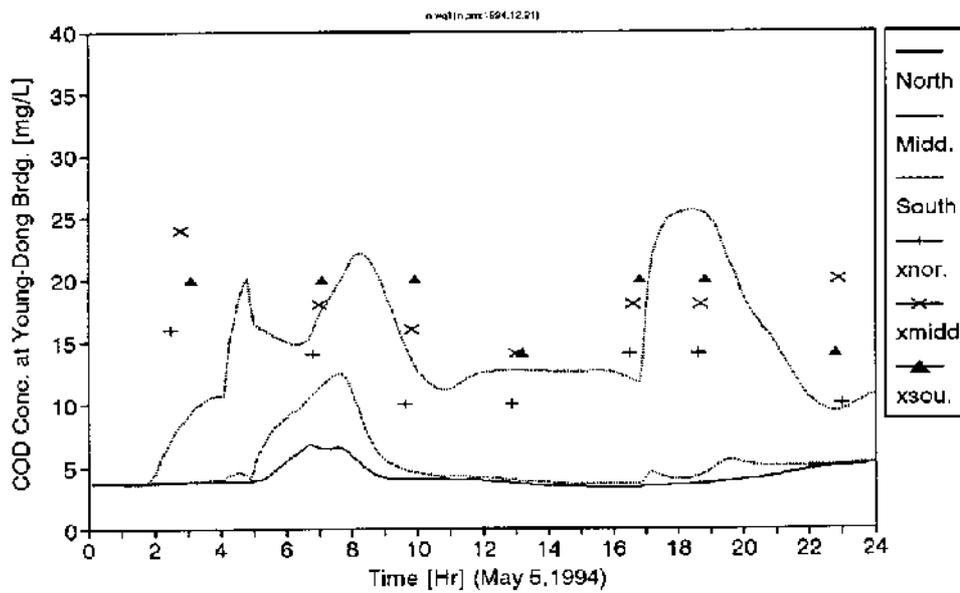
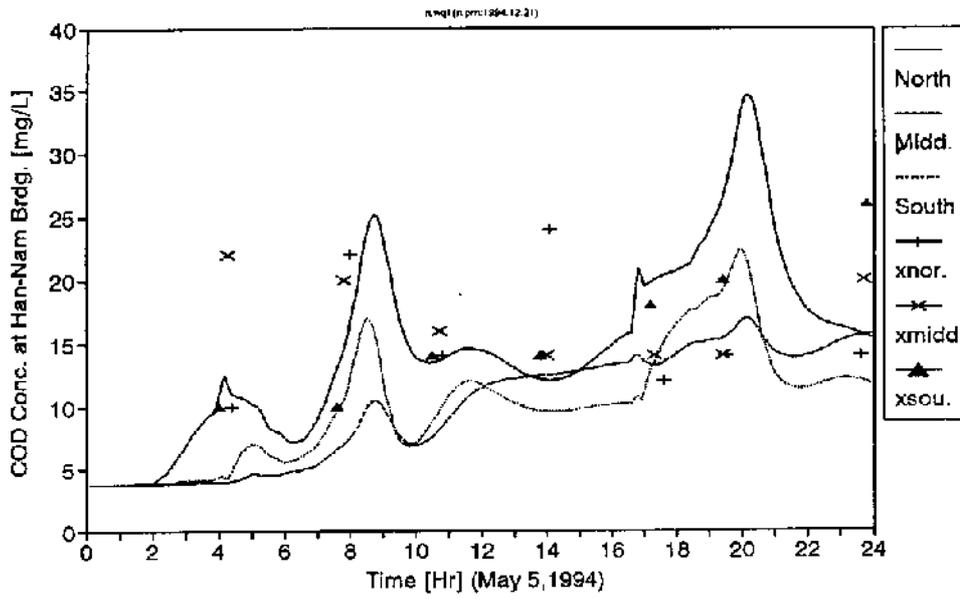
### 5.3.5 동적 수질오염도 예측

#### 가) 팔당방류량 125CMS인 경우 동적 수질예측

1981년~1992년 사이의 팔당방류량을 분석한 결과 放流量으로써 년중 15일의 빈도를 나타내는 갈수량은 125 CMS로 나타났다. 본 연구에서는 팔당댐의 放流

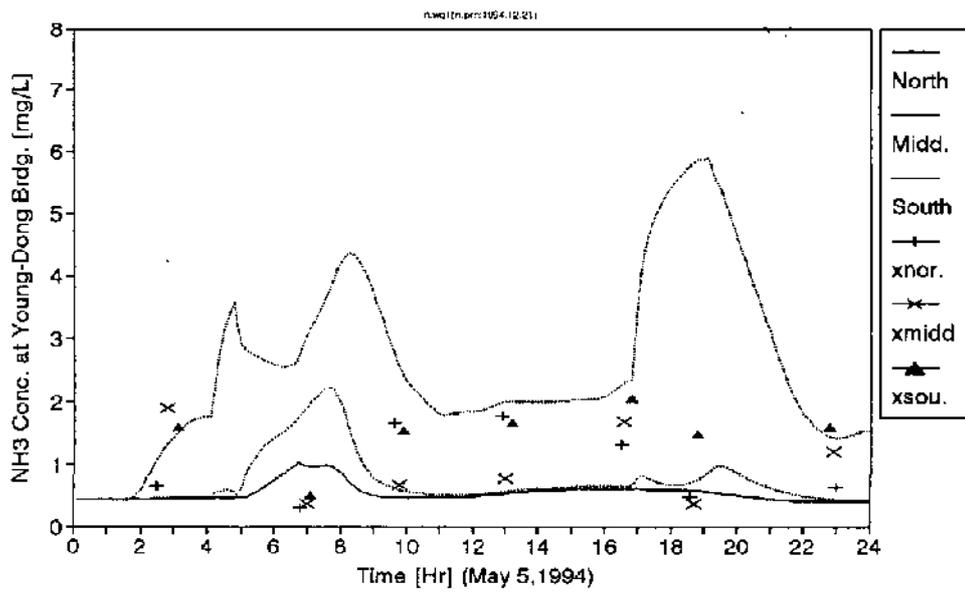
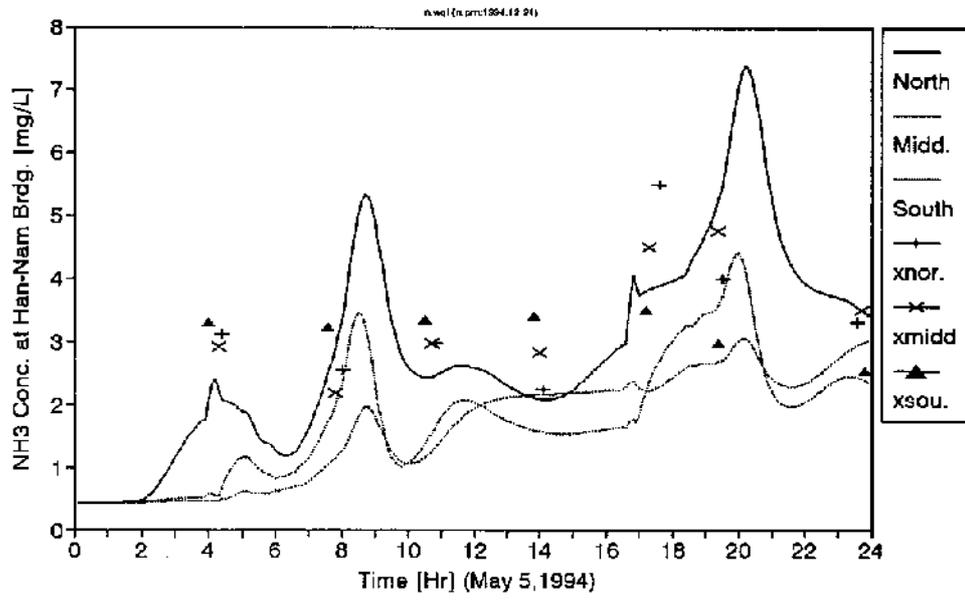


<그림 5-16a> RMA 4 모형의 보정 결과  
 (DO, 상:한남대교,하:영동대교)

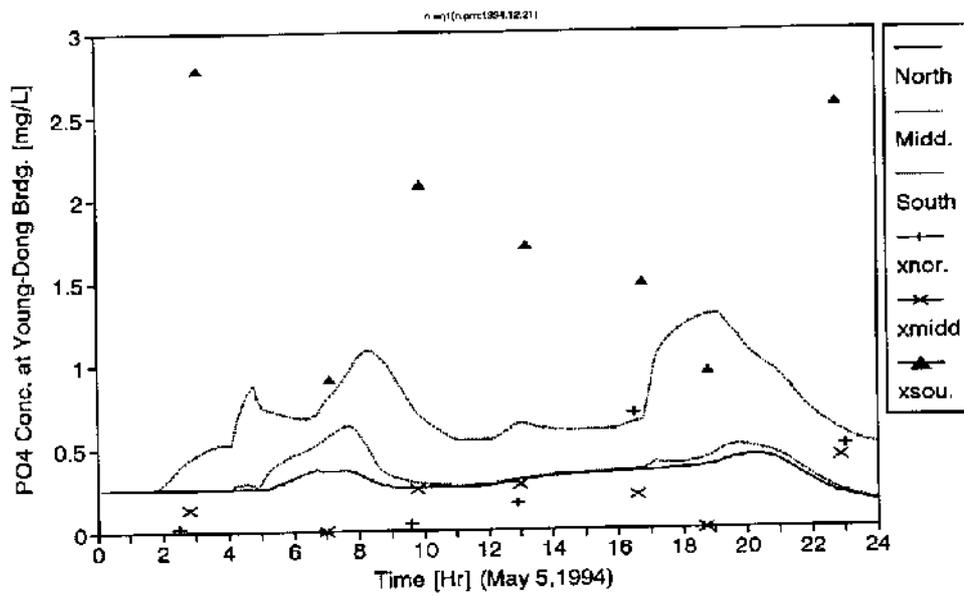
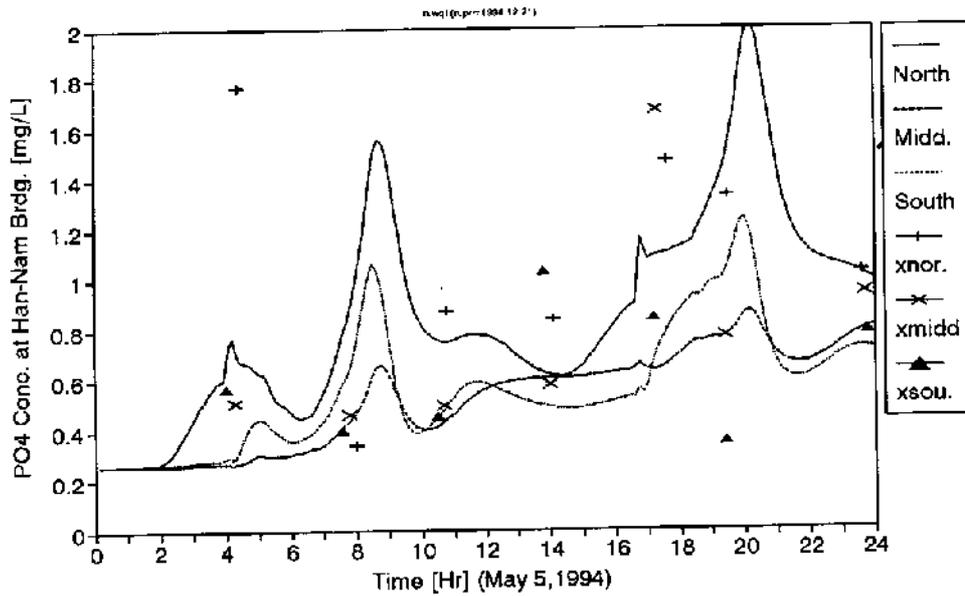


<그림 5-16b> RMA-4 모형의 보정 결과

(COD, 상:한남대교, 하:영동대교)

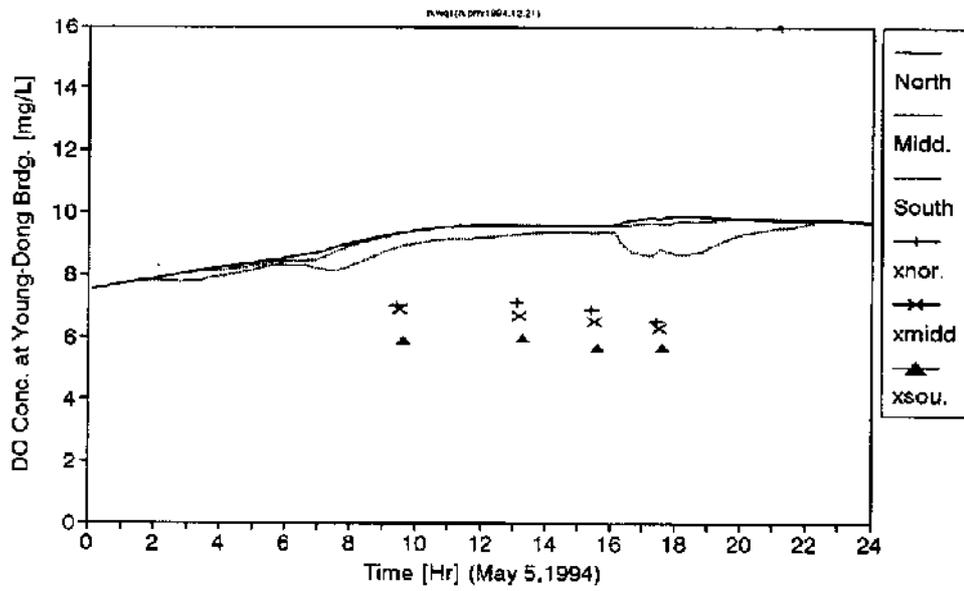
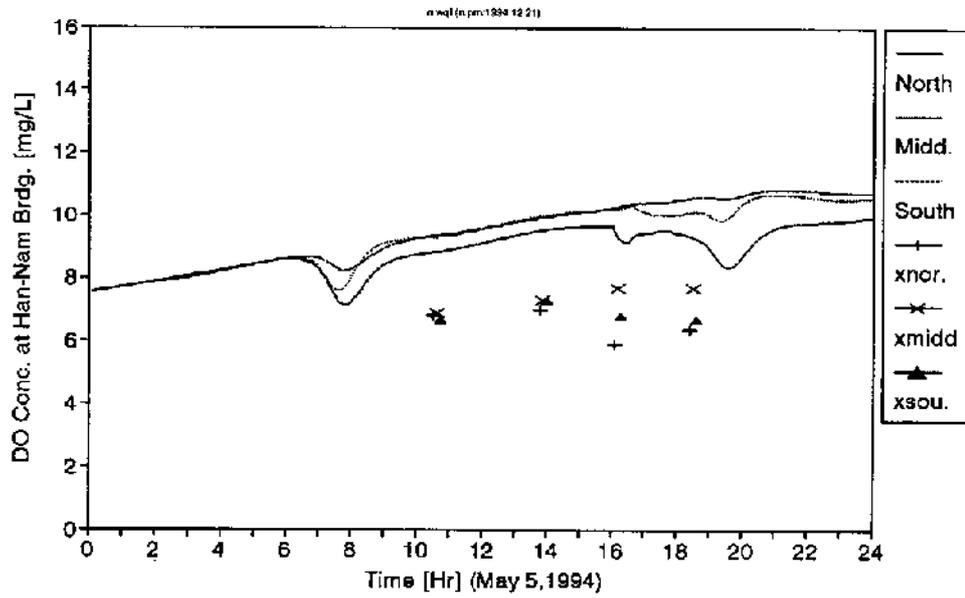


<그림 5-16c> RMA-4 모형의 보정 결과  
(NH₃-N , 상:한남대교, 하:영동대교)



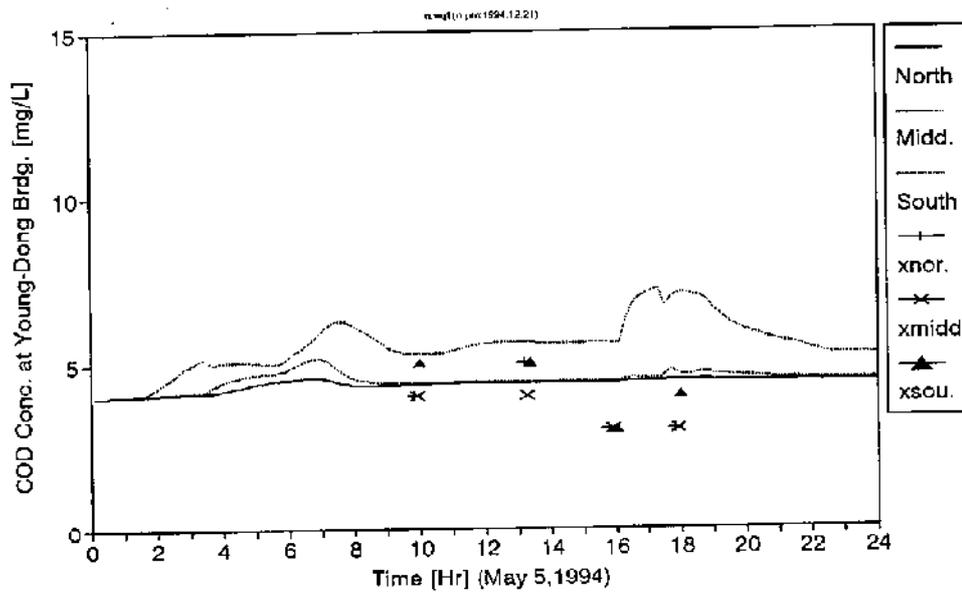
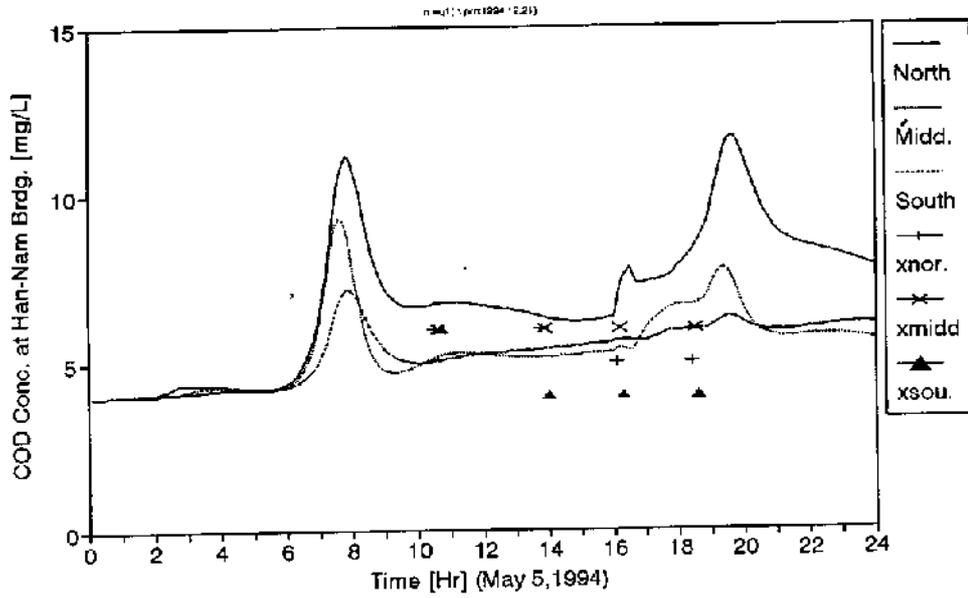
<그림 5-16d> RMA-4 모형의 보정 결과

(PO₄-P, 상:한남대교, 하:영동대교)

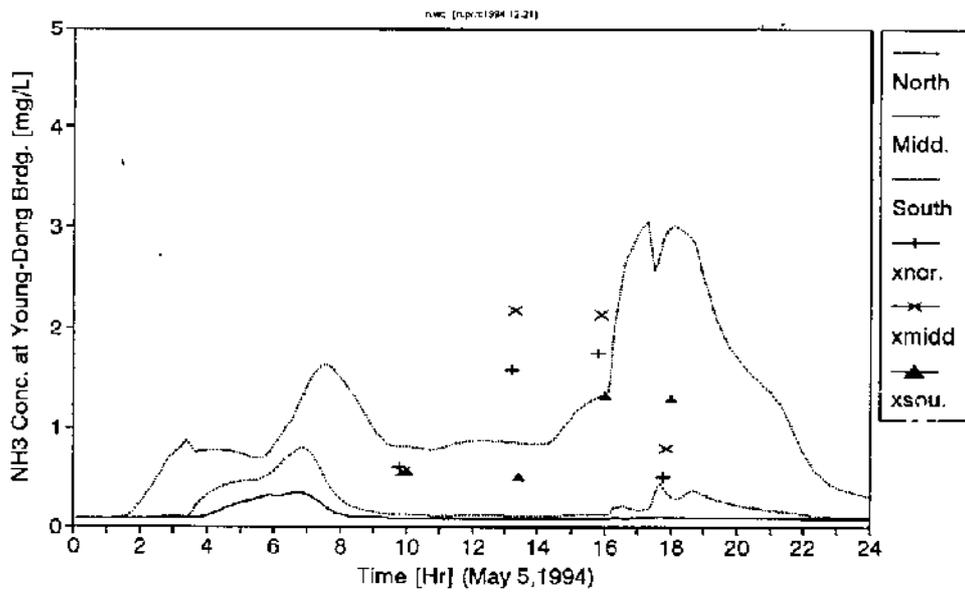
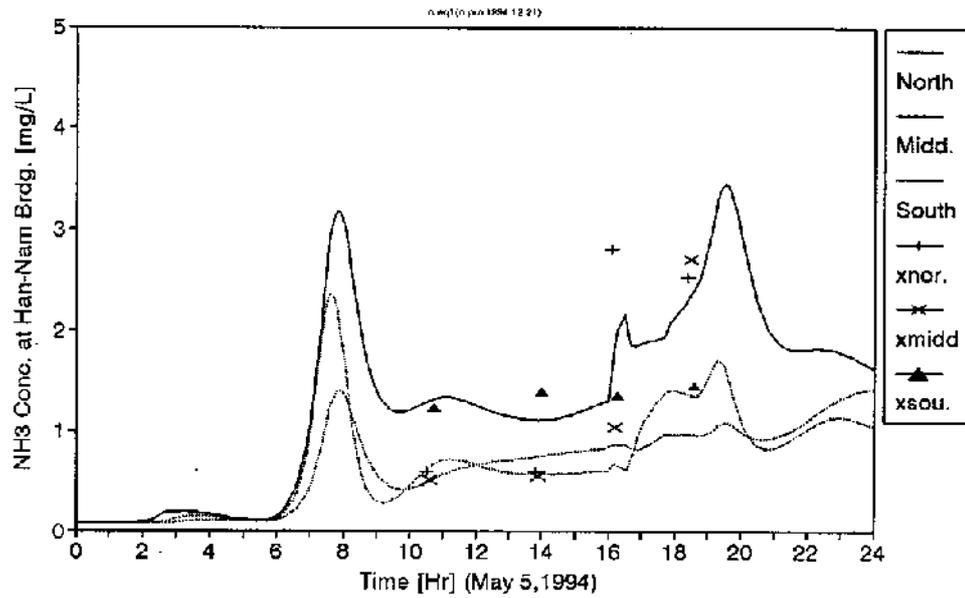


<그림 5-17a> RMA-4 모형의 검증 결과

(DO, 상:한남대교, 하:영동대교)

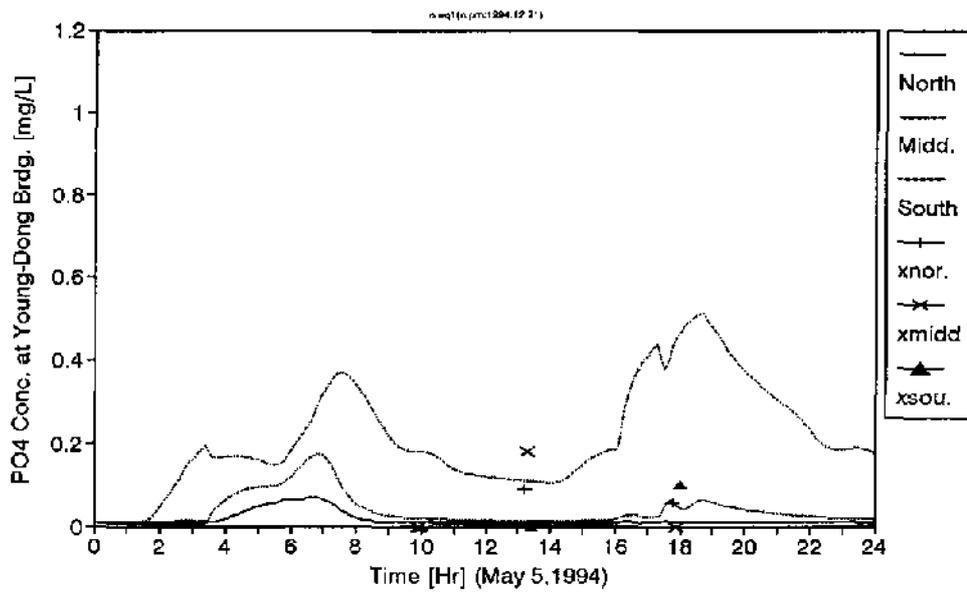
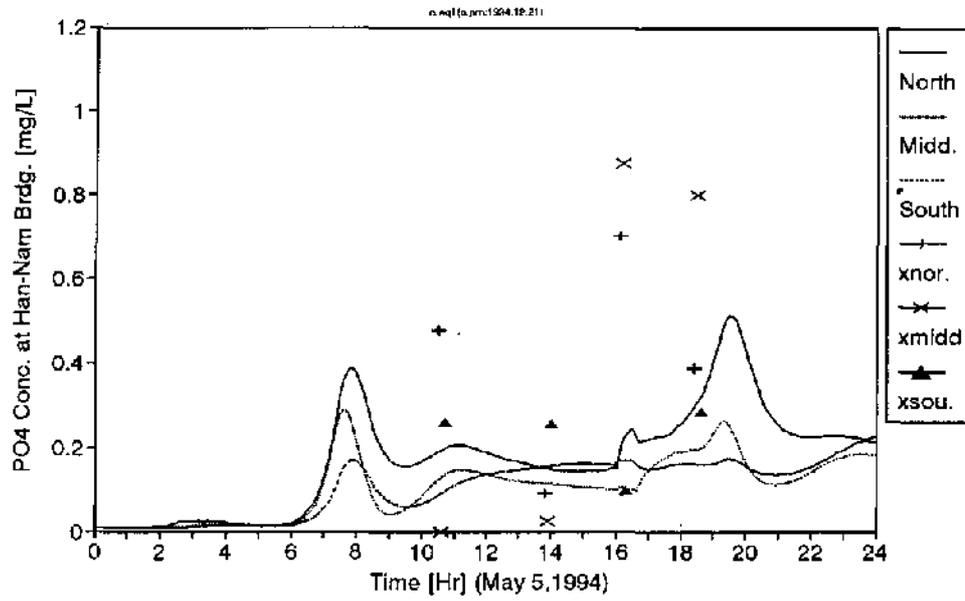


<그림 5-17b> RMA-4 모형의 검증 결과  
 (COD, 상:한남대교, 하:영동대교)



<그림 5-17c> RMA-4 모형의 검증 결과

(NH₃-N, 상:한남대교,하:영동대교)



<그림 5-17d> RMA-4 모형의 검증 결과

(PO₄-P, 상:한남대교, 하:영동대교)

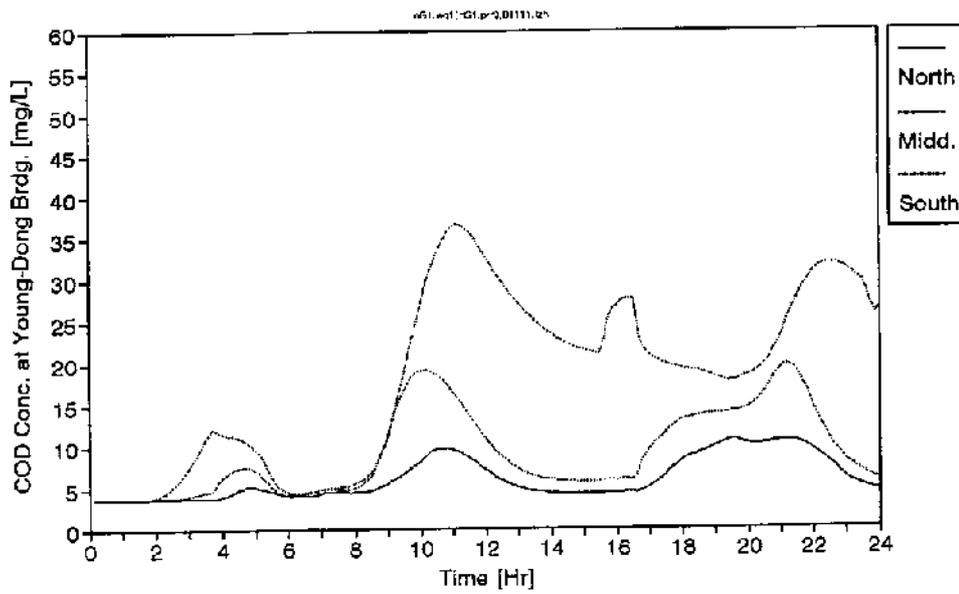
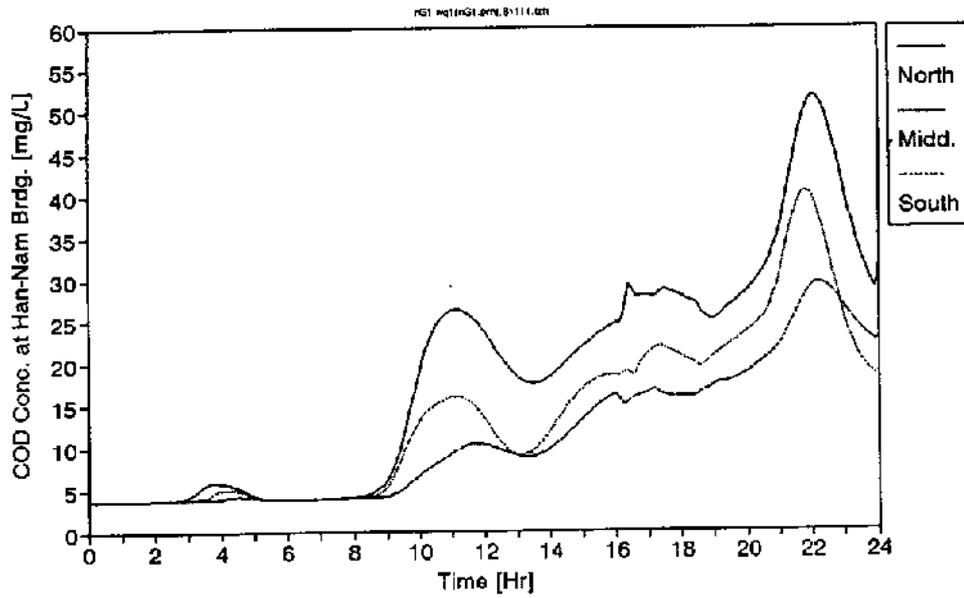
량의 영향이 수질에 미치는 효과를 분석하기 위해 갈수량인 125CMS시 RMA모형을 이용하여 중랑천, 탄천 유입부인 한강중류에 대해 동적 수질 변화를 살펴본다. <그림 5-18a,b,c>는 영동대교와 한남대교 지점에서의 시간에 따른 COD, NH₃-N, PO₄-P의 시간에 따른 수질변화를 나타내고 있다. COD를 보면 영동대교에서는 10~12시 사이에 南端에서 최고 37mg/L를 보이고 있으며 이때 北端에서는 11mg/L를 나타내고 있어서 北端과 南端의 차이가 25mg/L정도의 차이를 보이는 것으로 계산되었다. NH₃-N과 PO₄-P도 역시 같은 경향을 나타내고 있다. 또한 한남대교에서는 COD가 北端에서 최고 52mg/L를 보이고 있으며 이때 南端에서 32mg/L로 나타나서 北端에서 약 20mg/L 높게 나타나고 있다. 이 원인을 살펴보면 영동대교는 탄천 유입의 영향 및 한남대교에서는 중랑천 유입의 영향때문으로 보인다. 또한 한남대교에서의 COD가 영동대교에서의 COD보다 전반적으로 높게 나타나고 있다. NH₃-N과 PO₄-P도 COD와 같은 경향을 나타내고 있다. <그림 5-19a,b>는 125CMS시 4시간후, 6시간후, 10시간후, 13시간후, 16시간후 그리고 21시간후의 중랑천 유입부와 탄천 유입부 COD의 확산분포 현황을 나타내고 있다.

#### 나) 팔당방류량 300CMS시 동적 수질예측

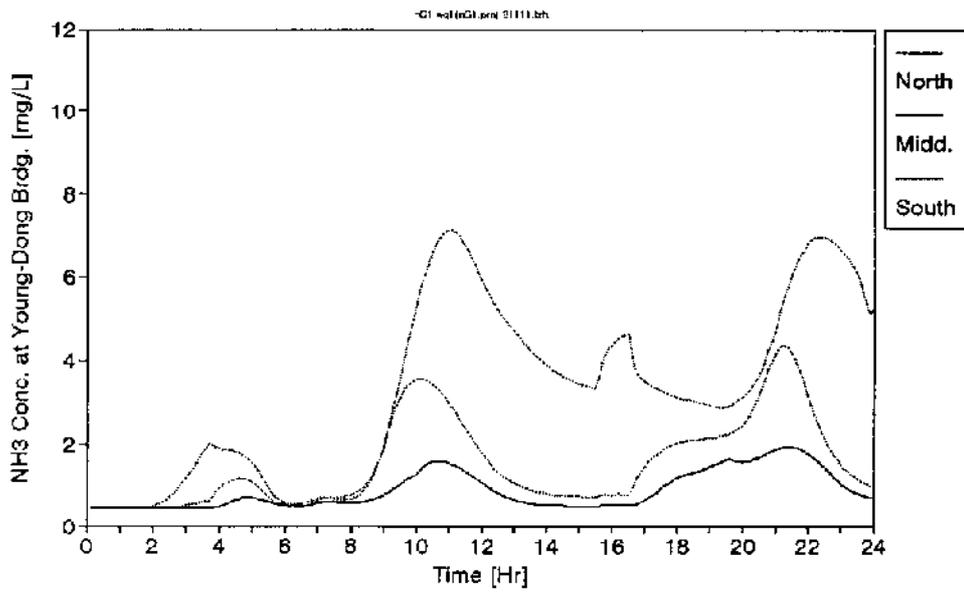
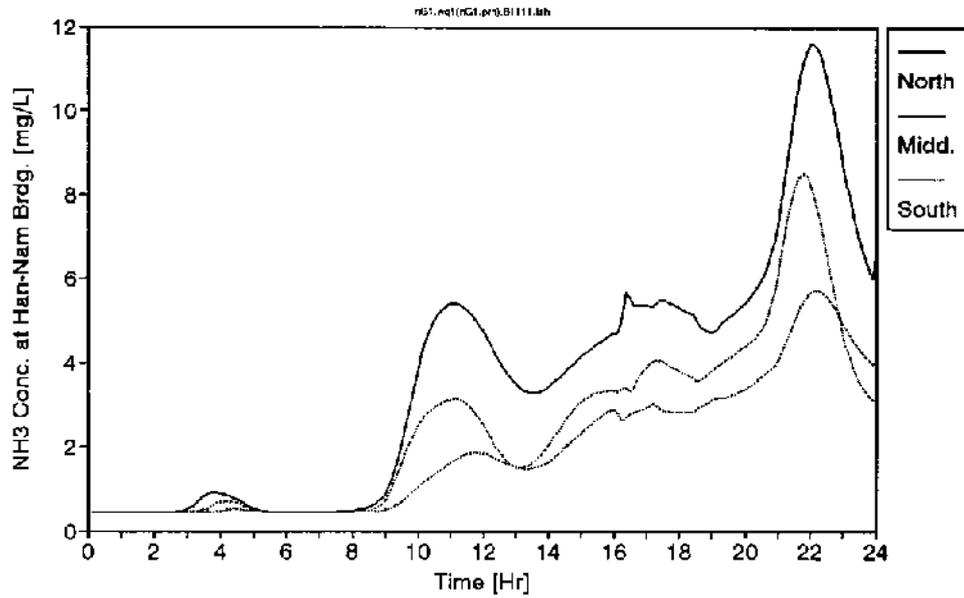
본 연구에서는 팔당방류량이 평수량인 300CMS시 중랑, 탄천유입부의 동적수질예측을 실시하였다. 이를 갈수량시의 수질과도 비교하였다.

<그림 5-20a,b,c>는 300CMS시 영동대교와 한남대교지점에서의 COD, NH₃-N, PO₄-P의 시간에 따른 수질변화를 보이고 있다. COD를 보면 한남대교의 COD가 약 13mg/L 사이에 분포하고 있으나 영동대교는 8mg/L 사이에 분포하고 있다. 따라서 300CMS시의 경우에도 대체적으로 볼때 영동대교 COD가 한남대교 보다 낮은 것으로 나타나고 있다. NH₃-N과 PO₄-P도 COD와 같은 경향을 보이고 있다.

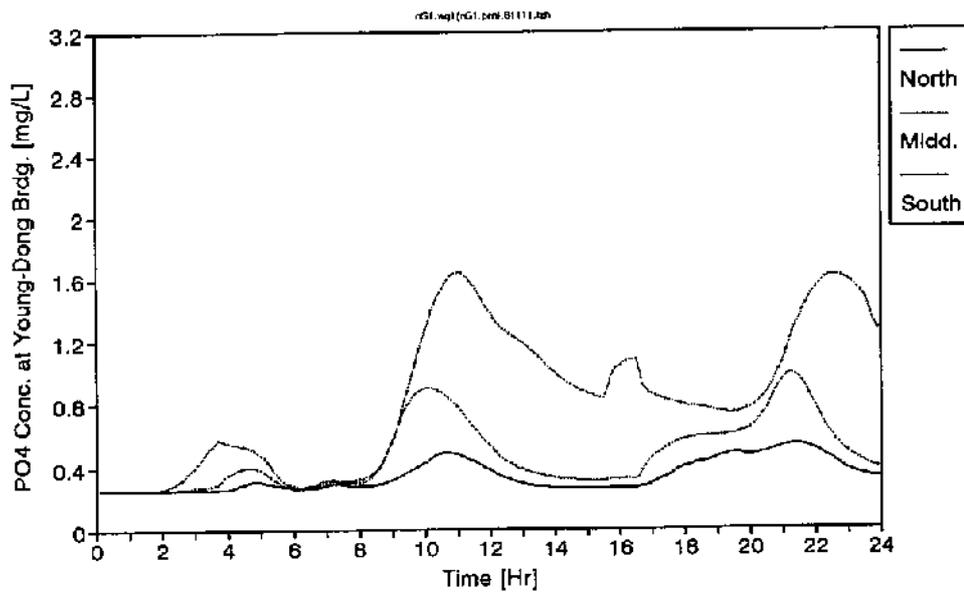
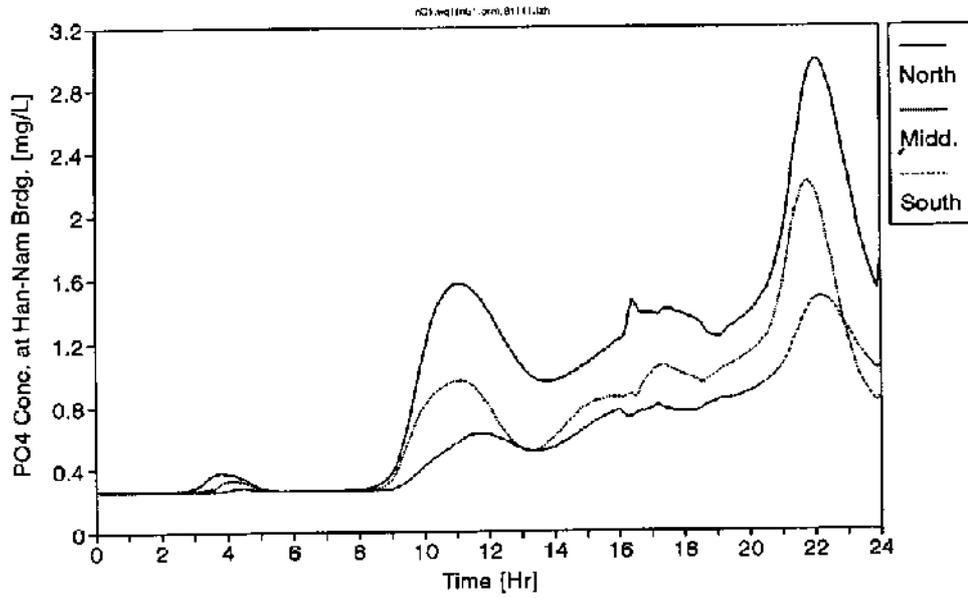
<그림 5-21a,b,c,d>는 각각 갈수량시의 COD와 평수량시의 COD 및 NH₃-N을 비교한 것이다. 즉 팔당방류량이 수질에 미치는 영향을 보면 최대 25mg/L에서 최소 1mg/L의 COD개선 효과를 보이고 있다. 탄천 및 중랑천등 지천이 유입하는 지역(각각 탄천의 경우 영동대교南端과 중랑천의 경우 한남대교 北端)의 수질은 지천의 유입 영향이 비교적 적은 지역보다 수질의 개선폭이 크게 나타나고 있다.



<그림 5-18a> 갈수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화 (COD, 유량=125CMS)

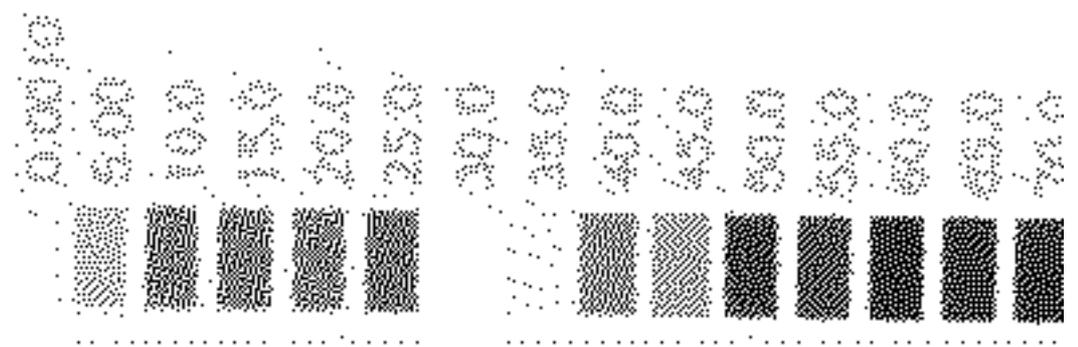


<그림 5-18b> 갈수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화 (NH₃-N, 유량=125CMS)

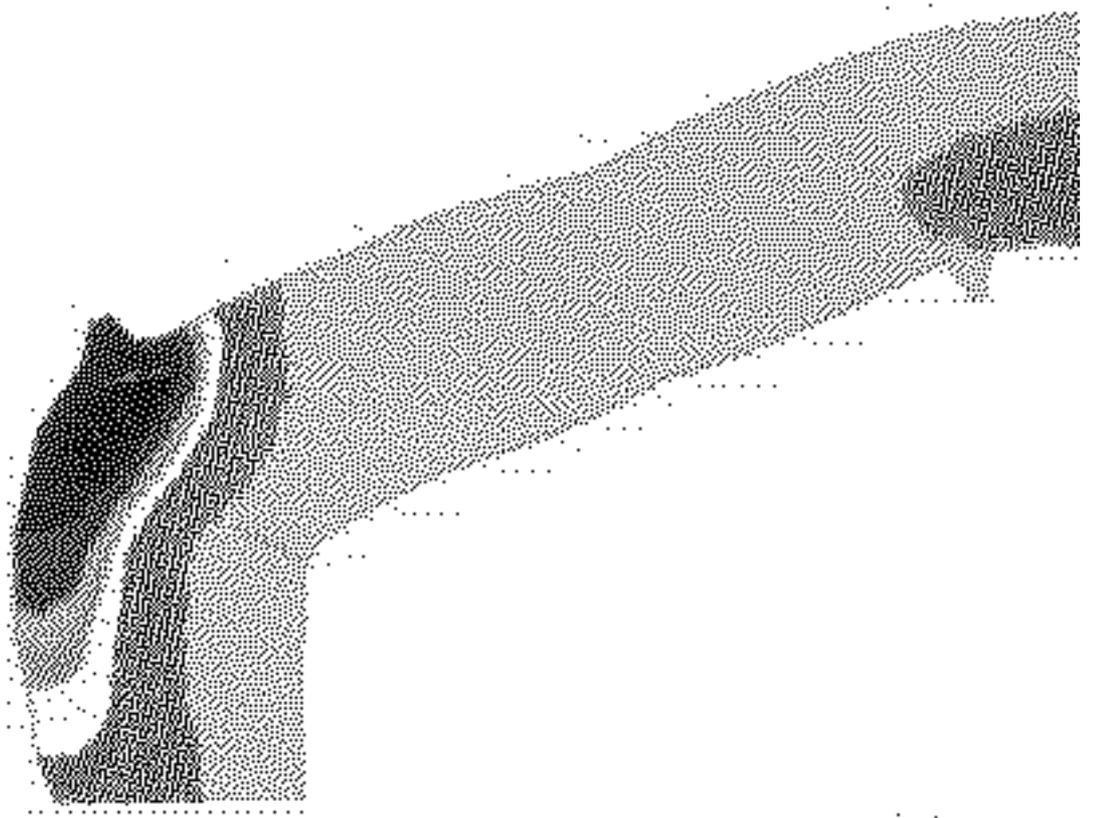


<그림 5-18c> 갈수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화(PO₄-P, 유량=125CMS)

COD mg/L

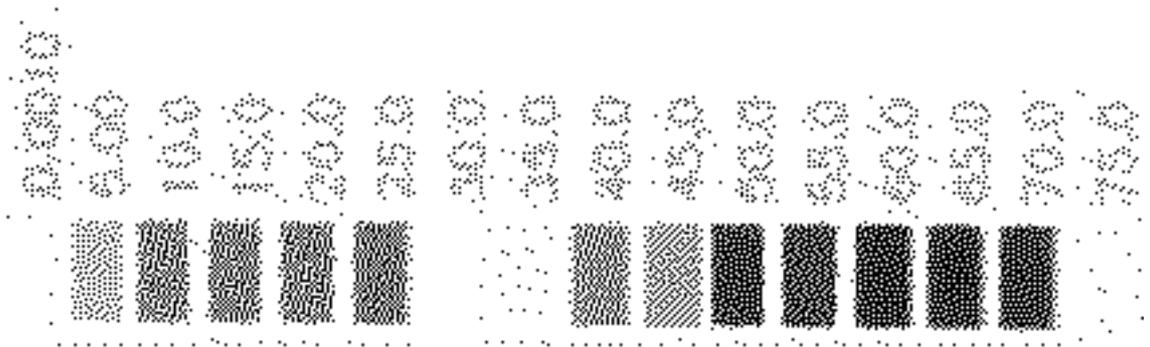


Results of

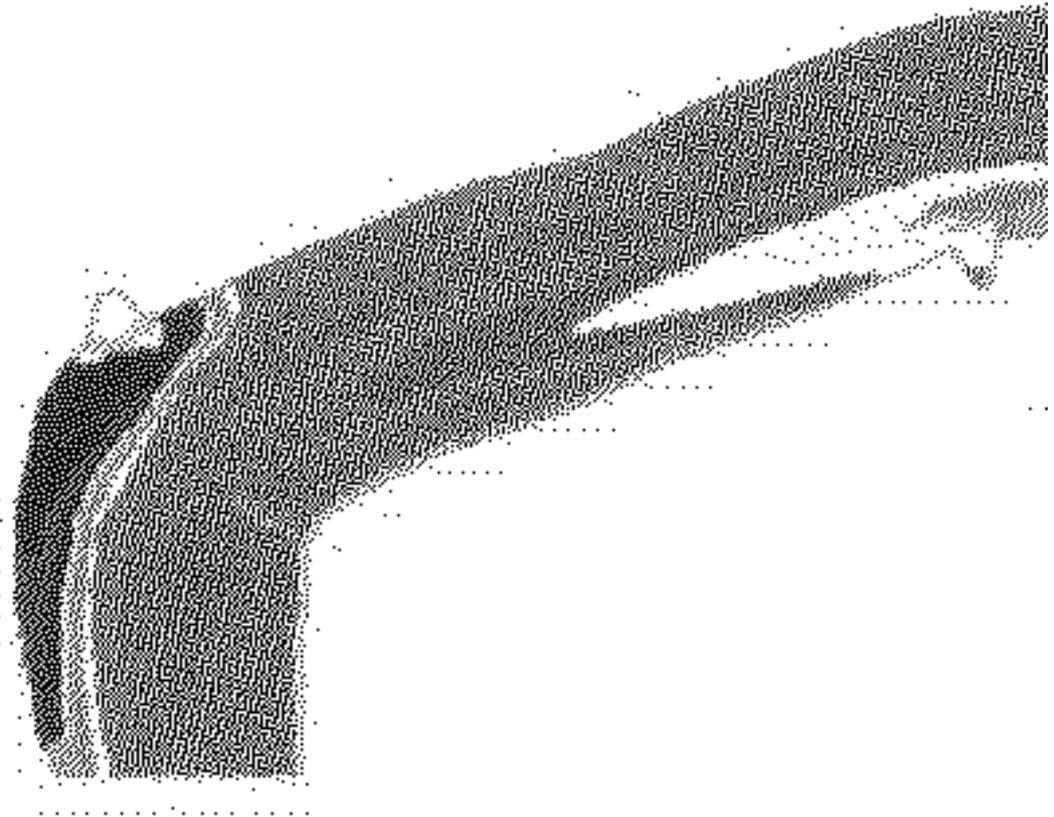


47

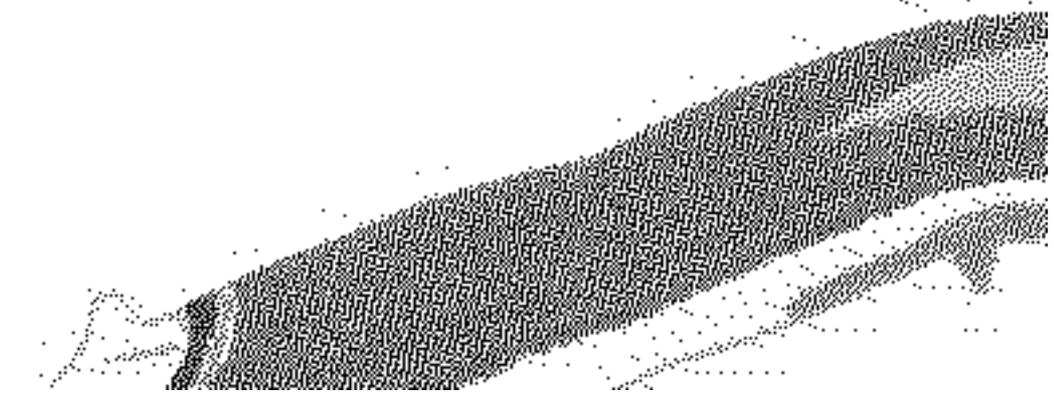
COD mg/L

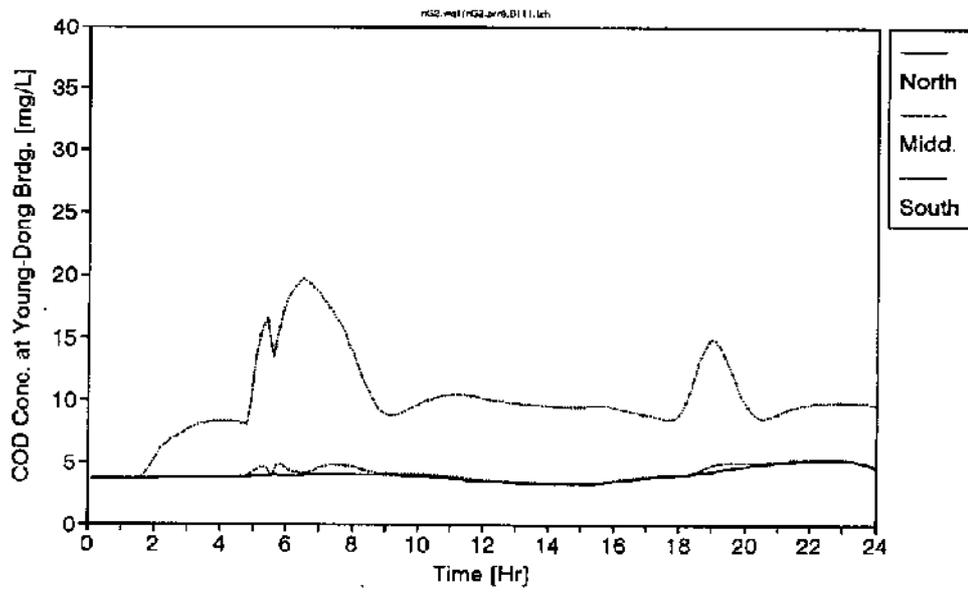
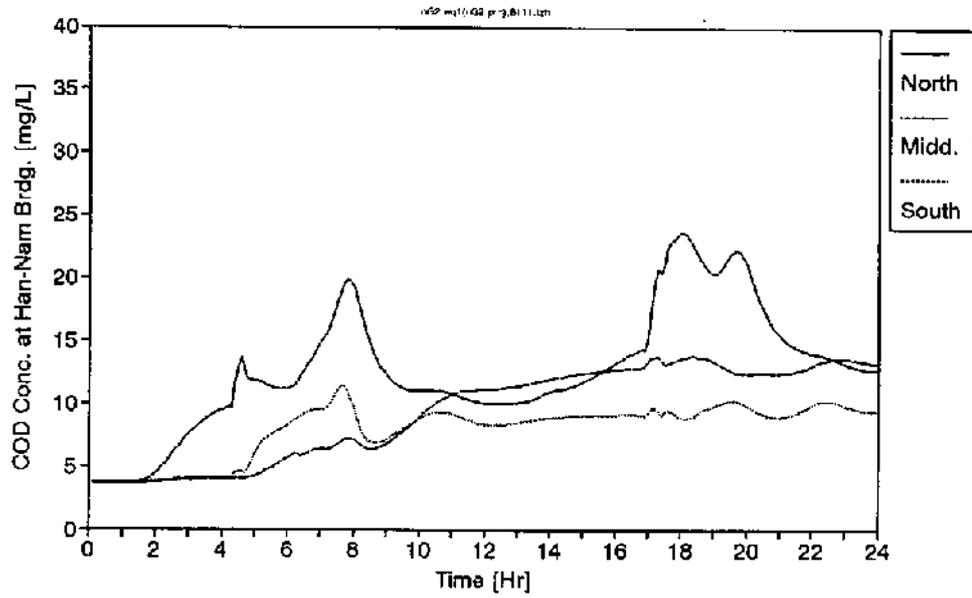


Results from file

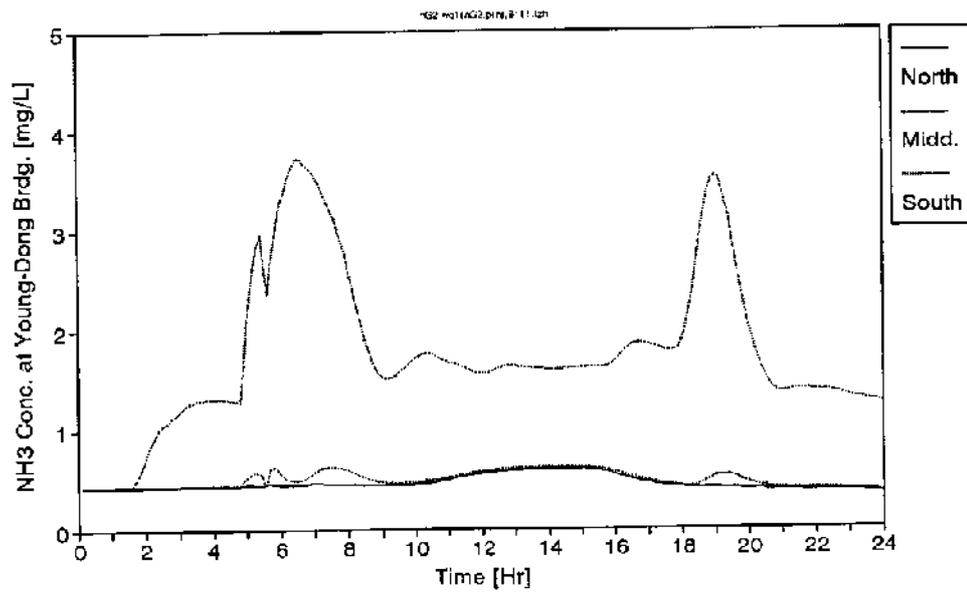
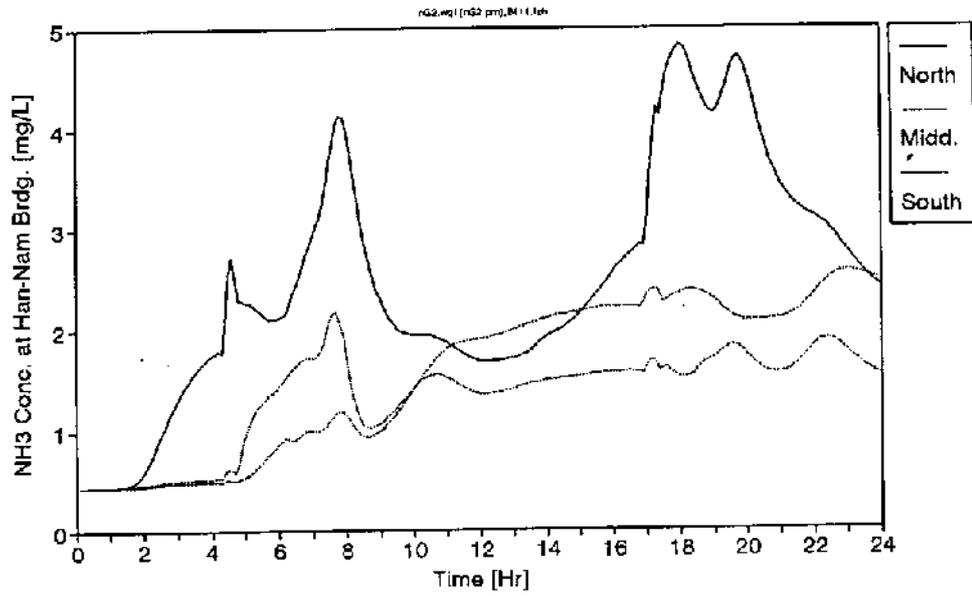


Results from file

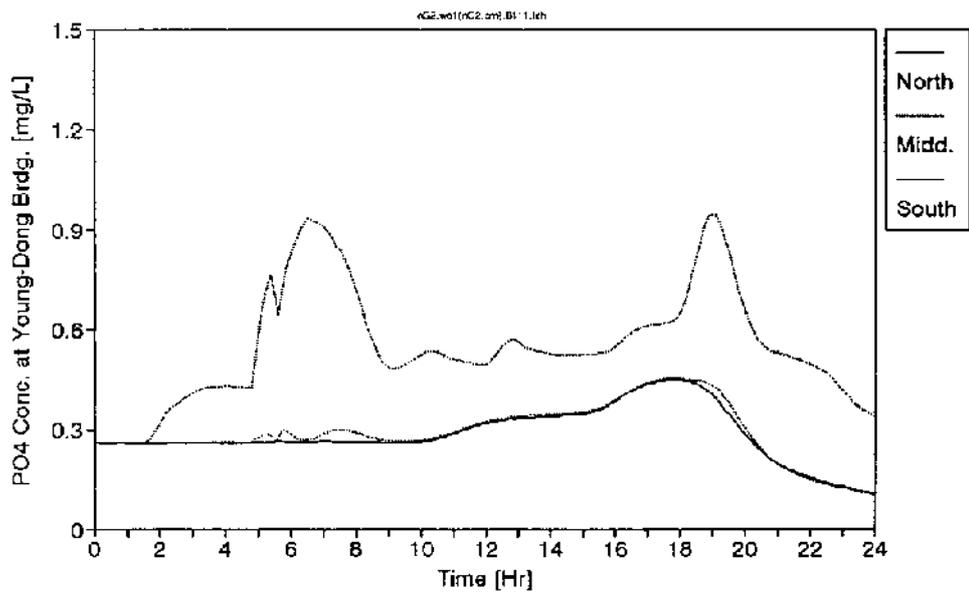
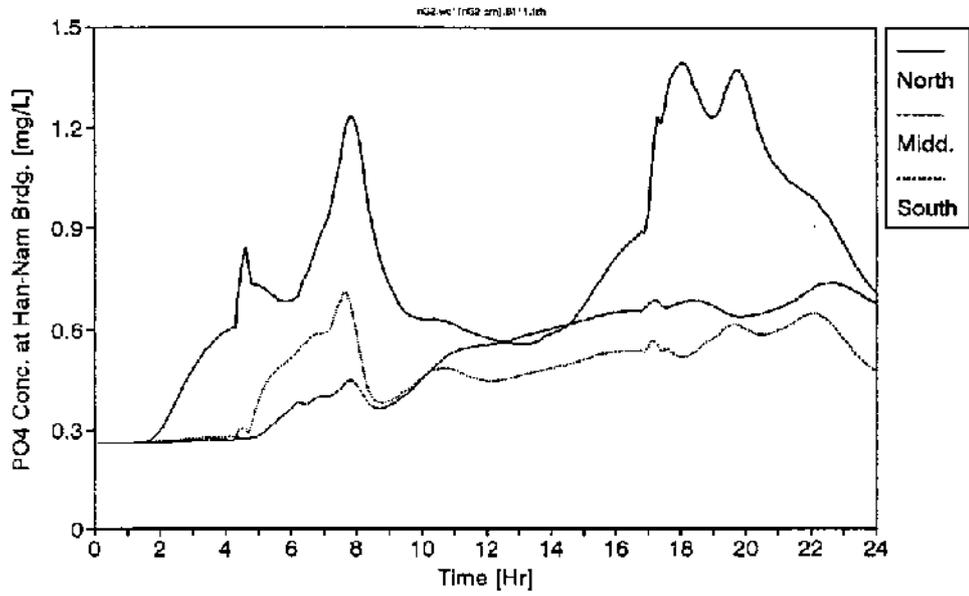




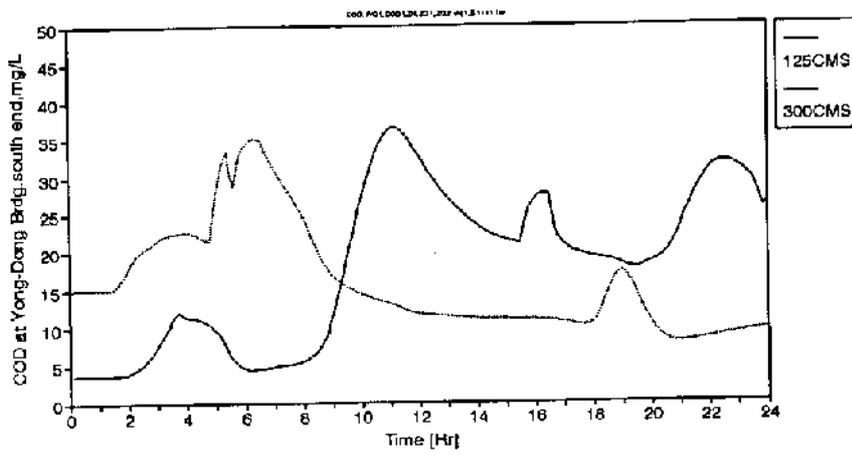
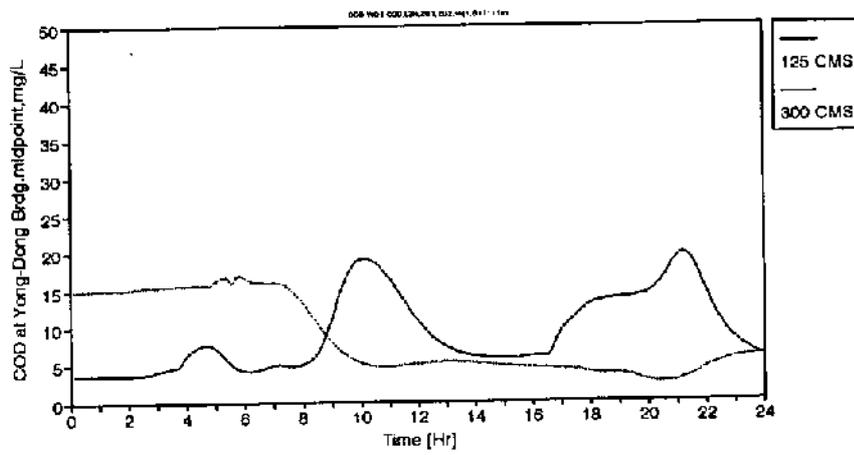
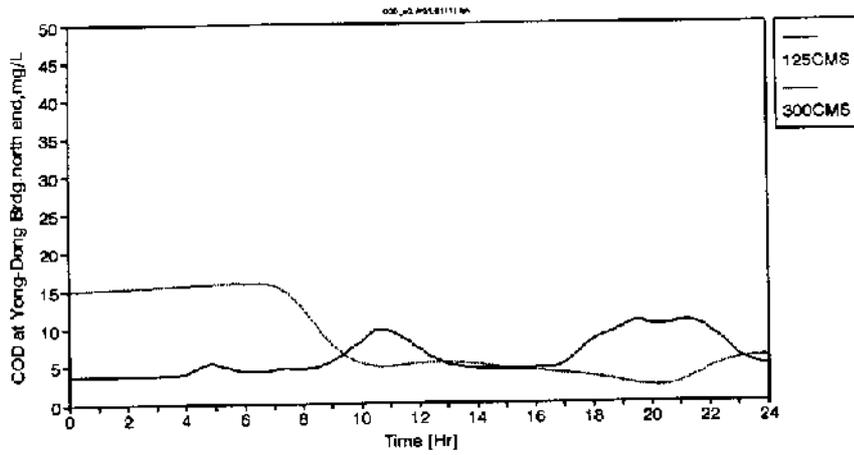
<그림 5-20a> 평수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화 (COD, 유량=300CMS)



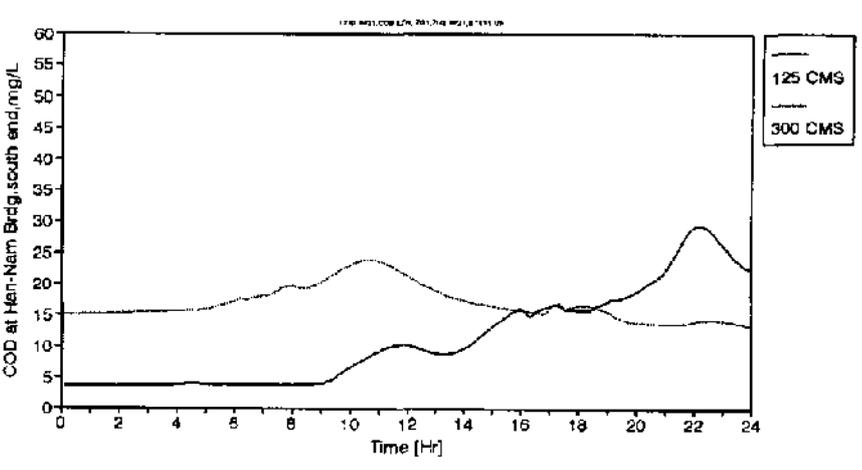
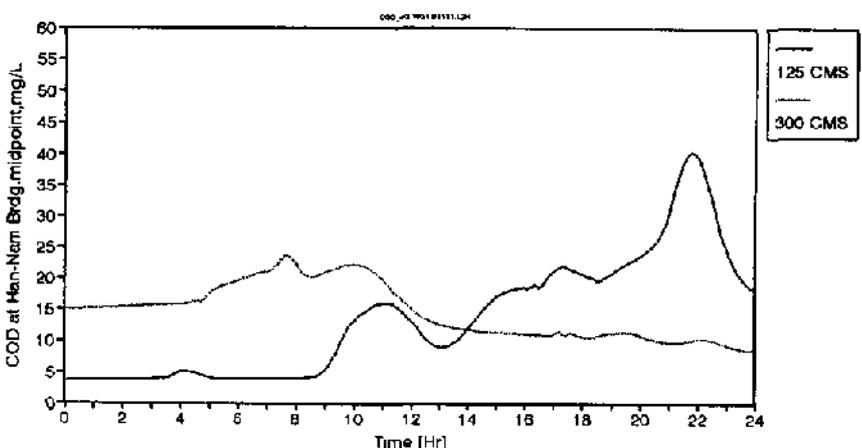
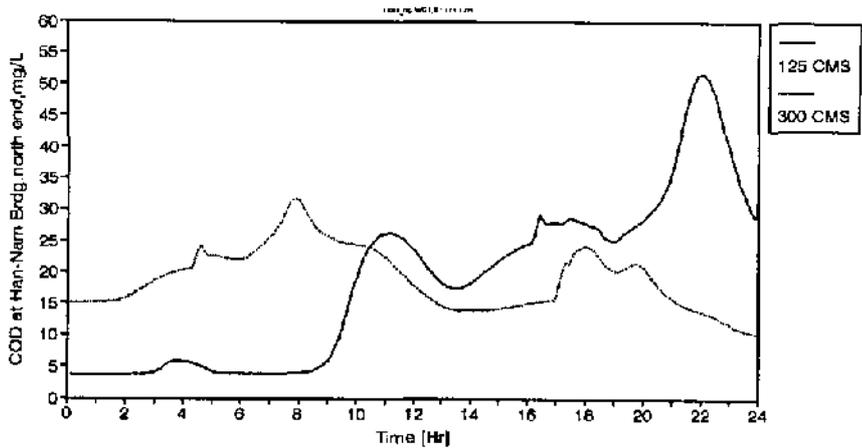
<그림 5-20b> 평수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화(NH₃-N, 유량-300CMS)



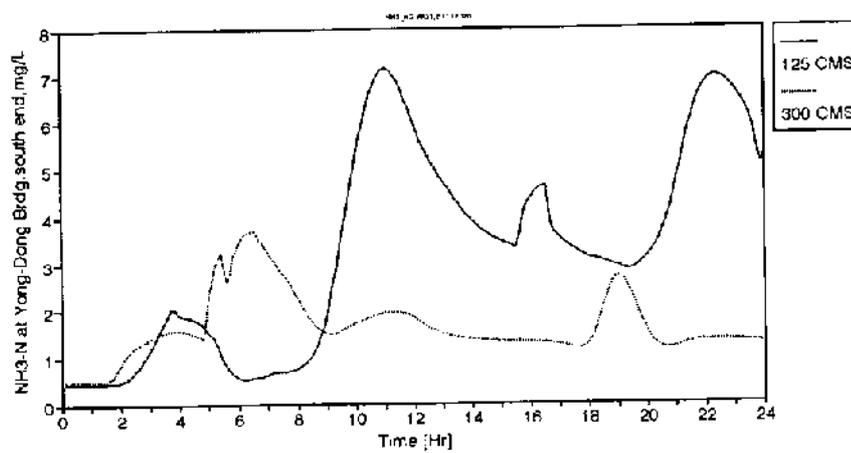
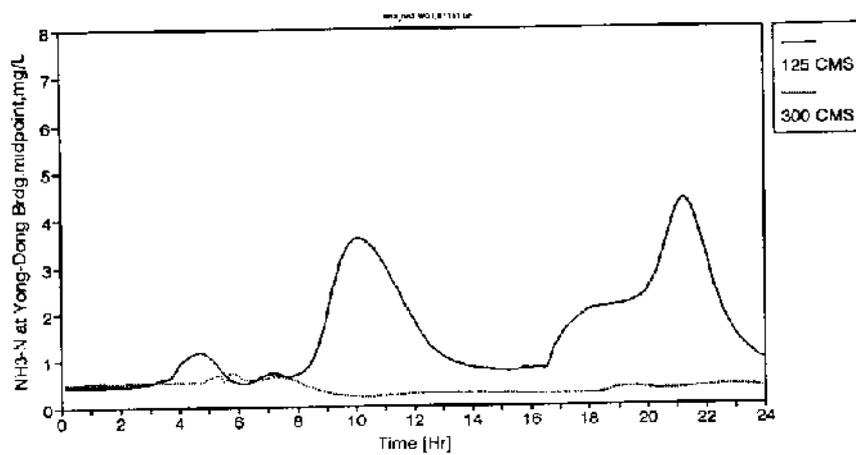
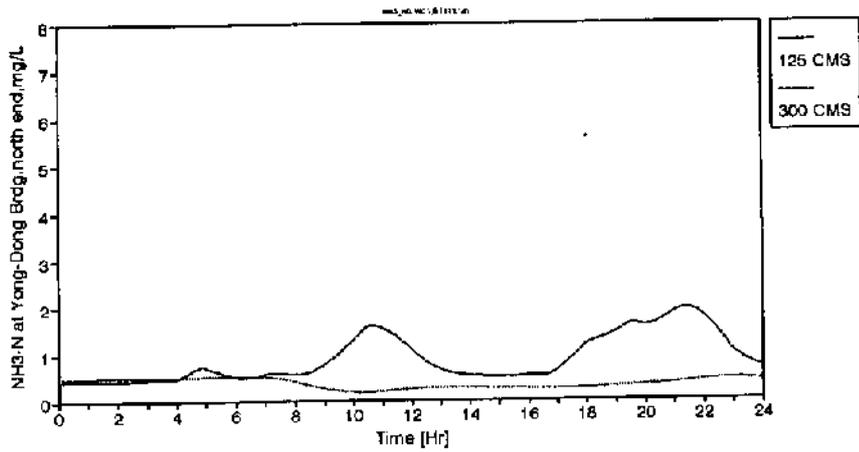
<그림 5-20c> 평수시 한남대교 및 영동대교에서 시간별 수질 변화(PO₄-P, 유량=300CMS)



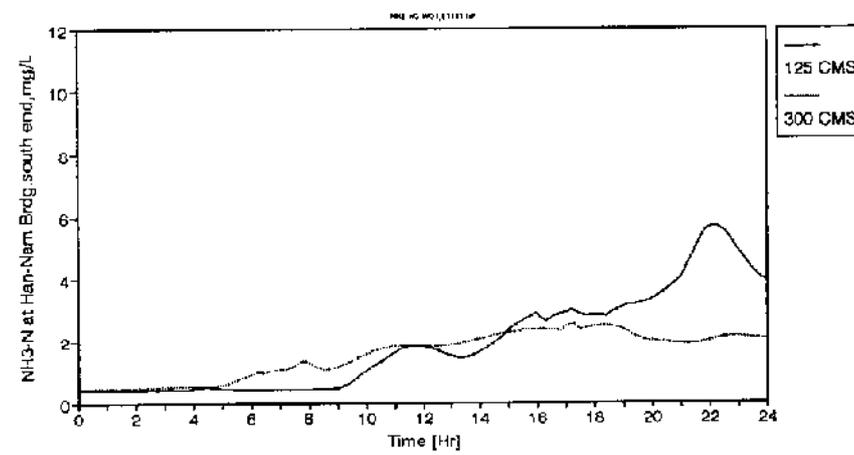
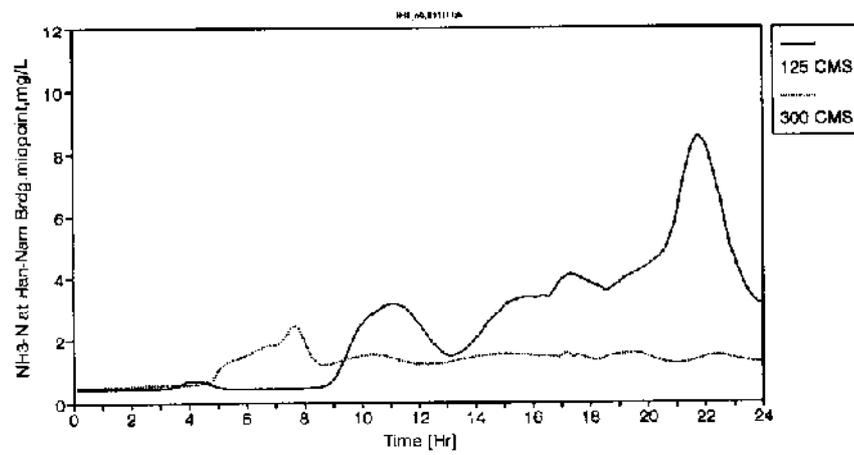
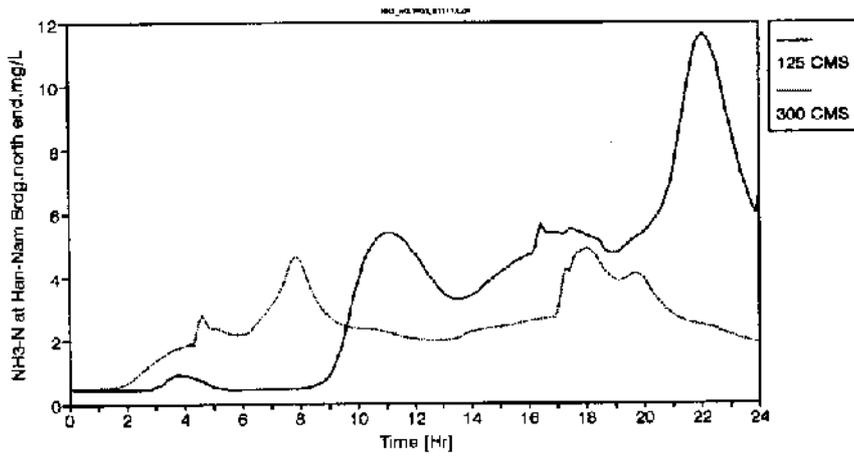
<그림 5-21a> 팔당 방류량에 따른 영동대교에서의 시간별 COD 변화(상:북단, 중:중항, 하:남단)



<그림 5-21b> 팔당 방류량에 따른 한남대교에서의 시간별 COD 변화(상:북단, 중:중앙, 하:남단)



<그림 5-21c> 팔당 방류량에 따른 영동대교에서의 시간별 NH₃-N 변화(상:북단, 중:중양, 하:남단)



<그림 5-21d> 팔당 방류량에 따른 한남대교에서의 시간별 NH₃-N 변화 (상:북단, 중:중앙, 하:남단)

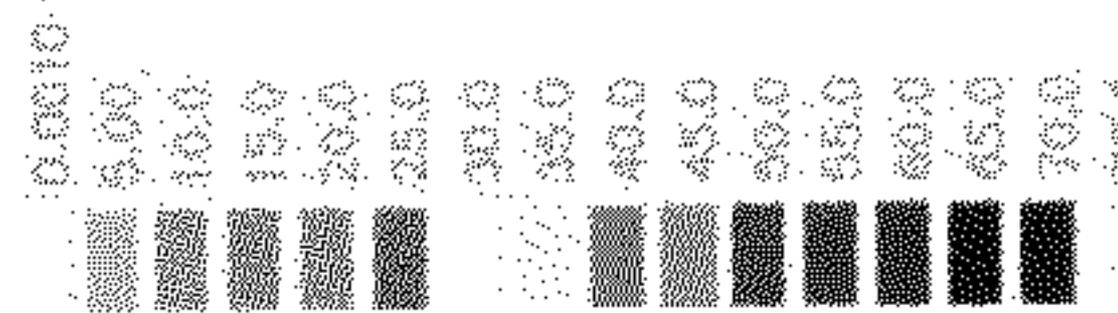
<그림 5-22a,b>는 300CMS시 4시간후와 6시간후, 10시간후, 13시간후, 16시간후 그리고 중랑천 및 탄천 유입부 COD의 擴散分布 상태를 나타내고 있다.

다) 탄천 및 중랑천의 수질이 COD 30mg/L이하로 한강본류에 합류되는 경우  
본 연구에서는 탄천과 중랑천이 계획대로 하수처리 되어 이들 하천 하류에서의 COD가 30 mg/L이하로 유지된다고 가정하여 모의 발생하였다. 탄천과 중랑천의 수질이 COD 30mg/L이하로 방류될 경우 한남대교와 영동대교에서의 COD 수질변화는 <그림 5-23> 및 <표 5-7>과 같다. 이때의 팔당 방류량은 300CMS로 하였다. 영동대교에서는 약 6mg/L 이하로, 한남대교에서는 약 7mg/L이하로 나타나서 현 상태로 하수처리한 경우인 영동대교에서의 16mg/L, 한남대교 17 mg/L이하에 비해 큰 수질개선 효과를 나타내고 있다. 즉 하수처리의 효과는 한강의 수질을 진폭이 큰 수질에서 비교적 안정된 양호한 상태의 수질로 개선되는 효과를 나타내고 있다. 하수처리 후 중랑천 및 탄천 유입부의 한강에 대한 시간에 따른 수질확산 상태는 <그림 5-24a,b>에 나타내었다. 따라서 COD가 30mg/L 이하로 유지되는 경우 COD는 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타나고 있다.

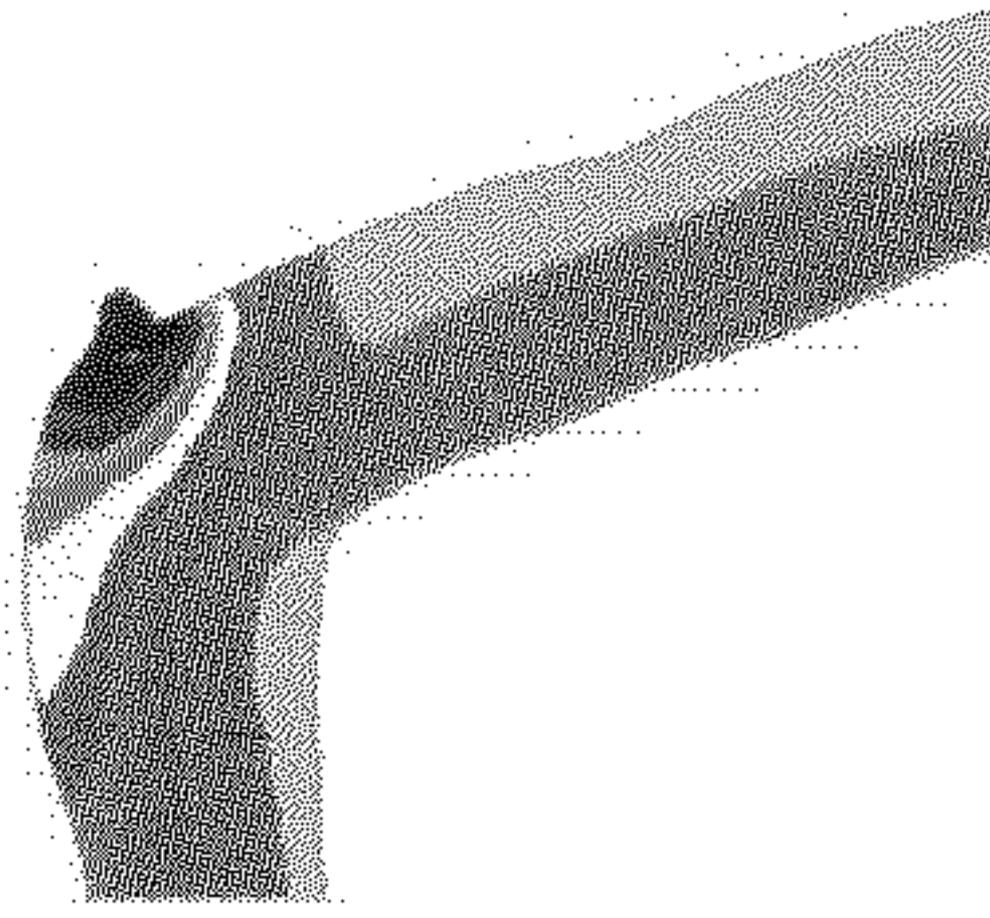
라) 천호대교에서의 불시에 발생한 유해물질 사고시 수질확산 영향

본 연구에서는 천호대교 부근에서 한 요소에 100g/sec의 부하량을 가진 유해물질 유출사고가 발생하여 한강을 오염시킬 경우 잠실수중보 상류의 취수원에 미칠 영향을 살펴보았다. <그림 5-25>는 천호대교 부근에서 유해물질 확산의 영향을 나타낸 것이다. 잠실 수중보상류에는 약 3시간후에 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

COD mg/L



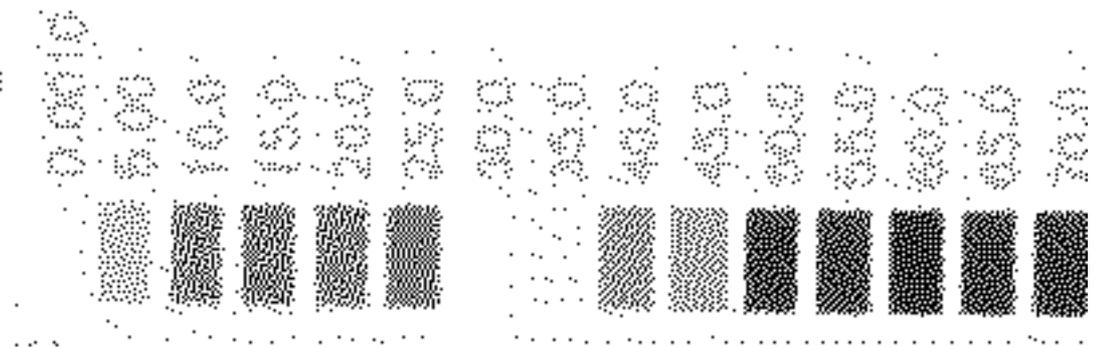
Results from #14



Results from #14



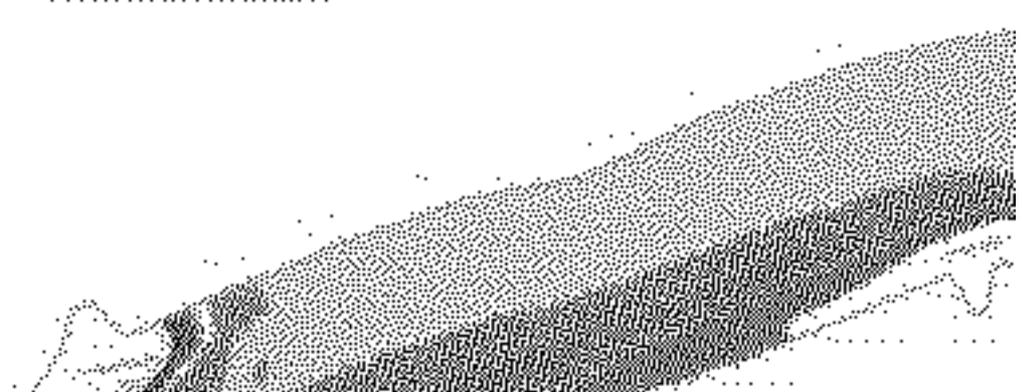
COD mg/L



Results from file



from file



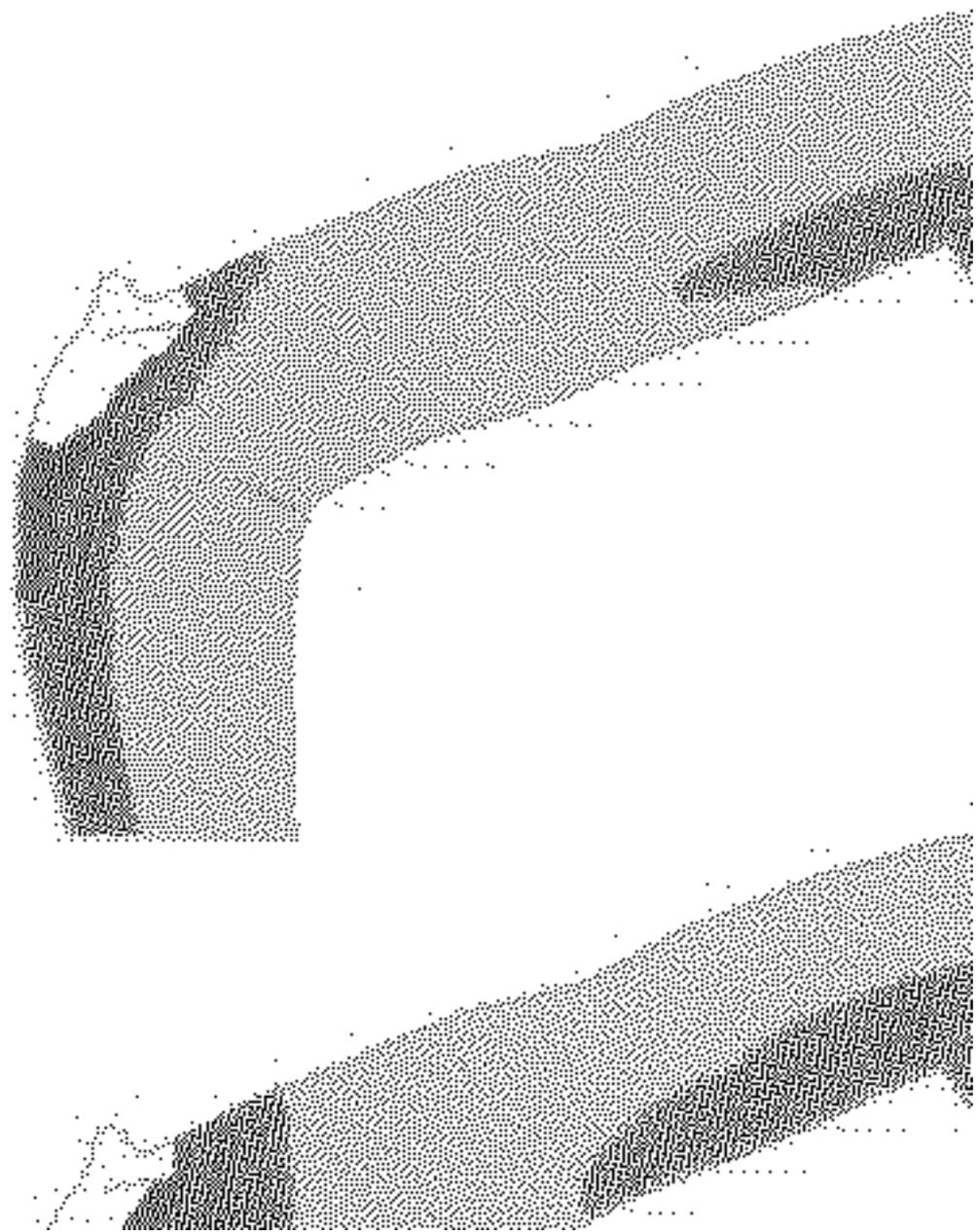
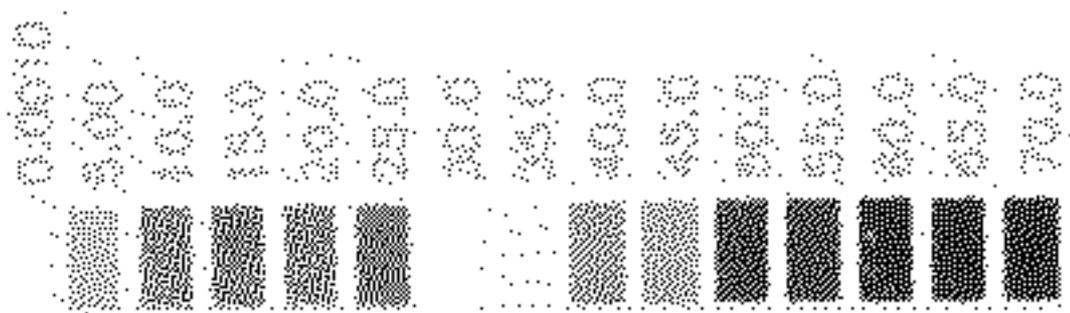




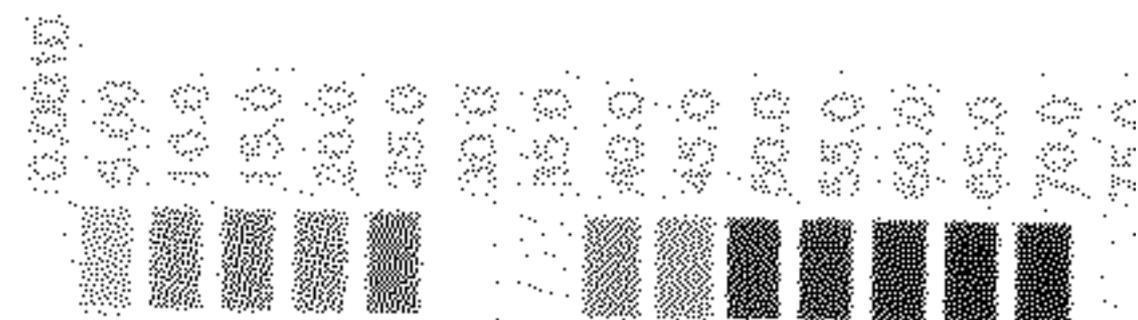
COD mg/L

Results from 886

8/12/05

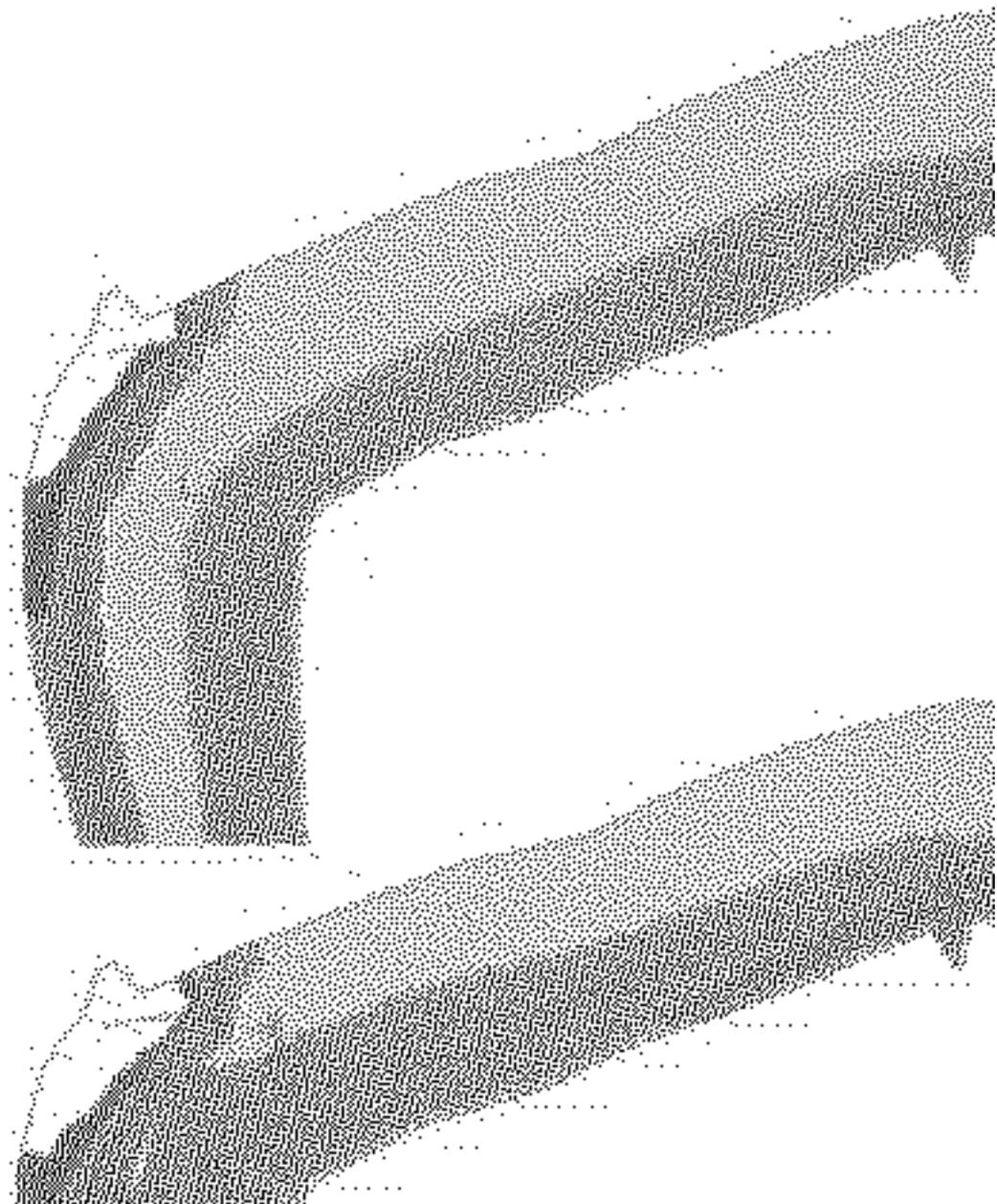


COD mg/L



Results from file : 000010

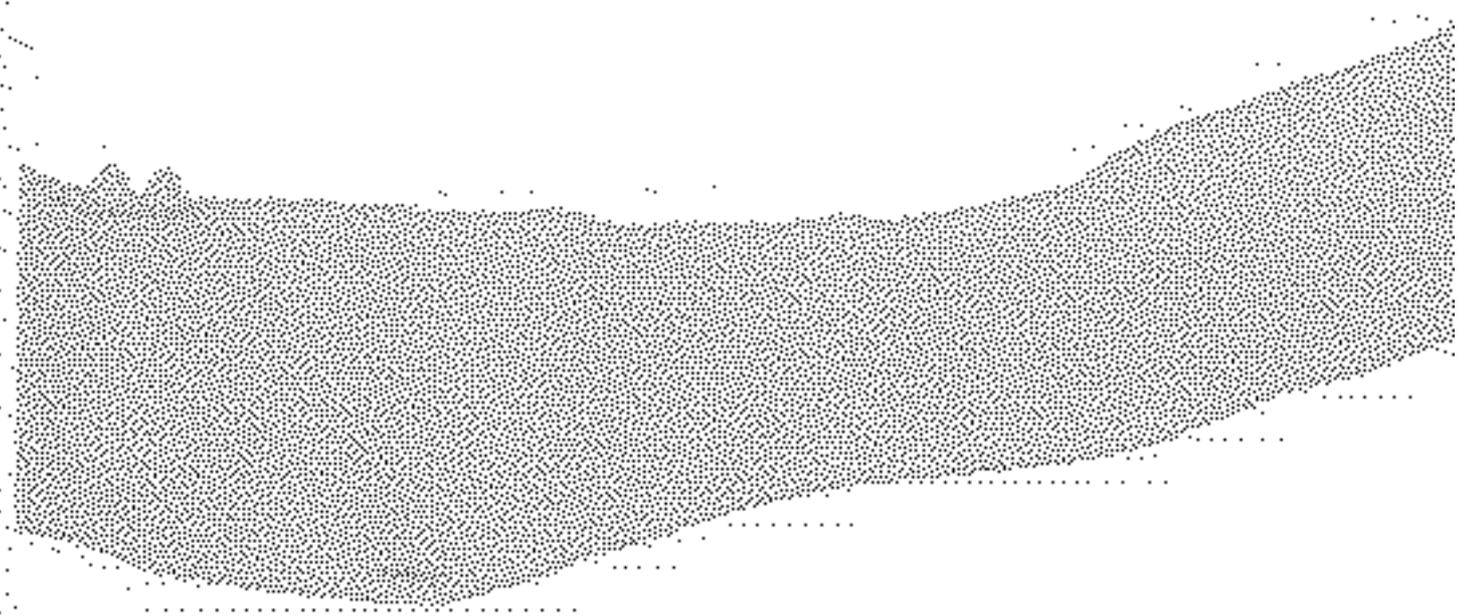
Results from



Results from file

ig5.100

of time



Results from file

ig5.100



# 제 6 장

## 한강 수질관리효율화를 위한 방안

6.1 잠실수중보 상류지역의 수질관리

6.2 잠실수중보하류지역 친수구역의 수질관리

## 제 6 장 한강 수질관리 효율화를 위한 방안

河川의 水質을 保護하기 위한 方案으로는 <그림 6-1>처럼 發生源對策, 水域에서의 直接 淨化 對策, 河川의 維持流量 確保 對策, 周邊의 環境整備, 水質의 常時 測定 및 監視對策등으로 나눌수 있다. 특히 한강은 利用目的에 맞게 팔당호의 上水源保護區域과 蠶室水中湫上流水域의 取水源區域 그리고 蠶室水中湫下流의 親水區域으로 나누어서 수질관리 할 필요가 있다. 즉 이용목적에 맞게 水質目標을 달성하는 것이다. 현재 환경처에서 한강유역의 수질달성등급을 보면 팔당호 하류부터 蠶室水中湫上流의 取水源區域(중랑천 합류전까지)은 I등급이며 중랑천합류 후 안양천 합류전까지는 II등급, 안양천 합류후 굴포천 합류전까지는 III등급으로 지정되어 있다. 따라서 본 연구는 한강의 수질관리를 위해서 蠶室水中湫 上流地域의 取水源區域과 蠶室水中湫下流의 親水區域으로 나누어서 설명하였다. 이를 위하여 한강의 수량 및 수질조사와 QUAL2E 및 RMA모형을 이용하였다.

### 6.1 잠실수중보 상류지역의 수질관리방안

#### 6.1.1 발생원대책

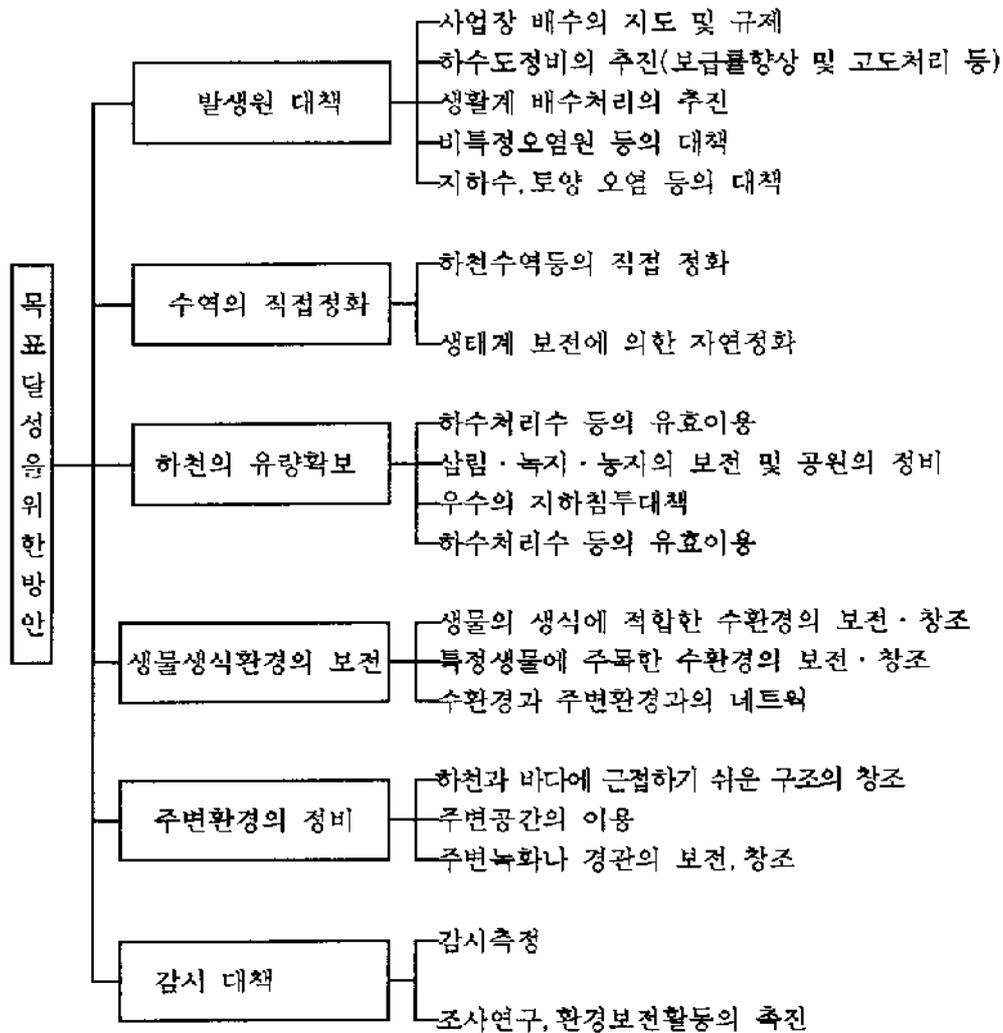
수질오염 發生源 對策으로는 事業場廢水規制, 下水道整備 및 下水處理, 비특정오염원의 대책등이 포함될 수 있다.

##### 가) 생활하수의 처리 강화

蠶室水中湫上流水域으로 流入되는 支川은 월문천, 석실교, 산곡천, 덕풍천, 왕숙천, 장자못 지천 등이다. 이들 지천은 한강으로 합류되는 유량이 팔당방류량에 비해 작으나 BOD가 약 20mg/L로 나타나서 생활하수의 처리를 강화하여야 한다. 특히 이들 지천의 유역은 앞으로 대단위 주택단지등이 조성될 계획이므로 생활하수처리가 중요하다고 하겠다.

장자못 지천수는 구리지역의 축산농가에서 배출되는 축산폐수가 주종을 이루고 있으므로 색깔이 검고, 악취가 심하다. 즉 장자못 지천의 유량은 평균 0.2CMS로 비교적 작은 편이지만 BOD는 15.36mg/L, TKN 14.95 mg/L, T-P 5.9mg/L로 나

타나서 유기물과 영양염류의 농도가 높다. 또한 인근하류에 구의 정수장의 취수구가 있으므로 이 지천의 수질관리가 필요하다. 즉 축산농가의 축산폐수처리시설의 확충이 시급하다고 생각된다.



<그림 6-1> 수환경 목표달성을 위한 방안

또한 이들 하천중 왕숙천은 BOD가 22.54mg/L, TKN 16.79 mg/L, T-P 3.7mg/L로 나타났고, BOD 총부하량이 4390kg에 달하고 있다. 즉 잠실수중보 상류수역의 지천중 가장 큰 오염부하량을 보이고 있다. 제3장 2절에서 살펴본 바와 같이 수질측정 결과 왕숙천의 유입으로 한강본류의 BOD는 1mg/L가 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 본 연구에서는 QUAL2E模型을 이용하여 왕숙천의 한강 본류에 대한 영향을 살펴보았다. 즉, 鷺室水中狀下流로 왕숙천의 전유량을 By-pass 할 경우에 대하여 수질을 모의발생하였다. 현 상태로 하수처리하여 By-pass 할 경우와 계획대로 하수처리하여 Bypass 할 경우 양쪽 모두 다 비교적 영향이 작은 것으로 나타나고 있다. 그러나 왕숙천의 전 유량을 잠실수중보 하류지역의 일정 방류구에 Bypass하면 왕숙천 유량이 완전 혼합되어 확산되기까지는 방류구 인근 수질에 영향이 있을 것으로 사료된다. 따라서 왕숙천의 유량을 鷺室水中狀 下流地域으로 Bypass할 경우에도 計劃대로 下水處理를 實施하여야 할 것이다.

#### 나) 한강 상류유역의 차집관거 및 하수도 정비

한강상류유역에 대규모 주택단지가 들어설 계획이므로 이들지역에 下水道管網을 시설하고, 하수처리시설을 설치하여 철저히 생활하수를 처리하여야 할 것이다. 서울지역에는 한강 兩眼을 따라 遮集管渠가 설치되어 생활하수등을 차집하고 있으나 아직 경기도 지역에서는 미설치되어 있다. 경기도지역의 生活下水는 比較的 下水량이 적으므로 발생지역에 소규모 하수처리시설을 설치하도록 하거나 차집관거를 설치하여 함께 처리하도록 추진하여야 할 것이다.

#### 6.1.2 팔당방류량의 유기적인 조절

한강은 잠실수중보상류지역에서 대량 취수하고 있다. 즉 현재는 53만톤/일에서 2001년에는 약 90만톤/일로 증가될 것이다. 즉 대규모의 취수에 따른 한강본류의 희석수량이 감소되므로 수질에 악 영향을 미칠수 있다. 따라서 入堂放流量을 한강의 水質과 관련하여 有機的으로 調整할 필요가 있다. 본 연구에서 RMA모형을 이용하여 영동대교와 한남대교에서의 팔당방류량의 영향을 검토한 결과 팔당방류량이 125CMS에서 300CMS로 늘어남에 따라 수질개선효과가 상당하였음을 알

수 있었다. 따라서 八堂放流量의 하류부 수질과 연계한 有機的인 調節이 必要하다.

### 6.1.3 팔당방류수의 수질을 1등급으로 유지

현재 한강의 수질은 팔당방류량 및 팔당호의 수질에 영향을 받고 있다. 특히 잠실수중보상류 수역의 하천수질달성등급을 1등급으로 유지하기 위해서는 八堂湖의 1급수 유지가 필수적이다. 본 QUAL2E모형의 대안에서도 살펴보았듯이 팔당호가 1급수로 유지되지 않으면 잠실수중보 상류수역으로 유입되는 지천이 계획된 수질달성등급을 유지한다 해도 잠실수중보 상류수역의 1급수달성은 어려운 것으로 나타나고 있다. 따라서 팔당호를 1급수로 유지하기 위한 기초환경수질에 대한 대규모투자 및 다각적인 노력이 필요하다.

### 6.1.4 상수원보호구역 지정

鷺室水中狀 上流地域은 大規模 取水源地域이므로 上水源保護區域의 지정은 필수적이다. 따라서 취수원유역에 산재하고 있는 수상 및 위락시설은 親水區域으로 이전하여야 할 것이다. 특히 본 연구에서 수질예측모형을 이용하여 取水源流域에 有害物質漏出事故發生을 模擬發生한 결과 즉 전호대교에서 유해물질의 차량이 전복하여 한강으로 떨어진 경우를 모의발생하여 보았다. 이때 유해물질의 확산이 곧바로 취수원에 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 따라서 잠실수중보상류지역은 상수보호구역으로 지정되어야 한다. 특히 교량을 포함하여 한강 연안의 상수보호구역의 지정은 1차적으로 필요하다.

### 6.1.5 잠실수중보 상류지역의 상시 수질감시체계 구축

잠실수중보상류 수역의 상시 수질감시체계가 구축되어야 한다. 이 지역이 취수원지역이므로 유해물질의 투입시 감시할 수 있는 체계가 구축되어야 할 것이다. 또한 하천에 돌발적인 유해물질 유입시 유해물질에 민감한 물고기, 물벌레등의 1급경보장치를 포함한 수질감시체계가 구축되어야 한다. 본 RMA모형을 이용하

여 돌발적인 유해물질 사고시 확산상황을 살펴본 바 있다. 이러한 예측시스템의 구축이 요청된다.

## 6.2 잠실수중보하류지역 친수구역의 수질관리

### 6.2.1 친수 수질기준제시

현재 한강은 앞서도 설명한 바와 같이 잠실수중보 하류 구역의 목표달성수질은 II 또는 III등급이다. 또한 일본에서는 하류지역의 친수구역 수질관리를 위하여 <6-1,2,3>과 같은 친수활동에 관한 수질기준이 있다. 한강의 목표달성수질이 일본의 친수 수질기준과 거의 비슷한 수질을 보이고 있는바 한강도 구체적인 친수 수질기준을 마련하여 수질관리를 하여야 할 것이다.

### 6.2.2 하수도 및 하수처리시설의 계획대로의 확충과 정비

현재 잠실수중보하류지역의 수질은 유량이 많은 지천(중랑천, 탄천, 안양천, 창릉천등)이 한강으로 합류되면서 크게 악화되고 있다. 또한 중랑천 하수처리장과 탄천하수처리장은 시설용량을 초과하여 유입되는 하수의 일부를 1차처리후 한강으로 방류하고 있으며, 장안천 유량은 처리없이 한강으로 합류되고 있는 상태이다. 그리고 하류의 가양 및 난지하수처리장 역시 현재 1차처리만을 하고 2차처리 없이 한강으로 방류하고 있는 실정이다. 따라서 하수처리시설을 계획대로 확충하여야 할 것이다.

본 연구에서 살펴본 바와 같이 하수처리가 계획대로 시행된다면 한강의 수질은 상당히 개선될 것이다. 특히 장래수질예측에서 QUAL2E모형의 모의 발생으로 수질을 살펴본 바와 같이 계획대로 하수처리가 이루어진다면 2001년의 한강하류의 수질은 일부수역을 제외하고는 목표달성 수질에 만족할 수 있을 것으로 보인다.

<표 6-1> 친수기능과 수질항목의 관계 예

기 능 내 용	기 본 조 건	수 질 항 목
1. 물의 존재에 의한 안락감 (즐거움)	불쾌감을 주지 않는 것	외관, 색상, 취기
2. 물과 접촉하며 즐긴다. (물놀이, 강놀이)	비불쾌감, 衛生學적 안전성	pH, 독성 물질, 병원성 미생물
3. 물에 들어가 즐긴다. (수영, 수중 recreatio)	2)의 높은 수준의 상태	"
4. 수생생물을 즐긴다. (낚시, 채취)	3)의 조건과 清水性 생태계	"

<표 6-2> 친수공원에서 요구되는 수질의 한 예

수질지표	수질항목과 환경에 주는 영향	산책, 휴식	낚시, 물놀이	낚시, 물놀이, 수영
DO (mg/L)	수온이 상승하면 용존산소의 보존능력이 감소한다. 물고기의 필요산소량은 종류에 따라 다르다. (3 - 6 mg/L가 한도. 3mg/L이하가 되면 혐기성의 우려가 있음)	3	3 - 6	7.5
BOD (mg/L)	緩流 및 저수지에서는 5mg/L이하가 바람직하고 深流에서는 10mg/L이하가 바람직하다.	10	5	2
SS (mg/L)	SS가 많으면 광합성과 미생물의 번식을 저해하고 물고기의 아가미 등에 부착하면 호흡 곤란을 일으킨다.	10	5	2
무기질소 (mg/L)	수중생태계를 유지해 가기 위해서는 0.3mg/L이상이 필요. 1.0mg/L가 바람직하고 10mg/L에서는 저해가 된다. 암모니아성 질소는 6mg/L이하	-	6	6
무기인 (mg/L)	수중생태계를 유지하기 위해서는 0.005mg/L이상 필요. 0.02mg/L에서는 조류가 발생할 가능성이 있으며, 0.3mg/L이상이 되면 바람직하지 않다.	-	0.3	0.3
pH	변동이 없는 것이 바람직하다.	-	6.5-8.5	6.5-8.5
대장균군수 (MPN/100mL)	오물에 의한 오염의 증거가 된다.	-	10 ³	10 ³
음이온 계면 활성제(mg/L)	거품이 생기면 외관상 좋지 않다. 유행에 의해 낙차가 많으면 거품이 생긴다.	-	0.5이하	0.5이하
기타	외관상 수질로서 불거품이 발생하지 않을 것, 취기가 나지 않을 것, 쓰레기가 없을 것 등을 들 수 있다.	-		

### 6.2.3 한강하류로의 수상 및 친수시설 이전

한강에 위치한 수상시설은 <표 2-27>과 같으나 잠실수중보 상류에 위치한 수상시설은 14개업체로 점용면적은 17,537m²로 나타나고 있다. 따라서 취수권유역에 위치한 수상시설은 친수권역으로 이전하여야 할 것이다. 특히 여의도등 한강하류에 관련시설을 모아둘 수 있는 정박시설등을 설치하여 하류로 이전을 유도하여야 할 것이다.

### 6.2.4 주요 유입지천의 한강 합류부 세부적인 수질조사

주요 유입지천의 한강합류부는 본 연구의 RMA모형을 수행한 결과 북단 중간 남단의 수질이 상당한 차이가 나고 있다. 특히 증랑천, 탄천 등 많은 유량이 유입되는 합류부에서는 북단, 중간, 남단의 수질차이가 높게 나타나고 있다. 또한 이들 지천에서 유입되는 퇴적물이 조석간만의 영향을 받아 한강본류에 퇴적되고 있다. 따라서 이들 지천의 합류부의 세부적인 수질조사와 한강본류 유입전의 관리가 강구되어야 한다.

### 6.2.5 수질모형을 이용한 수질관리 강화

RMA모형을 이용한 결과 퇴적물이 침전되는 권역을 살펴볼 수 있다. 증랑천 합류부의 퇴적물영향권과 실측한 조사(한강하류 수질보전 대책 수립조사 보고서의 내용)와 비슷한 상황을 나타내고 있다. 이들 퇴적물의 수질영향도 본 RMA모형을 이용하여 모의 발생할 수 있을 것이다. 특히 수질모니터링 시스템의 설치 위치 및 퇴적물의 영향, 본류내의 시간적, 공간적 수질차이의 파악등이 가능하다. 또한 RMA모형과 같은 동력학적 상태의 모형을 개량한다면 평균 수질보다 나쁜 단기적인 최악의 수질 상태를 예측할 수도 있으므로 즉각적인 수질관리 대안제시가 가능한 수질관리모형으로 발전할 수 있을 것이다.

<표 6-3> 수질기준에 관한 수질기준

수질항목 (단위)	수질항목의 판정기준		유형용 목적의 위생기준 (후생성)	환경기준 (水浴에 적용)			하수처리수의 수경 친수 용수 이용에 관한 기본수질 요요지		
	적 당			하천 A유형	호수 A유형	해역 A유형		수경용물이용 (불근접전제)	친수성 물이용 (근접용 전제)
	수질 A	수질 B							
pH (mg/ℓ)			5.8-8.6		6.5이상 8.5이하	6.5이상 8.5이하	5.8-8.6	5.8-8.6	
BOD (mg/ℓ)					2이하	-	10이하	3이하	
COD (mg/ℓ)	2이하(호수 3이하)	과기 이외			2.5 이하	-			
SS (mg/ℓ)					7.5이상	7.5이상			
DO (mg/ℓ)					1000 이하	1000 이하	1000(개) 이하	50(개) 이하	
대장균수 (MPN/100ml)									
분변성대장균수 (개/100ℓ)	100 이하	1000 이하	10배 5분중 양성2분이하	10배 5분중 양성2분이상					
n-헥산수출물질 (유분등)(mg/ℓ)									
유박의 유부	무인정 진제(수심 1m이상)	무인정 수심 1m이상	무인정 수심 1m이상	무인정 수심 1m이상	무인정 수심 1m이상	무인정 수심 1m이상			
투명도(m)									
타도(度)			5이하				10 이하	5 이하	
색도(度)							40 이하	10 이하	
취기							불유쾌	남유쾌	
KMnO ₄ 소비량 (mg/ℓ)			12이하	12이하					
잔류염소(mg/ℓ)									
유리염소(mg/ℓ)			1.0이하 0.4이상 1.0이하	1.0이상 0.2이상					
일반세균(個/ℓ)				200이하					
T-N (mg/ℓ)							0.2이하		
T-P (mg/ℓ)							0.01이하		

## 第 7 章    결    론



## 제 7 장 결 론

한강은 서울시민들에게 상수를 공급하고, 친수공간으로 휴식공간을 제공하고 있다. 최근들어 한강은 팔당호의 수질저하 및 팔당호에서 잠실수중보사이에 위치한 지천 유역에 대규모 주택단지의 조성으로 인하여 취수원수역의 수질관리가 어려워지고 있다. 따라서 본 연구에서는 한강의 수질을 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 대하여 살펴보았다. 그 결론은 다음과 같다.

- 1) 한강은 수질목표 달성등급 및 이용목적에 따라 수질관리가 이루어져야 한다.
- 2) 잠실 수중보 수역까지는 취수원 구역이므로 팔당호에서 잠실수중보사이 수역을 상수원보호구역으로 지정하여야 한다.
- 3) 한강은 잠실수중보 상류의 취수원구역의 수역과 잠실수중보 하류의 친수구역으로 나누어서 수질관리를 하여야 한다.
- 4) 한강의 친수수질관리 기준이 설정되어야 한다.
- 5) 취수원구역의 수상시설등은 친수구역으로 이전되어야 한다. 또한 친수구역은 종합적인 시설을 마련하여 수상시설 설치를 유도하여야 한다.
- 6) 수질조사 결과 취수원구역의 합류지전중 양속천의 오염부하량이 가장 크고, 장자못 지천의 수질이 나쁜것으로 나타나고 있다. 또한 그 외의 월문천, 덕봉천등은 유량은 작으나 수질은 BOD 20mg/L정도로 나타나고 있다. 이들 지천의 수질관리가 필요하다.
- 7) 잠실수중보상류 수역의 수질을 1급수로 유지하려면 팔당호의 BOD가 1 mg/L수준을 유지하여야 한다. 따라서 팔당호의 수질관리가 중요하다.
- 8) 한강의 수질은 팔당방류량에 따라 크게 좌우된다. 따라서 팔당방류량의 한강수질과 연계한 유기적인 조절이 필요하다.
- 9) 상류 지천유역에 대규모 주택단지가 조성되므로 이 지역의 분류하수도 설치 등 철저한 관리가 필요하다.
- 10) 중랑천 및 탄천이 유입되는 한강의 중 하류지역 수질관리는 오염부하량이 큰 중랑천, 탄천, 안양천, 창릉천의 수질관리가 중요하다.
- 11) 주요 지천의 합류부 수질조사 결과 횡방향의 수질차이가 컸다. 따라서 어느지점의 수질파악을 위해서는 좌측, 중간, 우측등 세부적으로 조사하여야

한다.

- 12) 주요 지천의 한강합류부 수질관리 위해서는 하수처리시설이 계획대로 설치 운영되어야 한다.
- 13) 한강의 수질관리는 정상상태 수질모형뿐 아니라 동역학적 모형을 이용하여 효율적으로 관리 예측되어야 할 것이다. 즉 이러한 수질모형은 장래수질예측, 퇴적물의 영향, 수질모니터링 위치, 지천 및 열폐수등 오염원관리에 긴요하게 사용될 수 있다.
- 14) 한강의 수질을 효율적으로 관리하기 위해서는 상시 수질감시측정망의 설치 등이 필요하다.

# 참 고 문 헌



## 참고문헌

1. 국토개발연구원, 수질보전을 위한 유지용수량 산정에 관한 연구 - 한강을 중심으로-, 1986
2. 기상청, 기상월보, 1993
3. 서울시정개발연구원, 도시하천 수질관리를 위한 연구(안양천을 심으로), 1993
4. 서울특별시, 서울특별시통계연보
5. 서울특별시, 수질오염저감대책 연구보고서, 1988
6. 서울특별시, 증랑천 하수처리장 사업시설보고서, 1984
7. 서울특별시, 탄천하수처리장기본계획보고서, 1984
8. 서울특별시, 안양천하수처리장건설사업 기본시설보고서, 1985
9. 서울특별시, 난지하수처리장사업시설계획보고서, 1985
10. 서울특별시, 한강생태계조사연구보고서, 1987
11. 서울특별시, 한강생태계조사연구보고서, 1990
12. 서울특별시 한강 수위유지시설(잠실수중보) 기본계획 및 실시설계 보고서, 1984
13. 서울특별시, 한강 수위유지시설(하류 수중보) 기본계획 및 실시설계 보고서, 1986
14. 서울특별시, 한강종합개발사업기본계획보고서, 1984
15. 서울특별시, 한강 종합개발사업준공도(하도정비), 1987
16. 서울특별시, 한강종합개발 환경영향평가보고서, 1983
17. 서울특별시, 서울시 하수도기본계획 재정비, 1992
18. 서울시, 서울시 상수도 취수원의 북한강 상류이전타당성연구, 1993
19. 서울특별시, 서울시 분뇨 및 축산폐수처리기본계획(1992~2001), 1994
20. 서울특별시, 한강생태계 조사연구, 1994
21. 서울특별시 한강관리사업소, 한강 정기 수심측정도, 1993

22. 서울특별시 한강관리사업소, 한강하류 수질보전대책수립 조사보고서, 1993
23. 수로국, 조석표 제 1권, 1994
24. 신곡농지개량조합, 한강수위측정기록부, 1994
25. 동화기술, 환경오염공정시험법(수질, 폐기물편), 1993
26. 동화기술, 환경관계법규, 1993
27. 영인과학, '94 한미 환경분석 심포지움, 1994
28. 유 명진 외., 우리나라 호수의 인, 질소, 투명도 및 chlorophyll-a 농도에 관한 연구, 서울시립대학교 부설 수도권개발연구소, 1987
29. 유 명진 외., 한강수질현황과 관리방안, 서울시립대학교 부설 수도권개발연구소, 1986
30. 조 영일외, 환경공학, 동화기술, 1989
31. 한국과학기술원, 수계별 수질예측 수치모델의 개발
32. 한국수자원공사, 한강 하천유지유량 조사연구보고서, 1990
33. 환경처, 수질기준 및 배출허용기준 적정화 방안연구, 1992
34. 환경처, 한강 대권역 수질보전계획(1992 ~ 1996), 1992
35. 환경처, 한국환경연감, 1993
36. APHA-AWWA-WPCF, Standard Method for The Examination of Water and Wastewater 17th ed., 1990
37. Bridgham young University Engineering Computer Graphics Laboratory, 32. FastTABS 2.2 windows version, 1993
38. I.P.King, RMAGEN version 1.1, A Program For Generation of Finite Element Networks, 1993
39. I.P.King, RMAPLT version 1.1, A Program for displaying Results From RMA Finite Element Programs, 1993
40. I.P.King, RMA 2 version 5.0, A Two Dimensional finite Element Model for flow in Estuaries and Streams, 1993
41. I.P.King, RMA4 version 3.1, A Two Dimensional finite Element Water

Quality Model, 1990

42. HACH Co., Water Analysis Handbook 2nd ed., 1992
43. HACH Co., DR3000 Spectrophotometer Manual, 1993
44. OECD, Eutrophication and Rehabilitation of Surface water Development and management, Part 2, Pergamon press, 1985
45. U.S. EPA, The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Model, 1987
46. U.S. EPA, Computer Program Documentation for the Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E, 1985
47. U.S. EPA, Rates, constants, and Kinetics Formulation in Surface Water Quality Modeling(2nd Ed.), 1985
48. 日本 河川環境研究會, 解説 河川環境, 山海堂, 1987
49. 市川新, 都市河川の 環境科學, 水質管理計劃の 考之方, 培風館, 1980
50. 國松孝男 등 편저, 河川汚濁의 모델解析, 1989



# 부 록



<부록 3-1> 2월중 본류 주요지점의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	6.28	-3.5	13.4	1.35	1	3	0.08	0.01	0.1	N.D
팔당나루	7.05	-3.5	14.2	1.30	1	3	N.D	0.01	0.1	N.D
강동대교	6.03	-4.0	14.2	1.29	2	1	N.D	0.02	0.2	0.04
천호대교	6.74	-4.0	14.6	1.45	2	2	N.D	0.02	0.3	N.D
영동대교	7.11	-4.0	12.6	1.90	6	8	0.15	0.03	0.6	N.D
한남대교	7.16	5.8	9.8	3.08	6	12	0.88	0.05	1.2	0.17
당산철교	7.18	4.4	11.1	3.35	7	14	1.45	0.06	1.5	0.38
홍제천합류	7.21	3.6	10.7	5.32	7	14	1.05	0.04	1.5	0.24
안양천합류	7.08	3.5	9.3	5.86	8	12	0.90	0.05	2.0	0.30
난지도중간	7.07	3.4	9.0	5.87	8	12	0.88	0.05	2.5	0.29
창릉천합류	7.01	3.2	7.2	5.56	9	16	1.48	0.15	3.0	0.38

지점	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd
팔당	0.10	0.28	0.033	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
팔당나루	0.17	0.28	0.039	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
강동대교	0.25	0.56	0.069	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
천호대교	0.17	0.42	0.102	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
영동대교	0.41	1.12	0.174	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
한남대교	0.70	2.94	0.156	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
당산철교	1.60	3.08	0.177	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
홍제천합류	1.66	2.80	0.153	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
안양천합류	0.77	3.08	0.165	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
난지도중간	0.95	3.50	0.153	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
창릉천합류	1.40	4.20	0.219	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

* 단위 : ppb

<부록 3-2> 4월중 본류 주요지점의 수질조사결과(북단)

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.36	12.0	12.4	1.12	0	1	0.00	0.00	0.0	0.01
팔당나루	7.36	11.1	12.3	1.44	0	1	0.00	0.00	0.0	0.09
강동대교	7.38	11.8	12.1	1.96	0	2	0.07	0.03	0.0	0.09
천호대교	7.30	11.9	12.8	1.96	1	3	0.06	0.03	0.0	0.32
영동대교	7.28	12.6	11.3	2.56	7	10	1.03	0.06	0.5	0.23
한남대교	7.23	13.5	5.6	4.48	10	14	1.70	0.07	0.5	0.20
당산철교	7.36	14.1	5.1	5.05	10	14	1.80	0.07	0.5	0.45
홍제천합류	7.29	14.1	5.0	5.35	8	17	2.40	0.04	1.0	0.76
안양천합류	7.31	14.2	5.3	6.85	8	17	3.00	0.05	1.0	0.60
난지도중간	7.30	14.1	4.4	7.60	9	17	2.10	0.07	1.0	0.41
창릉천합류	7.09	15.1	0.7	7.85	10	19	3.00	0.10	1.0	0.94

지점	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd
팔당	0.22	0.00	0.025	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
팔당나루	0.22	0.00	0.019	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
강동대교	0.35	0.21	0.031	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
천호대교	0.37	0.14	0.023	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
영동대교	0.98	2.03	0.093	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
한남대교	1.78	2.49	0.127	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
당산철교	1.78	2.94	0.105	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
홍제천합류	1.50	3.61	0.102	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
안양천합류	1.58	4.20	0.240	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
난지도중간	1.55	3.36	0.102	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
창릉천합류	2.58	4.33	0.580	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

* 단위 : ppb

<부록 3-3> 4월중 본류 주요지점의 수질조사결과(중간)

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.36	12.2	12.7	1.24	0	0	0.00	0.04	0.0	0.26
팔당나루	7.36	11.1	12.3	1.40	0	1	0.00	0.02	0.0	0.09
강동대교	7.36	11.7	12.1	1.82	1	2	0.10	0.02	0.1	0.15
천호대교	7.30	11.8	12.7	1.90	1	4	0.06	0.02	0.0	0.09
영동대교	7.28	12.4	11.4	2.58	6	12	1.61	0.05	0.2	0.21
한남대교	7.23	13.7	5.6	3.78	6	15	1.50	0.04	0.3	0.63
당산철교	7.36	14.5	5.9	4.55	12	15	2.40	0.07	0.5	0.49
홍제천합류	7.39	14.2	6.4	4.90	10	16	3.15	0.07	1.0	2.20
안양천합류	7.31	14.4	5.2	6.05	10	17	3.90	0.06	0.5	0.70
난지도중간	7.42	14.2	5.7	7.00	10	17	2.90	0.07	0.5	0.80
창릉천합류	7.08	15.4	0.5	7.40	10	18	3.15	0.18	1.0	0.91
지점	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
팔당	0.22	0.00	0.021	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
팔당나루	0.22	0.00	0.019	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
강동대교	0.62	0.21	0.035	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
천호대교	0.55	0.14	0.022	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
영동대교	0.83	2.00	0.094	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
한남대교	1.92	1.99	0.269	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
당산철교	1.56	3.08	0.093	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
홍제천합류	1.85	4.55	0.087	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
안양천합류	1.43	4.76	0.270	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
난지도중간	1.55	3.64	0.138	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
창릉천합류	2.28	4.69	0.524	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		

<부록 3-4> 4월중 본류 주요지점의 수질조사결과(남단)

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.36	12.3	12.6	1.24	0	1	0.00	0.03	0.2	0.09
팔당나루	7.36	11.1	12.3	1.42	0	1	0.00	0.00	0.0	0.09
강동대교	7.32	12.1	12.1	1.80	1	2	0.00	0.03	0.0	0.19
천호대교	7.30	12.0	12.9	1.88	2	3	0.03	0.03	0.0	0.34
영동대교	7.28	13.4	10.8	2.42	6	10	0.34	0.06	0.1	0.23
한남대교	7.88	13.7	9.4	3.02	11	13	1.00	0.06	0.3	0.83
당산철교	7.28	15.1	5.7	4.75	6	16	2.55	0.08	0.5	0.46
홍제천합류	7.45	14.2	6.6	4.35	10	16	2.50	0.08	0.5	1.15
안양천합류	7.34	14.5	5.2	6.35	10	18	3.80	0.06	0.8	0.94
난지도중간	7.41	14.2	5.6	7.20	10	18	2.50	0.06	0.5	0.45
창릉천합류	7.08	15.3	0.6	7.50	12	19	3.05	0.33	0.8	0.99

지점	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd
팔당	0.22	0.42	0.017	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
팔당나루	0.22	0.00	0.019	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
강동대교	0.53	0.07	0.024	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
천호대교	0.37	0.07	0.025	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
영동대교	1.00	0.56	0.078	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
한남대교	1.69	1.52	0.083	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
당산철교	1.60	3.15	0.090	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
홍제천합류	1.80	3.15	0.096	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
안양천합류	2.37	4.83	0.285	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
난지도중간	2.18	3.57	0.316	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
창릉천합류	2.28	4.54	0.548	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

<부록 3-5> 7월중 본류 주요지점의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.70	25.3	9.7	1.20	1	3	0.07	0.04	0.2	0.01
팔당나루	7.40	25.0	8.6	1.20	0	3	0.06	0.04	0.2	0.01
강동대교	7.30	24.1	8.0	1.20	0	3	0.05	0.04	0.2	0.01
천호대교	7.40	24.9	7.5	1.33	2	3	0.09	0.04	0.2	0.08
영동대교	7.20	25.0	7.4	1.97	3	5	0.57	0.04	0.2	0.12
한남대교	7.30	24.8	7.6	2.55	5	7	1.10	0.05	0.5	0.50
당산철교	0.40	27.2	4.5	2.94	6	8	1.25	0.06	0.7	0.37
홍제천합류	7.20	25.7	4.4	3.24	6	8	1.32	0.05	0.7	0.37
안양천합류	7.20	25.8	4.2	3.50	7	9	1.22	0.03	0.7	0.28
난지도중간	7.30	25.6	4.6	4.35	8	10	1.65	0.05	1.0	0.37
창릉천합류	7.20	25.7	3.6	4.75	9	12	2.10	0.07	1.0	0.56
지점\ 항목	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
팔당	N.D	0.34	0.033	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
팔당나루	0.16	0.40	0.039	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
강동대교	0.26	0.45	0.069	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
천호대교	0.31	0.46	0.102	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
영동대교	1.29	1.00	0.174	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
한남대교	1.90	1.75	0.156	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
당산철교	1.95	2.01	0.177	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
홍제합류부	0.65	2.12	0.153	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
안양합류부	1.57	2.02	0.165	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
난지도중간	2.03	2.80	0.153	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
행주대교	2.47	3.21	0.219	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		

* 단위 : ppb

<부록 3-6> 10월중 본류 주요지점의 수질조사 결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
팔당	7.70	20.0	9.7	1.30	1	1	N.D	0.02	0.6	N.D
팔당나루	7.50	19.5	8.5	1.30	0	3	N.D	0.01	0.6	N.D
강동대교	7.30	19.6	8.0	1.45	0	3	0.07	0.02	0.7	0.01
천호대교	7.40	19.6	7.5	1.45	2	4	0.08	0.02	0.8	0.01
영동대교	7.20	19.9	7.4	2.75	3	7	0.50	0.06	1.2	0.28
한남대교	7.70	19.9	5.6	4.65	5	9	2.50	0.14	1.7	0.92
당산철교	7.71	19.9	2.9	4.45	6	10	2.30	0.10	1.0	0.51
홍제천합류	7.58	20.2	2.8	4.50	6	10	2.30	0.09	0.9	0.56
안양천합류	7.44	19.9	2.5	6.35	7	11	2.00	0.10	0.9	0.54
난지도중간	7.52	19.8	2.7	6.75	8	12	2.51	0.09	0.9	0.55
창릉천합류	7.32	19.8	1.3	6.30	9	14	2.80	0.12	1.3	0.68
지점\ 항목	T-P	TKN	ABS	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
팔당	0.02	0.28	N.D0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
팔당나루	0.02	0.30	N.D0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
강동대교	0.02	0.36	0.007	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
천호대교	0.02	0.36	0.010	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
영동대교	0.94	1.26	0.013	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
한남대교	1.80	3.26	0.060	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
당산철교	1.60	2.98	0.060	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
홍제합류부	1.80	3.06	0.075	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
안양합류부	1.70	2.92	0.085	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
난지도중간	1.60	3.20	0.075	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
창릉천합류	1.90	3.90	0.080	N.D	0.001	N.D	N.D	N.D		

* 단위 : ppb

<부록 3-7> 2월중 주요지천의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
월문천	6.62	1.0	7.3	11.56	54	87	4.35	0.17	6.9	1.28
석실교	6.41	4.0	8.5	19.16	23	62	3.10	0.11	5.0	1.87
산곡천	6.97	-2.5	9.3	7.81	52	56	0.47	0.14	0.5	N.D
덕풍천	7.29	-2.0	7.5	10.34	67	85	4.40	0.37	6.4	4.95
왕숙천	7.17	-2.0	9.1	18.87	15	30	3.00	0.39	4.5	1.70
장자못하류	6.65	1.0	6.1	10.95	33	72	4.40	0.06	5.6	2.97
탄천	6.86	-2.2	6.1	10.80	6	25	1.90	0.15	3.2	3.31
중량천	6.67	1.0	7.7	12.45	30	38	4.20	0.25	6.0	2.34
홍제천	7.78	9.4	9.7	11.71	44	70	2.50	0.11	5.0	1.63
안양천	7.13	6.5	2.0	13.68	66	92	4.40	0.07	4.0	4.08
J산업	5.8	9.4	8.0	10.94	19	36	0.85	0.09	2.0	0.23
창릉천	7.59	10.7	6.6	13.07	58	70	4.25	0.37	3.5	1.92
지점\ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
산곡천	1.056	4.03	12.19	N.D	N.D	0.01	0.005	N.D		
덕풍천	0.738	3.45	10.51	N.D	N.D	0.01	0.035	N.D		
월문천	0.110	0.30	1.26	N.D	N.D	0.03	0.032	N.D		
석실교	0.669	8.97	22.13	N.D	N.D	0.01	N.D	0.006		
장자못하류	0.375	2.81	8.40	N.D	N.D	0.03	0.129	N.D		
왕숙천	0.438	8.63	10.51	N.D	N.D	0.03	0.037	N.D		
탄천	0.318	4.79	19.75	N.D	N.D	0.02	0.049	N.D		
중량천	0.444	3.97	23.48	N.D	N.D	0.01	0.058	N.D		
홍제천	1.011	3.40	7.70	N.D	N.D	0.02	N.D	N.D		
안양천	1.056	5.20	19.61	N.D	N.D	0.02	N.D	N.D		
J산업	0.024	1.09	4.20	N.D	N.D	0.01	0.076	N.D		
창릉천	1.056	3.08	11.77	N.D	N.D	0.01	0.012	N.D		

* 단위 : ppb

<부록 3-8> 4월중 주요지천의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
월문천	7.80	6.7	3.4	14.90	23	56	15.20	1.20	2.5	0.90
석실교	8.40	12.8	7.9	9.30	14	18	8.50	1.23	2.5	0.55
산곡천	7.40	16.8	7.9	1.60	16	30	1.60	0.06	N.D	0.24
덕풍천	7.34	17.4	3.7	35.10	37	47	14.50	0.61	2.0	0.70
왕숙천	7.45	14.4	7.7	8.80	32	64	8.50	1.93	2.0	1.38
장자못하류	7.70	17.2	1.2	21.60	44	78	15.30	0.11	3.0	2.20
탄천	7.20	18.1	2.1	15.00	40	71	15.80	0.27	1.5	0.82
중량천	7.21	15.6	4.2	13.70	30	62	10.10	0.19	2.0	0.73
홍제천	8.20	16.2	6.7	4.80	16	30	3.95	0.07	2.0	0.31
안양천	7.30	16.4	0.6	14.00	6	30	11.00	0.06	5.0	2.04
J산업	8.26	16.3	2.6	11.80	4	32	2.95	0.06	1.0	0.27
창릉천	7.41	15.9	1.6	5.80	28	30	3.45	0.01	2.5	1.32
지점 \ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
월문천	0.368	2.80	20.40	N.D	N.D	0.01	0.103	N.D		
석실교	0.008	1.02	12.80	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
산곡천	0.400	1.40	1.90	N.D	N.D	0.01	0.088	N.D		
덕풍천	0.450	6.91	18.80	N.D	N.D	0.03	0.124	N.D		
왕숙천	0.075	1.61	11.80	N.D	N.D	0.02	0.029	N.D		
장자못하류	0.160	2.30	29.80	N.D	N.D	0.02	0.045	N.D		
탄천	0.250	4.70	20.60	N.D	N.D	N.D	0.042	N.D		
중량천	0.380	7.40	13.70	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
홍제천	1.224	1.56	6.20	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
안양천	1.770	9.92	19.10	N.D	N.D	0.01	0.096	N.D		
J산업	0.210	0.26	4.30	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
창릉천	1.548	2.85	7.60	N.D	N.D	N.D	0.159	N.D		

* 단위 : ppb

<부록 3-9> 7월 중 주요지천의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지 점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
월문천	7.03	24.0	5.6	19.10	40	60	1.51	0.03	1.2	1.95
석실교	8.13	25.1	10.8	0.20	13	28	1.38	N.D	1.0	0.58
산곡천	8.38	26.8	3.0	24.10	36	70	4.00	0.03	1.0	2.84
덕풍천	7.04	25.9	9.4	9.00	29	32	2.80	0.12	1.0	2.66
왕숙천	7.42	27.5	7.0	31.50	39	90	1.94	0.20	1.4	2.21
장자못하류	7.27	28.3	0.1	13.50	22	38	4.40	0.02	2.0	4.50
탄천	7.07	26.9	2.1	17.20	28	44	3.35	0.09	1.0	2.92
중랑천	6.99	26.3	1.5	34.60	34	57	4.20	0.03	1.0	3.55
홍제천	7.25	27.8	9.1	21.40	20	30	3.32	0.12	0.5	2.02
안양천	8.21	27.6	0.1	13.70	45	80	3.22	0.01	1.0	3.65
J산업	6.83	25.2	3.3	1.20	13	17	2.13	0.02	0.5	1.24
창릉천	6.89	27.0	2.6	4.42	13	14	1.43	0.06	0.7	1.29
지점\ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
산곡천	0.884	7.62	3.70	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
덕풍천	0.245	1.40	2.80	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
월문천	0.669	3.86	5.15	N.D	N.D	0.03	N.D	N.D		
석실교	0.636	3.44	4.37	N.D	N.D	0.01	N.D	0.006		
장자못하류	0.254	3.04	4.03	N.D	N.D	0.03	N.D	N.D		
왕숙천	0.425	8.63	11.65	N.D	0.007	0.03	N.D	N.D		
탄천	0.41	5.56	5.04	N.D	N.D	0.02	N.D	0.003		
중랑천	0.455	4.60	5.94	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
홍제천	1.011	3.44	4.37	N.D	N.D	0.02	N.D	0.007		
안양천	1.056	5.83	4.37	N.D	N.D	0.02	N.D	N.D		
J산업	0.824	2.30	2.65	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
창릉천	0.856	3.08	3.70	N.D	N.D	0.01	N.D	0.004		

* 단위 : ppb

<부록 3-10> 10월중 주요지천의 수질조사결과

(단위: mg/L)

지점	pH	수온	DO	BOD	S-COD	T-COD	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
월분천	7.43	18.2	5.1	24.10	46	76	8.05	0.92	2.5	1.68
석실교	6.80	18.7	8.5	4.60	13	23	1.00	0.19	1.5	0.53
산곡천	7.43	18.5	1.7	35.00	45	65	1.50	0.15	0.0	5.29
덕풍천	7.80	17.0	9.0	25.60	20	22	1.84	0.38	1.5	5.40
왕숙천	7.95	19.2	1.0	31.00	28	64	10.50	0.08	2.0	5.57
장자못하류	8.29	19.8	5.8	15.40	37	40	2.85	0.93	6.5	2.11
탄천	7.73	20.1	2.1	22.70	56	80	11.15	0.32	1.5	4.35
중량천	6.99	26.3	1.5	24.80	37	50	5.20	0.42	3.5	3.90
홍제천	8.35	19.9	7.4	24.60	28	49	15.50	0.18	0.5	3.68
안양천	7.62	19.4	1.0	19.20	22	54	3.05	0.59	3.0	2.50
J산업	7.85	26.6	4.9	14.90	16	21	4.35	0.14	1.5	1.43
창릉천	7.81	18.7	4.4	19.40	40	53	2.90	0.20	2.0	1.15
지점 \ 항목	ABS	T-P	TKN	Hg*	As*	Cr ⁶⁺	Pb	Cd		
월분천	0.824	2.45	15.40	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
석실교	0.255	1.11	3.64	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
산곡천	0.688	7.25	5.62	N.D	N.D	0.03	N.D	N.D		
덕풍천	0.656	5.71	12.32	N.D	N.D	N.D	0.017	N.D		
왕숙천	0.824	7.41	13.32	N.D	N.D	0.03	0.001	N.D		
장자못하류	0.354	3.93	7.84	N.D	N.D	0.02	0.003	N.D		
탄천	0.450	5.74	16.46	N.D	N.D	0.02	N.D	N.D		
중량천	0.460	2.39	7.46	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
홍제천	1.021	6.27	19.00	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		
안양천	1.050	3.20	5.88	N.D	N.D	0.02	N.D	N.D		
J산업	0.810	1.86	5.88	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D		
창릉천	0.834	1.65	4.06	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D		

* 단위 : ppb

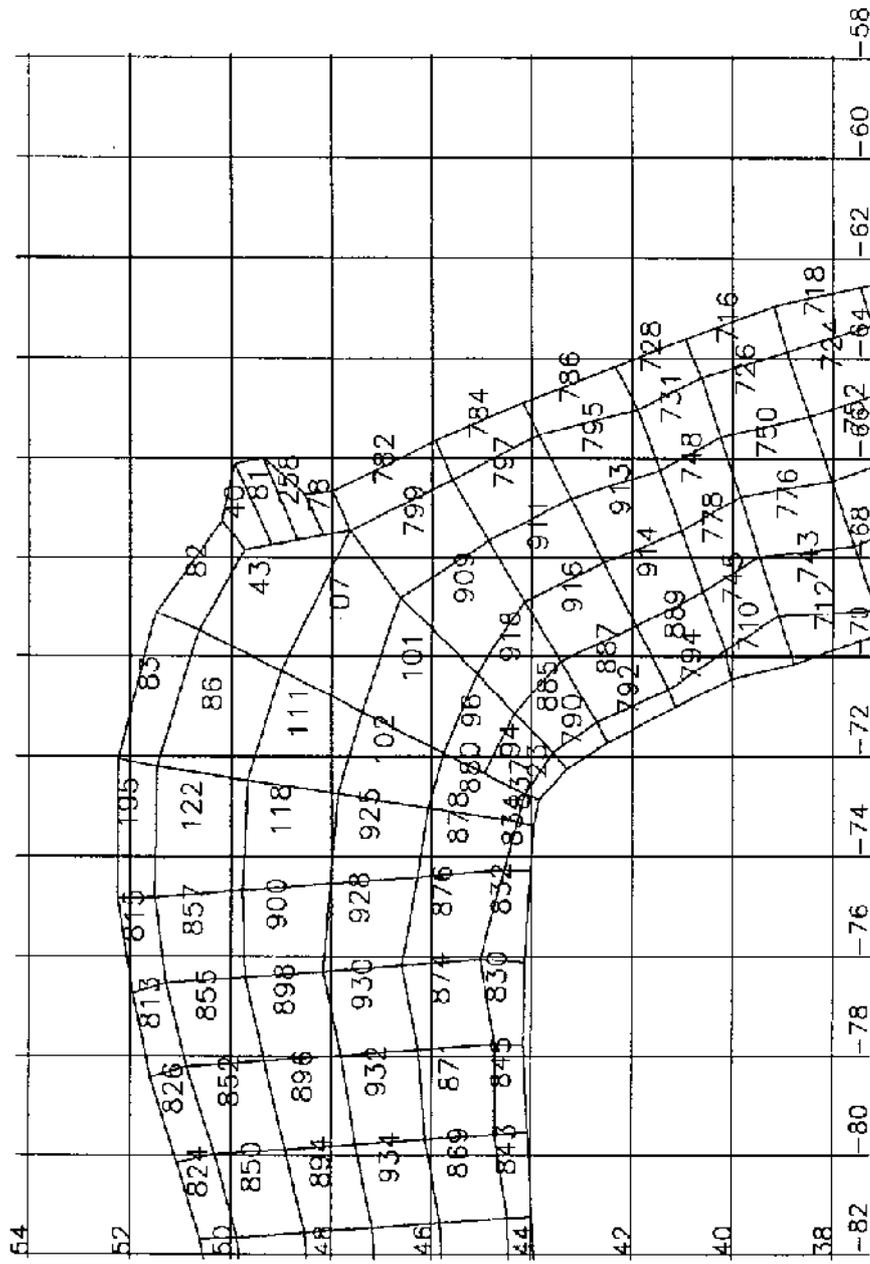
<부록 3-11> 9월중 12시간 수질분석결과

(단위: mg/L)

지 점	시 간	수온	pH	DO	T-COD	S-COD	NH ₃ -N	PO ₄ -P
강동대교	09:15	24.1	7.20	8.0	3	1	0.50	0.01
	12:30	24.9	7.20	6.9	3	1	0.47	0.01
	14:45	24.7	7.36	7.4	2	0	0.37	0.02
	17:15	24.5	7.47	7.3	3	1	0.39	0.01
영동북단	09:40	24.5	7.23	7	4	2	0.60	0.02
	13:10	25.6	7.58	7.1	5	3	1.59	0.09
	15:40	25.5	7.47	6.9	3	1	1.75	0.26
	17:40	25.3	7.40	6.5	3	1	0.5	0.06
영동중단	09:40	24.6	7.02	6.9	4	1	0.55	0.02
	13:10	26.0	7.37	6.7	4	1	2.17	0.18
	15:40	25.3	7.49	6.5	3	1	2.13	0.27
	17:40	25.1	7.40	6.8	3	1	0.8	0.10
영동남단	09:40	24.6	7.10	5.9	5	3	0.56	0.02
	13:10	25.6	7.34	6	5	3	0.5	0.02
	15:40	25.8	7.42	5.7	3	1	1.33	0.02
	17:40	25.2	7.40	5.7	4	1	1.29	0.10
한남북단	10:30	26.1	7.19	6.8	6	3	0.6	0.48
	13:40	25.6	7.37	7	6	3	1.8	0.09
	16:05	26.1	7.40	5.9	5	2	2.8	0.70
	18:20	25.4	7.35	6.4	5	1	2.53	0.39
한남중단	10:30	25.1	7.30	6.9	6	4	0.52	0.02
	13:40	26.5	7.32	7.3	6	2	0.55	0.02
	16:05	25.2	7.42	7.7	6	2	1.04	0.87
	18:20	25.0	7.40	7.7	6	2	2.7	0.80
한남남단	10:30	25.7	7.23	6.7	6	3	1.23	0.26
	13:40	25.9	7.42	7.3	4	2	1.39	0.25
	16:05	26.2	7.43	6.8	4	1	1.35	0.10
	18:20	25.3	7.40	6.7	4	2	1.45	0.28
중랑천	11:00	25.6	7.29	3.5	15	14	8.2	0.85
	14:00	26.5	7.29	2.5	24	22	9.45	1.54
	16:40	26.5	7.32	2.6	26	23	7.95	0.95
	19:00	26.1	7.30	2.6	27	22	9.45	1.02
탄천	08:45	25.5	7.05	4.6	13	3	5.9	0.77
	12:40	27.6	7.31	3.8	13	3	10.7	1.53
	15:10	27.8	7.38	3.3	12	3	8.95	2.11
	19:40	27.1	7.30	2.2	13	3	2.65	2.20

1457	1458	1493	1460	1461	1462
1456	1452	1453	1494	1455	1451
1342	1446	1447	1448	1449	1450
1445	972	926	11291327	1346	1347
1307	1323	923	1344	1484	1483
1323	1309	925	1485	1484	1483
1306	1306	926	1486	1485	1484
1323	1306	927	1487	1486	1485
1307	1306	928	1488	1487	1486
1323	1306	929	1489	1488	1487
1307	1306	930	1490	1489	1488
1323	1306	931	1491	1490	1489
1307	1306	932	1492	1491	1490
1323	1306	933	1493	1492	1491
1307	1306	934	1494	1493	1492
1323	1306	935	1495	1494	1493
1307	1306	936	1496	1495	1494
1323	1306	937	1497	1496	1495
1307	1306	938	1498	1497	1496
1323	1306	939	1499	1498	1497
1307	1306	940	1500	1499	1498
1323	1306	941	1501	1500	1499
1307	1306	942	1502	1501	1500
1323	1306	943	1503	1502	1501
1307	1306	944	1504	1503	1502
1323	1306	945	1505	1504	1503
1307	1306	946	1506	1505	1504
1323	1306	947	1507	1506	1505
1307	1306	948	1508	1507	1506
1323	1306	949	1509	1508	1507
1307	1306	950	1510	1509	1508
1323	1306	951	1511	1510	1509
1307	1306	952	1512	1511	1510
1323	1306	953	1513	1512	1511
1307	1306	954	1514	1513	1512
1323	1306	955	1515	1514	1513
1307	1306	956	1516	1515	1514
1323	1306	957	1517	1516	1515
1307	1306	958	1518	1517	1516
1323	1306	959	1519	1518	1517
1307	1306	960	1520	1519	1518
1323	1306	961	1521	1520	1519
1307	1306	962	1522	1521	1520
1323	1306	963	1523	1522	1521
1307	1306	964	1524	1523	1522
1323	1306	965	1525	1524	1523
1307	1306	966	1526	1525	1524
1323	1306	967	1527	1526	1525
1307	1306	968	1528	1527	1526
1323	1306	969	1529	1528	1527
1307	1306	970	1530	1529	1528
1323	1306	971	1531	1530	1529
1307	1306	972	1532	1531	1530
1323	1306	973	1533	1532	1531
1307	1306	974	1534	1533	1532
1323	1306	975	1535	1534	1533
1307	1306	976	1536	1535	1534
1323	1306	977	1537	1536	1535
1307	1306	978	1538	1537	1536
1323	1306	979	1539	1538	1537
1307	1306	980	1540	1539	1538
1323	1306	981	1541	1540	1539
1307	1306	982	1542	1541	1540
1323	1306	983	1543	1542	1541
1307	1306	984	1544	1543	1542
1323	1306	985	1545	1544	1543
1307	1306	986	1546	1545	1544
1323	1306	987	1547	1546	1545
1307	1306	988	1548	1547	1546
1323	1306	989	1549	1548	1547
1307	1306	990	1550	1549	1548
1323	1306	991	1551	1550	1549
1307	1306	992	1552	1551	1550
1323	1306	993	1553	1552	1551
1307	1306	994	1554	1553	1552
1323	1306	995	1555	1554	1553
1307	1306	996	1556	1555	1554
1323	1306	997	1557	1556	1555
1307	1306	998	1558	1557	1556
1323	1306	999	1559	1558	1557
1307	1306	1000	1560	1559	1558

<부록 5-1a> RMA 모형 격자 element 번호(신곡수중보)



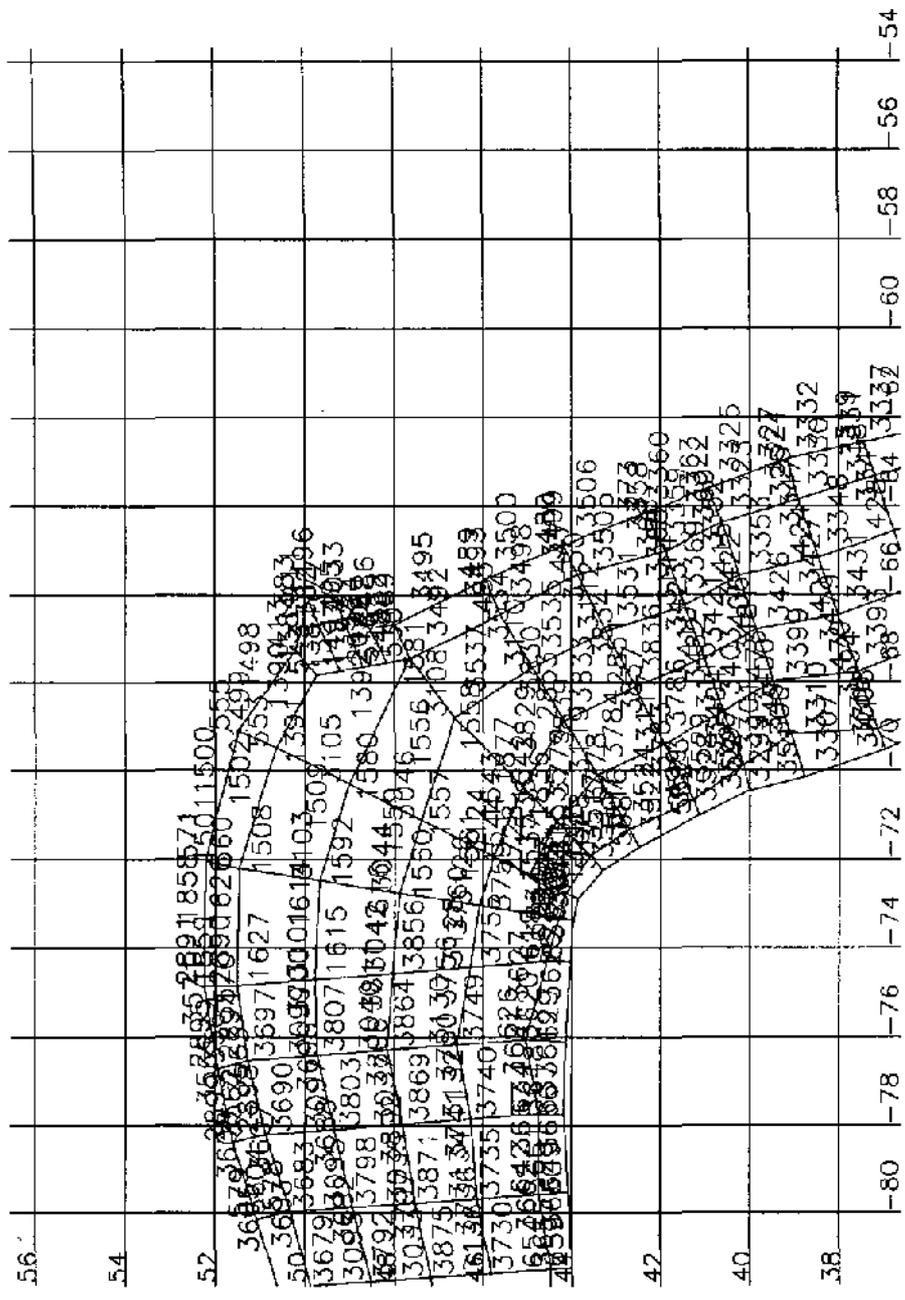
<부록 5-1b> RMA 모형 격자 element 번호(중량선)





50303031	3392	50324787321751855034	3180	50303036	
34393435		3370	5186	3210	31653106
50255028	3832	50275184361751875025	3575	50205823	
34773816		3764	5183	3628	39683942
50402617	4810	50185182513547725020	4558	50238622	
49274929		4799	4779	4774	44414309
12802066	1585	42380636042807768090	4937	12904092	
48265026	088	4849	3858	3860	388643854888
48110207	537	627	4638	4638	46384637
48100207	537	627	4638	4638	46384637
48100207	537	627	4638	4638	46384637
25148785					4844
35552480	027	4	4911	4859	48594857
4874802335			4589	4928	404906864645
4824952563			4915	4941	49184920
48787280			3308	4988	3424549197
34382530265			4897	4894	489649334934
48833839			4883	4958	4994543
482748882958			4904	4904	49024930
482848882958			4904	4904	49024930
27132094	952	4812	4812	4812	48124812
48038970	43233		4539	4473	47624764

<부록 5-2a> RMA 모형 격자구성의 node 구성(신곽수중보)



<부록 5-2b> RMA 모형 적자구성의 node 구성(중량치)

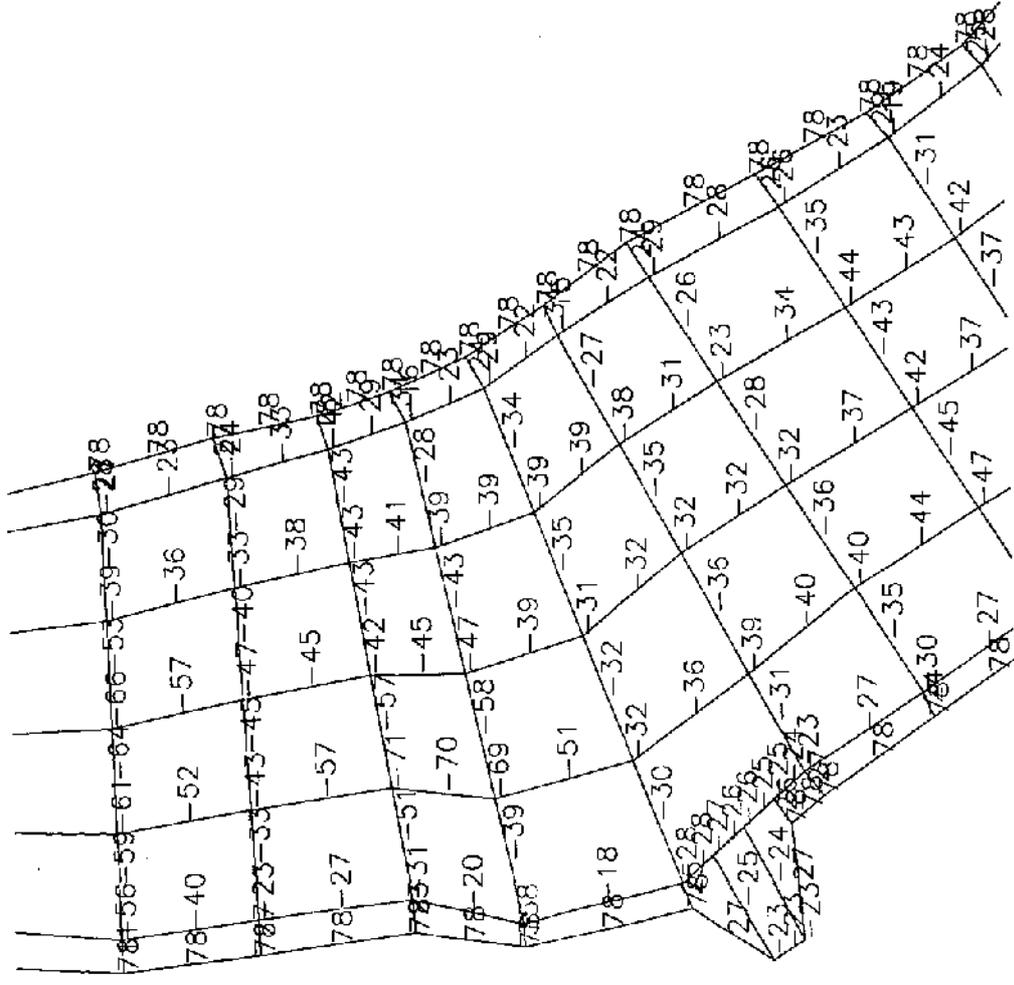
130117	132622	2450	24029			
302022	3175	3204	3055	303039		
102031	230320	1932	24430	22038		
302026	3181	3209	3048	304645		
359329	61	29853	29979	29430328		
292016	2977	2985	2949	292931		
4593529	12	29857	29975	29522040		
292022	2970	2989	2956	292936		
292022	2970	2989	2956	292936		
529229	69	2956	29932	29562005		
292024	3006	3003	3002	292938		
702016	1846	723	2897	749	2885	
292051	1846	717	2837	2835	2820	2817
60995	1764	713	2821	2773	2770	
17934	1842	1765	1880	731	2772	
27813	1811	1823	688	2775	2429	
27813	1823	1834	709	2774	28629	
27813	1834	1878	1878	1878	2731	2726
					540	2729

<부록 5-2c> IRMA 모형 격자구성의 node 구성(단천)









<부록 5-3c> 한강본류의 바티표고 (탄천)



<부록 5-4> 계산된 유속

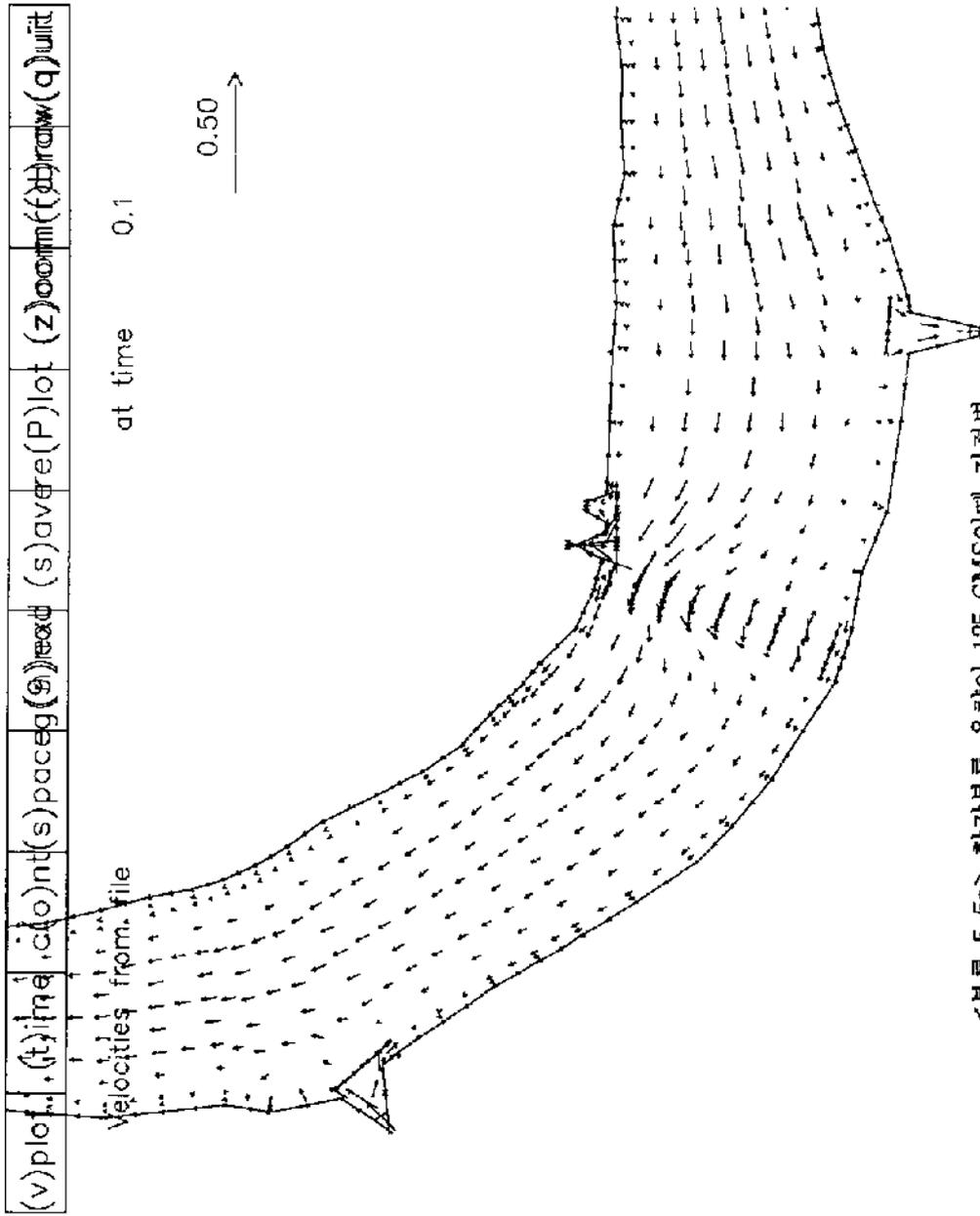
z1. spl				g1. spl			
시간	성산	한남	원효	시간	성산	한남	원효
0.1	0.117	0.149	0.138	0.1	0.035	0.046	0.040
0.2	0.118	0.149	0.137	0.2	0.035	0.046	0.040
0.3	0.118	0.148	0.137	0.3	0.035	0.046	0.040
0.4	0.119	0.149	0.137	0.4	0.035	0.046	0.040
0.5	0.120	0.149	0.138	0.5	0.035	0.046	0.040
0.6	0.120	0.150	0.138	0.6	0.035	0.047	0.040
0.7	0.121	0.150	0.139	0.7	0.036	0.047	0.040
0.8	0.122	0.151	0.140	0.8	0.036	0.047	0.041
0.9	0.123	0.151	0.141	0.9	0.036	0.047	0.041
1.0	0.124	0.152	0.141	1.0	0.036	0.048	0.041
1.1	0.125	0.153	0.142	1.1	0.037	0.048	0.041
1.2	0.126	0.153	0.143	1.2	0.038	0.048	0.042
1.3	0.126	0.154	0.144	1.3	0.040	0.049	0.043
1.4	0.127	0.154	0.144	1.4	0.043	0.049	0.044
1.5	0.128	0.155	0.145	1.5	0.046	0.051	0.046
1.6	0.129	0.155	0.146	1.6	0.049	0.052	0.049
1.7	0.129	0.156	0.146	1.7	0.051	0.054	0.051
1.8	0.130	0.156	0.147	1.8	0.054	0.056	0.053
1.9	0.131	0.157	0.148	1.9	0.056	0.057	0.055
2.0	0.131	0.157	0.148	2.0	0.058	0.058	0.057
2.1	0.132	0.158	0.149	2.1	0.060	0.060	0.059
2.2	0.133	0.158	0.150	2.2	0.062	0.061	0.060
2.3	0.133	0.159	0.150	2.3	0.064	0.062	0.062
2.4	0.134	0.159	0.151	2.4	0.065	0.063	0.063
2.5	0.134	0.160	0.151	2.5	0.067	0.064	0.065
2.6	0.135	0.160	0.152	2.6	0.068	0.065	0.066
2.7	0.136	0.160	0.152	2.7	0.069	0.066	0.067
2.8	0.136	0.161	0.153	2.8	0.071	0.067	0.069
2.9	0.137	0.161	0.153	2.9	0.072	0.068	0.070
3.0	0.137	0.162	0.154	3.0	0.073	0.069	0.071
3.1	0.137	0.162	0.154	3.1	0.072	0.070	0.072
3.2	0.132	0.162	0.154	3.2	0.061	0.070	0.071
3.3	0.120	0.162	0.152	3.3	0.029	0.069	0.064
3.4	0.098	0.161	0.145	3.4	-0.018	0.063	0.044
3.5	0.071	0.157	0.133	3.5	-0.063	0.048	0.012
3.6	0.039	0.149	0.114	3.6	-0.098	0.023	-0.027
3.7	-0.004	0.137	0.090	3.7	-0.129	-0.005	-0.060
3.8	-0.027	0.121	0.061	3.8	-0.160	-0.029	-0.088
3.9	-0.054	0.102	0.032	3.9	-0.189	-0.046	-0.113
4.0	-0.078	0.084	0.007	4.0	-0.215	-0.063	-0.136
4.1	-0.102	0.067	-0.018	4.1	-0.240	-0.082	-0.158
4.2	-0.127	0.055	-0.037	4.2	-0.265	-0.101	-0.180
4.3	-0.152	0.046	-0.056	4.3	-0.292	-0.118	-0.203
4.4	-0.179	0.037	-0.074	4.4	-0.320	-0.134	-0.225
4.5	-0.203	0.025	-0.094	4.5	-0.346	-0.149	-0.248
4.6	-0.227	0.012	-0.115	4.6	-0.371	-0.165	-0.269
4.7	-0.251	-0.003	-0.135	4.7	-0.394	-0.182	-0.289
4.8	-0.275	-0.016	-0.156	4.8	-0.417	-0.198	-0.309
4.9	-0.299	-0.030	-0.176	4.9	-0.439	-0.213	-0.328
5.0	-0.322	-0.044	-0.196	5.0	-0.459	-0.228	-0.345

5.1	-0.341	-0.059	-0.215	5.1	-0.472	-0.242	-0.361
5.2	-0.345	-0.074	-0.231	5.2	-0.456	-0.255	-0.369
5.3	-0.327	-0.087	-0.239	5.3	-0.404	-0.262	-0.362
5.4	-0.299	-0.094	-0.234	5.4	-0.338	-0.256	-0.333
5.5	-0.274	-0.092	-0.218	5.5	-0.278	-0.234	-0.289
5.6	-0.251	-0.082	-0.198	5.6	-0.216	-0.198	-0.239
5.7	-0.225	-0.070	-0.177	5.7	-0.144	-0.160	-0.186
5.8	-0.197	-0.060	-0.156	5.8	-0.064	-0.124	-0.130
5.9	-0.169	-0.052	-0.135	5.9	0.016	-0.088	-0.068
6.0	-0.142	-0.044	-0.115	6.0	0.081	-0.047	-0.011
6.1	-0.116	-0.035	-0.095	6.1	0.125	-0.005	0.045
6.2	-0.091	-0.023	-0.076	6.2	0.150	0.027	0.079
6.3	-0.064	-0.010	-0.056	6.3	0.160	0.046	0.098
6.4	-0.035	0.004	-0.034	6.4	0.162	0.056	0.107
6.5	-0.003	0.019	-0.010	6.5	0.163	0.068	0.111
6.6	0.029	0.037	0.016	6.6	0.165	0.085	0.115
6.7	0.056	0.055	0.040	6.7	0.168	0.102	0.123
6.8	0.074	0.073	0.061	6.8	0.174	0.112	0.133
6.9	0.088	0.086	0.076	6.9	0.181	0.116	0.140
7.0	0.101	0.095	0.088	7.0	0.187	0.120	0.145
7.1	0.111	0.101	0.097	7.1	0.191	0.123	0.149
7.2	0.119	0.107	0.104	7.2	0.193	0.127	0.152
7.3	0.125	0.112	0.110	7.3	0.193	0.130	0.155
7.4	0.130	0.118	0.116	7.4	0.192	0.132	0.156
7.5	0.134	0.122	0.120	7.5	0.192	0.133	0.156
7.6	0.139	0.126	0.124	7.6	0.192	0.133	0.156
7.7	0.143	0.130	0.128	7.7	0.191	0.133	0.156
7.8	0.148	0.133	0.132	7.8	0.190	0.133	0.156
7.9	0.151	0.136	0.136	7.9	0.190	0.134	0.157
8.0	0.155	0.140	0.139	8.0	0.189	0.134	0.157
8.1	0.158	0.143	0.142	8.1	0.189	0.135	0.157
8.2	0.162	0.146	0.145	8.2	0.188	0.135	0.157
8.3	0.165	0.148	0.148	8.3	0.187	0.135	0.157
8.4	0.168	0.151	0.151	8.4	0.185	0.135	0.156
8.5	0.171	0.153	0.154	8.5	0.183	0.135	0.155
8.6	0.173	0.155	0.156	8.6	0.181	0.134	0.154
8.7	0.176	0.158	0.159	8.7	0.180	0.133	0.153
8.8	0.178	0.160	0.161	8.8	0.178	0.133	0.152
8.9	0.181	0.162	0.163	8.9	0.177	0.132	0.152
9.0	0.183	0.163	0.165	9.0	0.175	0.132	0.151
9.1	0.185	0.165	0.167	9.1	0.174	0.131	0.150
9.2	0.187	0.167	0.169	9.2	0.173	0.131	0.149
9.3	0.189	0.169	0.171	9.3	0.172	0.130	0.149
9.4	0.190	0.170	0.173	9.4	0.171	0.130	0.148
9.5	0.192	0.172	0.174	9.5	0.170	0.129	0.147
9.6	0.194	0.173	0.176	9.6	0.169	0.129	0.147
9.7	0.195	0.175	0.178	9.7	0.168	0.129	0.146
9.8	0.197	0.176	0.179	9.8	0.167	0.128	0.146
9.9	0.198	0.177	0.181	9.9	0.166	0.128	0.145
10.0	0.200	0.178	0.182	10.0	0.165	0.128	0.145
10.1	0.201	0.179	0.183	10.1	0.164	0.127	0.144
10.2	0.202	0.180	0.185	10.2	0.163	0.127	0.144
10.3	0.203	0.181	0.186	10.3	0.162	0.126	0.143
10.4	0.204	0.182	0.187	10.4	0.159	0.126	0.142

10.5	0.206	0.183	0.188	10.5	0.157	0.125	0.141
10.6	0.206	0.184	0.189	10.6	0.156	0.124	0.140
10.7	0.207	0.185	0.190	10.7	0.154	0.123	0.138
10.8	0.208	0.186	0.191	10.8	0.152	0.122	0.137
10.9	0.209	0.186	0.192	10.9	0.150	0.121	0.136
11.0	0.210	0.187	0.193	11.0	0.148	0.120	0.135
11.1	0.211	0.188	0.194	11.1	0.147	0.119	0.133
11.2	0.211	0.188	0.195	11.2	0.145	0.118	0.132
11.3	0.211	0.189	0.195	11.3	0.142	0.117	0.131
11.4	0.211	0.189	0.196	11.4	0.139	0.116	0.129
11.5	0.211	0.190	0.196	11.5	0.136	0.115	0.127
11.6	0.210	0.190	0.196	11.6	0.133	0.114	0.125
11.7	0.210	0.190	0.196	11.7	0.131	0.112	0.123
11.8	0.210	0.190	0.196	11.8	0.128	0.111	0.121
11.9	0.210	0.190	0.196	11.9	0.125	0.109	0.119
12.0	0.209	0.190	0.196	12.0	0.123	0.108	0.117
12.1	0.209	0.190	0.196	12.1	0.120	0.106	0.115
12.2	0.209	0.190	0.196	12.2	0.118	0.105	0.113
12.3	0.208	0.191	0.197	12.3	0.117	0.104	0.112
12.4	0.208	0.191	0.197	12.4	0.117	0.103	0.111
12.5	0.207	0.191	0.197	12.5	0.116	0.103	0.110
12.6	0.207	0.191	0.196	12.6	0.116	0.102	0.110
12.7	0.206	0.191	0.196	12.7	0.116	0.102	0.110
12.8	0.206	0.191	0.196	12.8	0.115	0.102	0.110
12.9	0.205	0.192	0.196	12.9	0.115	0.102	0.110
13.0	0.205	0.192	0.196	13.0	0.115	0.102	0.109
13.1	0.205	0.192	0.196	13.1	0.113	0.101	0.109
13.2	0.204	0.192	0.196	13.2	0.103	0.101	0.107
13.3	0.204	0.192	0.196	13.3	0.075	0.100	0.101
13.4	0.204	0.192	0.197	13.4	0.029	0.095	0.085
13.5	0.203	0.192	0.197	13.5	-0.024	0.082	0.055
13.6	0.203	0.193	0.197	13.6	-0.071	0.059	0.014
13.7	0.203	0.193	0.197	13.7	-0.111	0.028	-0.029
13.8	0.203	0.193	0.197	13.8	-0.147	-0.003	-0.066
13.9	0.203	0.193	0.197	13.9	-0.182	-0.026	-0.097
14.0	0.203	0.193	0.197	14.0	-0.214	-0.043	-0.125
14.1	0.203	0.194	0.198	14.1	-0.243	-0.060	-0.150
14.2	0.202	0.194	0.198	14.2	-0.266	-0.081	-0.173
14.3	0.202	0.194	0.198	14.3	-0.282	-0.105	-0.195
14.4	0.201	0.194	0.198	14.4	-0.295	-0.126	-0.214
14.5	0.201	0.194	0.198	14.5	-0.309	-0.140	-0.230
14.6	0.200	0.195	0.198	14.6	-0.325	-0.149	-0.243
14.7	0.200	0.195	0.198	14.7	-0.338	-0.156	-0.254
14.8	0.200	0.195	0.198	14.8	-0.350	-0.165	-0.264
14.9	0.199	0.195	0.198	14.9	-0.360	-0.174	-0.274
15.0	0.199	0.195	0.198	15.0	-0.370	-0.183	-0.283
15.1	0.198	0.195	0.198	15.1	0.378	-0.192	-0.291
15.2	0.196	0.195	0.197	15.2	-0.379	-0.199	-0.297
15.3	0.190	0.195	0.196	15.3	-0.369	-0.205	-0.299
15.4	0.181	0.194	0.193	15.4	-0.356	-0.208	-0.295
15.5	0.171	0.192	0.188	15.5	-0.344	-0.206	-0.286
15.6	0.161	0.189	0.182	15.6	-0.333	-0.201	-0.276
15.7	0.150	0.185	0.175	15.7	-0.321	-0.195	-0.266
15.8	0.138	0.180	0.167	15.8	-0.308	-0.190	-0.256

15.9	0.125	0.175	0.158	15.9	-0.296	-0.186	-0.246
16.0	0.110	0.170	0.148	16.0	-0.284	-0.182	-0.237
16.1	0.094	0.165	0.138	16.1	-0.272	-0.177	-0.228
16.2	0.071	0.158	0.125	16.2	-0.253	-0.173	-0.218
16.3	0.039	0.150	0.109	16.3	-0.224	-0.166	-0.204
16.4	-0.001	0.139	0.086	16.4	-0.192	-0.156	-0.185
16.5	-0.032	0.124	0.058	16.5	-0.161	-0.142	-0.161
16.6	-0.059	0.104	0.028	16.6	-0.131	-0.124	-0.137
16.7	-0.084	0.083	0.005	16.7	-0.098	-0.105	-0.112
16.8	-0.108	0.065	-0.021	16.8	-0.064	-0.086	-0.087
16.9	-0.131	0.053	-0.041	16.9	-0.029	-0.068	-0.060
17.0	-0.152	0.044	-0.058	17.0	-0.004	-0.047	-0.033
17.1	-0.169	0.034	-0.073	17.1	0.031	-0.024	-0.007
17.2	-0.176	0.024	-0.086	17.2	0.049	-0.002	0.017
17.3	-0.171	0.015	-0.095	17.3	0.061	0.017	0.033
17.4	-0.159	0.009	-0.096	17.4	0.069	0.034	0.044
17.5	-0.148	0.008	-0.090	17.5	0.076	0.050	0.053
17.6	-0.138	0.013	-0.081	17.6	0.084	0.065	0.063
17.7	-0.127	0.018	-0.072	17.7	0.092	0.076	0.073
17.8	-0.115	0.022	-0.063	17.8	0.101	0.081	0.082
17.9	-0.103	0.024	-0.054	17.9	0.108	0.084	0.088
18.0	-0.092	0.026	-0.046	18.0	0.114	0.087	0.092
18.1	-0.080	0.029	-0.039	18.1	0.119	0.090	0.096
18.2	-0.065	0.032	-0.031	18.2	0.124	0.093	0.100
18.3	-0.043	0.036	-0.020	18.3	0.130	0.096	0.104
18.4	-0.014	0.042	-0.005	18.4	0.136	0.099	0.108
18.5	0.017	0.053	0.017	18.5	0.142	0.102	0.112
18.6	0.047	0.068	0.040	18.6	0.147	0.106	0.117
18.7	0.070	0.084	0.062	18.7	0.152	0.109	0.121
18.8	0.086	0.098	0.080	18.8	0.156	0.112	0.125
18.9	0.099	0.108	0.093	18.9	0.160	0.115	0.128
19.0	0.111	0.114	0.103	19.0	0.164	0.117	0.131
19.1	0.120	0.118	0.110	19.1	0.167	0.120	0.134
19.2	0.127	0.122	0.116	19.2	0.170	0.122	0.137
19.3	0.132	0.126	0.122	19.3	0.171	0.124	0.139
19.4	0.137	0.130	0.126	19.4	0.171	0.125	0.140
19.5	0.141	0.134	0.130	19.5	0.172	0.126	0.141
19.6	0.145	0.137	0.134	19.6	0.173	0.126	0.141
19.7	0.149	0.139	0.137	19.7	0.173	0.127	0.142
19.8	0.153	0.142	0.141	19.8	0.173	0.127	0.142
19.9	0.156	0.145	0.144	19.9	0.174	0.128	0.143
20.0	0.160	0.148	0.147	20.0	0.174	0.128	0.143
20.1	0.163	0.150	0.150	20.1	0.174	0.128	0.144
20.2	0.166	0.152	0.152	20.2	0.174	0.129	0.144
20.3	0.169	0.154	0.155	20.3	0.173	0.129	0.144
20.4	0.171	0.156	0.157	20.4	0.171	0.129	0.144
20.5	0.174	0.158	0.160	20.5	0.170	0.128	0.143
20.6	0.176	0.160	0.162	20.6	0.168	0.128	0.142
20.7	0.178	0.162	0.164	20.7	0.167	0.127	0.141
20.8	0.181	0.164	0.166	20.8	0.165	0.126	0.140
20.9	0.183	0.165	0.168	20.9	0.164	0.125	0.139
21.0	0.185	0.167	0.170	21.0	0.163	0.125	0.138
21.1	0.186	0.168	0.171	21.1	0.162	0.124	0.138
21.2	0.188	0.170	0.173	21.2	0.161	0.123	0.137

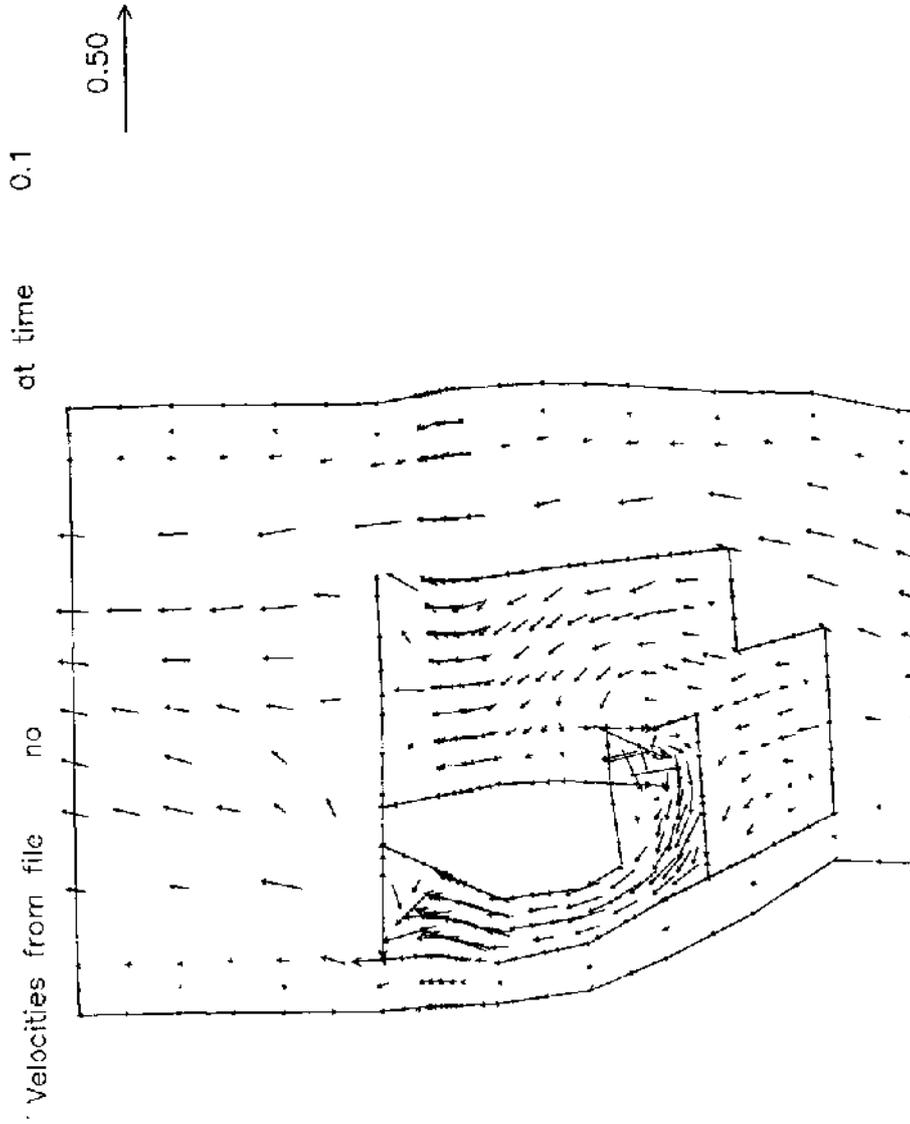
21.3	0.190	0.171	0.175	21.3	0.160	0.123	0.136
21.4	0.191	0.172	0.176	21.4	0.159	0.122	0.136
21.5	0.193	0.173	0.178	21.5	0.158	0.122	0.135
21.6	0.194	0.174	0.179	21.6	0.157	0.121	0.135
21.7	0.196	0.175	0.180	21.7	0.156	0.121	0.134
21.8	0.197	0.176	0.182	21.8	0.156	0.120	0.134
21.9	0.198	0.177	0.183	21.9	0.155	0.120	0.133
22.0	0.199	0.178	0.184	22.0	0.154	0.119	0.133
22.1	0.200	0.179	0.185	22.1	0.154	0.119	0.132
22.2	0.201	0.180	0.186	22.2	0.153	0.118	0.132
22.3	0.202	0.181	0.187	22.3	0.152	0.118	0.131
22.4	0.201	0.182	0.188	22.4	0.152	0.118	0.131
22.5	0.201	0.182	0.188	22.5	0.151	0.117	0.131
22.6	0.201	0.183	0.189	22.6	0.151	0.117	0.131
22.7	0.201	0.183	0.189	22.7	0.151	0.117	0.130
22.8	0.201	0.183	0.189	22.8	0.150	0.116	0.130
22.9	0.201	0.183	0.189	22.9	0.150	0.116	0.130
23.0	0.201	0.184	0.190	23.0	0.149	0.116	0.130
23.1	0.201	0.184	0.190	23.1	0.149	0.116	0.130
23.2	0.201	0.184	0.190	23.2	0.148	0.115	0.129
23.3	0.201	0.185	0.190	23.3	0.146	0.115	0.129
23.4	0.200	0.185	0.191	23.4	0.144	0.115	0.128
23.5	0.200	0.185	0.191	23.5	0.142	0.114	0.127
23.6	0.200	0.185	0.191	23.6	0.140	0.113	0.125
23.7	0.199	0.185	0.191	23.7	0.139	0.112	0.124
23.8	0.199	0.185	0.190	23.8	0.137	0.110	0.122
23.9	0.199	0.185	0.190	23.9	0.135	0.110	0.121
24.0	0.198	0.185	0.190	24.0	0.133	0.109	0.120



<부록 5-5a> 한강본류 유량이 125 CMS일때 지점별

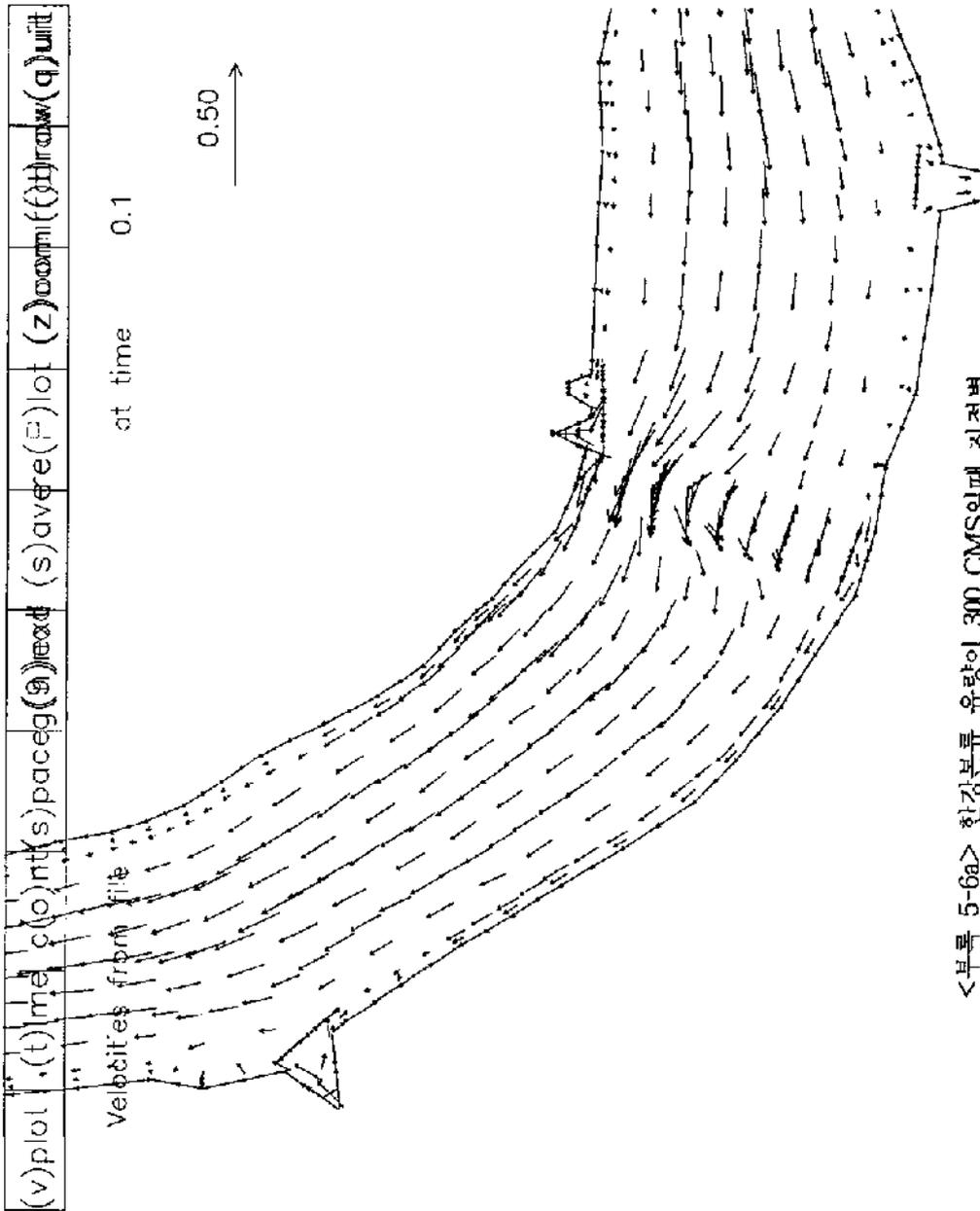
유속벡터(친호대교)

(v)plot (t)ime c(o)nt(s)paceg(s)axzd (s)avere(P)lot (z)axm(f)axw(q)uitt



<부록 5-5b> 한강분류 유량이 125 CMS일때 지점별

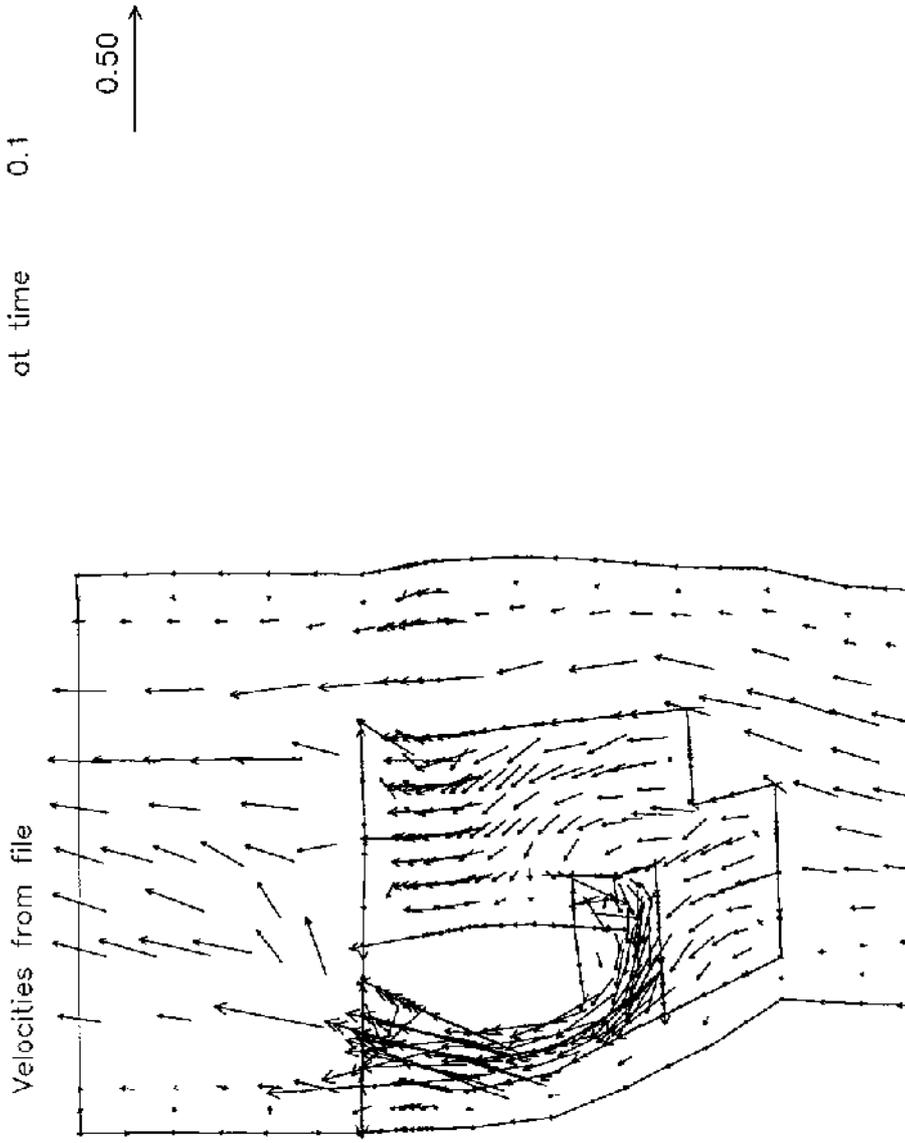
유속벡터(신곡수중보)



<부록 5-6a> 한강본류 유량이 300 CMS일때 지점별

유속벡터(천호대교)

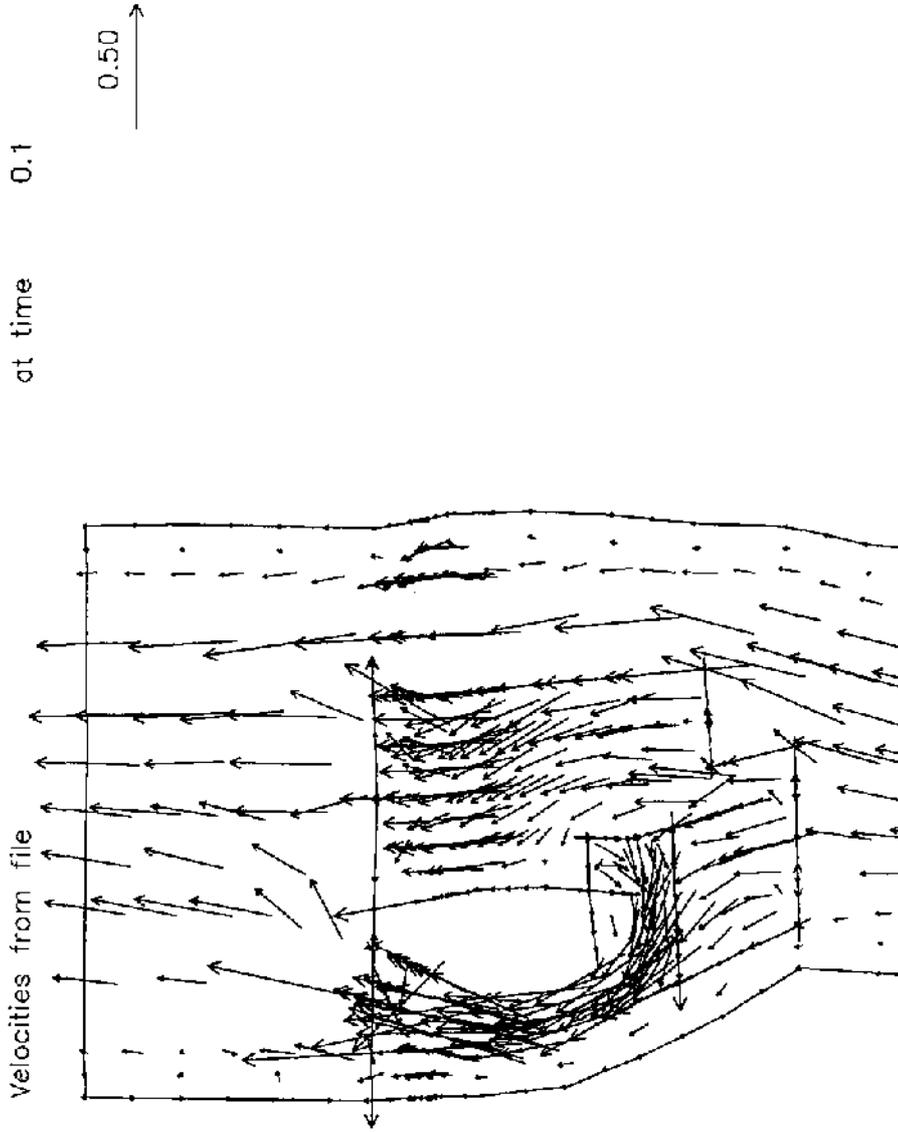
```
(v)plot (t)time c(o)nfi(s)paceg(s)readi (s)avare(P)lot (z)ocomi(t)iraw(w(q))uitt
```



<부록 5-6b> 한강분류 유량이 300 CMS일때 지점별

유속벡터(신곡수중보)

```
(v)plot (t)ime c(o)nt(s)paceg(9)read (s)ave(r)ot (z)oomm(f)draw(q)uitt
```



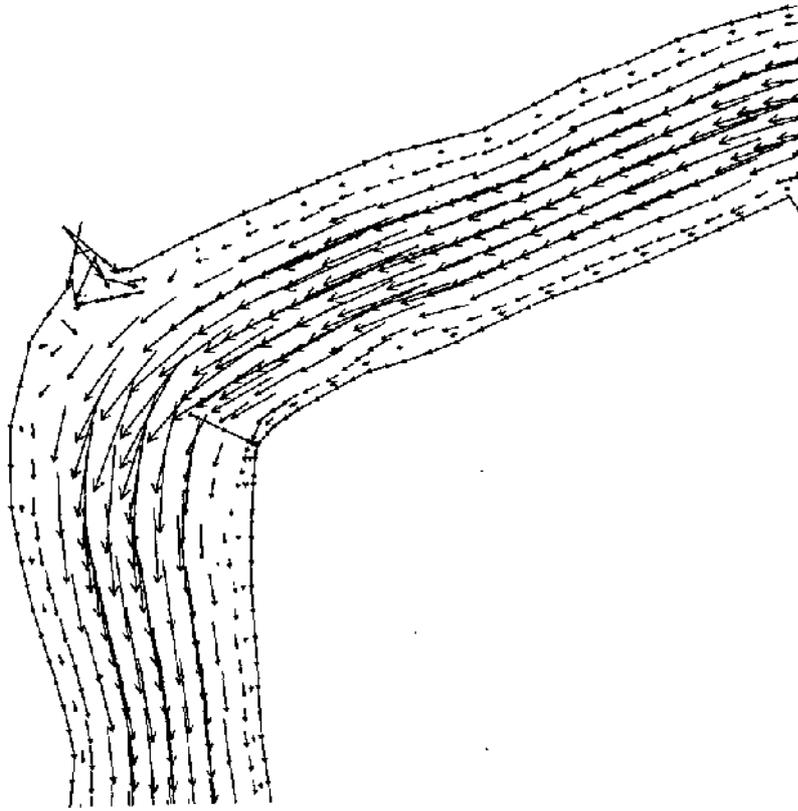
<부록 5-7a> 한강본류 유량이 683 CMS일때 지점별 유속벡터(신곡수중보)

```
(v)plot (t)ime c(ont)(s)paceg(9)read (s)avere(P)lot (z)oomm((t)readw(q))with
```

Velocities from file

at time 0.1

0.50 →



<부록 5-7b> 한강본류 유량이 683 CMS일때 지점별 유속벡터(중랑천 유입부)

<부록 5-8> RMAGEN 모형의 입력자료

- 1) Line Type A (Title Data : A80) : 80 칼럼까지 입력자료에 대한 설명
- 2) Line Type B (Control Data : 1415) : 절점의 바닥경사 입력 여부, 입력자료의 화면표시 여부, 요소의 자동 정렬(Re-ordering) 여부, 절점의 재정렬(Re-numbering) 여부, 중앙절점의 자동발생여부 등에 관하여 5 칼럼씩 입력.
- 3) Line Type C (Scale Control Data : 8F10.0) : 화면에 표시될 절점과 요소의 갯수, 모형과 실제의 비율(축척), 화면표현시 원점을 기준으로 한 회전 각도 등을 10 칼럼씩 입력.
- 4) Line Type D (Partial Plot Data : 4I5, 2F10.0) : 화면에 부분 표현시 표현될 최대 및 최소의 절점 및 요소의 수를 5 칼럼씩 입력하고, X축 및 Y축의 최대 크기를 10 칼럼씩 필요시 입력.
- 5) Line Type E (Partial Plot Data : 6F10.0) : 화면에 부분 표현시 표현될 최대 및 최소의 격자망의 수와 X축 및 Y축의 최대 크기를 10 칼럼씩 필요시 입력.
- 6) Line Type F (Midside Generation Data : I5, F10.0) : 절점과 절점의 바닥 경사를 5 칼럼과 10 칼럼씩 필요시 입력.
- 7) Line Type G (Midside Generation Data : I5) : 구부러진 중앙절점의 갯수를 10 칼럼으로 필요시 입력.
- 8) Line Type H (Midside Generation Data : 16I5) : 구부러진 중앙절점의 번호를 5 칼럼씩 필요시 입력.
- 9) Line Type I (Element Connection Data : 10I5, F10.0) : 요소의 번호와 요소를 구성하고 있는 절점의 번호를 반시계방향으로 임의의 절점부터 입력하고, 요소가 갖는 재질과 주방향 각도를 입력.
- 10) Line Type J (Nodal Coordinate Data : I10, 7F10.0) : 절점의 번호와 X 및 Y 좌표, 바닥표고, 1차원 절점의 폭 및 좌 우안의경사와 1차원 절점의 부피를 입력.
- 11) Line Type K (Straight Line Generation Data : 16I5) : 양끝 절점번호와 사이에 자동발생 시킬 절점의 번호를 입력.
- 12) Line Type L (Network Refinement Data : 4I5) : 사각형 요소로부터 삼

각형 요소로 변경하고자 하는 그 요소의 절점 중에서 삼각형 요소에 새로 포함되는 절점을 반시계방향으로 입력.

13) Line Type M (Network Generation Data : A1, 3I2, I1, 12F6.0) : 표식과 X축 및 Y축으로 자동발생될 요소의 갯수, 재질, 요소의 모양, 요소의 상하 좌우 모퉁이의 좌표 및 각 요소의 폭을 입력.

14) Line Type N (Element Reordering Data : 16I5) : 수리 및 수질모형을 수행시 격자망 계산을 최적화 하기 위해 요소를 재배열 하고자 할 때 필요한 요소의 번호를 입력.

<부록 5-9> RMA-2 모형의 입력자료

- 1) Line Type A (1 Line : A80) : 80 칼럼까지 입력자료에 대한 설명
- 2) Line Type B (1 Line : 16I5) : 격자망에 사용된 요소의 수, 요소의 재질, 절점의 수, 경계조건을 갖는 절점의 수, 1차원 절점의 수
- 3) Line Type C (1 Line : 8F10.0) : 격자망의 위도, 초기 수면고, X 및 Y축의 축소확대 계수, 바닥상태, 초기 유속등을 입력
- 4) Line Type D (1 Line : 5I5, F5.0, 9I5) : 초기 및 시간에 따른 반복계산 횟수, 계산 시작시간 및 계산간격, 단위설정등의 선택 사양을 입력.
- 5) Line Type D1 (1 Line : 3F10.0) : X 및 Y 방향 유속, 수심의 계산 수렴 조건을 필요시 입력.
- 6) Line Type E (JSPLT Lines : 16I5) : ASCII 형태의 출력을 원하는 경우 절점번호를 필요시 입력.
- 7) Line Type F (NMAT Lines : 6F10.0) : 재질의 고유번호, 그에 따른 확산 계수(Exx, Eyy, Eyz, Eyy)와 바닥 및 경계면에서의 Manning's 계수를 입력.
- 8) Line Type G (NCL Lines : 16I5) : 뚝과 유방의 연속성을 점검할 검증선을 구성하는 절점을 필요시 입력.
- 9) Line Type H (NE Lines : 10I5) : 요소와 요소를 구성하는 절점들, 요소의 재질을 필요시 입력.
- 10) Line Type I (NPX Lines : I10 3F10.0) : 절점번호와 X 및 Y 좌표, 바닥 표고를 필요시 입력.
- 11) Line Type J1 (1 Lines : I10, 4F10.0) : 절점번호와 바닥의 상태를 표시하는 계수를 필요시 입력.
- 12) Line Type J2 (IDNOPT Lines : I10, 3F10.0) : 절점번호와 바닥의 상태를 표시하는 계수를 필요시 입력.
- 13) Line Type K (NWID Lines : I10,4F10.0) : 1차원 절점번호와 폭, 양측 경사도, 저류용량등을 필요시 입력.
- 14) Line Type L (NE/16 Lines : 16I5) : 최적화 계산을 위해 재정렬할 절점의 번호를 필요시 입력.

- 15) Line Type M (IRSLP Lines : I10, F10.0) : 1차원 절점번호와 그의 바닥경사를 필요시 입력.
- 16) Line Type N (IDEN Lines : I10, F10.0) : 절점번호와 그의 밀도를 필요시 입력.
- 17) Line Type O (NBX Lines : 2I10, 3F10.0) : 절점번호, 경계조건과 그의 X 및 Y 방향의 유량 또는 유속, 수면 표고를 필요시 입력.
- 18) Line Type P (NSID Lines : I10, F10.0) : 요소번호와 그의 통과 유량을 필요시 입력.
- 19) Line Type Q (IQGEN Lines : I10, 2F10.0, I10) : 검증선 번호와 그의 통과 유량 및 방향등을 필요시 입력.
- 20) Line Type R (IHGEN Lines : I10, F10.0, I10) : 검증선 번호와 그의 수면 표고 등을 필요시 입력.
- 21) Line Type R1 (1 Lines : 16I10) : 유속분포를 알고 있는 검증선의 절점에 대한 유속계수를 필요시 입력.
- 22) Line Type S (ISTGEN Lines : I10, 5F10.0) : 검증선 번호와 수위-유량 관계식의 계수를 필요시 입력.
- 23) Line Type T (NP Lines : I10, 2F10.0, I10) : 절점번호와 풍속 및 풍향, 단위를 필요시 입력.
- 24) Line Type U (1 Lines : 4F10.0) : 풍속 및 풍향계 측정높이와 관련 계수를 필요시 입력.
- 25) Line Type V (1 Lines : 3F10.0) : 풍속 및 풍향계 측정높이와 관련 계수를 필요시 입력.
- 26) Line Type W (1 Lines : 4F10.0) : 풍속 및 풍향계 측정높이와 관련 계수를 필요시 입력.
- 27) Line Type X (1 Lines : 4F10.0) : 풍속 및 풍향계 측정높이와 관련 계수를 필요시 입력.
- 28) Line Type Y (NCFLW Lines : 2I10, 5F10.0) : 흐름의 형태와 수위-유량 관계식의 계수를 필요시 입력.

<부록 5-10> RMA-4 모형의 입력자료

- 1) 1 Line(20A4) : 80 칼럼까지 입력자료에 대한 설명.
- 2) 1 Line(1115) : 격자망에 사용된 절점과 요소, 확산계수의 수와 기타 운용 조건을 입력.
- 3) 1 Line(5E10.0) : 격자망의 X,Y축과 그의 관련된 유속, 수심의 축소확대 계수를 입력.
- 4) 1 Line(8I5) : 입출력 화일의 장치번호를 입력.
- 5) 1 Line(2I5, 4F10.0) : 계산시간과 간격과 출력시간을 입력.
- 6) NQUAL Lines(16I5) : ASCII 형태의 출력을 원하는 경우 절점번호를 필요시 입력.
- 7) NMAT Lines(I10, 2E10.0) : 재질의 고유번호, 그에 따른 확산계수(Ex, Ey)를 입력.
- 8) 1 Line(6E10.0) : 수질항목별 자정계수를 입력.
- 9) NE Lines(10I5, F10.0) : 요소와 요소를 구성하는 절점들, 요소의 재질을 필요시 입력.
- 10) NP Lines(I10, 3F10.0) : 절점번호와 X 및 Y 좌표, 바닥표고를 필요시 입력.
- 11a) 1 Lines(I10, 4F10.0) : 절점번호와 바닥의 상태를 표시하는 계수를 필요시 입력.
- 11b) IDNOPT Lines(I10, 4F10.0) : 절점번호와 바닥의 상태를 표시하는 계수를 필요시 입력.
- 12) NWID Lines(I10, 4F10.0) : 1차원 절점번호와 폭, 양측 경사도, 저류용량 등을 필요시 입력.
- 13a) NQUAL Lines(I5, 2E10.0) : 절점번호와 초기농도, 수온을 필요시 입력.
- 13b) NP * NQUAL Lines(I5, 2E10.0) : 절점번호와 초기농도, 수온을 필요시 입력.
- 14) 1 ~ NP Lines(I10, 3E10.0) : 절점번호와 그의 X, Y 방향 유속, 수심을 필요시 입력.
- 15) 1 Lines(2I5, F10.0) : 중간 계산 과정을 출력할 경우 필요시 입력.
- 16) as many Lines(I5, 6E10.0, I5, E10.0) : 경계조건인 절점번호와 수질농도를 입력.
- 17) as many Lines(I10, 6F10.0) : 오염부하 조건인 절점 또는 요소번호와 부하량을 입력.