

기본연구보고서 2008-04

QUALKO 모델을 이용한 하천의 질소와 인 저감 기초연구

A Fundamental Study on Control of Nitrogen and
Phosphorus in River Using QUALKO model

이 재 근



연구진

연구책임

- 이재근 / 자치정책연구부 책임연구원

서 문

대전시는 갑천을 비롯한 유등천, 대전천 등 하천이 우리의 생활공간 곳곳에 위치하고 있으며, 여기에서 얻을 수 있는 환경적 잠재가치가 매우 크다고 할 수 있습니다. 특히 삶의 질에 대한 기대치가 높아짐에 따라 물의 수리학적 치수목적 외에 자연과 함께 하는 환경·생태적 측면이 매우 중요시되고 있습니다. 이에, 대전시는 3대 하천 생태복원사업, Happy 대전 프로젝트, 대전천 유지용수 확보사업 등 하천과 관련된 사업들이 많이 진행되고 있습니다. 그러나 일부 구간의 하상도로, 차집관거에서의 오수누출 및 비점오염원의 유출 등에 의하여 우리가 예전에 느끼던 하천의 모습을 찾기에 어려움을 겪고 있습니다. 특히 유역별 발생·배출부하량 및 환경기초시설의 배출 특성을 파악하지 못한 상태로 하천관리를 진행시킬 경우 비효율적인 사업을 진행시킬 수 있는 우려가 있습니다.

이에 본 연구에서는 유역별 배출부하량을 산정하여 하천의 주요 오염물질인 BOD, N 및 P의 장래 예측을 할 수 있는 수질모델을 구축하였으며, 이 모델에 의하여 해당 유역의 삭감이 갑천의 수질변화에 미치는 영향을 제시할 수 있도록 하였습니다.

따라서 본 연구가 갑천을 비롯한 하천의 수질관리에 있어서 객관적이고 효율적인 목표를 제안할 수 있는 틀로 이용이 되길 바라며, 본 연구를 수행한 이재근 책임 연구원의 노고에 감사를 드립니다.

2008. 11.

대전발전연구원장 육 동 일

요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 필요성

- 영양물질(질소 및 인)의 지속적인 하천유입으로 인하여 보 상류와 같은 정체성 수역에서 조류가 이상 번식하는 부영양화의 발생우려가 높아지고 있다.
- 대전시 생태하천복원 및 친수공간을 위한 하천관리를 위해서는 BOD 뿐만 아니라 질소 및 인의 관리도 중요하다.
- 이에 질소 및 인의 수질예측에 유리한 수질모델을 선정하여 삭감방안에 따른 저감효과를 예측하는 연구가 필요하다.

■ 연구의 목적 및 내용

- 대전광역시 갑천을 비롯한 주요하천(유등천, 대전천, 두계천, 진잠천, 유성천, 탄동천 등)에 대한 오염부하량 배출자료를 구축하여 갑천에 유입되는 배출부하량 및 기여율을 산정하고자 한다.
- 질소 및 인의 예측에 유리한 QUALKO 모델을 구축하여 효율적인 질소 및 인의 저감방안에 따른 효율을 제시하고자 한다.

■ 연구결과

□ 대전시 수계에 미치는 배출부하량 산정

- 2007년에 대전광역시에서 배출되는 BOD 부하량은 24,836 kg/일이었다. 이 중에서 갑천 유역에 5,504 kg/일(22.16%), 유등천 유역에 3,762 kg/일(15.15%), 대전천 유역에 3,059 kg/일(12.32%), 두계천 유역에 375 kg/일(1.51%), 진잠천 유역에 687 kg/일(2.77%), 유성천 유역에 1,075 kg/일(4.13%) 그리고 탄동천 유역에 619 kg/일(2.49%)이 배출되는 것으로 산정되었다.

- 갑천유역 하폐수처리장 중에 대전하수종말처리장에서는 9,522 kg/일(38.34%), 34폐수종말처리장에서 233 kg/일(0.94%)이 배출되는 특성을 나타내었다.

□ 수질모델링 구축

- 수질모델링은 질소 및 인과 같은 영양염류의 관계를 세분화한 QUALKO 모델을 선정하였다.
- 갑천 6개, 유등천 4개의 대구간(Reach)을 두었으며 소구간(Element)은 1 km의 단위로 구성하여 총 34개의 소구간을 두어 모의하였다. 동일한 매개변수를 사용한 보정은 2004년 2월 자료를, 검증은 2008년 6월 자료를 사용하였다.

□ 유역의 배출부하량 삭감계획에 따른 갑천의 수질변화

- 유성천과 같이 비교적 향호한 수질을 나타내는 소하천의 수질기준을 대전시 전역의 소하천을 대상으로 적용한 결과, 2008년 현재의 수질과 삭감후의 수질 차이는 유등천 합류전인 갑천 상류로부터 19 km 지점인 둔산대교에서 T-N 0.213 mg/L, T-P 0.012 mg/L, BOD 0.067 mg/L의 갑천수질 개선효과가 있었다. 대전하수종말처리장 방류구와 합류되는 갑천 상류 25 km 지점에서는 T-N 0.060 mg/L, T-P 0.002 mg/L 그리고 BOD 0.016 mg/L가 개선되었다.
- 대전하수종말처리장의 고도처리는 갑천 하류의 수질개선 효과에 큰 영향을 미쳤다 이에, 갑천 상류로부터 25 km 지점에서는 T-N 3.167 mg/L, T-P 0.369 mg/L 그리고 BOD 2.182 mg/L의 갑천수질 개선효과가 나타났다.
- 갑천 중상류 유역의 수질을 생태하천 및 레크리에이션의 이용에 적합한 수질인 T-N 1.5 mg/L, T-P 0.01 mg/L 정도를 조성하기 위해서는 모든 지천의 농도를 Org-N 0.2 mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 0.5 mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 1.0 mg/L, Org-P 0.1 mg/L 그리고 $\text{PO}_4^{+}\text{-P}$ 0.005 mg/L가 요구되었다. 이때, 갑천 상류로부터 19 km지점인 둔산대교 지점의 수질농도인 T-N 1.532 mg/L, T-P 0.012 mg/L 및 BOD 1.024 mg/L를 예측할 수 있었다.

■ 정책건의

- 하천의 수질개선을 위한 삭감방법 중 가장 효율적인 방법은 점배출시설인 하폐수처리장의 고도처리로 질소 및 인의 방류수질농도를 개선하는 것이다. 이에 대전하수종말처리장은 고도처리시설의 효율이 높지 않은 3단계 시설의 운전효율을 증대시키고, 4단계 시설 또한 고도처리시설 적용이 중요하다고 사료된다.
- 대전시 소하천은 주변의 오염원 분포와 같은 외적인 특성에 의해서 수질이 많이 변화하게 된다. 그러나 이러한 오염배출을 삭감할 수 있는 하수도시설의 적용이 어려울 경우, 혹은 보다 양호한 수질을 필요로 하는 경우에는 하천에서 직접적인 수질개선사업이 필요시 된다. 이에 보 상류에 침전된 오니의 준설, 하상여과법 등에 의한 오염물질 직접 정화, 저류습지와 같은 식물체 영양염류 흡수에 의한 저감 등이 하천의 질소 및 인을 저감시킬 수 있는 적용방법이 될 수 있다고 판단된다.
- 비점오염원은 건기시에는 배출되지 않지만 강수시에 공공수역에 배출되는 특성으로 강수초기 공공수역 오염에 큰 영향을 미친다. 이러한 공공수역의 월류배출을 줄이기 위해서는 불명수량 감소에 의한 하폐수처리장 여유용량 증대가 필요하며, 이는 하천의 질소 및 인을 제거에 효과가 있다고 판단된다. 또한 대전시 주요 우수토실 및 하폐수처리장의 월류배출수의 저류조 저장도 하수관거로부터의 배출오염물질을 저감시키기 위한 방안으로 적합하다고 사료된다.
- 하수관거의 누수, 오점, 관거용량부족, 합류식관거에 의한 하폐수 배제 등은 비점오염배출의 증가, 강수시 하폐수처리장의 용량부족 등의 문제를 발생시키는 원인이 된다. 이에 합류식관거의 분류식화, 노후관거의 정비, 오점의 개선 등은 고농도 하폐수가 처리장에서 처리되지 않고 공공수역에 배출되어 하천수질을 악화시키는 가능성을 줄일 수 있는 방법으로 고려되어야 한다고 판단된다.

- 목 차 -

제1장 서론	3
제1절 연구의 필요성 및 목적	3
제2절 연구의 범위	5
제2장 대전광역시 수질관리 정책	9
제1절 수질관리 연구동향	9
1. 우리나라 물환경정책 역사	9
2. 대전광역시 수질관리정책 추진현황	12
제2절 유역관리제	13
1. 유역관리의 필요성	13
2. 유역관리의 정의	13
3. 유역관리의 특징	15
4. 유역관리의 유용성	17
5. 대전광역시 유역특성	18
제3절 수질오염총량관리제	23
1. 수질오염총량관리제 도입 배경	23
2. 수질오염총량관리제 개요	23
3. 국내 수질오염총량관리제도 진행	25
4. 국내외 수질오염총량관리제도 비교	27
5. 수질오염총량관리제도의 향후 발전방향	28
제3장 연구진행 방법	33
제1절 수질모델링의 적용	33
1. 수질모델링	33
제2절 대전시 유역의 설정	39
1. 수질오염총량관리제도에서의 소유역 분류	39
제3절 오염물질 저감방안 기본 원칙 설정	41

제4절 대전시민의 하천 수질관리에 대한 인식	42
1. 설문 목적	42
2. 설문 대상	42
3. 설문표본의 크기	42
4. 설문 결과	43
제4장 QUALKO에 의한 질소와 인 관리방안	49
제1절 유역환경 조사 및 배출부하량 산정	49
1. 유역환경조사	49
제2절 수질모델링 구축	65
1. QUALKO 모델링 모식도	65
2. 모델의 보정 및 검증	67
제3절 질소와 인 저감을 위한 대전시 관리방안	71
1. 하천수질 개선(유성천 수준)에 의한 갑천 수질 변화	71
2. 하천수질 개선(대전천 수준)에 의한 갑천 수질 변화	73
3. 대전하수종말처리장 고도처리 적용	75
4. 갑천합류 지천의 추가적인 수질정화	77
5. 갑천 수질 개선효과 종합	79
6. 하천수질 개선을 위한 오염물질 저감방안	81
제5장 결론 및 정책건의	93
제1절 결론	93
제2절 정책건의	94
참고문헌	97
부록	100

- 표 목 차 -

〈표 2-1〉 금강 대권역의 유역특성	18
〈표 2-2〉 갑천의 수계 현황	21
〈표 2-3〉 유등천의 수계 현황	22
〈표 2-4〉 대전천의 수계 현황	22
〈표 2-5〉 오염총량관리계획 주요 내용	24
〈표 2-6〉 우리나라의 오염총량관리제와 외국의 총량규제 비교	27
〈표 3-1〉 수질모델링의 종류	34
〈표 3-2〉 QUALKO 수질모델의 구성요소	38
〈표 3-3〉 갑천A 단위유역의 소유역 개소수	39
〈표 3-4〉 오염부하량 할당방법	41
〈표 4-1〉 대전광역시 기상현황	49
〈표 4-2〉 대전시 주요 하천지점 BOD, T-N 및 T-P 농도	50
〈표 4-3〉 대전시 환경기초시설 배출농도	57
〈표 4-4〉 소유역별 배출부하량 및 해당 하천	61
〈표 4-5〉 갑천 배출부하량 특성	62
〈표 4-6〉 유등천 배출부하량 특성	63
〈표 4-7〉 대전천 배출부하량 특성	63
〈표 4-8〉 두계천 배출부하량 특성	63
〈표 4-9〉 진잠천 배출부하량 특성	63
〈표 4-10〉 유성천 배출부하량 특성	64
〈표 4-11〉 탄동천 배출부하량 특성	64
〈표 4-12〉 대전하수종말처리장 배출부하량 특성	64
〈표 4-13〉 3·4폐수종말처리장 배출부하량 특성	64
〈표 4-14〉 수질모델 적용 하천 및 구간 구분	65
〈표 4-15〉 하상여과에 의한 수질기준(수영용수)	85
〈표 4-16〉 습지조성에 의한 오염물질 저감가능량 분석	86

- 그림 목 차 -

[그림 2-1] 유역관리체제의 개념	14
[그림 2-2] 통합된 유역관리에 영향을 미치는 요소	15
[그림 2-3] 금강수계 총량관리 단위유역	19
[그림 2-4] 대전광역시 유역도	20
[그림 2-5] 오염총량관리 추진체계	26
[그림 3-1] QUALKO 모델의 기본구조	38
[그림 3-2] 대전광역시 수질오염총량관리 소유역도	40
[그림 3-3] 설문결과 1 (환경문제 관심도)	43
[그림 3-4] 설문결과 2 (수질보전 중요도)	43
[그림 3-5] 설문결과 3 (대전시 향후 수질환경 전망)	44
[그림 3-6] 설문결과 4 (대전시 3대하천의 수질개선 여부)	44
[그림 3-7] 설문결과 5 (대전시 하천 수질개선의 필요성)	45
[그림 3-8] 설문결과 6 (대전시 하천 수질개선 우선순위)	45
[그림 4-1] 갑천에의 주요 오염물질 배출지 및 모니터링 지점	51
[그림 4-2] 갑천 상류 봉곡2교 수질변화	52
[그림 4-3] 갑천 상류 가수원교 수질변화	52
[그림 4-4] 갑천 중류 만년교 수질변화	53
[그림 4-5] 갑천 중류 대덕대교 수질변화	53
[그림 4-6] 유등천 상류 침산교 수질변화	54
[그림 4-7] 유등천 하류 대화대교 수질변화	54
[그림 4-8] 대전천 하류 현암교 수질변화	55
[그림 4-9] 두계천 말단부 수질변화	55
[그림 4-10] 진잠천 말단부 수질변화	56
[그림 4-11] 유성천 말단부 수질변화	56
[그림 4-12] 탄동천 상류 침산교 수질변화	57
[그림 4-13] 대전하수종말처리장(1,2단계) 배출수질 변화	58

[그림 4-14] 대전하수종말처리장(3단계) 배출수질 변화	58
[그림 4-15] 대전하수종말처리장(4단계) 배출수질 변화	59
[그림 4-16] 3,4폐수종말처리장 배출수질 변화	59
[그림 4-17] QUALKO 모델의 모식도	66
[그림 4-18] QUALKO 모델의 BOD 보정	67
[그림 4-19] QUALKO 모델의 T-N 보정	68
[그림 4-20] QUALKO 모델의 T-P 보정	68
[그림 4-21] QUALKO 모델의 BOD 검증	69
[그림 4-22] QUALKO 모델의 T-N 검증	70
[그림 4-23] QUALKO 모델의 T-P 검증	70
[그림 4-24] 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 T-N 수질변화 ...	71
[그림 4-25] 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 T-P 수질변화 ...	72
[그림 4-26] 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 BOD 수질변화 ..	72
[그림 4-27] 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 T-N 수질변화 ...	73
[그림 4-28] 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 T-P 수질변화 ...	74
[그림 4-29] 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 BOD 수질변화 ..	74
[그림 4-30] 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 T-N 수질변화	75
[그림 4-31] 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 T-P 수질변화	76
[그림 4-32] 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 BOD 수질변화	76
[그림 4-33] 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 T-N 수질변화	77
[그림 4-34] 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 T-P 수질변화	78
[그림 4-35] 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 BOD 수질변화	78
[그림 4-36] 삭감방안 종합에 의한 갑천 T-N 수질변화	79
[그림 4-37] 삭감방안 종합에 의한 갑천 T-P 수질변화	80
[그림 4-38] 삭감방안 종합에 의한 갑천 BOD 수질변화	80

제 1 장

서 론

제1절 연구의 필요성 및 목적

제2절 연구의 범위

제 1 장 서 론

제1절 연구의 필요성 및 목적

현재까지 우리나라의 수질관리에 대한 주요 정책은 「낙동강 페놀사고(1991)」를 계기로 ‘맑은물 공급대책(1993)’을 수립하게 되었고, 「낙동강 유기용제 오염사고(1994)」 이후 체계적으로 물 문제를 대처하기 위하여 건설교통부의 상하수도 업무와 보건복지부의 음용수 관리업무를 환경부로 이관시켜, ‘물관리 종합대책(1996)’을 수립하여 추진하였다. 또한 수도권 정비 기본계획법에 의한 ‘자연보전권역의 지정(1982)’, 팔당상수원 수질보전을 위한 ‘특별대책지역의 지정(1990)’ 등 각종 토지이용에 관련한 규제를 시행하게 되었다.

그러나 위와 같은 각종 수질관련 관리 대책이 추진되었음에도 불구하고 4대강의 수질이 개선될 가능성이 크게 보이지 않았다¹⁾. 팔당상수원에는 일정 규모 이상의 오염원이 상수원 변에 입지하는 것을 제한함에 따라 소규모 숙박시설, 축사, 음식점 등이 우후죽순으로 입지되어 난개발이 조장됨은 물론, 팔당상수원의 수질오염 및 부하량이 증가되는 결과를 초래하였다. 이와 같이 소규모 오염원이 지속적으로 증가함에 따라 각각의 개별 배출허용기준을 준수하더라도 오폐수의 공공수역 배출부하량이 증가하여 해당 유역의 목표수질 달성이 어렵게 되었다. 이에 오염물질의 총량을 관리하는 수질오염총량관리제도의 필요성이 대두되었다²⁾.

우리나라는 1998년에서 2002년까지 지역주민, 시민단체, 전문가 및 자치단체 등과 각종 토론회 등을 거쳐 1998년에 ‘팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책³⁾’을 시작으로 2000년에는 ‘대청호 등 금강수계 물관리 종합대책⁴⁾’, 그리고 2002년에 ‘금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률’이 시행되었다.

1) 환경부, 환경백서, 2003

2) 환경부, 한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구, 2000

3) 정부합동, 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책, 1998

4) 정부합동, 대청호 등 금강수계 물관리종합대책, 2000

우리나라에서 수질오염총량관리제를 처음 도입할 때에는 주요 하천이 여러 지방자치단체를 거쳐서 흐르는 경우가 대부분이었다. 이에 자치단체 간에 오염부하량을 할당하는데 이해관계가 얽혀있어, 그 할당기준을 마련하는 것이 중요한 문제로 대두되었다. 또한 이러한 할당기준을 만족하기 위하여 BOD, N 및 P와 같은 오염물질을 삭감하여야 하는데, 동일 삭감계획이라고 할지라도, 삭감위치 및 방법에 따라 그 효율이 달라지는 결과가 나타나게 되었다.

현재 대전시의 수질오염총량관리제에서는 BOD만을 목표수질 대상으로 관리하고 있지만, 대전시 생태하천복원 및 친수공간을 위한 하천관리를 위하여 N 및 P의 관리도 매우 중요하고 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 BOD와 더불어 N 및 P의 예측에 유리한 것으로 알려진 QUALKO 모델을 구축하여, 하천관리에 필요한 목표수질을 준수하기 위한 효율적인 오염물질 저감에 적합한 방안을 제시하고자 하였다.

제2절 연구의 범위

1) 대전광역시 유역의 재구분

현재 대전시는 3대하천을 중심으로 한 생태하천 복원사업이 진행 중이다. 하지만 시민들의 생활공간 증대 및 환경에 대한 욕구가 다변화됨에 따라 소하천에 대한 관리가 중요하게 되었다. 이에 본 연구에서는 갑천에 합류되는 유등천, 대전천, 두계천, 진잠천, 유성천 및 탄동천의 유역을 세분하고, 이러한 유역에서 배출되는 오염물질량을 계산 및 수질악화에 기여하는 정도를 제시하고자 하였다.

2) 수질모델링의 적용

대전시의 유역관리에 따른 장래의 수질을 보다 신뢰성 있는 방법으로 예측함으로써, 대전시 유역의 목표수질에 도달할 수 있도록 하기 위하여 수질모델링이 필요하다. 이에 대전시 유역의 질소와 인을 포함한 오염물질을 보다 객관적으로 관리할 수 있는 수질모델링을 검토 및 선정하여 하천 수질관리 방안에 적용하고자 하였다.

3) 질소 및 인의 오염물질 관리방안 제시

현재 우리나라 공공수역은 BOD만의 수질관리에서 부영양화 및 이취미 저감을 목표로 하는 질소와 인이 포함된 수질관리 정책에 들어서 있다. 이에 합리적이고 경제적인 질소와 인 저감방안을 선정된 수질모델링과 더불어 제시하고자 하였다.

제 2 장

대전광역시 수질관리 정책

제1절 수질관리 연구동향

제2절 유역관리제

제3절 수질오염총량관리제

제 2 장 대전광역시 수질관리 정책

제1절 수질관리 연구동향

1. 우리나라 물환경정책 역사

1) 공해방지법시기(1960~1979)

우리나라가 환경문제를 제도적으로 접근하기 시작한 것은 1960년대 초반이라고 할 수 있다. 당시 보건사회부는 1963년 11월 「공해방지법」을 제정하여 공해안전기준, 공해방지구역 지정, 환경위생감시원, 하수처리장의 설치기준과 같은 초보적 수준의 제도를 도입하였다. 공해방지법은 오염으로부터 사람들의 피해를 줄이려는 ‘소극적·방어적 위생개념’에 기초를 두고 있다. 1966년 3월에 제정된 「하수도법」 역시 사람의 사는 곳으로부터 우수·하수를 배제함으로써 도시위생을 관리하려는 소극적 접근법이였다.

2) 환경보전법시기(1980~1989)

1970년대의 경제개발정책으로 환경문제가 심화되자 1977년 12월 기존의 공해방지법을 폐지하고 환경보전법을 제정하였다. 환경보전법은 공해로부터 사람의 건강을 보호하는 차원에서 한걸음 나아가 적극적으로 생활환경과 자연환경을 보전함으로써 환경오염으로부터 사람의 피해를 제거함은 물론 쾌적한 환경을 창출하는 것까지를 목표로 하고 있었으며, 환경기준을 도입하여 환경정책의 목표를 계량화하고 이를 달성하기 위한 제반수단들이 도입되었다.

이 법은 대기, 수질오염, 피해분쟁조정, 환경평가 등 환경의 모든 영역을 포괄하고 있었으며, 1981년 12월의 개정을 통하여 환경기준 설정, 환경오염측정망 설치, 배출시설에 대한 방지시설설치의무 부과, 배출시설 설치허가제, 배출부과금제, 환경오염방지기금 설치 등 신규제도를 도입하였다

그러나 80년대의 환경정책은 뒤늦은 출발과 청(廳) 단위 조직의 한계로 인해 주로 배출사업장 규제에 치중할 수밖에 없었고, 하수도업무가 건설부소관으로 되어있어 수질오염의 가장 큰 비중을 차지하는 생활하수부문에 대한 관리가 전혀 이루어지지 않았다. 또한 1989년 8월에는 전국 정수장에서 중금속이 검출되는 사건으로 정부는 「맑은물공급종합대책」을 마련하였다. 이 대책은 당시 하수처리장 하나 없었던 상황에서 1996년까지 하수처리장 건설에 3조 6천억원을 투자하는 파격적인 것이었다.

3) 수질환경보전법시기(1990~1998)

1990년 8월에 환경보전법은 갈수록 심각해지는 환경문제를 적극적으로 다루기 위해 수질환경보전법, 대기환경보전법 등 6개 법으로 정비되었으며 1991년 3월에는 수질환경보전법과 폐기물관리법에서 규정하던 오수·분뇨·축산폐수에 관한 사항을 분리하여 「오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률」을 제정하였다.

1990년 4월에 팔당호 및 대청호 유역 일부를 「특정수질유해물질 배출시설설치제한지역」으로 고시하였고, 7월에는 동일지역을 특별대책지역으로 지정하였다. 또한 1992년 7월에는 처음으로 환경기준 유지를 위한 「4대강수질 보전대책」을 수립하였다. 그러나 1990년 6월 THM사건이, 1991년 3월에는 「낙동강폐놀오염사고」가 발생하여 환경행정 역사에 있어서 최대 위기를 맞았다. 이 사건을 계기로 상수원보호구역 관련업무와 하수종말처리 관련업무가 건설부에서 환경처로 이관(1991.4)되었고, 물금·매리영향권을 배출시설허가제한지역으로 고시(1991.4)하였으며, 「환경범죄의처벌에관한특별조치법」을 제정하여 무과실책임을 묻고, 사고유발자를 최고 무기징역에 처할 수 있도록 하였다. 또한 1992년 6월에는 지방청과 시·도로 이원화되었던 지도단속권한을 시·도로 일원화하는 조치를 단행하였다. 1993년 7월에는 기존대책을 보완하여 제2차 「맑은물공급종합대책」을 확정하여 시행하였다.

그러나 1994년 1월 「낙동강유기용제오염사고」가 발생하여 환경부가 승격(1994.5)되었고, 건설부의 상하수도국과 보사부가 관장하던 음용수관리과의 업무가 환경부로 이관되었다. 이러한 경험과 시행착오는 수질정책이 발전할 수 있는 기회로 작용

하여 1996년에 「물관리종합대책」이 수립되었고, 12월에는 「낙동강수질 개선대책」이 수립되었다.

4) 유역관리법제 시기(1999~)

1990년대 후반에는 시화호문제, 새만금호문제, 4대강 식수원 오염문제 등 환경현안은 끊이지 않았다. 1998년 새정부가 들어서자 수도권식수원인 팔당호의 수질이 급격하게 악화되었고 그동안의 각종 대책에도 불구하고 4대강의 수질은 개선될 기미를 보이지 않았다.

이에 따라 정부는 1998년부터 2002년까지 5년 동안 지역주민, 시민단체, 전문가 및 자치단체 등과 총 420여회의 각종 토론회 및 공청회 등을 거쳐 우리나라 환경정책사에 큰 획을 긋는 4대강 물관리종합대책을 완성하였다. 1998년 11월에 「한강수계상수원수질관리특별종합대책」을 시작으로 1999년 12월 「낙동강수계물관리종합대책」, 2000년 10월에는 금강 및 영산강 수계에 대한 대책이 수립되었고, 이 대책들을 법적으로 뒷받침하기 위해 1999년 8월 「한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률」이, 2002년 7월에는 나머지 3대강에 대한 특별법이 각각 제정·시행되었다.

4대강 물관리종합대책은 그간의 대책에 대한 철저한 자기반성을 통해, 상하류 공영(win-win) 정신을 바탕으로 수립되었다. 이는 지속가능한 유역공동체 건설을 궁극적인 목표로 하여, 발원지에서 하구까지 맑은 물이 흐르는 하천, 생명력이 넘치는 건강한 유역, 아름다운 자연과 더불어 살아가는 쾌적한 환경, 그리고 유역구성원들이 수질보전을 위해 협력하는 사회를 건설하고자 하는 계획이었다. 이러한 목표달성을 위해 오염총량제, 수변구역제도, 물이용부담금제, 상수원지역 지원 및 토지매수제 등 강력하고 선진적인 유역관리정책을 도입하였다.

2. 대전광역시 수질관리정책 추진현황

대전광역시는 한반도의 중핵도시로서 개발이 불가피하며 이에 걸맞은 생활환경을 유지하기 위한 환경보전이라는 두 가지 측면이 잘 조화를 이룰 수 있도록 효율적이고 종합적인 환경보전 계획을 수립하고 있다. 즉, 환경친화적 도시개발을 위하여 시민의 높은 환경보전의식을 바탕으로 대전광역시가 갖고 있는 총체적인 환경관리 능력을 제고할 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해서 제반환경오염실태 및 정확한 문제점을 도출하고 근원적 해결을 위한 개선방안이 제시되어 각종 환경개선시책이 일관성 있게 추진되어야 한다.

시민들의 환경의식 수준이 높아짐에 따라 보다 나은 생활환경과 깨끗한 자연환경 등 환경생태도시에 대한 시민들의 요구가 높아지고 있다. 따라서 대전시는 자연과 인간이 더불어 사는 환경도시를 구축하기 위해 이를 비전으로 삼고 정책을 추진하고 있다.

대전시는 ‘마음 놓고 수영할 수 있는 하천수질 확보’라는 모토아래, 수질오염총량제를 확실하게 추진하기 위해 갑천 말단(금강 합류전)수질을 2010년까지 BOD 5.9 mg/L로 개선하는 것을 목표로 하고 있다. 향후 지속적인 도시개발로 오염원이 증가함에 따라 하수관거 정비, 하수고도처리사업 확충 등의 사업을 진행하여 본격적으로 시행되는 수질오염총량관리제를 준비하고 있다. 또한 비점오염원처리, 하천제외지 자연정화사업, 대청호 수질보전 대책 등의 사업을 시행하고 체계적인 활성화를 위하여 민·관·기업간 물사랑 실천 환경파트너십을 구축하고 있다. 뿐만 아니라 대전시의 지속가능한 물관리를 위해서 유역관리사업, 유역공동체 구축을 기반으로 3대하천의 안정적인 유지유량을 확보하고, 이를 위한 지속적인 정보 및 모니터링 체계를 구축하고 있다.

제2절 유역관리제

1. 유역관리의 필요성

4대강 수질관리 계획의 실례에서 볼 수 있듯이, 현재까지 우리나라의 주요 수질 관리계획은 중앙정부 주도하에 대유역차원에서 수립되었다. 정부의 4대강 대책과 같은 대유역 중심의 계획은 대규모 점오염원 관리를 위한 계획으로는 나름대로 장점이 있어 왔다. 그러나 이제는 이와 같은 대유역 중심 및 대규모 점오염원 관리 위주의 수질관리계획으로 수질관리에 효율적으로 대처할 수 없다. 즉, 소규모 분산된 비점오염원 관리, 토지관리의 필요성, 예방대책의 중요성, 주민의 환경생태에 대한 관심 제고 등으로 지역주민의 참여가 필요한 시점이다.

수질관리계획은 대유역 계획의 큰 틀 속에 주민 참여가 가능한 적정 유역을 기반으로 하는 유역계획이 수립되어야 비로소 실질적인 효과를 발휘할 수 있다. 즉, 유역은 지역사회가 기반을 두고 있는 현장이며, 주민 모두가 관심을 가지고 모일 수 있는 공동의 목표를 제공한다. 특히 유역의 생산품인 물은 일상생활에서 필수불가결하기 때문에 유역에 거주하며 물을 이용하고 있는 주민의 참여를 배제한 수질 관리란 있을 수 없다. 이제는 주민이 관심을 가지고 참여할 수 있는 유역계획의 수립과 집행이 필요하다.

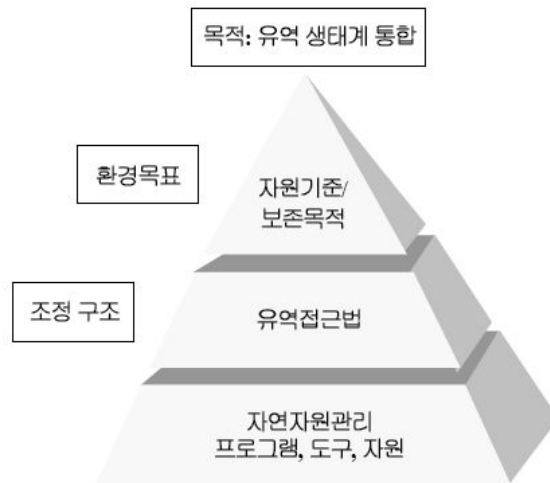
2. 유역관리의 정의

‘유역관리’는 유역이라는 용어가 내포된 것으로 미루어 적어도 유역이 물관리에 있어서 기본적인 관리단위가 되어야 함을 짐작할 수 있다. 즉, 유역(또는 집수구역)이란 수문학적 정의에 의하면 빗물이 자연적으로 하천, 호소, 하구, 해양 등의 특정 공공수역으로 흘러드는(지표수와 지하수를 모두 포함), 주변의 능선을 연결하는 선으로 둘러싸인 지면을 일컫는다. 따라서 큰 산맥을 경계로 낙동강 수계를 포

함하는 낙동강 유역은 산이나 언덕을 경계로 하는 많은 소유역으로 구성되어 유역 관리를 위한 유역의 규모는 관리의 목적 및 방법에 따라 결정된다.

우리나라는 물론 외국에서도 행정적인 단위의 물관리 개념에 대비되는 유역단위의 물관리라는 단순한 의미의 유역관리가 아닌 유역 내의 모든 환경문제를 통합적으로 관리하는 체제로의 유역관리가 최근에서야 실제 적용 가능한 관리체제로 확립되고 있다. 그러나 유역관리는 그 내용이나 범위가 유역의 환경문제에 대한 우선순위, 자연 및 사회·경제적인 연건, 주민 의식, 관리의 분야 및 목적에 따라 크게 상이하기 때문에 아직까지는 일반적인 체제나 기본적인 법칙이 체계화되지 않은 실정이다.

따라서 유역관리에 대한 정의를 명확히 내리는 것을 쉽지 않으나 국내외의 문헌을 종합해 보면 유역관리란 ‘유역 내의 물, 토지, 식생, 기타 자연자원의 균형적인 이용과 보전을 통해 자원의 지속성을 유지하기 위한 통합적이고 반복적인 결정절차 및 활동방법’ 이라고 정의해도 큰 무리가 없을 것으로 사료된다.

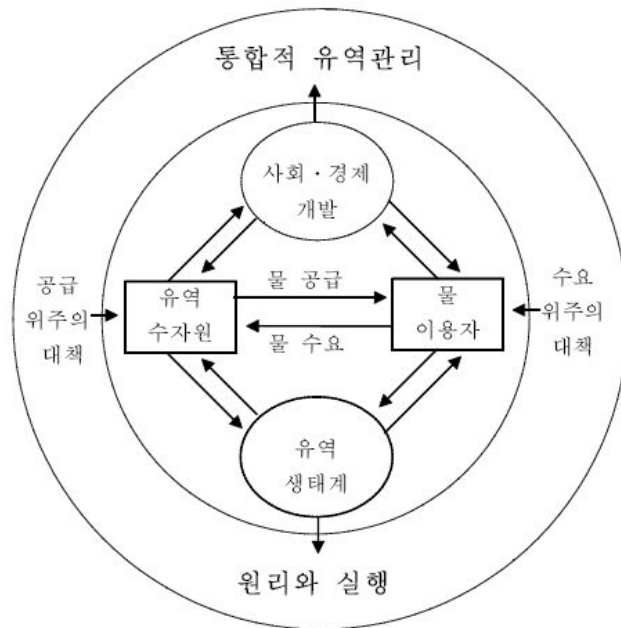


<그림 2-1> 유역관리체제의 개념⁵⁾

5) USEPA, Compendium of tools for watershed assessment and TMDL development, 1997

3. 유역관리의 특징

유역관리의 개념에서 주목할 사항은 관리의 기본단위가 정치적 또는 행정적인 경계가 아닌 유역경계라는 사실이다. 이같이 기본단위가 유역단위로 전환된다는 것은 관리방식의 단순한 전환이 아닌 관리개념의 근본적인 변화를 의미한다. 우리의 주된 관심사인 하천은 <그림 2-2>에서 나타나는 바와 같이 유역생태계를 구성하는 하나의 구성요소로서 유역의 주민, 토지, 대기, 식생 등 생태적 구성요소와 생태적 연결고리를 통해 직·간접적으로 연관되어 있다.



<그림 2-2> 통합된 유역관리에 영향을 미치는 요소

이처럼 유역에 거주하는 인간은 자연계로부터 분리된 독립개체가 아닌 생태계를 구성하는 요소로 간주된다. 따라서 환경문제를 특정문제별, 사안별로 단편적으로 다루는 것이 아니라 유역 내에 원활한 물 공급, 수질 개선, 생태계 보전 등의 다양한 문제와 연관하여 그들 간의 상호작용을 고려하여 통합적인 방식으로 다루게 된

다. 유역관리계획은 문제에 대한 관심이 감소하면 재발할 수 있는 지엽적·즉각적인 대책보다는 유역생태계의 회복을 통해 문제를 근본적으로 해결하는데 중점을 둔다. 따라서 유역관리계획은 다음과 같은 특징을 갖는다.

1. 한 가지 환경문제를 다루는 단편적인 접근방식이 아니라 유역내의 원활한 물 공급, 수질개선, 생태계 보전 등의 문제 등을 그들 간의 상호작용을 고려하여 통합적으로 다룬다.
2. 용수공급이나 홍수통제뿐만 아니라 생물서식지, 오염예방, 수질 등의 물과 직·간접적으로 관련된 수량과 수질문제를 동시에 다룬다.
3. 인간을 포함하여 생태계 전체를 대상으로 하므로 기본적으로 학제 및 분야를 망라한 다양한 이해당사자의 참여가 요구된다.
4. 현재와 미래의 문제, 해결책, 결과를 모두 고려함으로써 궁극적으로 지속가능함을 목적으로 한다.
5. 유역은 여러 정치적 또는 행정구역을 포함하는 모든 수준에서의 정부간 또는 정부 내 기관간의 대화, 협력, 이해, 협조가 요구된다.
6. 효과적인 유역의 크기는 관리목적에 따라 다르나 용수공급 및 배분은 대유역, 비점오염원은 중유역, 수질문제는 소유역이 바람직하다.
7. 유역관리는 모든 문제를 하나의 거대한 계획을 통해 일시에 해결하기 보다는 점진적이고 지속적인 환경개선을 강조한다.
8. 지역주민을 포함한 모든 이해당사자에 대한 지속적인 교육 및 홍보를 시행한다.
9. 지역주민을 포함한 유역의 이해당사자들은 일반적이고 장기적인 목표 또는 비전을 개발·공유하여야 한다.

유역관리는 각 기관별 수관사항을 단순히 정리 및 종합하는 관리계획이 아니라 유역 고유의 생태계 보전이라는 목표 하에 점진적, 세부적, 일관적으로 시행될 수 있도록 내용상 통합된 관리계획이 수립 및 시행되어야 한다. 따라서 유역관리는 계획의 수립에서 완료까지의 일회적인 관리가 아니라 일관된 목표를 향해 가능한 수

준까지 이해당사자간의 합의를 통한 우선순위 설정, 시행, 변화된 여건 및 우선순위 등을 고려한 계획의 수정·보완, 시행 등 일련의 반복된 순환과정이라고 할 수 있다.

4. 유역관리의 유용성

유역단위의 통합적 관리는 환경문제의 해결뿐만 아니라 재정적·사회적·관리적인 측면에서 유용성이 큰 것으로 알려져 있다. 지금까지 우리나라는 상수원수 보호, 오염원 관리, 어류 및 야생동물의 서식처 보호, 기타 자연자원 보전정책을 담당 부서별로 계획·집행·수행하고 있다. 이 같은 체제에서는 문제의 파악이 국부적이며, 목적에 적합한 대상만을 집중관리하기 때문에 전체적인 악영향이나 관리에 따르는 개선 효과를 예상하기 어렵다. 이러한 부서별 대책의 결과를 관련된 부처 또는 부서가 공동으로 평가하고 검토한다면 다양한 수준의 관리자가 각 분야의 문제로부터 야기되는 총체적인 악영향에 대한 이해를 증진시킬 수 있고 각 유역마다의 주요 문제를 쉽게 파악할 수 있다. 따라서 이러한 정보를 이용하여 문제의 우선순위를 결정하고 우선순위가 가장 높은 문제로부터 한정된 재정과 자원을 우선적으로 할당함으로써 실질적인 환경개선의 효과를 기대할 수 있다.

이러한 환경적 유용성과 더불어 유역관리는 자원의 효율성을 극대화하고 비용절감의 효과를 도모할 수 있다는 장점이 있다. 유역관리는 기본적으로 이해당사자간의 원활한 의사교환과 조율을 통해 중복되는 노력과 상충되는 문제를 사전에 조절함으로써 비용절감을 도모할 수 있다. 즉, 환경부 등의 물 관련 부처나 기관으로부터의 허가나 특정 조치를 전제로 한 활동(예 : 오염물질 배출허가, 습지개발을 위한 허가)에 대한 예측을 가능하게 함으로써 민간부문의 비용절감을 유도할 수 있다. 결과적으로는 환경 친화적이며 유역관리의 목적에 부합되는 방법으로 지역 또는 광역경제를 활성화시킬 수 있게 된다.

또한 유역관리는 제한된 자원을 이용하여 가장 큰 환경개선의 효과를 기대할 수

있도록 중앙부처, 광역자치단체, 시·군·구 등 모든 수준에서의 공공 및 민간부문의 협력을 강화시킬 수 있다. 즉, 물자원을 이용하는 주민에게 물자원의 관리를 위한 실질적인 역할을 부여한다면 물관리 관련 활동에의 참여를 통해 효율적인 물관리를 위한 공감대 형성, 상층요인의 저감, 실질적으로 다양한 환경관리의 목적을 달성하기 위한 적극적인 참여의 유도 등이 가능하다. 궁극적으로는 물관리 뿐만 아니라 더 큰 범주의 효율적인 환경 개선을 기대할 수 있게 된다.

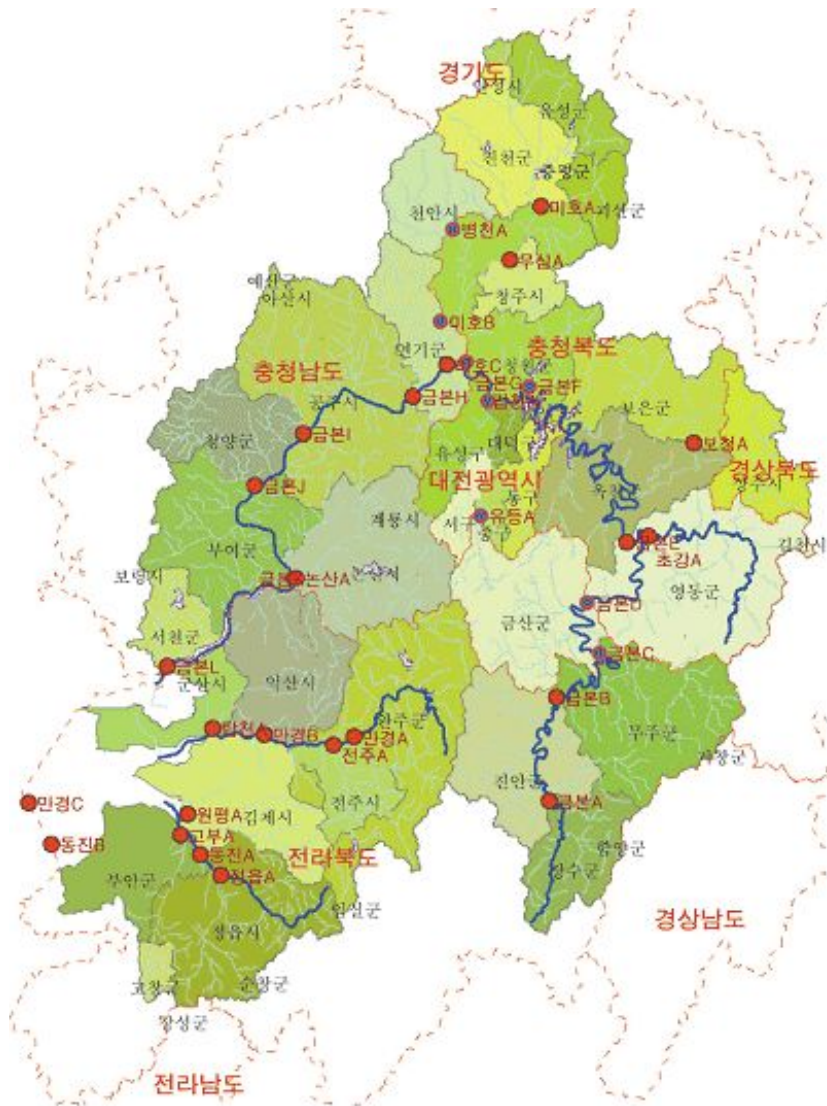
5. 대전광역시 유역특성

1) 금강유역의 특성

금강대권역의 총 유역면적은 9,9140.01 km²로써 낙동강 (23,702.02 km²)과 한강 (23,1292.83 km²)에 이어 우리나라에서 세 번째로 큰 유역이다. 금강 대권역의 유역 특성 인자는 <표 2-1>에 나타내었다. 또한 금강유역의 단위유역을 <그림 2-3>에 나타내었다.

<표 2-1> 금강 대권역의 유역특성

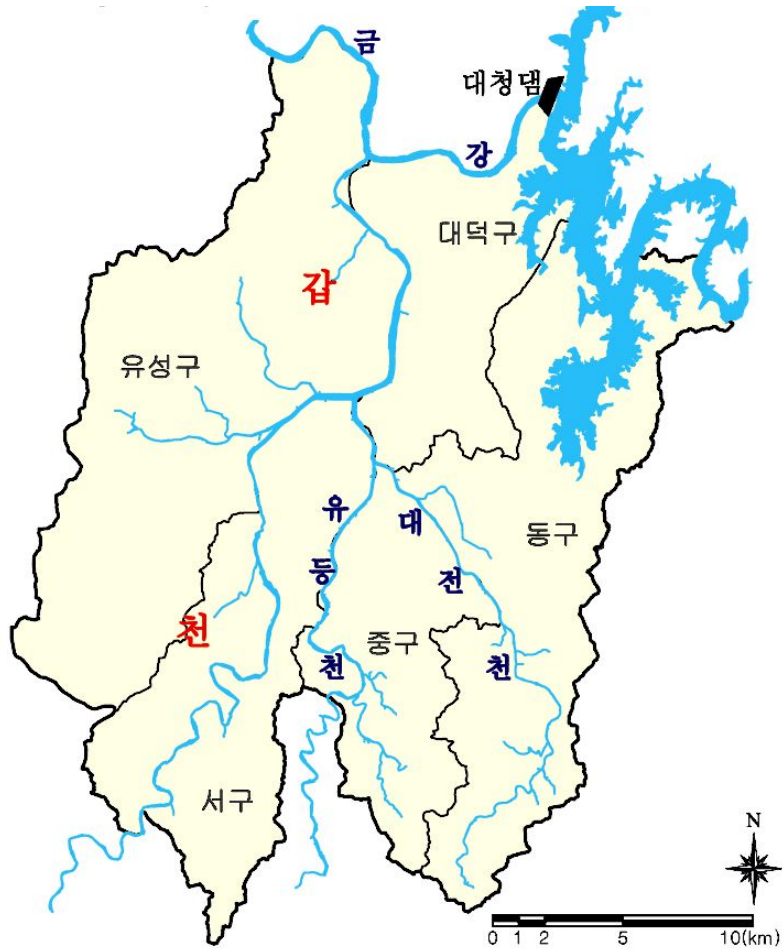
금 강 대 권 역			
유역 면적 (km ²)	9,914.01	형상인자	0.06
좌안 면적 (km ²)	3,869.79	형상계수	0.01
우안 면적 (km ²)	3,044.91	단일형상계수	3.95
유역 둘레 (km ²)	737.89	원형비	0.23
유역 평균 폭 (km)	25.24	세장률	0.16
유역 평균 표고 (m)	184.24	수계밀도	2.77
유역 평균 경사 (%)	27.56	수계빈도	8.9



<그림 2-3> 금강수계 총량관리 단위유역

2) 대전시 3대하천 유역 특성

대전광역시는 대전천, 유등천, 갑천이라는 큰 세줄기의 하천이 도심을 관통하여 흐르고 있으며, 이를 <그림 2-4>에 나타내었다.



<그림 2-4> 대전광역시 유역도

(1) 갑천

갑천은 충남 논산시 벌곡면 경계와 전북 완주군 운주면의 경계를 이루는 대둔산에서 발원하여 논산 산간계곡을 거쳐 서구와 유성의 도심을 통과하여 금강 본류로 유입되는 유로연장 62.6 km, 유로면적 662.16 km²의 금강 지류중 하나이며 9개의 지천을 갖고 있다.

3대하천 중 비교적 수량이 풍부하고 둔치도 넓어 둔치에 시민의 편의시설 등이 설치되어 대전 시민들의 휴식공간으로 많이 활용되고 있다.

<표 2-2> 갑천의 수계 현황

하천명	기점	종점	연장(km)	유역면적(km ²)
검천천	충남 논산시 벌곡면 한삼천리	갑천	4.2	8.9
어곡천	충남 논산시 벌곡면 어곡리	갑천	3.6	11.5
두계천	충남 논산시 두마면 남선리	갑천	7.0	55.3
매노천	대전광역시 서구 장안동	갑천	5.0	18.1
진잠천	대전광역시 유성구 원내동	갑천	8.3	27.1
유성천	대전광역시 유성구 갑동	갑천	7.0	30.5
탄동천	대전광역시 유성구 자운동	갑천	3.5	20.8
법동천	대전광역시 대덕구 읍내동	갑천	2.7	6.5
관평천	대전광역시 유성구 관평동	갑천	2.9	10.1

(2) 유등천

유등천은 충남 금산군 복수면의 경계에서 시작하여 중구와 서구 도심을 통과하고, 대전천과 합류한 후 본류에 유입되는 하천으로 유로연장이 47.9 km, 유역면적이 282 km²이고, 8개의 지천을 갖고 있다.

유등천 주변은 밀집된 주거지역으로 상류에는 뿌리공원이 조성되었고, 둔치에는 체육시설 등이 설치되어 시민 휴식공간 등으로 이용되고 있다.

<표 2-3> 유등천의 수계현황

하천명	기점	종점	연장(km)	유역면적(km ²)
삼계천	충남 금산군 진산면 석막리	유등천	3.5	19.2
진산천	충남 금산군 진산면 읍내리	유등천	4.0	6.6
금성천	충남 금산군 복수면 용진리	유등천	5.2	11.3
지방천	충남 금산군 진산면 흑산리	유등천	8.5	24.8
정생천	대전 중구 정생동	유등천	4.0	17.3
구완천	대전 중구 무수동	유등천	1.3	12.4
과례천	대전 중구 오류동	유등천	2.5	3.9
오정천	대전 대덕구 비래동	유등천	3.7	5.4

(3) 대전천

대전천은 동구 산내동(만인산)에서 발원하며 동구와 중구의 도심을 관통하여 서구 삼천동에서 유등천과 합류하는 유로연장 24 km, 유역면적 87 km²인 하천으로 2개의 지천을 갖고 있다. 대전천 주변은 주거 및 상업지역이 밀집하고 있으며, 대부분의 둔치는 하상도로와 주차장으로 이용되고 있다.

<표 2-4> 대전천의 수계현황

하천명	기점	종점	연장(km)	유역면적(km ²)
대사천	대전 중구 대사동	대전천	2.2	2.8
대동천	대전 동구 판암동	대전천	4.5	4.4

제3절 수질오염총량관리제

1. 수질오염총량관리제 도입 배경

배출허용기준이하 농도의 양(volume)적 팽창에 따른 오염부하가 증가함에 따라 배출허용기준의 농도 규제로는 점오염원의 양적 증가의 통제가 불가능하여 농도규제만으로는 근본적인 수질 개선에 한계가 있다. 뿐만 아니라 농도규제는 오염원이 밀집한 경우에는 지나치게 무력하고 오염원이 희소한 경우에는 지나치게 엄격한 규제가 되는 문제점을 야기한다. 따라서 개별오염원에 의한 수질영향을 억제하는 방식에서 지역전체 수질관리를 위해 일정 유역 내에 위치한 모든 오염원에 의한 수질영향을 파악·관리하는 유역 별 수질 관리의 필요성이 부각되었다. 동시에 증가하는 지역개발 욕구를 충족시키면서 지역주민이 자발적으로 오염총량 저감에 참여할 수 있는 수질관리정책의 도입 필요성이 대두되었다.

수질오염총량관리제는 1998년 12월 수립된 「팔당호 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책」에서 팔당호 수질 개선은 환경기초시설 확충 및 배출기준 강화 등 사후적 관리방법만으로는 수질개선 목표달성이 어렵다는 평가 하에 오염물질의 총량증가를 억제하기 위하여 처음으로 도입되었다.

한강수계는 자치단체가 수질관리상 필요할 경우 오염총량관리제를 실시 여부를 정하도록 임의제로 규정되었으나, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강수계는 목표수질을 유지·달성하지 못한 수계의 자치단체에서는 오염총량관리제를 의무적으로 실시하도록 규정하였다.

2. 수질오염총량관리제 개요

오염총량관리제도는 관리하고자 하는 하천의 목표수질을 정하고, 목표수질을 달성·유지하기 위한 수질오염물질의 허용부하량을 산정하여, 해당 유역에서 배출되는

오염물질의 부하량을 허용총량 이하로 규제 또는 관리하는 제도이다. 오염관리 주체의 측면에서 보면 중앙정부 중심에서 중앙정부와 지자체의 공동정책, 더 나아가서는 오히려 지자체 중심으로 전환되는 것이다.

시장·군수는 지역개발계획의 구체적인 내용, 지역 내에서 발생하는 오염 부하량의 총량 및 연차 별 삭감계획, 지역개발계획으로 인한 오염 부하량 및 오염 부하량 삭감계획 등이 포함된 지역 수질관리를 위한 오염총량관리계획을 수립하여 환경부장관의 승인 후 시행한다. 오염총량관리계획의 주요내용은 다음과 같다.

<표 2-5> 오염총량관리계획 주요 내용

대상오염물질	수질오염총량관리 제1단계는 BOD 원칙적으로 BOD를 대상으로 하며 생활계, 산업계, 축산계 및 비점오염원에 적용
오염부하량의 산정	인구, 산업, 축산, 토지 등 오염원 별로 오염부하량을 산출하기 위해 발생, 사감, 배출 원단위를 표준화하고 시, 군별로 실시한 오염원 전수조사 결과에 표준 원단위를 적용하여 오염부하량을 산정
목표수질	오염총량관리 목표수질은 용도(상수원수, 농업용수 등), 오염원 밀도, 지역개발정도, 환경기초시설 투자정도, 수량 및 수질, 수중생태계의 건전성 등을 고려하여 선정 특히 금강수계는 2003년 목표수질 측정결과와 과거 3년간 인접 수질측정망 측정결과의 평균치를 초과하지 않은 수준으로 설정 2000년 물관리종합대책 수질목표를 크게 상회하지 않은 수준으로 설정
목표연도의 오염총량 및 삭감방법	목표 연도의 오염총량은 목표 연도의 예상 배출부하량에서 삭감 가능량을 제한 것이며, 목표 연도 내에서 연차적으로 삭감하여 달성. 총량 관리계획의 적정한 이행과 이행상황 평가를 위해 연차별 삭감 목표량을 설정하여 관리. 해당 연도의 삭감목표량은 삭감 가능량을 고려하여 설정하되, 오염부하총량이 전년도의 오염부하총량을 초과하지 않도록 설정
오염부하량 할당방법	오염부하량의 할당은 목표수질을 초과한 오염총량관리 단위유역내의 하수 및 오·폐수처리시설 등 점오염원, 농업, 축산 등 비점오염원 등 모든 수질오염원을 대상으로 하며, 단위 유역별→소유역별, 지자체별(기본계획)→오염원 그룹별→사업장별 할당으로 이루어짐. 할당시 ① 실행가능성 ② 형평성 ③ 오염삭감비용 ④ 지역의 정책을 고려함.

3. 국내 수질오염총량관리제도 진행

1) 한강수계

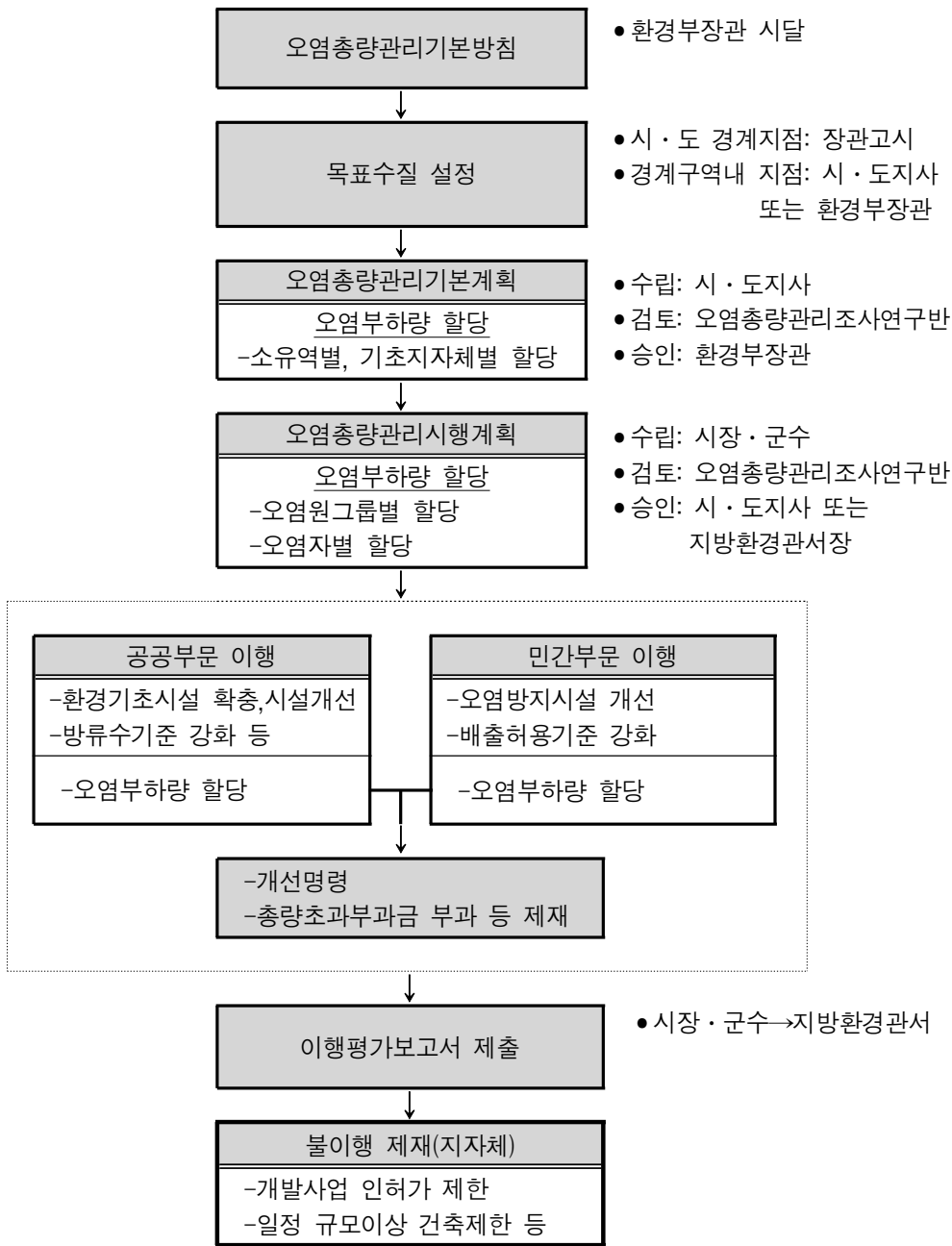
1992년 2월에 한강수계법이 제정되면서 수질오염총량관리제도가 처음으로 도입되었다. 하지만 수질보전특별대책지역(환경정책기본법), 자연보전지역(국토의계획및이용에관한법률), 자연보전권역(수도권정비계획법) 등 다종의 토지이용규제에 따른 지역주민의 반대로 임의제로 도입되었다.

2004년 7월에 국내 최초로 경안천 목표수질 5.5 mg/L를 기준으로 경기도 광주시가 수질오염총량관리계획을 승인받았다. 현재는 의무제 전환 방안에 대하여 현지 자치단체 등과 협의 중이다.

2) 금강·낙동강·영산강 수계

2002년 1월에 금강수계법, 낙동강수계법 및 영산강·섬진강수계법이 제정되면서 의무제 수질오염총량관리제가 도입되었다. 이에 따라 낙동강수계는 2003년 9월에, 금강·영산강 수계는 2004년 4월에 광역·시·도 경계지점의 목표수질을 설정·고시 하였다. 2005년 6월까지 3대강 유역 12개의 전 시·도의 1단계 수질오염총량관리기본계획 승인을 완료하였으며, 시·도별 기본계획에 따라 시·군별로 시행계획을 수립하고, 이에 따른 이행평가를 수행하고 있다. 이러한 수질오염총량관리제의 진행순서를 <그림 2-5>에 나타내었다.

2011년부터 2015에 시행되는 2단계 수질오염총량관리제는 대상물질에 TP를 부분적으로 추가하였으며, 1단계 시행착오를 바탕으로 보완·수정하고 2008년까지 2단계 기본계획 수립을 계획하고 있다.



<그림 2-5> 오염총량관리 추진체계

4. 국내외 수질오염총량관리제도 비교

국내 총량규제의 실시요건으로는 수질환경보전법(제9조 제1항)에 수질오염의 상태가 환경기준을 초과하여 주민의 건강, 재산이나, 동·식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정되는 구역 또는 특별대책지역 중 사업장이 밀집되어 있는 구역의 경우 당해 구역안의 사업장에 대해 배출되는 오염물질은 총량으로 규제할 수 있도록 되어 있다. 또한 실시 절차는 수질환경보전법(제9조 제2항)에서 총리령 제9조에 따라 위임되어 총량규제를 하고자 하는 경우에는 규제지역, 규제오염물질, 오염물질저감계획, 기타사항을 고시하도록 하였다. 수질오염물질을 총량으로 관리하는 개념은 동일하지만 외국의 유사제도, 즉 미국의 TMDL이나 일본의 총량규제와는 차이가 있다. 수질오염총량제에 관한 미국, 일본, 그리고 한국의 사례를 사안별로 비교하면 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 우리나라의 오염총량관리제와 외국의 총량규제 비교

구분	한국 (하천)	미국 (하천)	일본 (해역)
명칭	오염총량관리제	Total Daily Maximum Load	수질총량규제
기본법	(4대강)수계물관리및주민지원등에관한법률	Clean Water Act	수질오탁방지법
시행	1999년	1991년	1979년
계획,시행주체	시장, 군수	주정부 및 자치단체	도도부현 지사
계획승인	환경부 장관	EPA 청장	내각총리대신
관리목표	수질환경기준 또는 삭감목표량	수질환경기준	삭감목표량
관리지역	수계 단위유역에 속하는 시, 군	미국 전역에 수질환경기준을 초과하는 하천	특정 폐쇄성 수역중 정령으로 지정
관리물질	BOD(TP)	BOD, TN, TP 중금속, 유해물질, 퇴적물 등	COD (필요시 정령으로 지정)
관리대상	기본적으로 지역 내 모든 오염원	기본적으로 지역 내 모든 오염원	일정규모 이상의 점오염원

총량을 기준으로 한 오염관리의 개념은 많은 국가에 도입되어 있다고 볼 수 있으나, 오염총량관리 개념의 활용과 제도의 시행은 국가별로 상이한 형태로 나타나고 있다.

미국은 점오염원 관리를 통한 수질관리 효과성의 한계와 비중이 커지고 있는 비점오염원 관리의 중요성 부각에 따라 TMDL을 적극적으로 도입하였다. 이는 정교하고 종합적인 총량관리 시스템으로 적용되고 있으나, 점오염원 보다는 비점오염원 관리가 관건이 되고 있어 오염총량 관리가 용이하지 않다. 또한 정교한 시스템 적용에 따른 너무 많은 기술적 비용이 발생하는 문제 등이 있다.

일본은 인구, 산업 등의 집중으로 오염이 심한 폐쇄성 수역의 수질환경개선을 통해 환경기준을 확보하기 위해 수질총량규제제도를 도입하였다. 문제 지역을 중심으로 적용함으로써 적용 목적 달성의 높은 효과성을 추구하고, 기술적으로 가능한 기술수준을 감안하여 삭감량을 결정함으로써 사회적 삭감비용 최소화를 고려한 것으로 분석된다.

유럽은 엄밀한 의미에서 미국과 같은 오염총량관리를 실시하지 않고 있으며 아직은 점오염원 관리에 더 치중하고 있으나, 유역관리체계에 수질목표 접근방법, 배출규제 등에 총량규제적인 개념을 도입하고 있는 등 부분적인 도입이 이루어지고 있다.

5. 수질오염총량관리제도의 향후 발전방향

우리나라는 오염총량관리제 도입을 통하여 통합유역관리로의 한 발을 내디디게 되었으나 아직은 지자체의 여건, 다양한 기초자료 부족, 전문인력 및 조직의 미비 등으로 많은 어려움이 없지 않다. 우선 현재 제1차 오염총량관리 대상물질을 BOD₅로 설정·시작하였으나, 제도 시행에 따른 이행평가, 기초조사·연구 등 자료 축적을 거쳐 건전한 수생태계를 고려하는 종합적·합리적인 수질환경기준을 마련하고 수질관리여건을 감안하여 제2차 수질오염총량관리제에는 대상물질에 TP를 추가하는 것

으로 계획되었다. 그리고 단위유역별 목표수질 설정, 기준유량 설정, 배출부하량 산정, 모델링 등을 구현할 전문 인력 인프라 구축 및 유역과 하천 및 호소, 수량과 수질 및 생태, 점오염원과 비점오염원 통합관리, 물질의 순환체계에 대한 이해 및 분석 등에 대한 재정지원과 자료구축을 위한 환경기초조사 연구가 선행되어야 할 것이다. 무엇보다도 오염총량관리제의 성패는 제도적 문제점이나 기술부족 보다는 개발과 보전의 균형을 위한 지자체의 주체적 의지 및 제도의 충실한 이행을 피함과 더불어 지자체와 중앙정부의 협조 및 지자체간의 상생과 상호공영을 위한 노력 여부에 달려 있다.

제 3 장

연구진행 방법

제1절 수질모델링의 적용

제2절 대전시 유역의 설정

제3절 오염물질 저감방안 기본 원칙 설정

제4절 대전시민의 하천 수질관리에 대한 인식

제 3 장 연구진행 방법

제1절 수질모델링의 적용

1. 수질모델링

1) 수질모델링의 종류와 특징

수질모델링(Water Quality Modeling)의 목적은 어떤 수역의 장래수질을 보다 신뢰성 있는 방법으로 예견함으로써 그 수역의 목표수질 및 수질기준에 도달 또는 현재의 수질을 유지할 수 있도록 가장 합리적이고 경제적인 수질보전대책을 수립할 수 있게 하는 것이다. 따라서 수질모델링은 하천의 수질보전대책을 수립하기 위한 기본과정의 하나인 것이다⁶⁾. 하천수의 수질예측을 위해 사용될 수 있는 모델의 종류 및 특징은 <표 3-1>에서 나타낸 바와 같다.

수질모델은 하천의 DO와 BOD변화를 1920년대 Streeter 등⁷⁾가 처음 모델화하여 현재까지 여러 수체를 대상으로 응용·개발되어 활용되고 있다. 현재까지 개발된 많은 수질 모델들은 Streeter-Phelps 모델에 기반을 두고 확장·보완하여 모델의 변형을 시도하여 왔다. 1948년 Thomas⁸⁾는 Streeter-Phelps 모델의 수중 유기물의 변화 과정에서 침강 현상을 추가하였고, 1963년 Camp⁹⁾에 의해 침전물로부터의 유기물의 재부유과정과 수중식물의 광합성에 의한 용존산소 증가를 추가하였다. 또한 O'Connor 등¹⁰⁾는 광합성에 의한 산소 생성을 사인 곡선 반주기의 Fourier 급수를 이용하여 일주 변화를

6) 영산강수질검사소, 1999, 섬진강 요천유역의 수질모델링, 국립환경연구원

7) Streeter, H.W., and Phelps, E.B., "A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, III. Factors Concerned in the Phenomena of Oxidation and Reaeration", U.S. Public Health Service, Public Health Bulletin No.146. (1925)

8) Thomas, H.A., Jr., "Pollution load capacity of streams", Water and Sewage Works, Vol 95, No. 11, pp.409-413, (1948)

9) Camp, T.R., "Water and Its Impurities", Chapman and Hall, London, (1963)

10) O'Connor, D.J. and Di Toro, D.M. "Photosynthesis and oxygen balance in streams", Journal of Environmental Engineering Division, ASCE, Vol. 96, No. SA2, pp.547-571, (1970)

나타내고, 질소화에 의한 산소 소비량과 하상 퇴적물에 의한 산소 소비량을 용존산소의 변화량에 포함시켜 최초로 식물의 광합성 활동에 따른 용존산소 수질관리 모델을 개발하였다.

<표 3-1> 수질모델링의 종류

종 류	특 징
Streeter-Phelps	미생물에 의한 자정 작용과 대기로부터의 재폭기만을 고려하여 하천에서의 DO변화를 예측하는 모델로 구성인자가 적고 간단
DOSAG-I	Streeter-Phelps식을 이용하여 점오염원으로부터 배출되는 유기물뿐 아니라 중간에서 비점오염원으로부터 배출되는 유기물까지 고려
DOSAG II	재폭기 계수의 산정식으로서 DO SAG 모델에서 고려한 유기물질 이외에 몇 가지 물질 작용을 고려할 수 있는 모델임
QUAL- I	오염 물질의 종횡단 또는 유체이동에 의한 1차원 유송 등이 포함되어 있으며, 유속, 수심, Manning계수 등에 의해 확산계수를 산정
QUAL-II	QUAL- I 모델에서 고려되지 않은 NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N 등의 질소 화합물과 인, Chlorophyll-a를 포함하였으며, 계산 과정이 간단하고 여러 개의 부수적인 프로그램으로 구성되어 있음
QUAL2E	조류와 영양염류의 관계, 온도 보정계수 등을 고려하고, BOD, DO의 도식화를 비롯한 입, 출력 관계를 보다 효율적으로 개량한 것임
QUALKO	QUAL2E 모델에 조류의 생산 및 사멸에 의한 내부생산 유기물 증가, Bottle BOD 반응, 탈질화 반응 과정을 추가함

수질모델의 개발초기에는 유체흐름을 1차원으로 가정하고 모델식도 단순하였으나, 최근 컴퓨터와 전산기법의 발달로 많은 수의 수질인자의 변화를 모의할 수 있게 되었으며 유체흐름도 3차원으로 계산할 수 있는 모델들이 개발되었다. 1970년 TWDB¹¹⁾에 의해 컴퓨터 프로그램을 이용하여 하천의 수질변화를 모델화하려는 시도가 이루어졌는데, 여기서 개발된 DOSAG 모델은 유량과 온도조건의 다양한 변화 하에서 용존산소의 농도변화를 쉽게 계산할 수 있도록 하였으며, 생화학적 산소요구량 및 질산화 산소

11) Texas Water Development Board, "DOSAG-1 simulation of water quality in stream and canals", Program Documentation and User's Manual, Austin, (1970)

요구량과 포기과정을 변화기작으로 포함하였다. 이와 동시에 TWDB의 지원으로 Masch 등¹²⁾에 의해 1970년 QUAL-I 모델을 개발하였는데, 이는 1차원 수치 모델(Numerical Model)로서 BOD, DO, 보존성 물질, 온도변화 예측하고 점오염원(Point Source)과 비점 오염원(Nonpoint Source)에 의한 영향 등을 모의할 수 있다. 다양한 하천오염 현상이 발생함에 따라 QUAL-I 모델에서 모의할 수 있는 항목들 외에도 암모니아 독성, 병원성 미생물, 부영양화, 그리고 수중 생물의 역할 등이 수질 모델에 포함될 필요성이 제기되었다. 이러한 다인자 수질모델은 미연방환경처(USEPA : United States Environmental Protection Agency)의 지원으로 1973년 Water Resources Engineers, Inc.¹³⁾에 의해 수정·확장되었다. 이 모델에서는 QUAL-I 모델에 NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, T-P, Fecal Coliform, Chlorophyll-a 등을 추가시켜 총 13개 인자를 예측할 수 있게 한 것이며, QUAL-II 라는 이름으로 알려져 있다. 이후 USEPA에서는 수년동안 QUAL-II 모델을 Roesner 등¹⁴⁾이 몇 차례 개선하여 단점을 보완하였으며, Barnwell 등¹⁵⁾이 PC(Personal Computer)에서도 사용이 가능하도록 개선하여 QUAL2E를 개발하였다. QUAL2E는 하천 수질 변화 기작에서 중요한 역할을 하는 유기질소 변화 과정과 조류 성장에서 영양 물질로 암모니아 흡수를 추가하고 총인을 유기인과 용존 무기인으로 분리하였다. 또한 USEPA는 QUAL2E 모델에 몬테카를로(Monte Carlo) 기법과 일차함수 오차 분석(First Order Error Analysis) 기법을 도입하여 확률모델 QUAL2E-UNCAS를 개발하였다¹⁶⁾. 현재 QUAL2E 모델은 국내외로 널리 이용하고 있으나 SOD(Sediment

12) Masch, F.D., and Associates, "QUAL-I Simulation of water quality in stream and canals", Program Document and User's Manual, Texas Water development Board, (1970)

13) Water Resources Engineers, Inc., "Computer program documentation for the stream quality model QUAL-II. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency", System Analysis Branch, Washington, DC., (1973)

14) Roesner, L.A., Giguere, P.R., and Evenson, D.E., "Computer Program Documentation for Stream Quality Modeling(QUAL-II)", U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, Report EPA/600/9-81-014, (1981a)

15) Brown, L.C. and Barnwell, T.O., Jr., "Computer Program Documentation for the Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E", U.S.EPAgency, Athens, GA, EPA/600/3-85/065, (1985)

16) Brown, L.C. and Barnwell, T.O., Jr., "The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS", Documentation and User Manual, U.S Environmental Protection Agency, Athens, GA, EPA/600/3-87/007, (1987)

Oxygen Demand)를 0차나 일정량으로 처리하였고, 부착조류에 의한 용존산소 변화와 부유 조류 사멸시 발생하는 유기물이 고려되지 않았다. 또한 용존산소가 부족한 상태에서 반응이 활발한 탈질화과정이 포함되지 않아 이들 반응에 의해 수질이 영향을 받는 하천에 적용하기에는 한계가 있었다. 그리고 QUAL2E 모델의 모의 가능한 대구간수 (Reach)는 최대 50개, 대구간당 소구간(Element)은 20개를 넘을 수 없고 총 500개, 합류점 소구간(Junction element)은 최대 9개, 수원 소구간(Headwater element)는 최대 10개, 점오염원 유입소구간과(Input element)과 취수 소구간(Withdrawal element)는 최대 50개로 제한되어 있어 여러 개의 지류를 가진 대형 하천에는 적용하기 어려운 단점이 있다. 한편 국내에서는 1999년 국립환경연구원에서는 새만금호 수질예측을 위해 QUAL2E 모델에 WASP5의 장점을 접목시켜 QUALKO 모델¹⁷⁾을 개발하였다. 이 모델은 QUAL2E에 부유성 조류의 사멸로 인한 유기물의 내부증가, 탈질화 반응 및 부착식물의 광합성·호흡 과정을 추가한 것이다. 또한 QUAL2E 모델에서 BOD는 CBOD로 입력되고 모의되므로 bottle BOD의 개념(조류기원성 또는 질산화에 의한 산소소모량, 비생물성 CBOD 등)이 결여되어 있으므로 이러한 문제점을 보완하고, 조류의 생산 및 사멸에 의한 내부생산 유기물 증가와 탈질화 반응 과정을 추가한 것이다.

2) QUALKO 모델

QUALKO 모델은 BOD의 반응기작, 조류활동에 의한 유기물 증가, 탈질화 반응 등 하천의 정체수역에서 일어나는 생물학적 반응을 반영한 수질모형이다. 또, QUAL2E 모델에서 제한된 오염원의 수, 하천 구간의 수, 상류경계조건, 계산요소 등이 확장되어 대형하천이나 지류가 많은 하천에서도 적용할 수 있는 장점이 있다. QUALKO 모델은 조류의 증식 및 사멸에 의한 내부 생산 유기물의 증가를 반영한 bottle BOD 개념으로, 하천에서 조류가 유기물을 분해하여 번식하며 과잉 번식된 조류는 사멸된다. 이와 같이 조류의 증식과 사멸이 반복됨에 따라 수체의 유기물이 증가하기 때문에 조류의 개

17) 공동수, 임연택, 박준대, 신동석, 이수형, 강필구, 박상미, 2004, 오염총량관리를 위한 하천수질모델의 개발(1), 국립환경연구원, p.16

체수도 증가하게 된다. QUAL2E 모델에서는 조류의 소실량을 모두 호흡에 의한 것으로 가정하여 사멸과 분비에 의한 CBOD 증가를 무시하고 있는 반면, 조류 소실에 따른 질소와 인은 모두 유기형태로 변환되는 것으로 가정하고 있다. 특히, BOD를 CBOD로 입력하므로 bottle BOD의 개념이 결여되어 있다. 즉, 모의항목을 CBOD로 입력하면 수체 내 CBOD의 분해에 따른 산소소모량만 계산된다. 그러나 국내에서 측정되는 BOD₅는 5일간 bottle내에서 일어나는 산소소모량의 총량을 의미하며, 이에 bottle에 포함되어 있는 비생물성 CBOD 뿐만 아니라 조류의 내생호흡에 의한 산소소모량과 질산화에 의한 산소소모량도 포함된다. 한편, 수체 내에서의 Org-N과 Org-P는 수중의 비생물성 물질과 조류와 같은 생물성 물질로 존재하게 되는데, 조류는 호흡과 사멸을 통해 Org-N과 NH₄-N의 형태로 수중으로 순환된다. 그러나 QUAL2E 모델에서는 비생물성 물질과 생물성 물질이 포함된 Org-N과 NH₄-N으로 측정치를 입력한 경우 조류의 호흡과 사멸을 통해 수중으로 순환되는 Org-N과 NH₄-N이 중복되는 모의를 하게 되며, 결과적으로 BOD값에도 영향을 미치게 되므로, QUALKO 모델에서는 측정치를 입력할 경우 비생물성 물질과 생물성 물질이 내부적으로 구분되어 모의함으로써 이와 같은 비합리성을 개선하였다¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾. QUALKO는 QUAL2E의 모형과 같이 대상수계의 전체 유하거리를 따라 동일한 수리 및 수질특성을 갖는 수역들을 크게 m개의 구간(Reach)으로 나누고, 각 구간은 다시 실제로 계산이 이루어지는 n개의 소구간으로 나누어 수질농도를 요소별로 계산하는 방법을 이용하고 있다. 소구간 요소는 <표 3-2>와 같이 구성된다. 전체 모형은 완전 혼합형 반응조가 연결된 형태이다. 각 구간에서는 수리학적·지형학적 특성을 고려한 하상경사, 하천의 종단면적 및 마찰계수가 일정하고, 각 구간의 매개변수인 BOD 분해율, 저층의 용출율, 조류의 침강속도 등 화학적 분해속도가 일정하다고 가정한다.

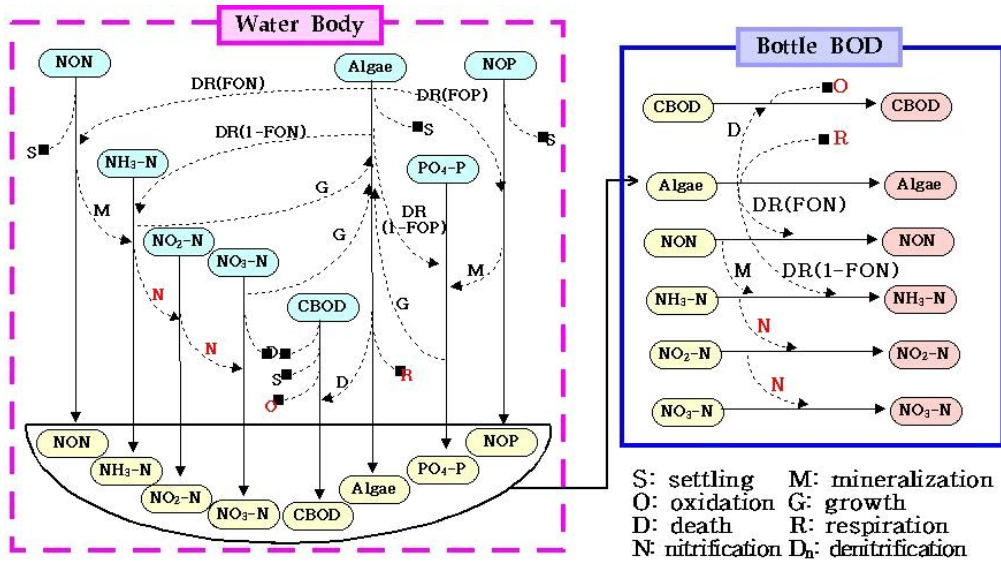
18) 경상남도, 2005, 낙동강수계 경상남도 오염총량관리 기본계획, pp.8-3~8-4

19) 김시현, 2006, 토지이용 다규제지역내 수질총량관리시 오염부하량 산정에 관한 연구, 강원대학교 박사학위논문

20) 김강모, 2005, 낙동강에서의 유량수질 연계 예측 시스템 개발, 경북대학교 석사학위논문

<표 3-2> QUALKO 수질모델의 구성요소

소구간 구성요소	설 명
수원 소구간	분류 및 지류의 최상류에 위치하는 요소
표준 소구간	가장 일반적인 소구간 요소로서 다른 범위에 포함되지 않는 요소
합류점 직상류 분류 소구간	지류와의 합류점 바로 위의 분류상 구간
합류점 소구간	지류와 합류되는 지점의 분류 소구간 요소
최하류부 소구간	하천의 최하류부 소구간 요소
점오염원 유입소구간	분류상의 요소로서 점오염원이 존재하는 소구간 요소
취수 소구간	취수 등을 통하여 분류구간에서 물이 빠져나가는 소구간 요소



<그림 3-1> QUALKO 모델의 기본구조

제2절 유역의 설정

1. 수질오염총량관리제도에서의 소유역 분류

대전광역시 시행계획 해당 총량관리단위유역(갑천A, 금분F, 금분G, 금분H)의 소유역 상세 구분을 위하여 1/5,000 축척의 수치지형도와 1/25,000 축척 수치지형도로부터 표고자료를 추출하였다. 추출된 등고값과 표고값의 오류를 수정하고 도엽을 붙이는 과정에서 제작시기와 도면차이에 의한 불일치 문제는 인공위성영상 등의 자료와 한국수자원공사의 단위유역도 관련 자료를 이용하여 수정하였다. 그리고 수정된 수치표고 자료로부터 TIN을 생성하고 이를 이용하여 수치표고자료(DEM)를 생성하였다.

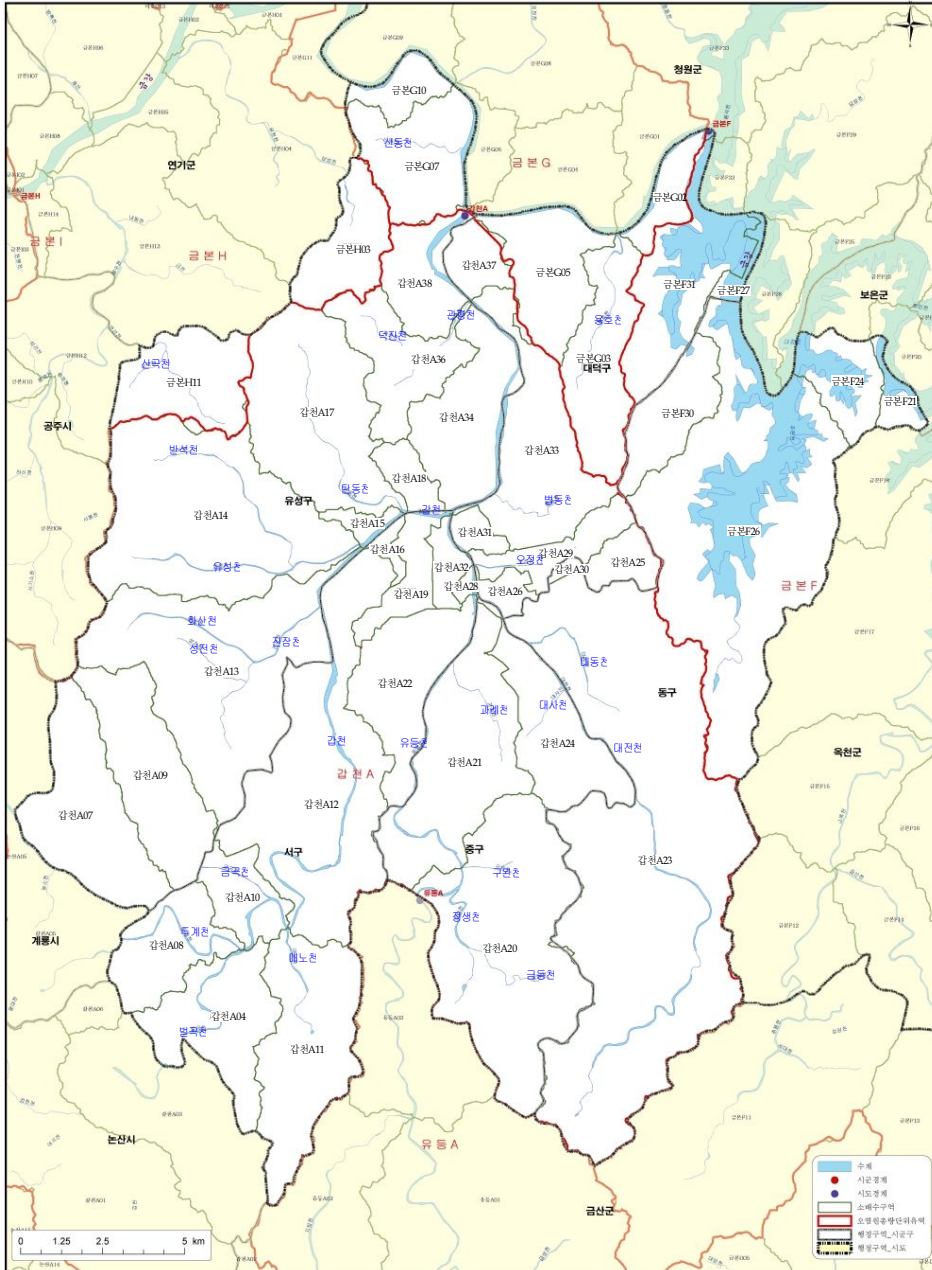
소배수구역은 DEM 자료를 기초로 수계망도를 벡터중첩하여 흐름방향을 결정하였고 흐름누적을 산정한 후 하천셀 집적도에 따라 유역을 생성하였다. 오염총량관리기술지침의 소유역 구분원칙에 따라 2개 이상의 시군구로 나누어지는 경우 경계를 분할하여 새로운 소유역으로 구분하였다.

소배수구역을 최종적으로 결정하기 위하여 단위유역과의 일치성과 물관리정보공통유역도의 유역경계 중첩여부를 검토하였으며, 도시지역은 하수처리구역도를 고려하여 경계를 조정하였다. 이에 다음의 <표 3-3>와 같은 갑천A 단위유역의 소유역 구분할 수 있었으며, 대전광역시에 구분된 갑천A 소유역 지리적 구분을 <그림 3-2>과 같이 나타내었다.

<표 3-3> 갑천A 단위유역의 소유역 개소수

단위유역명	총유역		대전광역시 관할유역	
	면적 (km ²)	소유역개소수	면적 (km ²)	소유역개소수
갑천A	524.7	36	402.5	31

자료 : 대전광역시 수질오염총량관리 시행계획, 2006



<그림 3-2> 대전광역시 수질오염총량관리 소유역도

제3절 오염물질 저감방안 기본원칙 설정

오염물질을 저감하는데 있어 수질모델링을 통하여 오염물질 배출원이 목표수질 설정지점의 수질에 미치는 영향도를 분석하고, 지역 또는 배출원간의 형평성과 오염부하 삭감의 효율성을 고려하여 <표 34->와 같은 저감방안을 마련한다.

<표 3-4> 오염부하량 할당방법²¹⁾

할 당 방 법	원 리
동일삭감율	모든 배출자에게 발생량 대비 일정비율의 저감량을 적용하는 방안
동일농도 배출법	모든 배출업소에 대해 배출수 농도를 동일하게 적용시켜 저감하는 방안
1일 동일배출량	모든 배출업소에 대해 일일 배출량을 동일하게 할당하는 방안
동일 수질유지 할당법	방류수역의 농도가 일정하게 유지되도록 배출량을 할당하는 방안
동일비용 할당법	오염물질의 단위처리비용이 동일하도록 삭감량 할당하는 방안
배출량 비례 제거율	배출업소의 오염물질 배출량에 비례하여 제거율 할당하는 방안
최소 처리비용법	환경용량을 달성하기 위한 삭감량 설정 및 삭감량에 대한 처리비용이 최소가 되도록 배분하는 방안
적용 처리기술에 따른 할당	현재 적용 가능한 최적처리기술 수준과 지역의 여건을 고려하여 삭감량을 할당하는 방안
하천의 오염수준에 따른 할당	하천의 오염수준에 따라 점오염원 배출량을 차등 할당하는 방안
자발적 삭감 유도법	환경용량 범위내에서 이해 당사자간 협의로 자발적 삭감 유도하는 방안

21) 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008

제4절 대전시민의 하천 수질관리에 대한 인식

1. 설문 목적

본 설문은 대전광역시 지역주민, 공무원, 산업체 담당자 및 시민단체의 대전시 유역내 하천 수질관리에 대한 인식 및 필요성에 대한 기초 설문으로, 향후 하천관리의 나아갈 방향 및 우선순위를 정하여 활용하고자 하였다.

2. 설문 대상

설문 대상 표본수는 대전광역시 지역 주민 인구, 산업체에 대해 표본을 추출하여 표본 조사를 실시하였다.

1) 대전시 인구

- 대전광역시 인구는 약 1,487,836명 (2007년 12월 기준)을 대상으로 남녀성비 및 구별 인구비를 고려하여 조사

2) 대전시 인근 사업장

- 대전광역시에 위치한 1,2,3,4,5종 단위 사업장중 폐수 배출량이 많은 업소를 중심으로 표본조사 실시

3) 공무원, NGO등의 환경단체

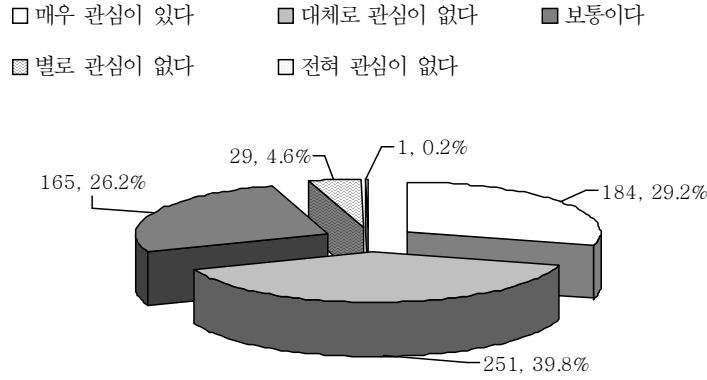
- 공무원 : 시군구별 담당 공무원, 환경기초시설 관리자 등
- NGO : 지역의 환경관련 또는 환경에 관심이 많은 NGO

3. 설문표본의 크기

대전광역시	지역주민	산업체 종사자	담당공무원	NGO	총계
표본수	396	192	30	12	630

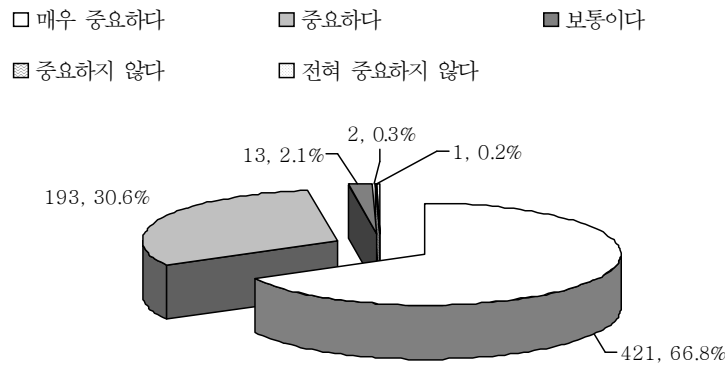
4. 설문 결과

1. 지역의 환경문제에 대해 평소에 얼마나 관심을 가지고 있습니까?



<그림 3-3> 설문결과 1 (환경문제 관심도)

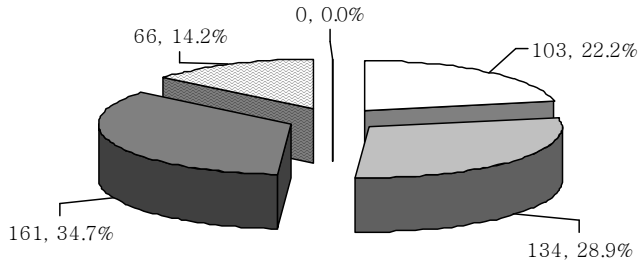
2. 수질보전이 어느 정도 중요하다고 생각하십니까?



<그림 3-4> 설문결과 2 (수질보전 중요도)

3. 향후 지역의 수질환경을 어떻게 전망하십니까?

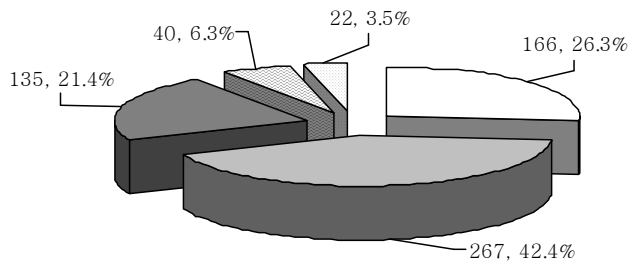
- 많이 나빠질 것이다 ■ 조금 나빠질 것이다 ■ 현재와 비슷할 것이다
- 다소 개선될 것이다 □ 많이 개선될 것이다



<그림 3-5> 설문결과 3 (대전시 향후 수질환경 전망)

4. 현재 대전광역시 갑천, 유등천 및 대전천이 5년 전에 비하여 수질이 어떻다고 생각하십니까?

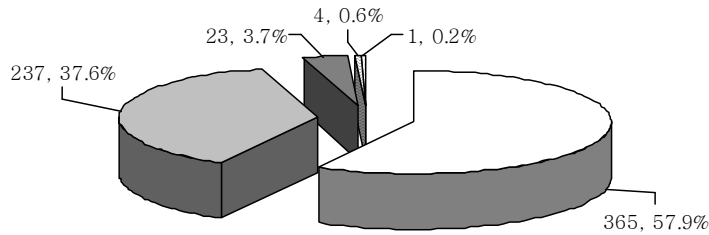
- 많이 개선되었다 ■ 약간 개선되었다 ■ 비슷하다
- 약간 악화되었다 □ 많이 악화되었다



<그림 3-6> 설문결과 4 (대전시 3대하천의 수질개선 여부)

5. 대전시 내에 위치하고 있는 하천의 수질개선이 필요하다고 생각하십니까?

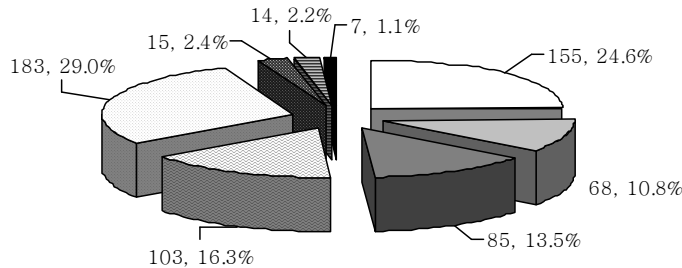
- 절대 필요하다 ■ 약간 필요하다 ■ 현 상태면 충분하다
- ▣ 별로 필요하지 않다 □ 절대 필요하지 않다



<그림 3-7> 설문결과 5 (대전시 하천 수질개선의 필요성)

6. 하천의 수질개선이 필요하다면, 우선순위로 3개 표시해 주십시오.

- 갑천상류(~만년교) ■ 갑천중류(~둔산대교) ■ 갑천하류(둔산대교~)
- ▣ 유등천 □ 대전천 ■ 진잠천
- ▤ 유성천 ■ 탄동천



<그림 3-8> 설문결과 6 (대전시 하천 수질개선 우선순위)

제 4 장

수질모델링에 의한 질소와 인 관리방안

제1절 유역환경 조사 및 배출부하량 산정

제2절 수질모델링 구축

제3절 질소와 인 저감을 위한 대전시 관리방안

제 4 장 QUALKO에 의한 질소와 인 관리방안

제1절 유역환경 및 배출부하량 산정

1. 유역환경조사

1) 대전광역시 유역환경

(1) 기상

〈표 4-1〉 대전광역시 기상현황

년	월	평균 기온 (℃)	강수량 (0.1mm)	증발량 (0.1mm)	강우계 속시간 (0.01hr)	평균 풍속 (0.1m/s)	평균 습도 (0.1%)	이슬점 온도 (0.1℃)	증기압 (0.1hpa)	운량 (%)	일사량 (0.01MJ/m ²)	가조 시간 (0.1hr)
2007	1	0.4	140	252	4316	14	649	-61	40	3.8	27177	3100
	2	4.2	450	411	3836	18	591	-40	49	3.0	34308	3039
	3	6.9	1175	628	10851	21	615	-7	64	5.2	39637	3706
	4	12.0	286	1100	3913	21	518	12	71	4.3	56511	3934
	5	18.3	1301	1474	6350	22	613	98	124	4.4	65107	4370
	6	22.5	1330	1316	10419	18	662	154	180	6.3	55234	4376
	7	24.2	2757	1037	12336	19	770	198	234	7.2	46327	4458
	8	26.1	3730	1096	11239	18	784	220	268	6.5	44935	4195
	9	21.2	5499	744	21117	19	802	176	203	7.3	33519	3732
	10	14.8	474	657	2475	14	717	95	124	4.3	39824	3498
	11	6.6	98	407	1220	14	648	-1	64	2.9	31358	3081
	12	2.0	269	247	8125	14	729	-26	52	4.9	20589	3018
평균(합계)		13.3	(17509)	(9369)	(96197)	18	675	68	123	5.0	(494526)	(44507)
2008	1	-0.9	453	278	9204	15	611	-84	36	5.1	25612	3098
	2	-0.9	91	464	2803	19	491	-115	28	2.4	39662	3149
	3	7.6	291	731	4603	20	540	-23	55	3.9	47799	3714
	4	14.0	344	1114	4576	23	532	31	80	4.5	54956	3942
	5	18.1	592	1449	3476	22	570	80	115	4.3	65746	4378
	6	21.1	1483	1089	7599	22	681	144	167	6.4	53595	4377
	7	26.1	2534	1091	9483	16	751	210	250	7.0	48649	4454
	8	24.6	3252	1243	8813	22	722	188	220	5.2	57528	4190
	9	21.4	855	967	5174	14	718	155	181	4.9	47234	3724
평균(합계)		14.6	(9895)	(8426)	(55731)	19	624	65	126	4.8	(440781)	(35026)

<표 4-1>에 나타난 바와 같이, 대전시의 기상특성(2007년 평균 및 합계)을 보면 강수량 1771 mm, 증발량 937 mm, 강우계속시간 9620 hrs, 평균풍속 1.8 m/sec, 평균습도 67.5%, 증기압 12.3 hps, 가조시간 4451 hrs 등으로 이는 이후 수질모델링 (QUALKO)에 의한 갑천수질 변화를 모의하는데 사용이 되었다.

(2) 하천

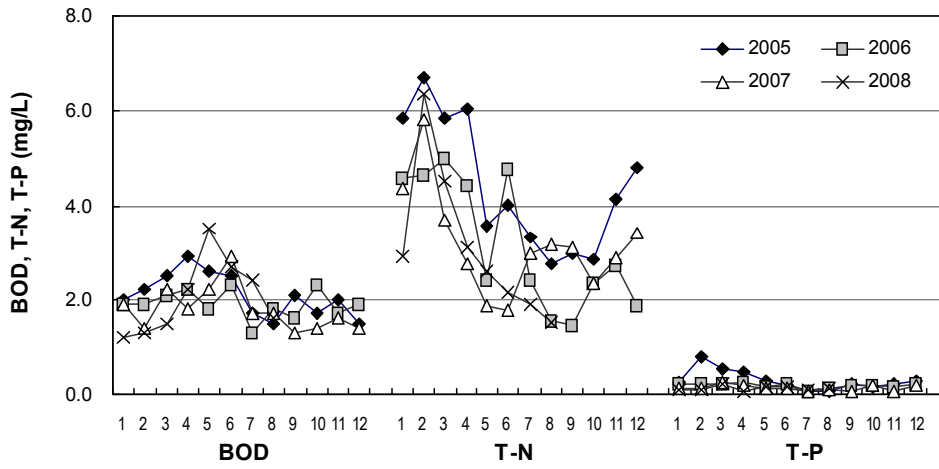
대전시는 <그림 4-1>에 나타나는 바와 같이 갑천에 영향을 주는 유입오염원의 구조를 가지고 있다. 그 중에서 대전시 갑천수질에 영향을 주는 하천 개소에 대하여 수질 모니터링을 실시하였다. 일시는 2005년 1월~12월, 2006년 12월, 2007년 1월~12월 그리고 2008년 1월~7월을 대상으로 하였으며 그 결과는 <표 4-2> 및 <그림 4-2>~<그림 4-12>에 나타난 바와 같다. 이에 따르면 BOD는 진잠천, 유성천 및 탄동천에서 3.0 mg/L보다 높은 값을 나타냈으며, T-N은 봉곡2교, 두계천, 진잠천 및 탄동천에서 3.0 mg/L보다 높은 값을 나타냈다. 또한 T-P는 두계천, 진잠천, 탄동천에서 0.2 mg/L 이상의 값을 나타냈다.

<표 4-2> 대전시 주요 하천지점 BOD, T-N 및 T-P 농도

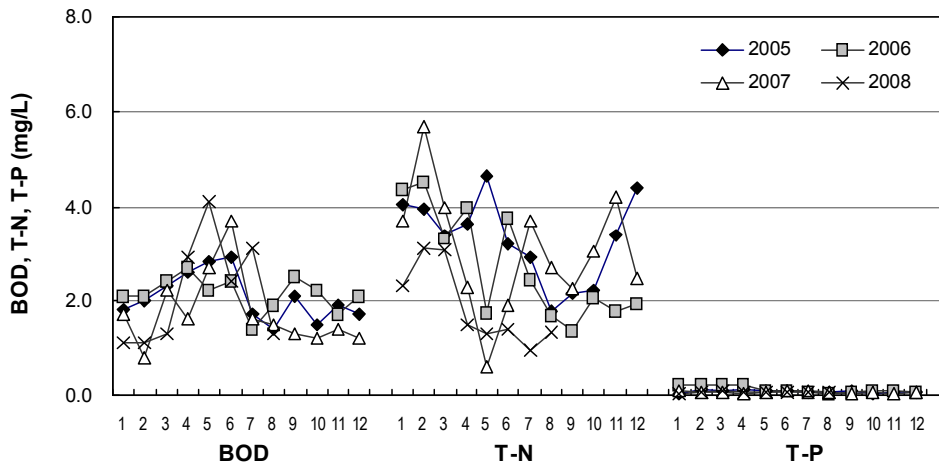
	BOD (mg/L)			T-N (mg/L)			T-P (mg/L)		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균
봉곡2교	3.5	1.2	2.0	6.7	1.4	3.5	0.78	0.05	0.19
가수원교	4.1	0.8	2.0	5.7	0.6	2.8	0.23	0.03	0.09
만년교	4.4	1.1	2.3	6.4	0.7	3.0	0.20	0.04	0.08
대덕대교	5.5	1.3	2.7	6.0	1.0	3.0	0.30	0.03	0.11
침산교	2.8	0.7	1.6	4.3	0.8	2.4	0.12	0.01	0.04
대화대교	7.4	1.4	2.7	4.4	1.5	2.9	0.22	0.03	0.09
현암교	3.7	1.3	2.5	7.9	1.6	4.7	0.32	0.02	0.11
두계천	5.4	1.6	3.0	9.5	2.1	3.8	0.40	0.06	0.25
진잠천	5.3	1.0	3.6	7.6	2.7	5.9	0.39	0.10	0.21
유성천	6.2	2.6	4.1	4.3	2.6	3.4	0.38	0.09	0.20
탄동천	6.6	1.3	4.3	7.4	2.4	4.9	0.85	0.21	0.40



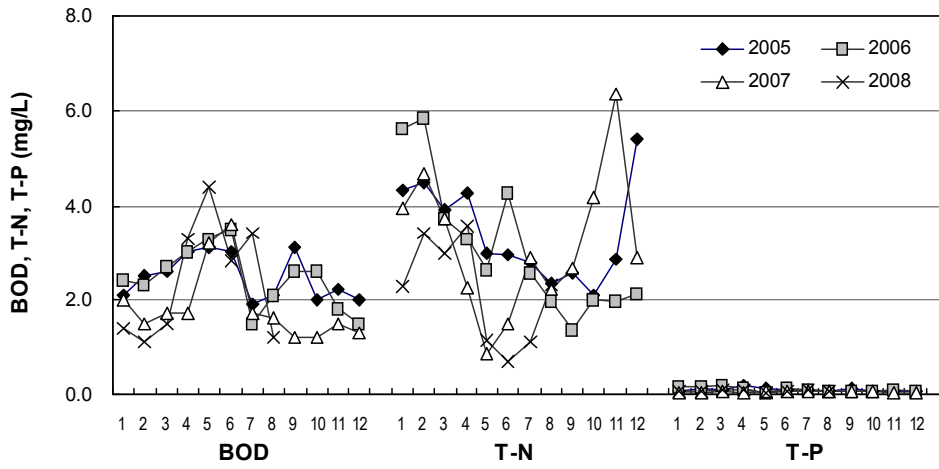
<그림 4-1> 갑천에의 주요 오염물질배출지 및 모니터링 지점



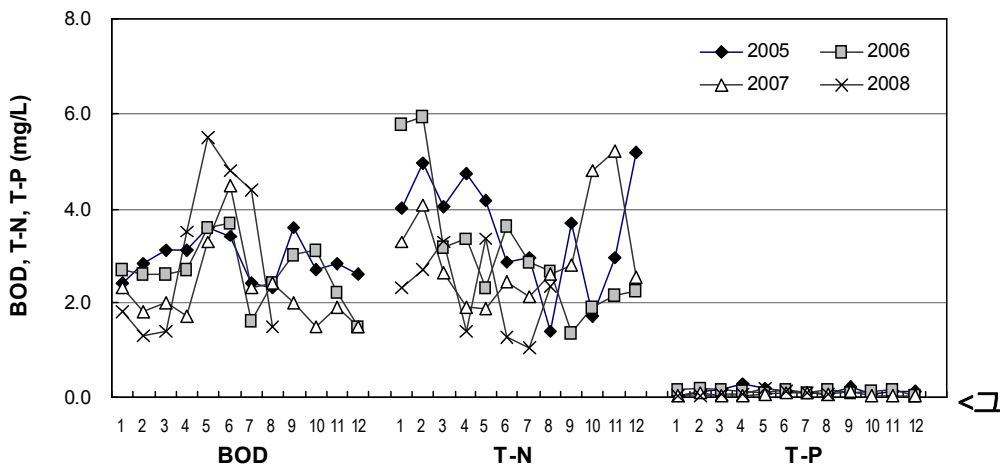
<그림 4-2> 갑천 상류 봉곡2교 수질 변화



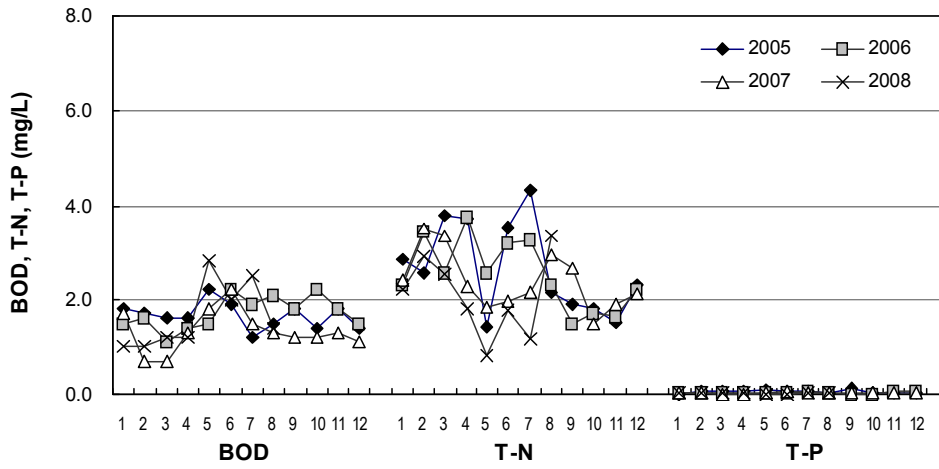
<그림 4-3> 갑천 상류 가수원교 수질변화



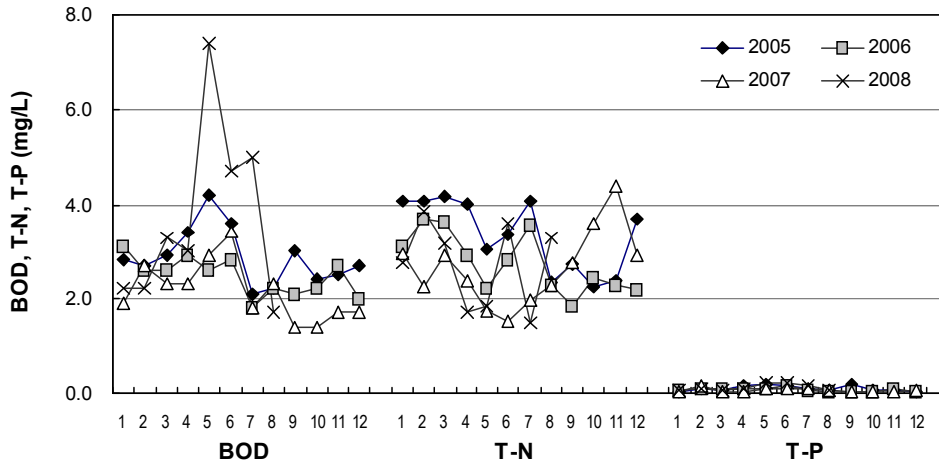
<그림 4-4> 갑천 중류 만년교 수질변화



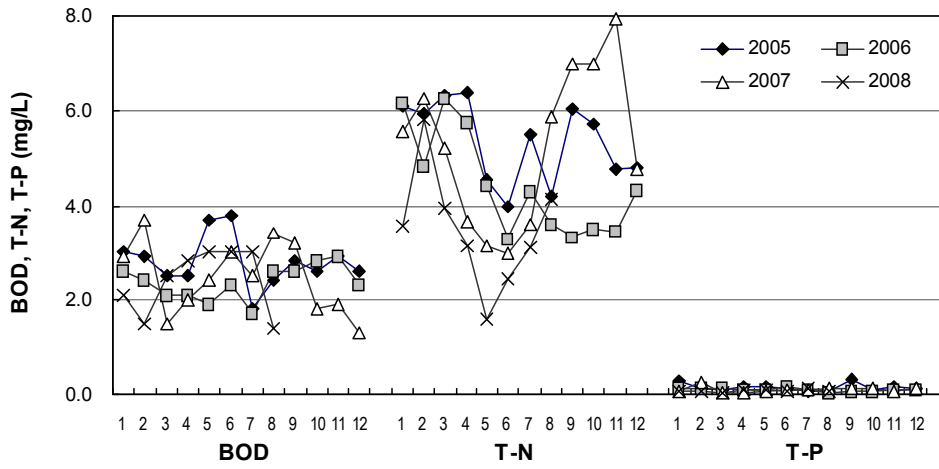
림 4-5> 갑천 중류 대덕대교 수질변화



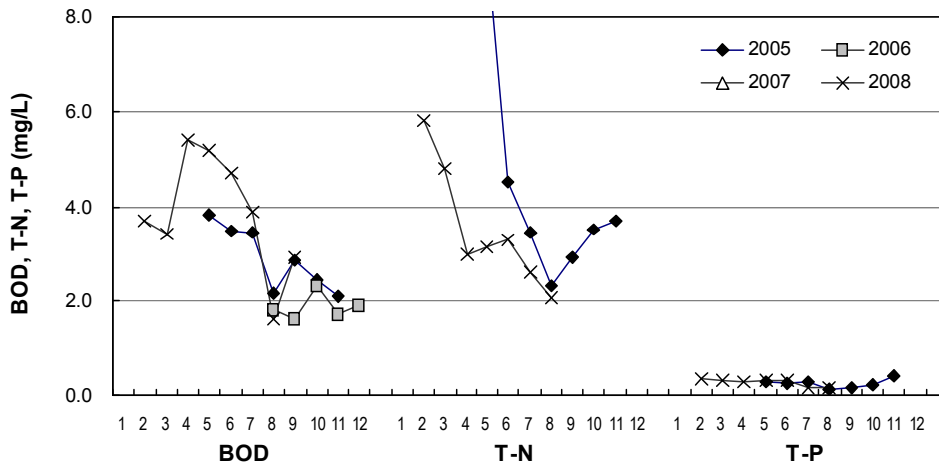
<그림 4-6> 유등천 상류 침산교 수질변화



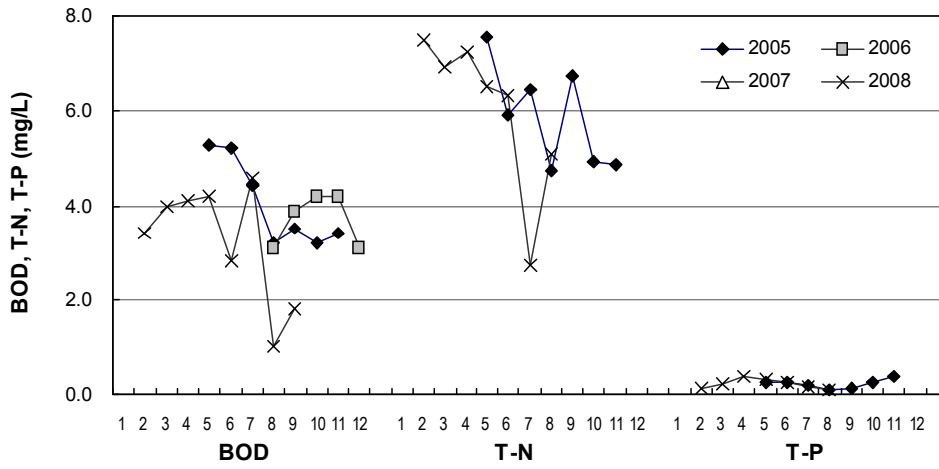
<그림 4-7> 유등천 하류 대화대교 수질변화



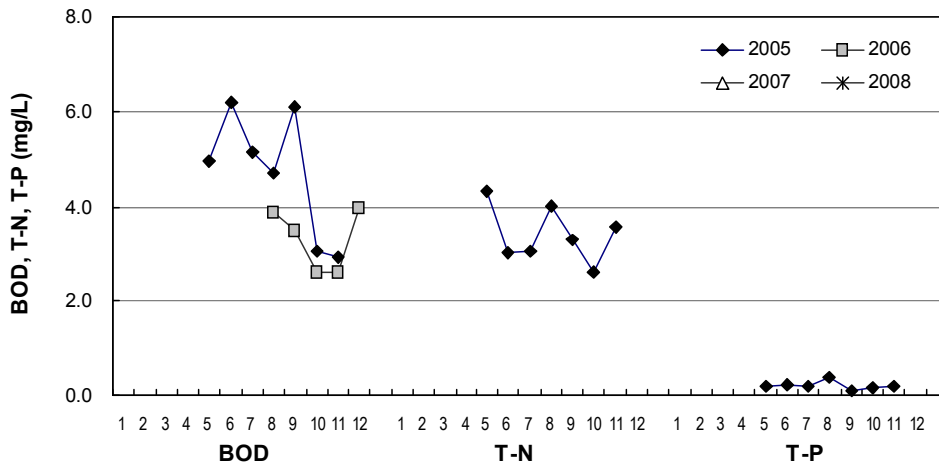
<그림 4-8> 대전천 하류 현암교 수질변화



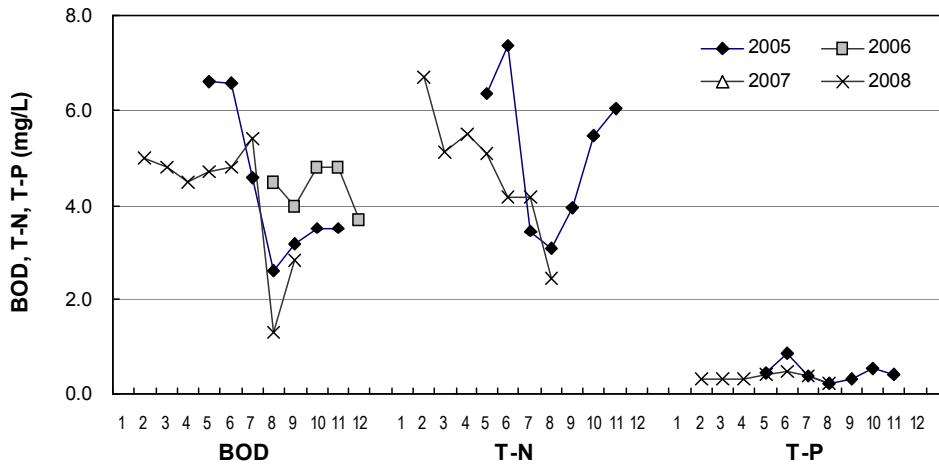
<그림 4-9> 두계천 말단부 수질변화



<그림 4-10> 진잠천 말단부 수질변화



<그림 4-11> 유성천 말단부 수질변화



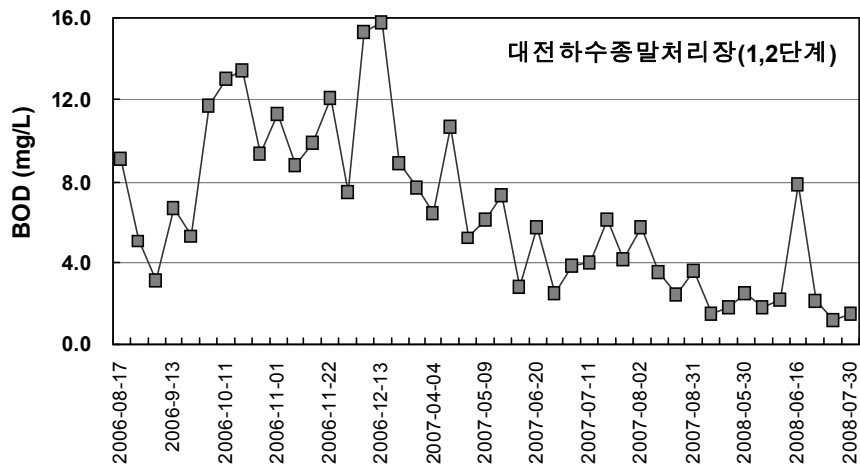
<그림 4-12> 탄동천 말단부 수질변화

(3) 환경기초시설

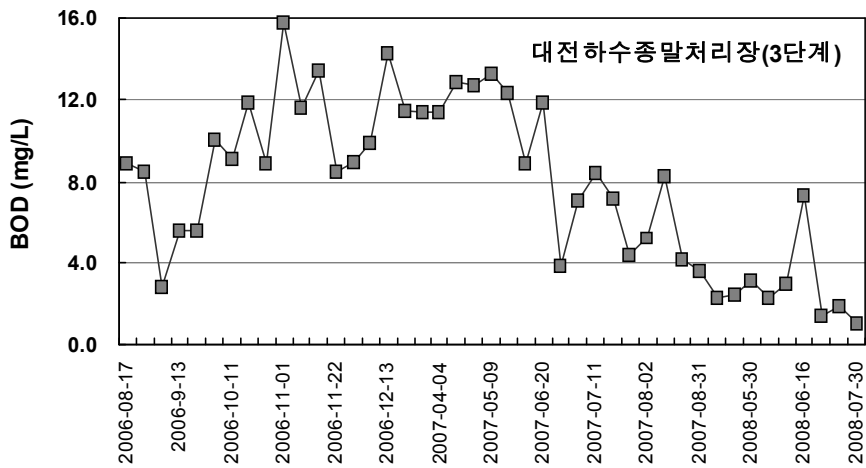
<그림 4-1>에 나타난바와 같이, 지천 이외에도 대전하수종말처리장 및 3.4폐수종말처리장과 같이 갑천에 직접 연결되는 오염배출시설이 존재한다. 특히 갑천 말단 유량의 약 80%를 차지하는 대전하수종말처리장 및 3.4폐수종말처리장은 갑천 하류의 수질을 결정하는데 특히 중요하다. 이에 <그림 4-13>~<그림 4-16>에 대전하수종말처리장 및 3.4폐수처리장의 2006년 8월~2008년 7월까지의 모니터링결과를 나타냈다.

<표 4-3> 대전시 환경기초시설 배출농도

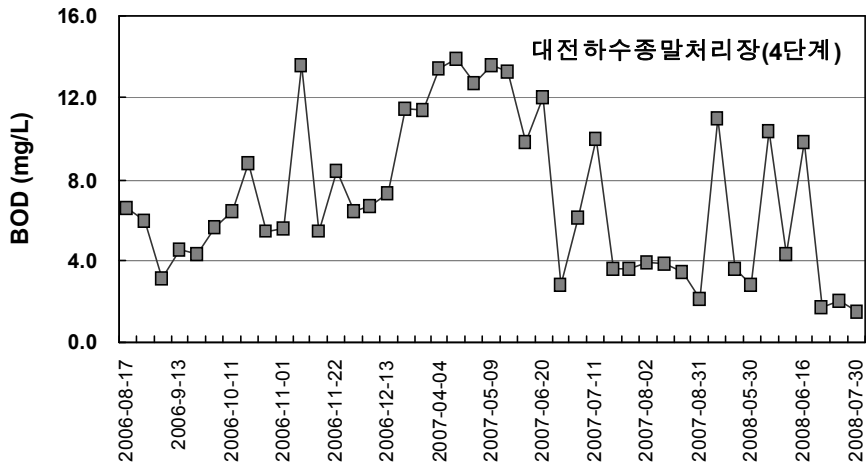
	BOD (mg/L)		
	최대	최소	평균
대전하수종말처리장(1,2단계)	15.8	1.2	6.4
대전하수종말처리장(3단계)	15.8	1.0	7.8
대전하수종말처리장(4단계)	13.9	1.5	7.0
3.4폐수종말처리장	6.5	1.1	2.9



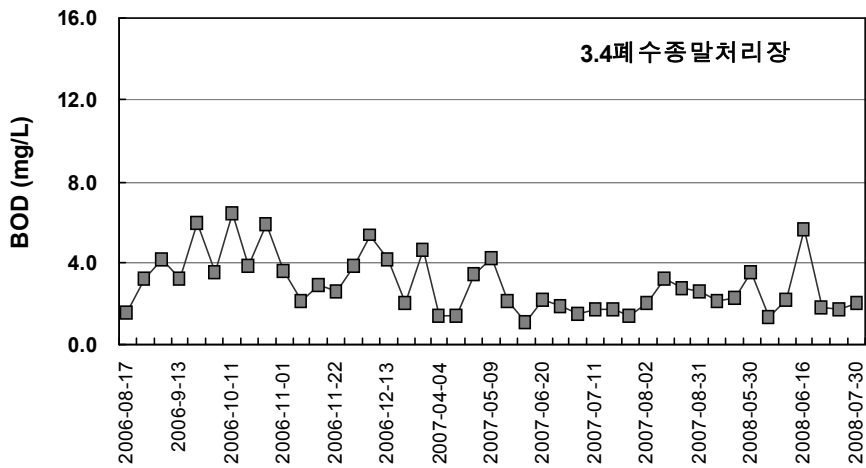
<그림 4-13> 대전하수종말처리장(1,2단계) 배출수질 변화



<그림 4-14> 대전하수종말처리장(3단계) 배출수질 변화



<그림 4-15> 대전하수종말처리장(4단계) 배출수질 변화



<그림 4-16> 3.4폐수종말처리장 배출수질 변화

2) 하천을 중심으로 한 유역별 배출부하량

(1) 소유역별 배출부하량

수질오염총량제에서는 대전광역시 행정구역 내 갑천유역을 세분화하여 31개의 소유역을 구축하였다. 갑천에 해당하는 총 유역면적은 524.7 km²이지만, 이 중 대전광역시에 해당하는 면적은 402.5 km²로 이에 대한 세부적인 내용은 다음의 <표 4-4>에 나타난 바와 같다.

또한, 본 연구에서는 대전광역시 갑천의 주요 지류로써 두계천, 진잠천, 유성천, 탄동천, 유등천 및 대전천을 구분하여 갑천 분류에 영향을 미치는 부하량의 정도를 파악하고자 하였다. 이 중 갑천A12, A13, A14 소유역에서 전체의 4.85, 2.77, 4.33%에 해당하는 BOD가 배출되었는데, 이는 갑천 중류 진잠천 및 유성천 유역에서 배출되는 오염원의 영향이었다. 갑천A21, A22 소유역은 중구 구도심의 합류식 지역에서 배출되는 오염원의 영향으로 4.19, 4.86%의 배출비율을 나타냈다. 대전천 인근에서는 갑천A23, A24 소유역에서 배출되는 구도심배출의 영향으로 8.65, 2.28%의 오염을 배출하였다.

갑천에 유입되는 지류의 오염기여율을 살펴보면, 하천보다 대전하수종말처리장 및 34폐수종말처리장의 비율 또한 크다는 것을 알 수 있다. 이에 갑천A34 및 갑천A37 소유역에서는 순수 지역배출부하량과 환경기초시설의 배출부하량을 분리하여 나타내었다. 이에 갑천에 유입되는 배출부하량 중 대전하수종말처리장에서는 9,522 kg/일을 배출하여 38.34%의 비율을 차지하였으며, 34폐수종말처리장에서는 233 kg/일을 배출하여 0.94%의 비율을 차지하였다.

〈표 4-4〉 소유역별 배출부하량 및 해당 하천

소유역명	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구 (인)	토지면적 (m ²)	해당하천
합 계	138,099	24,836	100.00	1,378,236	404,141,185	-
갑천A04	1,078	147	0.59	1,155	12,460,624	갑 천
갑천A07	1,278	271	1.09	9,850	15,437,787	두계천
갑천A08	765	104	0.42	819	8,838,779	두계천
갑천A09	1,202	247	0.99	9,026	13,809,791	갑 천
갑천A10	497	73	0.29	1,892	5,543,233	갑 천
갑천A11	1,513	206	0.83	1,620	17,483,839	갑 천
갑천A12	9,715	1,204	4.85	160,198	30,872,847	갑 천
갑천A13	4,688	687	2.77	27,506	30,286,054	진잠천
갑천A14	4,563	1,075	4.33	70,568	31,512,354	유성천
갑천A15	384	96	0.39	5,533	1,260,695	갑 천
갑천A16	1,456	79	0.32	12,099	913,983	갑 천
갑천A17	2,460	619	2.49	24,524	19,972,046	탄동천
갑천A18	305	109	0.44	2,813	2,633,150	갑 천
갑천A19	4,417	487	1.96	75,354	4,314,255	갑 천
갑천A20	2,019	321	1.29	23,581	31,106,979	유등천
갑천A21	9,518	1,040	4.19	163,017	20,051,397	유등천
갑천A22	13,615	1,206	4.86	191,675	12,158,267	유등천
갑천A23	16,681	2,148	8.65	236,458	72,928,274	대전천
갑천A24	6,935	567	2.28	78,835	10,851,292	대전천
갑천A25	1,296	189	0.76	27,913	3,249,023	대전천
갑천A26	480	104	0.42	10,953	1,617,399	대전천
갑천A28	387	108	0.43	18,274	571,671	유등천
갑천A29	3,040	395	1.59	51,572	4,513,327	유등천
갑천A30	509	51	0.21	7,572	416,967	대전천
갑천A31	4,618	436	1.76	5,950	1,637,125	유등천
갑천A32	1,527	256	1.03	38,514	2,227,862	유등천
갑천A33	16,292	1,379	5.55	64,961	14,922,146	갑 천
갑천A34	-	9,522	38.34	-	-	대전처리장
갑천A34	2,614	447	1.80	31,519	12,886,863	갑 천
갑천A36	965	218	0.88	10,401	9,275,547	갑 천
갑천A37	-	233	0.94	-	-	3.4처리장
갑천A37	22,773	757	3.05	4,995	3,431,130	갑 천
갑천A38	510	55	0.22	9,088	6,956,480	갑 천

(2) 하천중심 유역별 배출부하량 및 특성

위의 <표 4-4>에서 소유역을 해당 소하천으로 구분하였는데, 이를 각각의 하천유역별로 정리하여 다음의 <표 4-5>~<표 4-13>과 같이 나타내었다.

갑천은 5,504 kg/일을 배출하여 전체의 22.16%를 나타내었으며 주요 배출 소유역은 갑천A11, A12, A33, A34였다. 유등천에서는 3,762 kg/일을 배출하였으며, 이는 15.15%의 비율로 주요 배출 소유역은 갑천A20 및 A21이었다. 대전천은 3,059 kg/일을 배출하여 12.32%의 오염기여율을 나타냈으며, 이에 갑천, 유등천 및 대전천이 기여하는 오염배출율은 49.63%를 차지하였다.

두계천, 진잠천, 유성천, 탄동천이 차지하는 배출비율은 각각 1.51, 2.77, 4.33, 2.49%로 대전의 3대하천 기여율에 비해서는 낮은 수치를 보였다. 대전하수종말처리장 및 34폐수종말처리장의 오염기여 배출비율은 각각 38.34, 0.94%로 대전하수종말처리장의 갑천에의 수질에 미치는 기여도가 가장 큰 것으로 나타났다.

<표 4-5> 갑천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
갑 천	갑천A04	147	0.59	0.127	11.8	
	갑천A09	247	0.99	0.027	17.9	
	갑천A10	73	0.29	0.039	13.2	
	갑천A11	206	0.83	0.127	11.8	
	갑천A12	1,204	4.85	0.008	39.0	
	갑천A15	96	0.39	0.017	76.1	
	갑천A16	79	0.32	0.007	86.4	
	갑천A18	109	0.44	0.039	41.4	
	갑천A19	487	1.96	0.006	112.9	
	갑천A33	1,379	5.55	0.021	92.4	
	갑천A34	447	1.80	0.014	34.7	
	갑천A36	218	0.88	0.021	23.5	
	갑천A37	757	3.05	0.047	67.9	
	갑천A38	55	0.22	0.006	7.9	
계	5,504	22.16	평균 0.013	평균 36.4		

<표 4-6> 유등천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
유등천	갑천A20	321	1.29	0.014	10.3	
	갑천A21	1,040	4.19	0.006	51.9	
	갑천A22	1,206	4.86	0.006	99.2	
	갑천A28	108	0.43	0.006	188.9	
	갑천A29	395	1.59	0.008	87.5	
	갑천A31	436	1.76	0.073	266.3	
	갑천A32	256	1.03	0.007	114.9	
	계	3,762	15.15	평균 0.008	평균 52.1	

<표 4-7> 대전천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
대전천	갑천A23	2,148	8.65	0.009	29.5	
	갑천A24	567	2.28	0.007	52.3	
	갑천A25	189	0.76	0.007	58.2	
	갑천A26	104	0.42	0.009	64.3	
	갑천A30	51	0.21	0.007	122.3	
		계	3,059	12.32	평균 0.008	평균 34.3

<표 4-8> 두계천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
두계천	갑천A07	271	1.09	0.028	17.6	
	갑천A08	104	0.42	0.127	11.8	
		계	375	1.51	평균 0.035	평균 15.4

<표 4-9> 진잠천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
진잠천	갑천A13	687	2.77	평균 0.025	평균 22.7	

<표 4-10> 유성천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
유성천	갑천A14	1,075	4.33	평균 0.015	평균 34.1	

<표 4-11> 탄동천 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
탄동천	갑천A17	619	2.49	평균 0.025	평균 31.0	

<표 4-12> 대전하수종말처리장 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
대전하수 종말처리장	갑천A	9,522	38.34	-	-	

<표 4-13> 3·4폐수종말처리장 배출부하량 특성

하천명	소유역명	배출부하량 (kg/일)	배출부하량 비율 (%)	인구원단위 (kg/인)	면적원단위 (kg/km ²)	비 고
3·4폐수 종말처리장	갑천A	233	0.94	-	-	

제2절 수질모델링 구축

1. QUALKO 모델링 모식도

갑천 수계의 수질모델 적용을 위한 소구간 구분은 측정 자료가 비교적 충분한 지점 및 주요 지류 합류 지점 등을 기준으로 우선적으로 구분하였으며, HEC-RAS 하천 수리 모의 결과 수리 또는 지형 특성 등이 유사한 구간을 고려하여 구분하였다. 갑천의 경우 두계천 합류 전 지점부터 금강합류 전 지점까지의 34 km 구간에 대하여 총 6개의 소구간으로 구분하여 모델을 <표 4-14>와 같이 구성하였다. 갑천의 주요 지류인 유등천에 대해서는 별도의 소구간으로 구분하여 수질 모델을 구성하였으며, 각 소구간은 1 km 등간격의 계산요소(Element)로 구분하여 수질 모델을 구성하였다.

<표 4-14> 수질모델 적용 하천 및 구간 구분

하 천 명	적용 구간	구간 거리 (km)	Reach 구분
갑 천	두계천 합류 ~ 금강 합류	34	6
유등천	충남과 대전 경계 ~ 갑천 합류	16	4

갑천의 지류 중 유등천을 제외하고 실측자료가 있는 4개의 지류(두계천, 탄동천, 유성천, 대전천)를 점 오염원으로 고려하였으며, 탄동천은 대전보건환경연구원의 실측자료를 사용하였다. 갑천 수계내에 위치한 대전하수종말처리장과 3·4공단폐수종말처리장은 점오염원의 형태로 유입되는 것으로 고려하였다. 각 지류에 포함되지 않는 소유역별 유량은 Incremental flow의 형태로 유입되는 것으로 가정하여 모의하였으며, 이때 유입 유량 및 수질 농도의 실측이 불가능하므로 기준유량의 산정방법과 동일한 방법으로 소유역의 유역면적에 비례하여 유량을 산정하였으며, 인근 유역의 유달율을 적용하여 유입 농도를 산정하였다. <그림 4-17> 은 유등천과 갑천의 수질 모델 구성을 위한 모식도를 나타내고 있다.



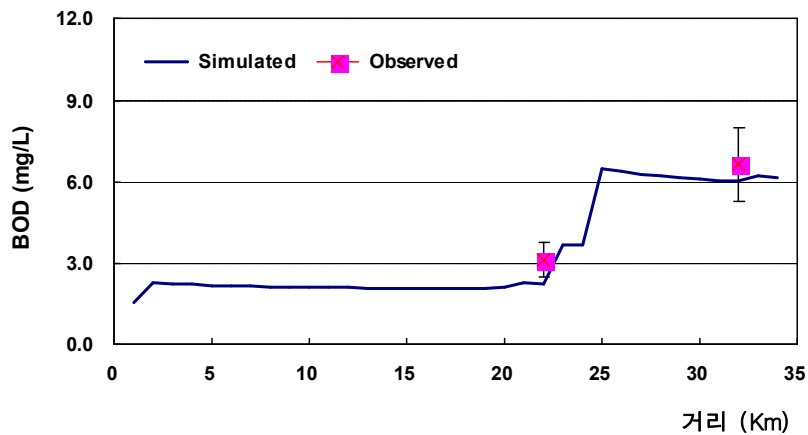
<그림 4-17> QUALKO 모델의 모식도

2. 모델의 보정 및 검증

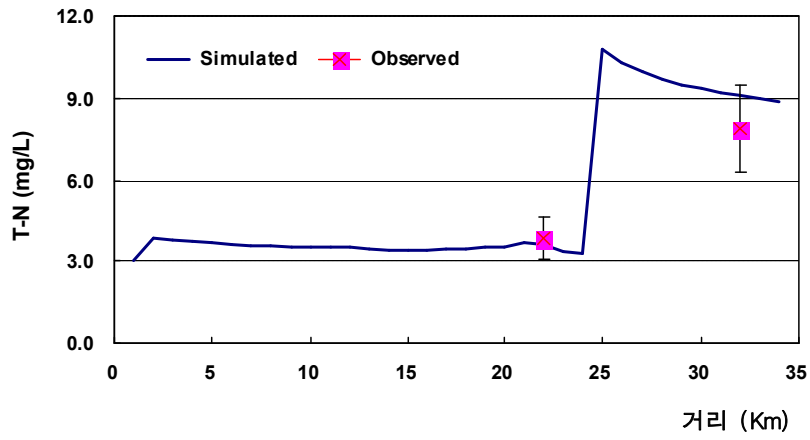
1) BOD, N, P의 보정

수질모델 보정은 2004년에 모니터링 된 1주일 간격으로 30회 측정된 자료 중 2월의 측정 자료를 평균하여 이용하였다. BOD, TN, TP 세 가지 수질 항목을 대상으로 모델을 보정하고 <그림 4-18>~<그림 4-20> 에 그 결과를 나타내었다.

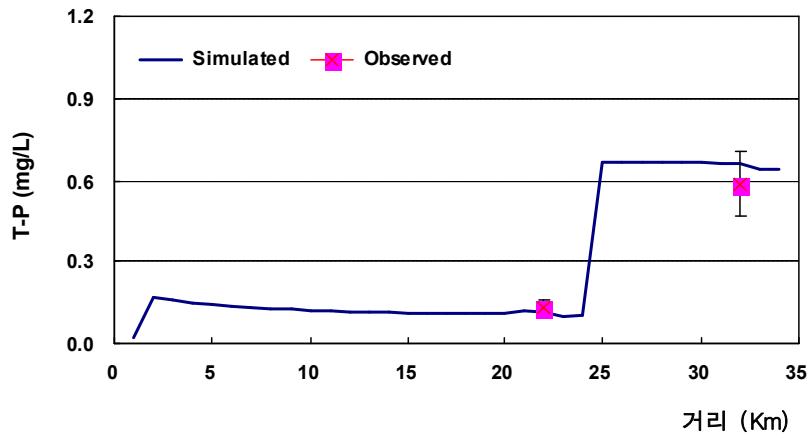
또한, QUALKO 모델을 위한 계수는 부록으로 제시하는 입력 데이터(gap01.dat)에 EPA가 제시하는 적용범위 안에서 적용하였다.



<그림 4-18> QUALKO 모델의 BOD 보정



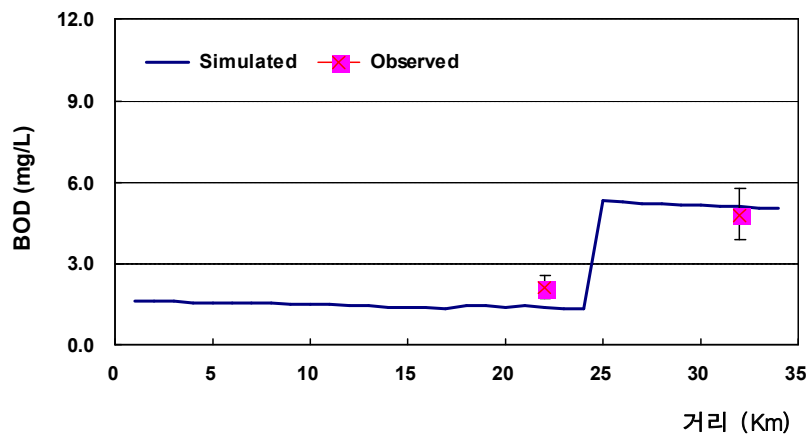
<그림 4-19> QUALKO 모델의 T-N 보정



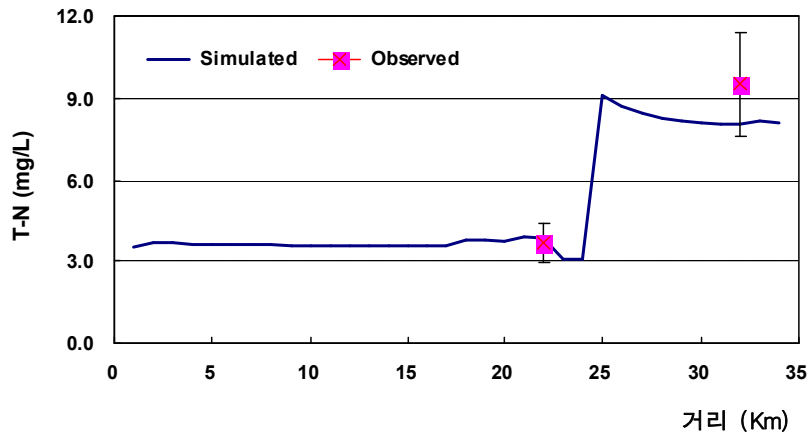
<그림 4-20> QUALKO 모델의 T-P 보정

2) BOD, N, P의 검증

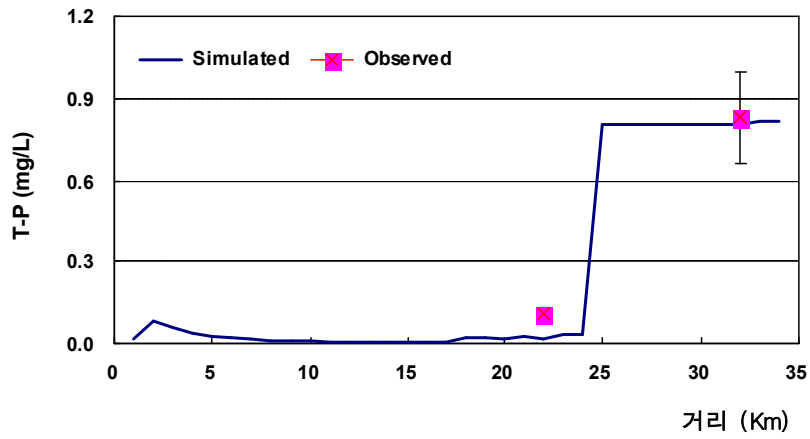
모델의 검증을 위하여 2008년에 모니터링 된 5~10월의 측정 자료중 6월의 자료를 이용하였다. 보정에 사용된 매개변수들을 그대로 적용하였으며, 이에 따른 검증결과를 <그림 4-21>~<그림 4-23>에 나타내었다.



<그림 4-21> QUALKO 모델의 BOD 검증



<그림 4-22> QUALKO 모델의 T-N 검증



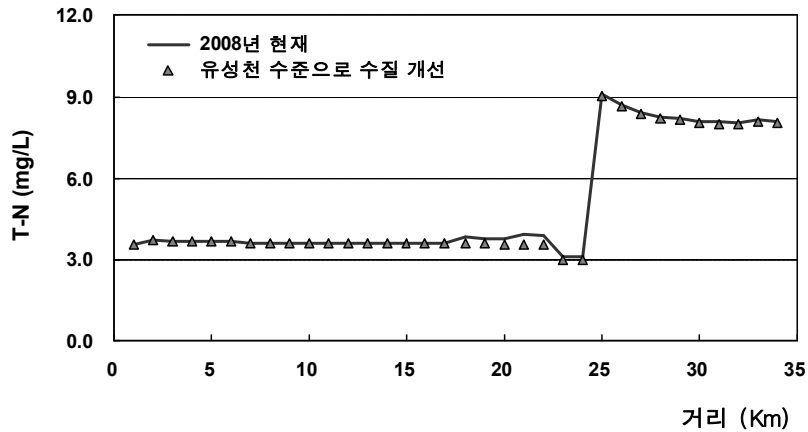
<그림 4-23> QUALKO 모델의 T-P 검증

제3절 질소와 인 저감을 위한 대전시 관리방안

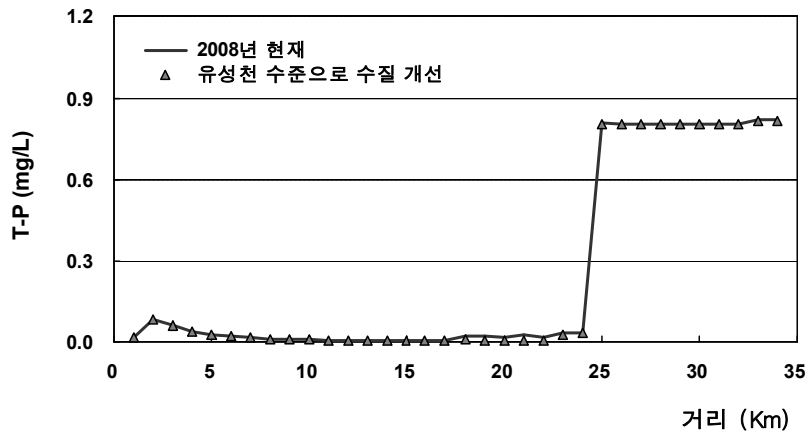
1. 하천수질 개선(유성천 수준)에 의한 갑천 수질 변화

현재 유성천의 수질은 <표 4-2> 및 <그림 4-11>에 나타난 바와 같이 BOD 2.6~6.2(평균 4.1) mg/L, T-N 2.6~3.3(평균 3.4) mg/L 그리고 T-P 0.09~0.38(평균 0.20) mg/L의 분포를 나타내 대전시 지류 중에서 중간 정도의 수질을 보이고 있다. 이에 유성천보다 오염도가 높은 탄동천 및 유등천의 수질을 유성천과 같은 수준으로 유지할 경우 갑천의 T-N, T-P 및 BOD 수질변화를 다음의 <그림 4-24>~<그림 4-26>에 나타내었다.

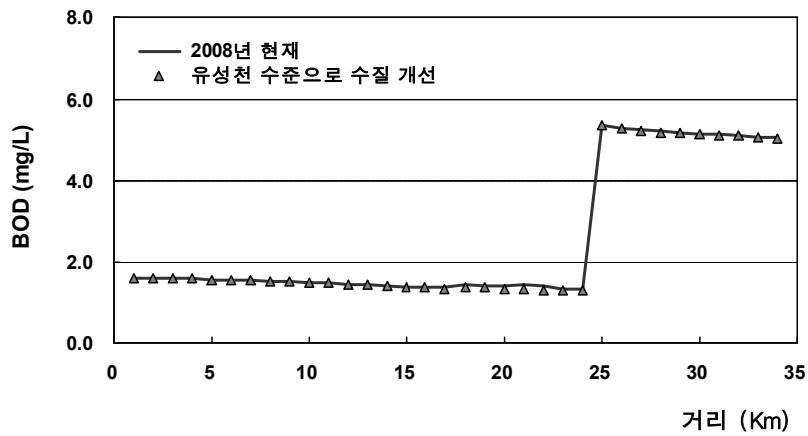
갑천이 유등천과 합류되기 전인 19 km 지점에서 하천수질개선 전후의 농도차를 비교하면, T-N 0.213 mg/L, T-P 0.012 mg/L, BOD 0.067 mg/L가 감소하는 경향을 보였다. 또한 대전하수종말처리장 방류구가 있는 25 km 지점에서는 T-N 0.060 mg/L, T-P 0.002 mg/L, BOD 0.016 mg/L의 갑천수질 저감효과가 있었다.



<그림 4-24> 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 T-N 수질 변화



<그림 4-25> 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 T-P 수질 변화

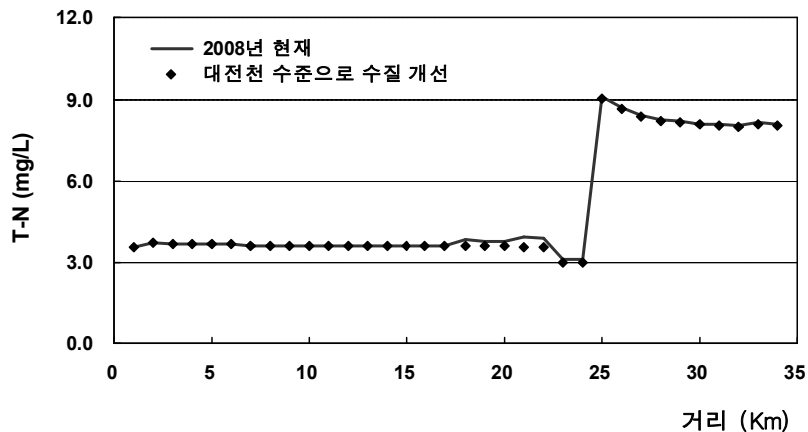


<그림 4-26> 하천수질개선(유성천 수준)에 의한 갑천의 BOD 수질 변화

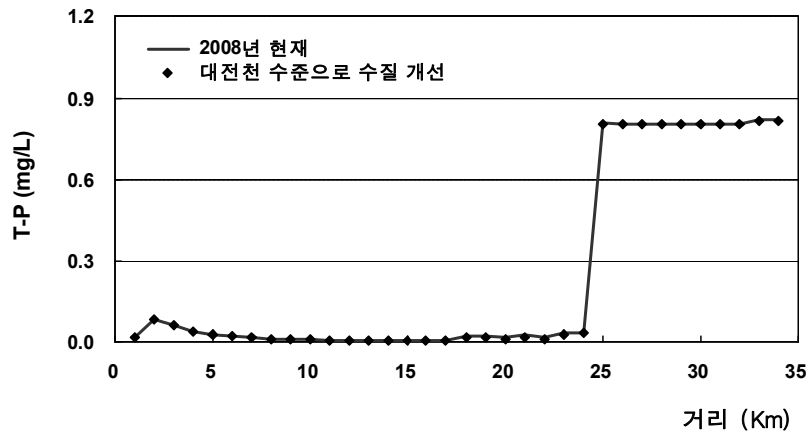
2. 하천수질 개선(대전천 수준)에 의한 갑천 수질 변화

대전천의 근래 수질은 <표 4-2> 및 <그림 4-8>에 나타난 바와 같이 BOD 1.3~3.7 (평균 2.5) mg/L, T-N 1.0~7.9(평균 4.7) mg/L 그리고 T-P 0.02~0.32(평균 0.11) mg/L 의 분포를 나타내 대전시 상류를 제외한 지류 중에서 양호한 수질을 보이고 있다. 이에 대전천보다 오염도가 높은 두계천, 유성천, 탄동천 및 유등천의 수질을 대전천과 같은 수준으로 유지할 경우 갑천의 T-N, T-P 및 BOD 수질변화를 다음의 <그림 4-27>~<그림 4-29>에 나타내었다.

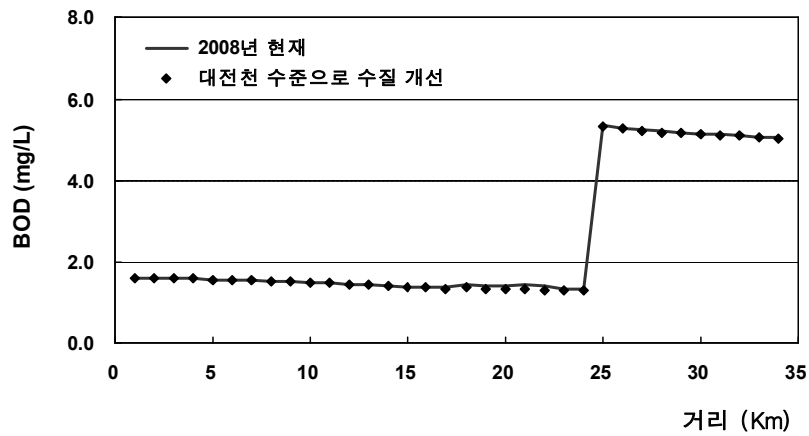
수질모델링에 의하여 모의된 2008년 현재수질과 하천수질개선 후의 농도차는 유등천과 합류 전인 19 km 지점에서 , T-N 0.211 mg/L, T-P 0.006 mg/L, BOD 0.074 mg/L가 감소하였으며, 대전하수종말처리장 방류구가 있는 25 km 지점에서는 T-N 0.054 mg/L, T-P 0.001 mg/L, BOD 0.018 mg/L의 갑천수질 저감효과가 있었다.



<그림 4-27> 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 T-N 수질 변화



<그림 4-28> 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 T-P 수질 변화

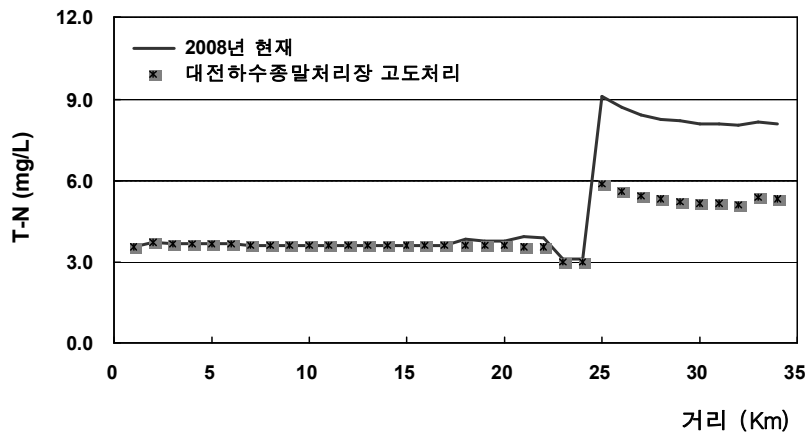


<그림 4-29> 하천수질개선(대전천 수준)에 의한 갑천의 BOD 수질 변화

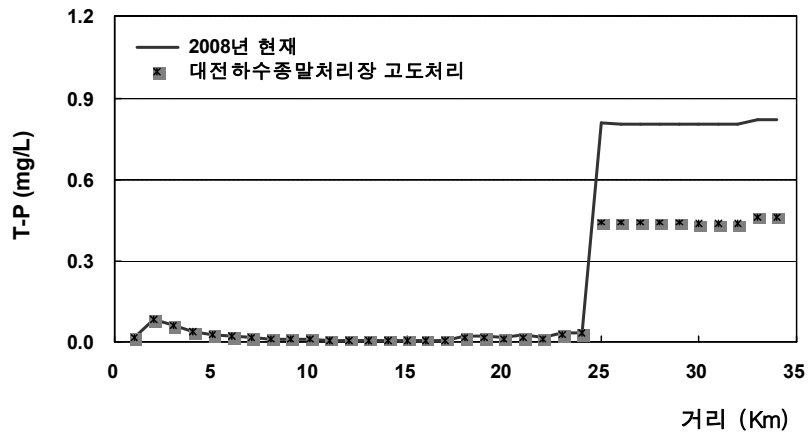
3. 대전하수종말처리장 고도처리 적용

대전하수종말처리장은 1/2단계, 3단계 및 4단계로 처리방식이 구분되어 있으며, 이중 1/2단계는 BNR 방식의 고도처리가 2006년부터 안정화되어 진행 중이다. 또한, 3단계 Bio-SAC 고도처리 시설은 2008년에 완료되었지만 아직 처리정도가 높지 않은 상황이다. 이에 1/2단계 하수종말처리장의 T-N 농도는 3.4~10.1(평균 8.1) mg/L, 3단계는 10.7~13.9(평균 11.8) mg/L, 그리고 고도처리가 적용되지 않은 4단계는 12.2~17.8(평균 14.5 mg/L)의 배출수질을 보이고 있다. 이에 본 단계에서는 수질모형을 검증한 2008년 6월10일의 1/2단계 방류구 배출수질인 Org-N 2.375 mg/L, NH₄⁺-N 4.977 mg/L, NO₃⁻-N 2.060 mg/L, Org-P 0.735 mg/L 그리고 PO₄⁺-P 0.027 mg/L이 3단계 및 4단계 방류구에도 적용된다는 원칙으로 갑천의 수질을 예측하였다. 각 지천의 수질은 대전천을 기준으로 하였으며, 그 결과를 <그림 4-30>~<그림 4-32>에 나타내었다.

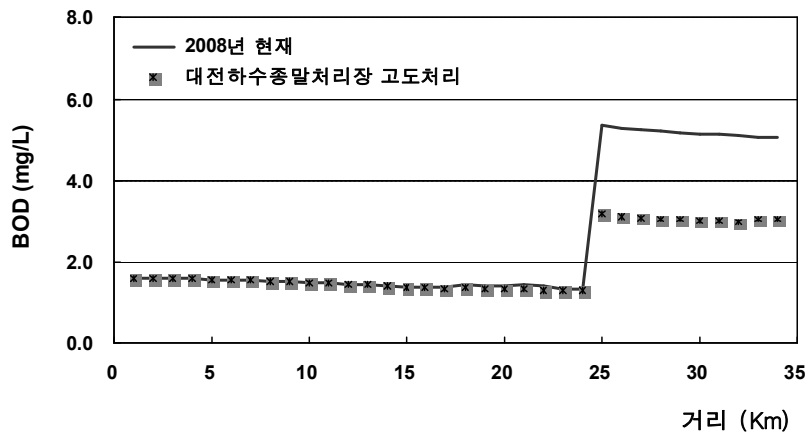
고도처리에 대한 갑천수질은 대전하수종말처리장의 위치한 25 km 지점까지는 큰 차이가 없어서 갑천 19 km 지점에서는 T-N 0.211 mg/L, T-P 0.006 mg/L, BOD 0.074 mg/L의 감소 효과가, 대전하수종말처리장 방류구가 있는 25 km 지점에서는 T-N 3.167 mg/L, T-P 0.369 mg/L, BOD 2.182 mg/L의 갑천수질 저감효과가 있었다.



<그림 4-30> 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 T-N 수질 변화



<그림 4-31> 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 T-P 수질 변화



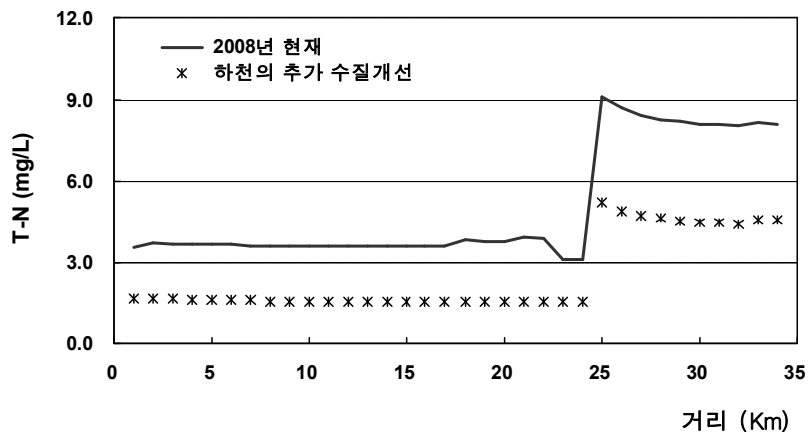
<그림 4-32> 대전하수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 BOD 수질 변화

4. 갑천합류 지천의 추가적인 수질정화

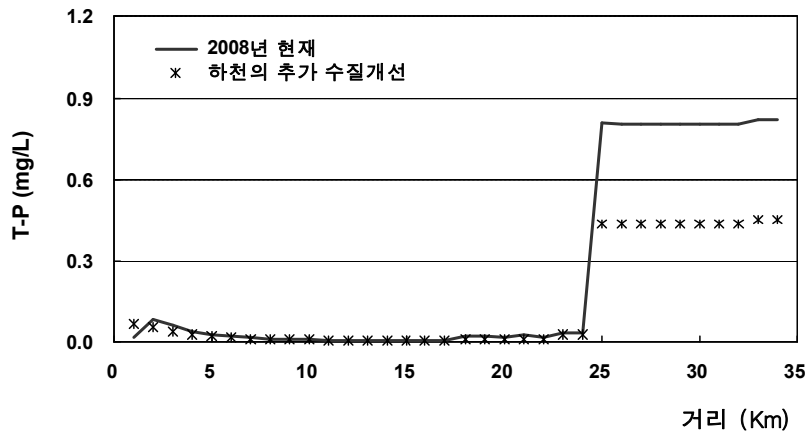
대전하수종말처리장의 고도처리는 갑천 하류의 T-N, T-P 및 BOD의 수질저감에도 영향을 주었지만, 갑천 상류 및 중류의 수질을 개선하는데 있어서는 지리적 제한이 있었다. 이에 갑천의 전반적인 수질 개선을 위해서는 갑천 최상류인 벌곡천을 비롯해 두계천, 진잠천, 유성천, 탄동천, 유등천, 대동천, 대전천 모두의 수질이 현재 유지되는 수질 이상으로 개선되어야 할 여지가 있다.

이에 <그림 4-33>~<그림 4-35>에서와 같이 대전시 갑천 중상류에서 생태하천을 조성하기 위한 목표수질인 T-N 1.5 mg/L, T-P 0.1 mg/L를 준수하기 위한 수질모델링의 시행착오를 거쳤다. 이에 모든 하천의 수질은 Org-N 0.200 mg/L, NH₄⁺-N 0.500 mg/L, NO₃⁻-N 1.000 mg/L, Org-P 0.100 mg/L 그리고 PO₄⁺-P 0.005 mg/L가 요구되었다.

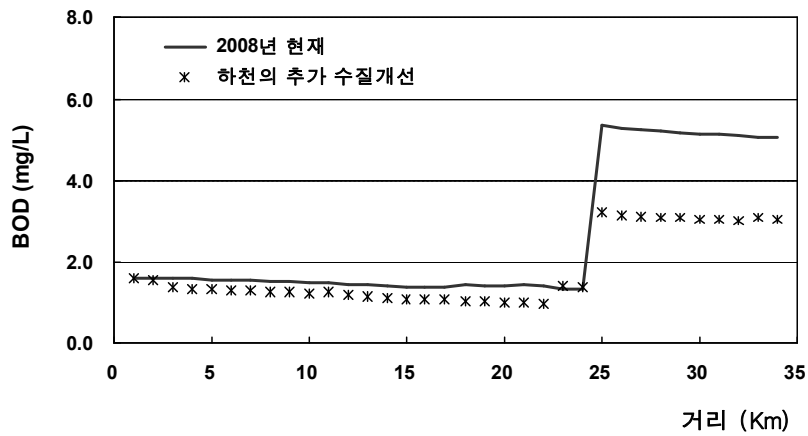
또한, 이런 추가적인 수질정화가 도입됨에 따라 갑천 19 km 지점에서는 T-N 2.237 mg/L, T-P 0.008 mg/L, BOD 0.383 mg/L의 감소 효과가, 대전하수종말처리장 방류구가 있는 25 km 지점에서는 T-N 3.875 mg/L, T-P 0.370 mg/L, BOD 2.140 mg/L의 갑천수질 저감효과가 있었다.



<그림 4-33> 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 T-N 수질 변화



<그림 4-34> 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 T-P 수질 변화



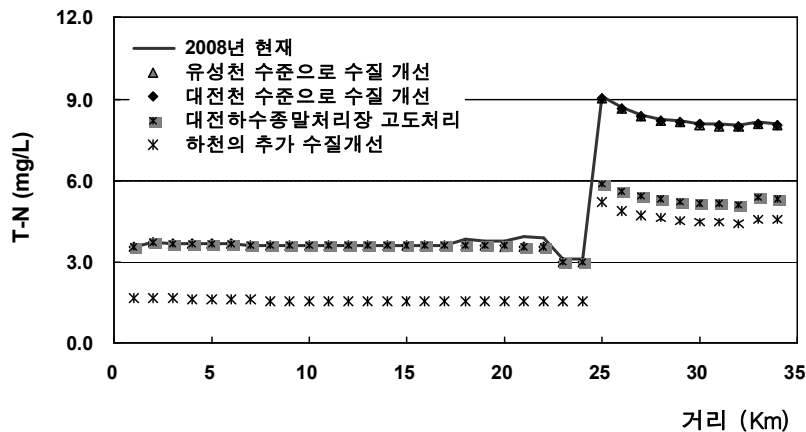
<그림 4-35> 하천의 추가 수질개선에 의한 갑천 BOD 수질 변화

5. 갑천 수질 개선효과 종합

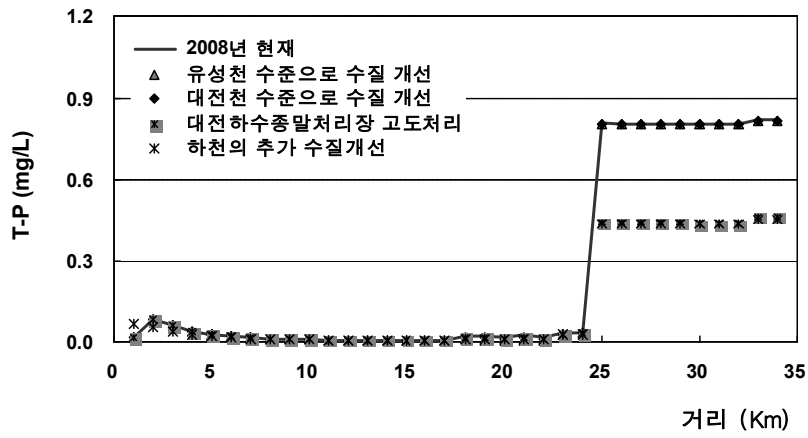
앞의 내용을 종합하여 <그림 4-36>~<그림 4-38>에 하천 및 하폐수종말처리장 고도처리에 의한 갑천의 수질변화를 나타냈다.

현재의 유성천, 대전천은 두계천, 유등천, 탄동천 등과 크지 않은 수질차이를 나타내 갑천의 수질을 향상시키기에는 어려움이 있었다(유성천 수준으로 수질개선, 대전천 수준으로 수질개선). 이에 대전하수종말처리장의 영양염류 농도를 저감할 수 있는 방안(대전하수종말처리장 고도처리)을 구축한 결과 갑천 하류에서는 30% 이상의 수질감소 효과가 나타났으나 갑천 중상류의 수질개선을 유도하지 못하였다. 이에 갑천 중상류의 수질을 T-N 1.5 mg/L, T-P 0.1 mg/L 수준으로 개선하기 위해서는 갑천 지류 전체의 수질이 Org-N 0.200 mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 0.500 mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 1.000 mg/L, Org-P 0.100 mg/L 그리고 $\text{PO}_4^{+}\text{-P}$ 0.005 mg/L가 되어야 함을 모의할 수 있었다.

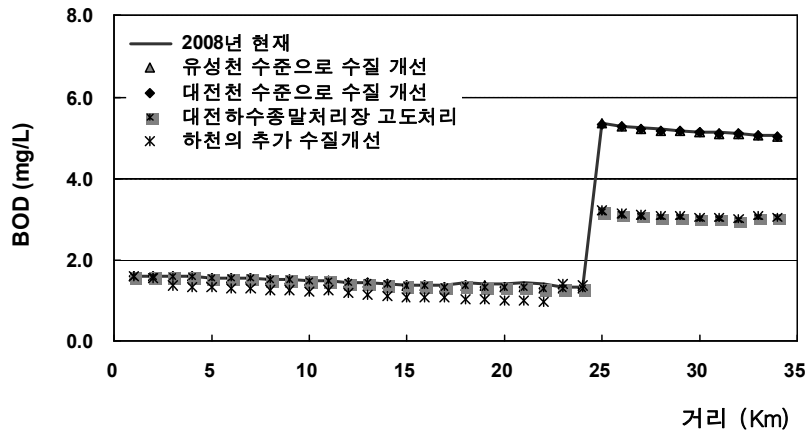
또한 질소와 인의 저감에 의해서도 BOD가 저감되었는데, 갑천 말단지점(34 km)의 2008년 5.052 mg/L이 유성천 수준의 수질개선시 5.037 mg/L, 대전천 수준의 수질개선시 5.035 mg/L, 대전하수종말처리장의 고도처리시 2.017 mg/L, 그리고 하천의 추가 수질개선시 1.991 mg/L까지 갑천 수질이 개선되는 경향을 볼 수 있었다.



<그림 4-36> 삭감방안 종합에 의한 갑천 T-N 수질 변화



<그림 4-37> 삭감방안 종합에 의한 갑천 T-P 수질 변화



<그림 4-38> 삭감방안 종합에 의한 갑천 BOD 수질 변화

6. 하천수질개선을 위한 오염물질 저감방안

갑천을 비롯한 대전시 하천의 수질관리를 위하여 QUALKO 수질모델링을 통한 수질개선효과를 앞에 기술한 바와 같이 살펴보았다. 이에 이러한 삭감을 시행할 수 있는 현재 진행 중인 혹은 계획 중인 방안²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾들에 대하여 그 필요성, 기대효과 및 바람직한 진행방향을 제안하고자 한다.

1) 하수처리장 시설개선 사업

(1) 하수처리장 고도처리

가. 목적 및 필요성

- 사회여건변화, 각종 수질제도의 변화, 오폐수 발생원의 여건 변동 및 환경기초 시설과의 연계처리로 유입수질이 높아지고 있음
- 방류수역이 금강수계의 특정지역으로 2004년 1월 1일부터 하수도법 시행규칙 개정의 방류수 수질기준을 적용받음
- 갑천 유역의 높은 질소 및 인 농도로 보에 의한 정체수역에서 부영양화 현상이 발생되고 있음

나. 기대효과

- 질소 및 인의 제거효율이 높은 고도처리시설로의 개량을 수행하여 시민생활 환경개선 및 자연 생태계를 보전하고 방류수질 및 갑천수질을 개선할 수 있음
- 영양염류 저감에 따른 BOD의 추가 저감효과를 기대할 수 있음

22) 대전광역시 하수도정비 기본계획, 대전광역시, 2007

23) 대전광역시 환경보전 중가종합계획, 대전광역시, 2007

24) 대전광역시 수질오염총량관리제 시행계획, 대전광역시, 2006

25) 대전광역시 하수관거정비 BTL사업 기본계획, 2006

다. 현재 진행상황 및 제안

- 공사기간 2005년 2월 ~ 2008년 3월까지 1/2단계 및 3단계 고도처리시설 완료
- 추후 3단계 유출 질소 및 인의 농도 저감과 4단계 고도처리시설의 진행이 필수적임

(2) 하수처리장 3차처리

가. 목적 및 필요성

- 고도처리도입 및 시설개선으로 법적 방류수질 BOD 10.0 mg/L를 달성 가능하지만, 대전광역시 금강 오염총량관리시행계획상에 대전하수종말처리장에 3차처리시설을 설치하여 방류수질을 BOD 6.0 mg/L로 개선하여야 함
- 특히 대전하수종말처리장의 경우 갑천 수질에 미치는 영향이 막대하므로 갑천 목표수질 BOD 5.9 mg/L 달성을 위해 3차처리시설 추가설치가 시급함

나. 기대효과

- BOD의 저감으로 갑천 T-N 및 T-P에 간접적으로 주는 영향 감소

다. 현재 진행상황 및 제안

- 시설개선(3차처리)사업의 기본계획 업체 선정중
- 안정적인 배출수질을 얻을 수 있는 공법의 선택이 필요

(3) 마을하수도 사업

가. 목적 및 필요성

- 합리적인 건설비와 유지관리비로 농촌마을의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전하여 쾌적한 하천환경을 조성할 수 있음

- 마을하수도는 도시밀집 주거지역의 하수도시설이 가지는 기본기능에 마을이 주로 농촌에 위치하고 있는 특수한 상황에 적합한 보조기능을 갖게 됨. 또한 단독정화 및 오수처리시 제거효율이 좋지 않아 지방하천의 수질을 악화시킬 수 있으므로 마을하수도의 필요성이 큼

나. 기대효과

- 단독정화, 오수처리 및 수거처리에 의한 저효율의 오폐수처리를 고효율의 처리 방법으로 대체함으로써, 소하천의 오염부하량 저감

다. 현재 진행상황 및 제안

- 2015년까지 5개소의 마을하수도 사업이 계획되어 있음
- 가축분뇨와 연계처리할 수 있는 방안을 마련함으로써, 생활계 및 축산계 오염 배출을 모두 삭감할 수 있는 방안이 필요

2) 하천의 수질개선사업

(1) 소하천의 수질개선

가. 목적 및 필요성

- 갑천라버보 직상류의 유입지천인 탄동천은 라버보에 인접하여 수질오염 기여도가 크며, 연구단지 등 공공시설의 비점 오염원에 의해 오염부하가 배출
- 탄동천의 불용보에 다량의 유기물이 퇴적되어 있어 수질오염을 가중시키는 원인이 되고 있어 라버보 구간의 수질개선을 위한 정화시설이 요구됨
- 진잠천의 일부구역은 도시개발 사업계획의 미집행으로 하수관거 정비 등 분류식 하수관거 설치사업이 미진하여 수질이 불량한 상태임

- 또한 대전하수종말처리장 직하류 탐립돌보 구간은 하수처리장 방류수의 장기 정체로 유기퇴적물이 다량 침전되어 있어 저부의 혐기화로 악취가 발생하며 물고기 폐사의 원인이 될 수 있어 준설 등 수질개선 사업이 요구됨

나. 기대효과

- 비점오염원 배출부하량 대폭 삭감에 의한 갑천에의 오염부담 감소
- 하천 내 축적 오염물질의 삭감에 의한 지천의 수질 개선
- 하천 내 통과 하천수의 정화에 의한 수질 개선
- 갑천에 유입되는 소하천의 수질개선에 의한 갑천의 수질관리 용이

다. 삭감방안의 제안

- 수질개선사업에는 다음의 것들이 있을 수 있음
: 불용보 철거사업, 하천퇴적물 준설사업, 역간점축정화시설 설치, 연구단지 비점오염원 처리사업
- 소하천의 하천정비시 생태복원과 더불어 목표로한 생태환경을 구축할 수 있는 수질환경을 조성하여야 함

(2) 하상여과수 조성사업

가. 목적 및 필요성

- BOD 및 영양염류(N, P)의 추가 저감으로 수질오염총량제 및 생태하천 복원에 대응하여야 함
- 갑천의 지류가 아닌 본류에서의 자정능력에 한계가 있으므로 하상여과와 같은 방법으로 오염물질을 정화할 필요가 있음

나. 기대효과

- 방류하천 등 수자원 이용률의 향상

- 갑천분류 하천수를 하상여과 후 갑천으로 방류하여 갑천 수질개선
- 수영용수로 공급할 수 있을 정도의 안정성 및 안전성 확보 가능

다. 적용방안의 제안

- 하천 모니터링 결과를 종합하여 효과가 우수한 지점을 선택

<표 4-15> 하상여과에 의한 수질기준(수영용수)

구분	수질환경기준 (수영용수)	갑천 하천수질	하상여과수질	처리효율	비 고
BOD	3 이하	2.3	0.46	80%	
SS	25 이하	6.2	0.19	97%	
T-N	-	3.1	1.61	48%	
T-P	-	0.1	0.03	68%	
대장균군수	1000 이하	6,388	64	99%	

3) 비점오염원 저감사업

(1) 저류습지에 의한 비점오염원 처리

가. 목적 및 필요성

- 대전의 갑천은 계룡시의 하수유입 이후 급격히 수질이 악화되는 경향을 보이며, 갑천 상류의 충남축은 대부분 농경지로서 농약과 비료사용에 의한 비점오염원(질소, 인)이 주류를 이루고 있음
- 상류의 기성동에 흑석하수처리장이 운영되고 있으나 비점처리에는 효과적이지 못해 갑천 상류부터 3급수에 가까운 수질을 나타내고 있음
- 이에 갑천 중상류지역의 수질개선을 위해서 비점오염원에 처리가 불가피함

나. 기대효과

- 6개소의 습지를 조성하여 하천수 및 공단 방류수 등을 정화할 경우 BOD 59.7 kg/일, T-N 160.94 kg/일, T-P 7.72 kg/일의 정화가 될 것으로 산정됨

<표 4-16> 습지조성에 의한 오염물질 저감가능량 분석

	습지유입유량 (m ³ /일)	습지 자원			항목	유입 농도 (mg/L)	유출 농도 (mg/L)	제거 효율 (%)	유입 부하량 (kg/일)	유출 부하량 (kg/일)	일일 삭감량 (kg/일)
		면적 (ha)	수심 (m)	체류 시간 (hr)							
두계천 합류전	19,276	0.6612	0.4	3.3	BOD	3.6	3.4	4.0	68.4	65.7	2.8
					T-N	5.0	4.6	7.7	96.4	89.0	7.4
					T-P	0.3	0.3	6.9	5.4	5.0	0.4
노은동 유수지	1,728	0.110	1.5	25.20	BOD	5.5	3.8	31.0	9.5	6.5	2.9
					T-N	7.5	5.3	29.0	13.0	9.1	3.8
					T-P	1.0	0.3	30.0	1.7	0.5	1.2
죽동 신개발지	576	0.04	1.5	23.04	BOD	5.0	3.5	30.0	2.9	2.0	0.9
					T-N	6.5	4.6	29.0	3.7	2.6	1.1
					T-P	0.8	0.5	37.0	0.5	0.3	0.2
가수원교 ~만년교	53,280	9.9174	0.2	8.9	BOD	2.4	2.2	8.2	127.9	117.4	10.5
					T-N	3.8	2.5	33.5	202.9	134.9	68.1
					T-P	0.1	0.1	20.5	5.2	4.1	1.1
유등천 합류직후	50,000	0.6612	1	3.2	BOD	3.8	3.7	1.7	190.0	186.7	3.3
					T-N	4.2	4.1	3.0	209.0	202.8	6.2
					T-P	0.1	0.1	2.0	5.6	5.5	0.1
테크노 밸리 앞	266,667	3.3058	1	3.0	BOD	6.5	6.4	2.3	1,733.3	1,694.0	39.3
					T-N	10.0	9.7	3.0	2,654.9	25,75.7	79.3
					T-P	0.8	0.8	2.9	213.6	207.4	6.2

자료 : 대전광역시 환경보전 중가종합계획, 대전광역시, 2007

(2) 강우초기 월류수 및 불명수 정비사업

가. 목적 및 필요성

- 합류식 차집관거는 강수시 발생한 우수가 관거에 유입되어 일정량 이상의 혼

합하수를 하천 등의 공공수역에 배출시키고 있음

- 이에 대전하수종말처리장 구역내 합류식 지역 중 유성천, 월평, 회덕, 오정천 지역 등을 분류식화 하면, 합류관거 내의 생활계 오수 및 공장폐수와 혼합하지 않고 배출부하량이 저하하게 됨
- 관거불량 및 지하수, 계곡수 유입 및 유출에 의한 토양 및 지하수 오염, 하수처리장 유입수 증가에 의한 하수량 증대 및 하천 건천화 방지가 필요

나. 기대효과

- 불명수 발생구간의 조사, 확인 및 감축대책을 수립에 의하여 하수종말처리장에 도달하는 유량을 감소시켜 안정적인 수처리를 할 수 있게 함
- 하수처리장 여유용량 발생으로, 강수시 처리장 배제부하량 및 월류부하량이 감소됨
- 배제 및 월류부하량 감소로 갑천의 배출오염부하량 감소 및 안정적인 수질관리 정책 수립이 용이해짐

다. 적용방안의 제안

- 월류 및 배제부하량 삭감효과를 산정할 수 있는 모니터링 자료의 확보
- 불명수유입지점의 추가 확보

4) 하수관거 재정비사업

(1) 하수관거정비 사업

가. 목적 및 필요성

- 대전시는 과도한 불명수가 유입되어 대전하수종말처리장의 운영효율이 저감되

어 운영되고 있는 실정

- 하수관거의 불량은 하수처리장 유입수의 수질변동, 하천의 수질오염 및 건천화의 원인이다. 합류식 배제지역에서 초기강우시 하수관거 월류수 발생으로 적정 처리를 거치지 않은 채 공공수역으로 직접 유입되어 오염 심화

나. 기대효과

- 계곡수의 유입방지 및 파손된 관거에 의한 지하수의 침투량을 감소시켜 하수종말처리장의 방류량을 감소시킴과 동시에 여유용량을 증가시킴

다. 현재 진행상황 및 제안

- 분류식화 및 소하천 상류 하천의 유입수 차단 사업
- 대전천 상류좌안 배수분구의 관거 정비

(2) 누수 방지를 위한 하수도 정비

가. 목적 및 필요성

- 하수처리구역중 합류식화 구역은 하수가 하천에 직접 유출되거나 하천복류수와 교류 혼합되어 하천의 수질오염을 시키는 원인이 되고 있음
- 지선 하수관의 경우 건축행위가 이루어질 때 동시에 추진되므로 원도심의 대부분 합류식 하수관거로 인한 불량관거, 노후화에 의한 하수의 누출 등이 심각하여 하천의 수질오염 원인이 되고 있음
- 또한 파손된 관거의 정비는 하수의 누수로 인한 지하수 및 주변 하천의 오염을 방지하여 배출 오염물질을 삭감할 수 있음

나. 기대효과

- 누수 방지로 하천에 직유입되는 고농도의 하폐수의 하천유입 방지

(3) 분류식지역의 오접 확인 및 분리

가. 목적 및 필요성

- 신개발사업 및 하수관거재정비사업으로 오수와 우수가 분류식화 된 지역임에도 불구하고 오접에 의하여 그 기능을 수행하지 못하는 지역이 있음
- 우수관거에의 오수유입은 하천에 처리되지 않은 오폐수가 직접 유입되게 하는 문제점을 발생시킴
- 우수관거에 오접된 우수를 차집관거에 연결시에는 강수에 의한 처리장 여유용량감소, 월류 및 배제배출부하량의 증가가 발생
- 이에 분류식지역의 오접 확인 및 분리가 필요

나. 기대효과

- 확실한 분류식화로 기존의 기능 회복
- 하천에의 배출부하량 감소 및 하폐수종말처리장의 여유용량 확대

다. 적용방안의 제안

- 분류식지역의 신속한 오접연결 실태파악
- 오접된 우수관거에의 직접적이고 신속한 목측조사 필요

제 5 장

결론 및 정책건의

제1절 결 론

제2절 정책건의

제 5 장 결론 및 정책건의

제1절 결 론

본 연구에서는 질소와 인과 같은 영양염류의 예측에 유리한 QUALKO 수질모델링을 사용하여 대전시 갑천의 수질관리방안을 제시하였다. 특히 현재까지 갑천수질에 영향을 주는 대전시 주요하천 및 하폐수종말처리장의 수질·유량자료를 데이터베이스화하여 연구의 진행을 객관화하였으며, 시에서 진행 중인 사업을 더욱 진전시킬 때의 갑천수질 변화를 제시하여 대전시 수질관리 정책의 관리방안을 제시하고자 하였으며 그 구체적인 결과는 다음과 같다.

1) 대전시 수계에 미치는 배출부하량 산정

대전시 갑천유역에 배출되는 BOD 배출부하량을 생활, 산업, 축산, 토지, 매립 등에 대한 관계를 고려하여 산정하였다. 또한, 갑천에 유입되는 기여율을 알아보기 위하여 소하천 및 하폐수처리장별로 오염원을 구분하는 과정을 거쳤다. 결과로 2007년에 대전광역시 전체 24,836 kg/일 중 갑천 유역에서 5,504 kg/일(22.16%), 유등천 유역에서 3,762 kg/일(15.15%), 대전천 유역에서 3,059 kg/일(12.32%), 두계천 유역에서 375 kg/일(1.51%), 진잠천 유역에서 687 kg/일(2.77%), 유성천 유역에서 1,075 kg/일(4.13%) 그리고 탄동천 유역에서 619 kg/일(2.49%)이 배출되었다. 또한 하폐수처리장 중에 대전하수종말처리장에서는 9,522 kg/일(38.34%), 3·4폐수종말처리장에서 233 kg/일(0.94%)이 배출되는 특성을 나타냈다. 이로써 갑천 수질은 대전하수종말처리장, 갑천분류의 직접유입, 유등천 및 대전천의 순서로 비율이 크다는 것을 알 수 있었으며 그 비율은 전체의 약 88%를 차지하는 것으로 나타났다.

2) 수질모델링 구축

수질모델링은 질소와 인과 같은 영양염류의 관계를 세분화한 QUALKO 모델을 선정하였다. 갑천 6개, 유등천 4개의 대구간(Reach)을 두었으며 소구간(element)는 1 km의 단위로 구성하여 총 34개의 소구간을 두어 모의하였다. 동일한 매개변수를 사용한 보정은 2004년 2월 자료를, 검증은 2008년 6월 자료를 사용하였다. 이에 따라 구축된 수질모델링으로 삭감계획에 따른 질소 및 인 저감방안과 그에 따른 갑천의 수질개선 효과를 제시하였다.

3) 유역의 배출부하량 삭감계획에 따른 갑천의 수질 변화

유성천과 같이 비교적 향호한 수질을 나타내는 소하천의 수질기준을 대전시 전역의 소하천을 대상으로 적용한 결과, 2008년 현재의 수질과 삭감후의 수질차이는 유등천 합류전인 갑천 상류로부터 19 km 지점에서 T-N 0.213 mg/L, T-P 0.012 mg/L, BOD 0.067 mg/L의 갑천수질 개선효과가 있었다. 대전하수종말처리장 방류구와 합류되는 갑천 상류 25 km 지점에서는 T-N 0.060 mg/L, T-P 0.002 mg/L 그리고 BOD 0.016 mg/L가 개선되었다.

대전하수종말처리장의 고도처리는 갑천 하류의 수질개선 효과에 큰 영향을 미쳤다. 이에, 갑천 상류로부터 25 km 지점에서는 T-N 3.167 mg/L, T-P 0.369 mg/L 그리고 BOD 2.182 mg/L의 갑천수질 개선효과가 나타났다.

갑천 중상류 유역의 수질을 생태하천 및 레크리에이션의 이용에 적합한 수질인 T-N 1.5 mg/L, T-P 0.01 mg/L 정도를 조성하기 위해서는 모든 지점의 농도를 Org-N 0.2 mg/L, NH_4^+ -N 0.5 mg/L, NO_3^- -N 1.0 mg/L, Org-P 0.1 mg/L 그리고 PO_4^{+} -P 0.005 mg/L가 요구되었다. 이때, 갑천 상류로부터 19 km지점의 갑천 수질농도 T-N 1.532 mg/L, T-P 0.012 mg/L 및 BOD 1.024 mg/L를 예측할 수 있었다.

제2절 정책 건의

본 연구에서 수행한 QUALKO 모델을 이용한 하천의 질소와 인 저감 기초연구에 대한 연구결과를 기초로 하여 몇 가지 정책적 건의사항을 제시하면 다음과 같다.

1) 하폐수처리장 방류수질 개선

하천의 수질개선을 위한 삭감방법 중 가장 효율적인 방법은 점배출시설인 하폐수처리장의 고도처리 및 3차처리로 방류수질농도를 개선하는 것이다. 이에 대전하수종말처리장은 고도처리시설의 효율이 높지 않은 3단계 시설의 운전효율을 증대시키고, 4단계 시설의 고도처리시설 적용으로 1/2단계와 같은 처리효율의 획득이 중요하다.

3차처리시설 또한 BOD를 중심으로 N 및 P의 저감이 가능하므로, 대전과 같이 하폐수처리장의 방류유량이 도시 통과하천 유지용수유량의 대부분을 차지하는 도시에서는 하천수질관리를 위하여 적극적인 도입이 필요하다고 판단된다.

마을하수도 사업은 대규모 하폐수처리장과의 연결이 힘든 경우, 처리효율이 낮은 단독정화, 오수처리, 수거처리 방식의 처리효율을 높여 소하천의 수질개선을 하기 위한 것이므로, 되도록 고도처리가 가능하고 배출수질이 안정적인 소규모처리시설의 도입이 중요하다고 사료된다.

2) 하천의 수질개선사업

대전시의 소하천은 주변의 환경기초시설 입지, 축산의 여부, 토지이용, 하폐수관로의 누수, 우수토실에서의 월류배출 등과 같은 외적인 특성에 의해서 수질이 많이 변화하게 된다. 그러나 이러한 오염배출을 삭감할 수 있는 하수도시설의 적용이 어려울 경우, 혹은 보다 양호한 수질을 필요로 하는 경우 하천에의 직접적인 수질개선사업이 필요시 된다.

이에 대전시에서는 보 상류에 침전된 오니의 준설, 하상여과법 등에 의한 오염물질 직접 정화, 저류습지와 같은 식물체 영양염류 흡수에 의한 저감 등의 방법이 적용될 수 있다고 판단된다.

3) 비점오염원 저감

건기시에는 배출되지 않지만 강수시에 공공수역에 배출되는 특성을 갖는 비점오염원은 강수초기 공공수역 오염에 큰 영향을 미친다.

이러한 월류배출을 줄이기 위해서는 하폐수처리장의 여유용량을 증대시키기 위하여 불명수량을 최소화하여야 한다. 현재 소하천 상류의 하천수를 하수관거에서 분리시키는 작업이 진행 중이지만, 주 하수관거 및 차집관거에의 하천수 및 지하수 침투 방지 또한 반드시 저감하여야 한다고 판단된다. 또한 월류배출되는 오염물질을 저감시키기 위하여 주요 우수토실 및 하폐수처리장에 초기강수시 월류배출되는 초기월류수를 일시 저장하는 저류조를 설치하여 고농도 월류수의 배출을 억제할 필요가 있다고 사료된다.

4) 하수관거 재정비사업

비점오염원의 증가, 하폐수처리장의 비효율성 등은 모두 하수관거가 정상적이지 않은 형태로 구축되어 생기는 문제들이다.

이에 합류식관거의 분류식화는 강수시 하수관거에의 우수 유입을 방지함으로써 월류·배제부하량을 감소시킬 수 있다. 노후 하수관거에서의 하폐수 누수방지는 높은 농도를 가진 오염물질의 하천유입을 방지함으로써 하천 수질개선 및 관리에 기여할 수 있다. 또한, 분류식 우수관거에 오접되어 배출되는 고농도 하폐수의 차단 및 차집관거에의 직투입 관리는 기존의 하수도시설 기능을 회복함과 동시에 공공수역의 수질개선에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 공동수, 임연택, 박준대, 신동석, 이수형, 강필구, 박상미(2004), 오염총량관리를 위한 하천수 질모델의 개발(I)
- 국립환경과학원(2008), 제2단계 수계오염총량관리기술지침
- 경상남도(2005), 낙동강수계 경상남도 오염총량관리 기본계획
- 김시현(2006), 토지이용 다규제지역내 수질총량관리시 오염부하량 산정에 관한 연구, 강원대학교 박사학위논문
- 김강모(2005), 낙동강에서의 유량수질 연계 예측 시스템 개발, 경북대학교 석사학위논문
- 대전광역시(2007) 하수도정비 기본계획
- 대전광역시(2007) 환경보전 중가종합계획(2007)
- 대전광역시(2006) 수질오염총량관리제 시행계획
- 대전광역시(2006) 하수관거정비 BTL사업 기본계획
- 영산강수질검사소(1999) 섬진강 요천유역의 수질모델링, 국립환경연구원
- 정부합동(1998) 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책
- 환경부(2003) 환경백서
- 환경부(2000) 한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구
- 정부합동(2000) 대청호 등 금강수계 물관리종합대책
- Brown, L.C. and Barnwell, T.O., Jr.(1985) Computer Program Documentation for the Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E, *U.S.EPAgency*, Athens, GA, EPA/600/3-85/065
- Brown, L.C. and Barnwell, T.O., Jr.(1987), The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS, Documentation and User Manual, *U.S Environmental Protection Agency*, Athens, GA, EPA/600/3-87/007
- Camp, T.R.(1963), Water and Its Impurities, Chapman and Hall, London
- Masch, F.D., and Associates(1970), QUAL- I Simulation of water quality in stream and canals, Program Document and User's Manual, Texas Water development Board
- O'Connor, D.J. and Di Toro, D.M.(170), Photosynthesis and oxygen balance in streams,

Journal of Environmental Engineering Division, *ASCE*, Vol. 96, No. SA2, pp.547-571

Roesner, L.A., Giguere, P.R., and Evenson, D.E.(1981), Computer Program Documentation for Stream Quality Modeling(QUAL- II), U.S. *Environmental Protection Agency*, Athens, GA, Report EPA/600/9-81-014

Streeter. H.W., and Phelps, E.B.(1925), A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, III. Factors Concerned in the Phenomena of Oxidation and Reaeration, *U.S. Public Health Service, Public Health Bulletin* No.146

Texas Water Development Board(1970), DOSAG-1 simulation of water quality in stream and canals, Program Documentation and User's Manual, Austin

Thomas, H.A., Jr.(1948), Pollution load capacity of streams, *Water and Sewage Works*, Vol 95, No. 11

Water Resources Engineers, Inc.(1973), Computer program documentation for the stream quality model QUAL- II. Prepared for *U.S. Environmental Protection Agency*, System Analysis Branch, Washington, DC.

USEPA(1997), Compendium of tools for watershed assessment and TMDL development

부 록

-
- 부록 1. 대전시민의 하천수질관리에 대한 인식 설문
 - 부록 2. QUALKO 모델의 입력데이터(검증)
-

부록 1. 대전시민의 하천 수질관리에 대한 인식 설문

1. 지역의 환경문제에 대해 평소에 얼마나 관심을 가지고 있습니까?

- ① 매우 관심이 있다.
- ② 대체로 관심이 있다.
- ③ 보통이다
- ④ 별로 관심이 없다.
- ⑤ 전혀 관심이 없다.

2. 수질보전이 어느 정도 중요하다고 생각하십니까?

- ① 매우 중요하다.
- ② 중요하다.
- ③ 보통이다.
- ④ 중요하지 않다.
- ⑤ 전혀 중요하지 않다.

3. 향후 지역의 수질환경을 어떻게 전망하십니까?

- ① 현재보다 많이 나빠질 것이다.
- ② 현재보다 조금 나빠질 것이다.
- ③ 현재수준을 유지할 것이다.
- ④ 현재보다 다소 개선될 것이다.
- ⑤ 현재보다 많이 개선될 것이다.

4. 현재 대전광역시 갑천, 유등천 및 대전천이 5년 전에 비하여 수질이 어떻다고 생각하십니까?

- ① 과거에 비하여 많이 개선되었다.
- ② 과거에 비하여 약간 개선되었다.
- ③ 비슷하다.
- ④ 과거에 비하여 약간 악화되었다.
- ⑤ 과거에 비하여 많이 악화되었다.

5. 대전시 내에 위치하고 있는 하천의 수질개선이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 절대 필요하다.
- ② 약간 필요한 편이다.
- ③ 현 상태 유지면 충분하다
- ④ 크게 필요하지 않다.
- ⑤ 절대 필요하지 않다.

6. 하천의 수질개선이 필요하다면, 우선순위로 3개 표시해 주십시오.(, ,)

- | | |
|----------------------|------------------|
| ① 갑천상류(~만년교) | ② 갑천중류(만년교~둔산대교) |
| ③ 갑천하류(둔산대교~) | ④ 유등천 |
| ⑤ 대전천 | ⑥ 진잠천 |
| ⑦ 유성천 | ⑧ 탄동천 |
| ⑨ 기타 () | |

부록 2. QUALKO 모델의 입력데이터(검증)

TITLE01 갑천_QUALKO모델 검증
 TITLE02 2007년 06월 10
 TITLE03 NO CONSERVATIVE MINERAL I
 TITLE04 NO CONSERVATIVE MINERAL II
 TITLE05 NO CONSERVATIVE MINERAL III
 TITLE06 YES TEMPERATURE
 TITLE07 YES 5-DAY BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND(BOD5)
 TITLE08 YES ALGAE AS CHL-A IN UG/L
 TITLE09 YES PHOSPHORUS CYCLE AS P IN MG/L
 TITLE10 (ORGANIC-P; DISSOLVED-P)
 TITLE11 YES NITROGEN CYCLE AS N IN MG/L
 TITLE12 (ORGANIC-N; AMMONIA-N; NITRITE-N; NITRATE-N)
 TITLE13 YES DISSOLVED OXYGEN IN MG/L
 TITLE14 NO FECAL COLIFORM IN NO./100 ML
 TITLE15 NO ARBITRARY NON-CONSERVATIVE
 ENDTITLE
 LIST DATA INPUT
 WRITE OPTIONAL SUMMARY
 NO FLOW AUGMENTATION
 STEADY STATE
 NO TRAP CHANNELS
 NO PRINT LCD/SOLAR DATA
 NO PLOT DO AND BOD DATA
 FIXED DNSTM CONC (YES=1)= 0. 5D-CBOD CONV K (KBOD) = 0.1
 INPUT METRIC = 1. OUTPUT METRIC = 1.
 NUMBER OF REACHES = 10. NUMBER OF JUNCTIONS = 1.
 NUM OF HEADWATERS = 2. NUMBER OF POINT LOADS = 8.
 TIME STEP (HOURS) = LNTH. COMP. ELEMENT (DX)= 1.
 MAXIMUM ROUTE TIME (HRS)= 500. TIME INC. FOR RPT2 (HRS)= 0.
 LATITUDE OF BASIN (DEG) = 36.0 LONGITUDE OF BASIN (DEG)= 127.

STANDARD MERIDIAN (DEG) =	135.0	DAY OF YEAR START TIME =	161.
EVAP. COEF.,(AE) =	.0000062	EVAP. COEF.,(BE) =	.0000055
ELEV. OF BASIN (ELEV) =	30.	DUST ATTENUATION COEF. =	0.06
COD/CBOD RATIO (RCOD1) =	0.70	COD/CBOD RATIO (RCOD2) =	0.50
DISCOEF. OPTION (DISOPT)=	0.	CBOD/TOC RATIO (RTOC) =	2.67

ENDATA1

O UPTAKE BY NH3 OXID(MG O/MG N)=	2.43	O UPTAKE BY NO2 OXID(MG O/MG N)=	1.14
O PROD BY ALGAE (MG O/MG A) =	1.90	O UPTAKE BY ALGAE (MG O/MG A) =	1.60
N CONTENT OF ALGAE (MG N/MG A) =	0.060	P CONTENT OF ALGAE (MG O/MG A) =	0.006
ALG MAX SPEC GROWTH RATE(1/DAY)=	2.0	ALGAL DECAY RATE (1/DAY) =	0.30
DEATH RATIO OF ALGAL DECAY =	0.2	ORGANIC RATIO OF RECYCLED N,P =	0.5
N HALF SATURATION CONST (MG/L) =	0.020	P HALF SATURATION CONST (MG/L) =	0.002
DENITRIFICATION RATE (1/DAY)=	0.09	DO CONSTANT FOR DENITRI. (MG/L)=	0.1
LIN ALG EXCO (1/FT)/(UG-CHLA/L)=	.0088	NLINCO(1/FT)/(UG-CHLA/L)**(2/3)=	.054
LIGHT FUNCTION OPTION (OPT)=	1	LIGHT SATURATION COEF(LNGY/MIN)=	.03
DAILY AVERAGING OPTION (OPT)=	2	IGHT AVERAGING FACTOR (AFACT)=	.90
NUMBER OF DAYLIGHT HOURS (DLH) =	8	TOTAL DAILY SOLAR RADTN (INT) =	390.7
ALGY GROWTH CALC OPTION(LGROPT)=	2.	ALGAL PREF FOR NH3-N (PREFN) =	0.95
ALG/TEMP SOLR RAD FACTOR(TFACT)=	0.45	NITRIFICATION INHIBITION COEF =	0.60

ENDATA1A

THETA BOD DECA	1.147
THETA BOD SETT	1.124
THETA NH3 DECA	1.083
THETA OXY TRAN	1.024
THETA ORGN SET	1.024
THETA NH3 SRCE	1.074
THETA PORG SET	1.024
THETA DISP SRC	1.074
THETA ALG SETT	1.024

ENDATA1B

STREAM REACH	1.0RCH= REACH01-Gab	FROM	34.0	TO	23.0
STREAM REACH	2.0RCH= REACH02-Gab	FROM	23.0	TO	20.0
STREAM REACH	3.0RCH= REACH03-Gab	FROM	20.0	TO	15.0
STREAM REACH	4.0RCH= REACH04-Gab	FROM	15.0	TO	12.0
STREAM REACH	5.0RCH= REACH01-Yeu	FROM	16.0	TO	14.0

STREAM REACH	6.0	RCH= REACH02-Yeu	FROM	14.0	TO	9.0
STREAM REACH	7.0	RCH= REACH03-Yeu	FROM	9.0	TO	3.0
STREAM REACH	8.0	RCH= REACH04-Yeu	FROM	3.0	TO	0.0
STREAM REACH	9.0	RCH= REACH05-Kab	FROM	12.0	TO	7.0
STREAM REACH	10.0	RCH= REACH06-Kab	FROM	7.0	TO	0.0

ENDATA2

ENDATA3

FLAG FIELD RCH=	1.0	11.0	1.6.7.2.2.2.2.2.2.2.2.
FLAG FIELD RCH=	2.0	3.0	2.2.2.
FLAG FIELD RCH=	3.0	5.0	2.2.2.6.2.
FLAG FIELD RCH=	4.0	3.0	6.6.3.
FLAG FIELD RCH=	5.0	2.0	1.2.
FLAG FIELD RCH=	6.0	5.0	2.2.2.2.2.
FLAG FIELD RCH=	7.0	6.0	2.2.2.2.2.2.
FLAG FIELD RCH=	8.0	3.0	6.2.2.
FLAG FIELD RCH=	9.0	5.0	4.2.6.2.2.
FLAG FIELD RCH=	10.0	7.0	2.2.2.2.2.6.5.

ENDATA4

HYDRAULICS RCH=	1.0	60.0	0.1035	0.4614	0.2325	0.3467	0.032
HYDRAULICS RCH=	2.0	60.0	0.0386	0.5648	0.3663	0.3342	0.030
HYDRAULICS RCH=	3.0	60.0	0.1563	0.5275	0.2246	0.3274	0.030
HYDRAULICS RCH=	4.0	60.0	0.0316	0.7784	0.2891	0.1772	0.029
HYDRAULICS RCH=	5.0	60.0	0.4396	0.3739	0.1774	0.3415	0.035
HYDRAULICS RCH=	6.0	60.0	0.3513	0.3681	0.1342	0.3488	0.033
HYDRAULICS RCH=	7.0	60.0	0.3129	0.3511	0.1009	0.4276	0.031
HYDRAULICS RCH=	8.0	60.0	0.2488	0.4024	0.0958	0.3851	0.029
HYDRAULICS RCH=	9.0	60.0	0.0269	0.6484	0.3397	0.2335	0.027
HYDRAULICS RCH=	10.0	60.0	0.0514	0.5792	0.2596	0.2930	0.027

ENDATA5

REACT COEF RCH=	1.0	.020	0.020	0.00	3.
REACT COEF RCH=	2.0	.020	0.020	0.00	3.
REACT COEF RCH=	3.0	.020	0.020	0.00	3.
REACT COEF RCH=	4.0	.020	0.020	0.00	3.
REACT COEF RCH=	5.0	.010	0.010	0.00	3.
REACT COEF RCH=	6.0	.010	0.010	0.00	3.

REACT COEF RCH= 7.0 .010 0.010 0.00 3.
 REACT COEF RCH= 8.0 .010 0.010 0.00 3.
 REACT COEF RCH= 9.0 .020 0.020 0.00 3.
 REACT COEF RCH= 10.0 .020 0.020 0.00 3.

ENDATA6

N AND P COEF RCH= 1.0 0.10 0.50 0.05 0.0 2.00 0.10 1.500 0.0
 N AND P COEF RCH= 2.0 0.10 0.50 0.05 0.0 2.00 0.10 1.500 0.0
 N AND P COEF RCH= 3.0 0.10 0.50 0.05 0.0 2.00 0.10 1.500 0.0
 N AND P COEF RCH= 4.0 0.10 0.50 0.05 0.0 2.00 0.10 1.500 0.0
 N AND P COEF RCH= 5.0 0.10 1.50 0.05 0.0 2.00 0.10 0.700 0.0
 N AND P COEF RCH= 6.0 0.10 1.50 0.05 0.0 2.00 0.10 0.700 0.0
 N AND P COEF RCH= 7.0 0.10 2.00 0.05 0.0 2.00 0.10 0.700 0.0
 N AND P COEF RCH= 8.0 0.10 2.00 0.05 0.0 2.00 0.10 0.700 0.0
 N AND P COEF RCH= 9.0 0.10 3.00 0.05 0.0 2.00 0.10 0.001 0.0
 N AND P COEF RCH= 10.0 0.10 3.00 0.05 0.0 2.00 0.10 0.001 0.0

ENDATA6A

ALG/OTHER COEF RCH= 1.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 2.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 3.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 4.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 5.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 6.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 7.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 8.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 9.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00
 ALG/OTHER COEF RCH= 10.0 10.0 0.30 0.00 0.00 0.01 0.00 0.00

ENDATA6B

INITIAL COND-1 RCH= 1.0 22.0 8.9 1.6
 INITIAL COND-1 RCH= 2.0 22.0 8.9 1.6
 INITIAL COND-1 RCH= 3.0 22.0 8.9 1.6
 INITIAL COND-1 RCH= 4.0 26.7 6.50 2.70
 INITIAL COND-1 RCH= 5.0 24.5 6.50 2.20
 INITIAL COND-1 RCH= 6.0 24.5 6.50 2.20
 INITIAL COND-1 RCH= 7.0 23.8 5.10 2.50
 INITIAL COND-1 RCH= 8.0 23.8 5.10 2.50

INITIAL COND-1 RCH= 9.0 23.10 3.90 4.80

INITIAL COND-1 RCH= 10.0 23.10 3.90 4.80

ENDATA7

INITIAL COND-2 RCH= 1.0 0.00 0.222 1.342 0.00 1.985 0.027 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 2.0 0.00 0.222 1.342 0.00 1.985 0.027 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 3.0 0.00 0.222 1.342 0.00 1.985 0.027 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 4.0 0.00 1.272 0.429 0.00 1.970 0.110 0.0004

INITIAL COND-2 RCH= 5.0 0.00 1.399 1.184 0.00 1.045 0.040 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 6.0 0.00 1.399 1.184 0.00 1.045 0.040 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 7.0 0.00 0.360 1.055 0.00 2.269 0.131 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 8.0 0.00 0.360 1.055 0.00 2.269 0.131 0.001

INITIAL COND-2 RCH= 9.0 0.00 1.261 5.995 0.00 2.254 0.809 0.024

INITIAL COND-2 RCH= 10.0 0.00 1.261 5.995 0.00 2.254 0.809 0.024

ENDATA7A

INCR INFLOW-1 RCH= 1.0 0. 5.36 12.93 10.12 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 2.0 0. 5.36 12.93 10.12 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 3.0 0. 5.36 12.93 10.12 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 4.0 0. 4.26 13.15 11.59 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 5.0 0. 4.26 13.15 1.45 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 6.0 0. 4.26 13.15 6.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 7.0 0. 4.26 13.15 6.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 8.0 0. 4.26 13.15 11.79 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 9.0 0. 6.90 9.63 13.78 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

INCR INFLOW-1 RCH= 10.0 0. 6.90 9.63 11.55 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

ENDATA8

INCR INFLOW-2 RCH= 1.0 8.61 2.76 1.31 0.25 5.79 0.23 0.09

INCR INFLOW-2 RCH= 2.0 8.61 2.76 1.31 0.25 5.79 0.23 0.09

INCR INFLOW-2 RCH= 3.0 8.61 2.76 1.31 0.25 5.79 0.23 0.09

INCR INFLOW-2 RCH= 4.0 10.75 2.60 1.23 0.23 5.44 0.22 0.08

INCR INFLOW-2 RCH= 5.0 10.75 0.52 0.25 0.05 1.09 0.03 0.01

INCR INFLOW-2 RCH= 6.0 10.75 1.56 0.74 0.14 3.27 0.13 0.05

INCR INFLOW-2 RCH= 7.0 10.75 1.56 0.74 0.14 3.27 0.13 0.05

INCR INFLOW-2 RCH= 8.0 10.75 1.99 0.94 0.18 4.17 0.21 0.08

INCR INFLOW-2 RCH= 9.0 10.25 5.58 2.64 0.50 11.69 0.56 0.21

INCR INFLOW-2 RCH= 10.0 10.25 2.80 1.33 0.25 5.86 0.35 0.13

ENDATA8A
 STREAM JUNCTION 1 JNC= Gab-Yeu 22 38 37
 ENDATA9
 HEADWTR-1 HDW= 1.0 GAB 1.41 22.0 8.9 1.6
 HEADWTR-1 HDW= 2.0 YEU 2.55 22.8 8.0 1.3
 ENDATA10
 HEADWTR-2 HDW= 1.0 0.00 0.222 1.342 0.01 1.985 0.027 0.001
 HEADWTR-2 HDW= 2.0 0.00 1.399 1.184 0.01 1.045 0.040 0.001
 ENDATA10A
 POINTLD-1 PLT= 1.0 두계천 0.4940 23.9 6.10 1.50
 POINTLD-1 PLT= 2.0 총남방적 0.0000
 POINTLD-1 PLT= 3.0 진잠천 0.1682 22.6 7.20 1.90
 POINTLD-1 PLT= 4.0 유성천 0.0486 19.7 8.70 1.40
 POINTLD-1 PLT= 5.0 탄동천 0.1387 21.4 8.40 3.40
 POINTLD-1 PLT= 6.0 대전천 1.2594 24.5 6.50 2.20
 POINTLD-1 PLT= 7.0 대전하수종말 6.3054 23.3 4.72 3.65
 POINTLD-1 PLT= 8.0 34공단 0.5473 26.3 3.00 2.20
 ENDATA11
 POINTLD-2 PLT= 1.0 0.0 0.113 1.617 0.000 2.478 0.385 0.013
 POINTLD-2 PLT= 2.0
 POINTLD-2 PLT= 3.0 0.0 1.271 2.266 0.00 2.910 0.276 0.010
 POINTLD-2 PLT= 4.0 0.0 0.650 1.307 0.00 1.746 0.039 0.001
 POINTLD-2 PLT= 5.0 0.0 0.738 2.102 0.00 3.687 0.449 0.014
 POINTLD-2 PLT= 6.0 0.0 0.353 1.242 0.00 2.075 0.152 0.005
 POINTLD-2 PLT= 7.0 0.0 3.32510.401 0.00 2.127 1.479 0.073
 POINTLD-2 PLT= 8.0 0.0 4.967 4.848 0.00 2.776 1.046 0.037
 ENDATA11A
 ENDATA12
 ENDATA13
 ENDATA13A
 LOCAL CLIMATOLOGY06 10 08 14.6 0.71 23.5 20.5 1002.0 1.30

기본연구보고서 2008-04

QUALKO 모델을 이용한 하천의 질소와 인
저감 기초연구

발행인 육 동 일

발행일 2008년 11월

발행처 대전발전연구원

302-280 대전광역시 서구 월평본1길(월평동 1620-20)

전화: 042-530-3518 팩스: 042-530-3556

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄: ○○○○○○ TEL 042-○-○ FAX 042-○-○

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.