

DAEJEON
DEVELOPMENT
INSTITUTE



대전시의 적정 하천 유지유량 검토

이재근 연구위원

대전시의 걱정 하천 유지유량 검토

이 재 근

연구진

연구책임

• 이재근 / 도시기반연구실 연구위원

- 목 차 -

제1장 서론	1
1.1 연구배경 및 필요성	3
1.2 하천유지유량의 정의	4
제2장 하천유지용수 개념정립 및 사례 연구	7
2.1 도시에서의 하천유지용수 개념	9
2.2 하천유지유량 확보 사례	12
제3장 하천유지유량 확보 기본계획	21
3.1 하천유지용수 필요유량의 산정	23
3.2 대표지점별 필요유량 산정	33
3.3 향후 여건변화에 따른 유량변화 대비방안	40
3.4 하천유지유량 확보방안	43
제4장 결론	55
4.1 결론	57
4.2 제언	58

- 표 목 차 -

<표 2.1> 신천 유역현황	12
<표 2.2> 신천하수처리장 방류수질 (mg/L)	13
<표 2.3> 금호강 및 신천의 유량변화	13
<표 2.4> 하수처리수의 하천유지 및 친수용수 이용사례	14
<표 2.5> 하수처리단계별 재이용 용도	15
<표 2.6> 서울 지하철 배출수의 활용사례	16
<표 2.7> 안양천 유역의 지하철 용수 발생현황	17
<표 2.8> 안양천 유역의 지하철 용수 이용실적	17
<표 2.9> 고양시 관내 하천의 유량관리 계획	19
<표 2.10> 한강의 하천수 이용 관리유량 공급계획	20
<표 3.1> 도시하천 유지용수 산정기준	25
<표 3.2> 대표어종과 대리어종 일람표 (한국수자원공사, 1995a)	27
<표 3.3> 생태계를 고려한 하천유지유량 산정기준	27
<표 3.4> 하천경관을 고려한 하천유지용수 산정기준	28
<표 3.5> 유속의 크기에 따른 흐름의 상태	29
<표 3.6> 친수환경을 고려한 하천유지유량 산정기준	29
<표 3.7> 각국의 하천유지유량 고려항목의 비교	32
<표 3.8> 갈수기 평균유량 및 BOD 목표수질	33
<표 3.9> 갈수기 기준지점의 하천유지유량 산정	34
<표 3.10> 필요유량 산정기준	35
<표 3.11> 대표지점별 하천유지유량 결정	35

<표 3.12> 대전시 원촌교지점 유량조사 결과 (2009)	38
<표 3.13> 대전시 원촌교지점 유량조사 결과 (2008)	39
<표 3.14> 하수처리장 운영 시나리오	40
<표 3.15> 시나리오에 따른 위치별 유량변화	42
<표 3.16> 대전하수처리장 방류수질 계획	43
<표 3.17> 용도별 하수처리수 재이용 수질권고 기준	44
<표 3.18> 농업용수 수질기준 추가권장 항목 (mg/L)	44
<표 3.19> 하수처리수 재활용에 의한 하천유량 확보방안 검토	46
<표 3.20> 단계별 하수처리수 재이용계획	48
<표 3.21> 하상여과를 이용한 하천간 관리유량의 공급	49
<표 3.22> 유역관리를 통한 하천유지유량 증대방안	52

- 그림 목 차 -

<그림 3.1> 하천유지유량 및 하천관리유량의 산정절차	24
<그림 3.2> 시나리오에 따른 위치별 유량변화	41
<그림 3.3> 처리수 재이용 가능성 검토 위치도	45

제 I 장

서 론

-
1. 연구배경 및 필요성
 2. 하천유지유량의 정의
-

1.1 연구배경 및 필요성

우리나라는 하천 유지유량의 원천이 되는 강수량의 월별·계절별 편차가 매우 심하며, 최근의 경향을 보면 1년 강수량의 2/3 이상이 여름철에 집중되어 있는 상황이다. 이러한 면에서 강수의 직접 영향을 받게 되는 풍수기, 평수기에는 하천 유지유량을 만족하는 데 큰 어려움이 없는 편이지만, 지하수로부터 많은 양을 기인하는 저수기 이하의 시기에서 하천유량은 하천의 본 기능을 유지하는데 어려움을 받고 있다.

환경에 대한 시민들의 요구가 더욱 커지고 있는 가운데, 자연하천의 물순환은 기본적으로 손상되지 않아야 하며 도시특성을 충분히 고려하여 인간활동에 의한 물환경의 피해가 일어나지 않도록 하여야 한다. 그러나, 도시 지표면에 내린 빗물은 하수관거나 하천으로 직접 유출됨으로써 지하에 침투되는 양을 저감시켜 하천유지유량을 감소시키는 원인을 제공하고 있다.

이에 대전시는 도시화에 의하여 감소되었던 과거 하천유량의 복원 및 기능 다양화를 위한 하천유량의 증대를 위한 연구가 필요한 실정이다. 특히, 1999년 건설교통부 장관은 하천법 제20조 및 동법시행령 제13조의 규정에 따라 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량을 “하천유지유량”이라 하여, 하천유수의 상황을 대표할 수 있는 “기준지점”을 설정하여 산정한 후 중앙 하천관리위원회의 심의를 거쳐 이를 고시하는 바와 같이, 그 중요성이 증가하는 상황에 있다. 이와 같은 상황에서 대전시 갑천의 하천유량을 검토하고, 적정유량을 유지하기 위한 대안을 만들어야 할 것이다.

1.2 하천유지유량의 정의

1) 하천유지유량의 정의¹⁾

하천유지유량은 하천에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량을 말한다.

하천유지유량은 갈수량을 기준으로 산정하되, 하천수질보전·하천생태보호·하천경관보전·염수침입방지·하천시설물 및 취수원보호·지하수위 유지 등을 위한 필요유량을 감안하여 산정하게 된다. 하천유량의 목적을 달성하는데 있어 필요한 정의는 다음과 같이 나타내었다.

- 갈수량 : 과거 자연상태 하천에서 갈수기에 흘렀던 유량으로서 자연과 사람이 공유할 수 있는 최소한의 유량을 말하며 기준갈수량, 평균갈수량 등을 산정한 후 해당 하천의 규모나 특성 및 유량공급 가능성 등을 고려하여 결정한다.
- 하천수질 보전 : 환경기초시설 등으로 최대한 처리한 후 남는 오염부하량을 처리하는데 필요한 유량을 말한다.
- 하천 생태계 보호 : 하천내 동식물의 서식처 유지에 적절한 수심, 유속 등 수리조건을 제공할 수 있는 유량을 말한다.
- 하천경관 보전 : 하천이 풍부하고 정서적으로 안정된 분위기를 제공할 수 있는 자연공간으로 유지될 수 있도록 시각적으로 만족감을 느낄 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- 염수침입 방지 : 바닷물이 하구로 침입하여 염분 농도가 높아지면 하천수를 직접 이용할 수가 없게 되므로 이를 억제하거나 침입을 방지할 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- 하구막힘 방지 : 하구 유속감소로 인해 하구에서 토사의 퇴적과 해안 모래의 침입 등으로 하구가 막혀 유수소통에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 제거하기 위한 유량을 말한다.

1) 건설교통부, 하천유지유량 산정 요령(건설교통부 하계 72500-873), 2000

- 하천시설물 및 취수원 보호 : 하천수위가 낮아져 물 속에 잠겨있던 하천시설물이 노출되어 부식되는 것을 방지하거나 또는 취수원 수심 확보를 위해 필요한 유량을 말한다.
- 지하수위 유지 : 하천유량의 증감은 하천 주변의 지하수위에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 하천변에서 안정적으로 지하수위를 유지할 수 있는 유량을 말한다.

2) 하천유지유량의 개념 변화

과거에는 주로 하천수위에 맞추어 개략적으로 설정되었던 하천유지유량은 1970년대에 들어와 하천 하류의 농업용수 등 각종 용수확보를 위한 하구 염수침입을 방지하는 차원에서 산정되었고, 1980년대 이후 하천 수질 및 생태계 등에 관심이 고조되면서 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능을 보전하고 악화된 수질을 회석시키는 개념으로 해석되기도 하였다.

전통적으로 하천유지용수는 하천의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위한 최소한의 자연갈수량 유지, 하천동식물의 생태계보호, 하천경관 보전, 하천 수질 및 청결한 유수의 유지, 수운 및 수상활동 유지, 염수침입 방지, 하구막힘 방지, 하천 시설물 보호, 지하수위 유지와 같은 기능을 갖는 유량을 의미한다. 그러나 이때까지의 대부분의 유지유량 산정은 기준갈수량(10년등 제1위 갈수량) 또는 평균갈수량을 이용하여 비유량법으로 설정하였다. ‘하천시설기준(건설부, 1993)’에서는 하천유지유량을 평균갈수량과 환경보전유량 중 큰 값을 취한다고 되어 있지만 환경보전유량을 계량화하기 위한 명확한 산정 기준이 제시되어 있지 않아 결과적으로 평균 갈수량을 하천유지유량으로 설정할 수 밖에 없는 실정이다.

90년대까지만 해도 하천유지유량의 산정에 관한 구체적인 산정기준이나 방법이 없었으며, 건교부와 댐 관리자인 수자원공사 등에서 90년대 중반 이후부터 유지용수 산정을 위한 기초연구를 수행하였다. 한편 1999년 2월초에 개정 공포된 하천법 제 20조(하천유지유량)에 따라 하천관리자는 유수의 정상적인 기능 및 상태를 유지

하기 위하여 필요한 수량, 즉 하천 유지유량을 설정하여 고시하도록 하였고, 이에 건교부에서는 4대강의 주요 지점에 대해 갈수량, 생태, 경관, 수질환경 등을 고려한 하천유지용수고시를 준비하고 있다. 그러나 대부분의 이와 같은 개념은 국가하천(대하천)의 주요지점에 대해 적용되는 개념으로 소규모 도시하천에 대해서는 하천 유지용수 산정에 대한 구체적인 방법이 거론된 적인 없으며, 국가하천의 경우 유지용수 산정 시에 하천법에서 언급하는 여러 요소를 고려하지만 최종 산정은 대부분 평균갈수량을 사용하고 있다.

(1) 하천유지유량 = 자연갈수량, 항목별 필요수량

도시하천에서 하천유지유량은 자연갈수량을 최소한의 기준으로 잡고, 자연적 기능에 해당하는 항목별 필요유량을 조합하여 구간 또는 지점별로 설정한 최대치 유량을 갈수량과 비교하여 큰 값을 하천유지유량으로 결정한다. 즉 도시하천의 유지유량은 기본적으로 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는데 필요한 최소한의 하천유량이라 할 수 있다.

(2) 하천유지용수

하천유지용수의 개념은 도시하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유지용수를 말한다.

도시하천은 대하천과는 달리 하천의 친수기능 제공 등 인위적 기능(도시하천관리를 위해 개발된 각종 시설물의 보호, 악화된 수질을 개선하기 위한 수질보전과 친수용수, 경관용수 등)이 중요하다.

제 2 장

하천유지용수 개념정립 및 사례 연구

1. 도시에서의 하천유지용수 개념
 2. 하천유지유량 확보 사례
-

2.1 도시에서의 하천유지용수 개념

1) 3대하천의 유지용수 개념정립

하천관리는 수량관리와 수질관리로 크게 구분할 수 있는데, 수량관리는 최근까지만 해도 이수 및 취수관리가 주요 관심사였고 수질관리는 유역내 환경기초시설 설치를 통한 점오염원처리 등에 초점을 두었으나, 최근 하천환경의 중요성이 부각되면서 하천관리는 수량관리와 수질관리가 통합된 이수 및 하천환경관리를 3대 요소로 나타낼 수 있다.

이수기능은 각종 용수의 공급, 수운, 수력발전, 내수면 어업 등의 기능이 있고, 취수관리는 유수통제, 홍수조절 등이 있으며, 환경관리는 하천 보전 및 복원, 하천 유지유량 확보, 하천 생태계 및 식생보전 등이 있다. 이와 같은 하천의 3대 기능은 수량과 수질의 바탕 위에서 이루어지며, 특히 적절한 수량이 확보되지 않은 상태에서는 하천의 기능이 이루어 질 수 없다.

최근 도시를 관통하는 하천의 경우 합류식관거에 의한 하수의 차집과 유역의 불투수층의 증가에 의한 지하수함량의 저하 및 과다취수 등으로 인한 기저유출의 감소로 하천유량이 감소하거나 건천화되어 하천 생태계유지에 문제점으로 대두되고 있다.

3대하천은 대전광역시를 관류하는 전형적인 도시하천으로서 이수측면에서 직접 취수에 의한 용수이용은 상류지역의 일부 농업용수를 제외하고는 거의 없고, 농업용수도 기존의 농지가 도시화함으로서 공급시설도 점차 그 기능을 잃어가거나 타 용도로 전용되고 있다.

최근 대덕테크노밸리 조성 사업, 서남부생활권 개발사업등 여러 개발사업이 진행되고 있다. 이러한 개발에 의한 도시화로 유출율이 증가하고 저류시설이 감소하고 있다. 또한 지하 침투량이 감소하여 하천 유지용수는 현저히 감소할 것이다.

이에 반해 3대하천을 중심으로 도시화됨에 따라서 친수용수, 생태용수 등 새로운 형태의 용수수요가 창출되고 있으며 수량관리도 이와 같은 하천에 대한 수요변화에 맞추어 관리계획이 수립되어야 한다.

2) 도시하천에서 바라본 유지용수

도시하천은 이때까지 우리나라에서 사용하였던 하천 유지용수의 개념을 그대로 활용하기에는 여러 가지 문제가 있다. 수질오염 수준과 유지용수 공급방안의 차이, 주민의 하천이용도 등 대하천의 유지용수와는 차이가 크기 때문이다. 따라서 각 도시는 하천의 특성에 적합하게 유지용수의 개념을 정립하여야 하나 공통적으로 고려하여야 할 사항은 다음과 같다²⁾.

- 하천기능 유지를 위한 최소한 유량의 개념으로 어느 사람이나 기관이 배타적으로 독점할 수 없으며 그 유역 내에 있는 모든 사람과 자연이 공유하여야 한다. 즉, 자연상태의 하천에서 갈수기에 흐르는 유량은 자연이 주는 혜택으로서 유역에 존재하고 있는 모든 생명체가 공유할 권리를 갖고 있다. 따라서 유역내 각종 인위적 개발행위에 의해서도 최소한 이 유량만큼은 흐르도록 보장해 주어야 한다.
- 도시하천의 유지유량은 기본적으로 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량이라 할 수 있다.

자연적 기능이란 하천이 갖고 있는 고유 유량에 의해 유지가 가능한 것으로서 하천 고유의 갈수량유지, 어류 등과 같은 수생생물의 생태계 보호, 정서함양공간으로서 하천경관의 유지 등이다. 자연적 기능은 하천관리상 특별히 이와 같은 기능 중에서 어떤 기능을 강화하거나 저감되지 않는다면 시간이 경과한다 할지라도 이를 유지하기 위해 필요한 유량이 증가하거나 감소되지 않고 연중 계절과 시간에 따라 일정한 유량이 필요할 수도 있다.

도시하천은 대하천과는 달리 하천의 친수기능 제공 등 인위적 기능도 중요하며 이러한 인위적 기능은 하천의 정상적인 이용을 위한 기능들로서 주로 도시하천관

2) 대전시, 맑은하천 가꾸기, 2005

리를 위해 개발된 각종 시설물의 보호, 악화된 수질을 개선하기 위한 수질보전 유량, 친수용수, 경관용수 등이 있을 수 있다.

도시하천에서의 하천유지유량은 자연갈수량을 최소한의 기준으로 잡고, 자연적 기능에 해당하는 항목별 필요유량을 조합하여 구간 또는 지점별로 설정한 최대치 유량을 갈수량과 비교하여 큰 값을 하천유지유량이라 정의함이 바람직하다. 근본적으로 자연갈수량은 현재 상태와 비교하여 앞으로 하천의 수리·수문과 환경조건 등이 크게 바뀌지 않는 이상 변경될 수 없는 유량이지만 유지용수는 하천에 따라 새롭게 자연적 기능을 강화하거나 수용에 의해 인위적 기능이 증감될 경우에는 이에 맞추어 변경될 수 있다.

지금까지 정의 한 도시하천의 유지용수량은 가장 이상적인 차원에서의 정의이며 공급가능 여부에 따라 다소의 조정은 피할 수 없을 것이다.

2.2 하천유지유량 확보 사례

대전광역시를 관류하는 3대하천은 전형적인 도시하천으로 유역내 도시화에 따른 급격한 인구증가, 생산, 그리고 소비과정에서 파생되는 각종 오염물질이 3대하천으로 유입되어 하천환경이 훼손되고 있다. 1980년대 말 대전 하수처리장의 건설과 차집관거 설치로 인하여 하천의 수질은 다소 개선되었지만 대부분의 차집관거가 합류식 하수관거로 구성되어 있어 지하수로 구성된 자연하천수 일부가 차집되어 하수처리장에 유입되는 관계로 하천의 건천화 문제가 대두되고 있다. 이에, 대전광역시 3대하천의 기능강화를 위해서는 용수확보가 필요하며 용수확보방안은 하수처리장 방류수 활용, 대청호 및 갑천의 하천수 이용, 우수관리를 통한 지하침투 촉진, 유역관리를 통한 합수량 증대 및 지하철 용출수 활용 등이 있다.

1) 하수처리장 방류수 활용

(1) 대구시 신천

국내에서는 하천 유지용수로서 하수처리장 처리수를 재이용하는 사례로 대구시의 신천에서 활용되고 있다. 신천은 대구의 중심을 관류하는 도심하천으로서 60년대 이후의 급속한 도시화 및 공업화로 하천은 점점 황폐화되어 이를 해소코자 신천하수처리장 및 우·오수분리시설, 금호강·신천종합 개발사업을 시행하였다. 그러나 하천이 건천화되어 종합개발의 성과가 미비함에 따라 신천에 하수처리장의 적절한 유지용수를 공급함으로써 도시민의 정서를 순화와 생태계 복원에 기여코자 하수처리장 처리수 100,000 m³/day을 하천유지용수로 공급하였다. 송수관로 연장 7.7 km의 공사에 총 6,408백만원의 사업비가 소요되었다.

신천하수처리장은 금호강 우안에 위치하고 있으며 하루 처리 능력은 680,000톤/일(중설공사 98년 완공, 330,000 톤/일)이고 방류수질은 기준치인 20 mg/L보다 양호한 수준으로 처리하고 있다. 신천은 치수공간조성을 위해 14개의 가동보 및 고정보로 담수되어 유하없이 정체되는 문제점이 있고, 하수처리장에서 고도처리 없이 방류되므로 질소와 인이 많아 여름철에 부영양화가 발생되어 악취 등으로 민원을

야기하여 하절기에는 4일, 겨울철에는 7일 정도 담수 후 방류하고 있다.)³⁾

<표 2-1> 신천 유역현황

하천명	유역면적 (km ²)	유로연장(km)	비고
금호강	1,974.2	100.4	금호강은 낙동강 제 1지류(국가하천)이며, 신천은 제2지류(지방2급)하천임, 신천상류 가창댐유역면적:43km ²
신천	158.3	27	

<표 2-2> 신천하수처리장 방류수질 (mg/L)

BOD	COD	SS	T-N	T-P
14.8	10	11.2	19.6	1.2

<표 2-3> 금호강 및 신천의 유량현황

하천별	금호강	신 천
갈수량 (CMS)	0.67	0.03
저수량 (CMS)	2.01	0.09

(2) 일본

일본의 하수처리수 재이용량은 매년 증가하여 1995년도에는 전국처리장 190개 처리장에서의 총 처리수량인 107억톤의 1%(1.1억톤)에 달하고 있으며, 하수 재이용에 대해서 건설성에서는 하수처리수 순환이용 기술지침을 발표하였고, 하수처리수 순환이용 모델사업을 전개하고 있다. 한편, 건설성이 진행하고 있는 다른 하나의 하수처리수 재이용은 1985년도에 시작된 amenity 하수도 모델사업으로서 이는 하수처리수를 수경용수로서 이용하는 것이다.

하수처리수를 잡용수로 재이용하는 것이 전통적으로 활발히 이용되어 오다가 최근 들어 하천유지용수, 친수용수 등으로도 활용이 이루어지고 있으며, 오오사카(大

3) 대구광역시, 대구광역시 신천수질환경사업소, 2000

阪)시에서는 하수처리장 처리수를 공원으로 유입시켜 공원의 호수유지 용수로 활용하고 있고, 코스케(小管)처리장에서는 처리장의 상부를 공원화하고 처리수는 분수로 이용하고 있다.

東京都에서도 도시화에 따른 친수공간과 유지용수의 부족에 대처코자 多摩川 하수처리장에서 송수관을 30km를 설치하여 상류로 이송하여 산불방지용수, 상수원수, 하천유지용수 등으로 활용코자 방류하여 깨끗한 하천의 복원과 도시민의 휴식공간(친수공간)으로 활용하고 있다. 특히 동경도는 건천화된 하천에 하수처리수를 방류하여 수변공간을 창출하고 있으며 하천유지용수로 공급되는 하수처리수는 다마천 상류 하수처리장의 2차처리수에 응집제(폴리염화알루미늄:PAC)를 주입한 후 모래여과와 오존처리를 하고 있고 공급수질은 BOD 1.1~2.9 mg/l, 용존산소 5mg/l이상이므로 수생생물의 생존조건으로서 양호한 편이다.

<표 2-4> 하수처리수의 하천유지 및 친수용수 이용사례4)

도시명	처리장명	재이용수량 (톤/일)	공급단체	이용처	용도
大阪市	나카하마	3,500	大阪市공원국	大阪市공원의 호수	유지용수
東京都	玉川 상류처리장	최대 20,720	多摩川 유역하수도	多摩川 상류	유지용수 친수용수 산불방지용수

(3) 미국

미국에서 하수처리수 재이용은 수자원 보호, 용수의 효율적인 이용 및 새로운 용수원 확보의 관점에서 이미 수자원 계획의 중요한 부분으로 자리잡고 있다. 미국에서 재이용수의 사용 용도는 주로 농업용수(관개용)로 가장 많이 사용되고 있고 다음으로는 공장의 냉각용수나 공정용수, 지하수 함양 및 환경용수로 이용되고 있으며 생활용수로 이용되고 있는 양은 극히 일부분이다. 하수처리수 재이용 형태는 처

4) 石原光倫, 新水とこみの環境問題, 1998

김영란, 하수처리수재이용의 타당성연구, 서울시정개발연구원, 1999

리수를 직접적으로 공장용수, 관개용수 등으로 이용하는 직접이용형, 처리수를 인공호수에 저류하여 레크레이션 등으로 이용하는 표면저류형, 처리수를 지하에 저류하여 지하수원의 보급수로 이용하는 지하저류형이 있고, 하수처리수의 직접이용형은 용도에 따라 목표수질까지 처리하거나 3차처리까지 완전하게 할 수 있다.

하수처리수 재이용 방법 중에 표면저류형은 수면이 적은 지역에 적합한 특유방식으로서 근린 주민의 연못이나 호수에 관개하여 낚시, 보트놀이 수영 등의 레크레이션 공원을 위해서 재이용되고 있으며 일반적으로 고도의 처리수를 공급하고, 레크레이션 용도로서는 로스앤젤레스 County 위생조합에서 하수처리수를 아폴로호수에 수영과 낚시를 위하여 공급하고 있다. 또한 남다호 공익사업조합에서는 하수를 3차처리하여 남다호 유역으로부터 처리수를 송수하여 인디안크리크저수지에서 낚시 등의 레크레이션 용도로 재이용되고 있다. 한편 지하수 함양을 위하여 San Diago County 등에서는 하수처리를 수개월동안 안정화지에서 안정화한 후 불투수층이 있는 지하층으로 유입시켜 재이용하는 방법을 도입하고 있다.

<표 2-5> 하수처리단계별 재이용 용도⁵⁾

처리단계	주요공정	재이용 용도
1차 처리	침전	· 재이용 불가
1차 처리	생물학적 처리, 소독	· 과수원, 포도원 관개 · 비식품 작물관개 · 제한된 용도의 조경용 연못 · 비음료용지하수 충전 · 하천유지용수 · 상업용냉각용수
1차 처리	화학적응집, 여과, 소독	· 조경 및 골프코스 관개 · 화장실용수, 세차 · 식품용 작물관개 · 제한된 위락용의 호수 · 간접음료용, 음료용지하수 충전 · 호수유지용수

5) US EPA, Water Division Region IX, Water Recycling and Reuse : The Environmental Benefits, EPA909-F-98-001, 1998

(4) 영국

영국에서 하수처리수가 가장 빈번하게 이용되는 것은 냉각용수로서 총 용수량의 2/3이상을 차지하며, 그 중에서 발전소와 석유정제소, 제철소, 제지공업 및 화학공업에서의 사용량이 많다. 하수처리수는 하천의 수원보다 용해성 물질과 현탁물질이 적을 때도 있어 냉각용수로 사용하는데 별 문제점이 없는 것으로 파악되고 있다.

2) 지하철 용출수 활용

(1) 서울시

서울시 지하철의 지하수를 하천으로 방류하는 사례는 <표 2-6>에서 제시된바와 같으며, 앞으로 지하철역에서 발생하는 지하수를 건천화된 하천의 유지용수로 활용하는 방안 등 더 다양하게 활용할 수 있는 계획을 수립하였다.

<표 2-6> 서울 지하철 배출수의 활용사례⁶⁾

역명	배출수량 (톤/day)	공사개요 및 효과
여의도	3,136	· 여의도 샛강 생태공원(55,000평) / · 자연학습장 · 샛강과 한강변의 친환경적 정비 · 친수공간 조성 / · 생물서식처 조성 및 생태계 보호
거여	1,382	· 수변공간조성 및 친환경적 정비 · 성내천 시범하천 구간에 유지용수 활용 · 관로공사(φ200m/m)를 완료하여 시범하천 상류부로 방류
마천	2,419	· 수변공간조성 및 친환경적 정비 · 성내천 시범하천 구간에 유지용수 활용 · 관로공사(φ300m/m)를 완료하여 시범하천 상류부로 방류
홍제	1,944	· 현재 홍제천 정화사업 및 하천환경개선사업을 시행중에 있음 · 양질의 유지용수를 활용하기 위해 관로공사를 시행중에 있음
수유	1,888	· 우이천 정화사업 및 하천환경개선사업 · 우이천으로 관로공사를 완료하여 방류하고 있음

6) 서울시, 지하수 배출 전용관로 설치 타당성조사 및 기본설계 보고서, 1998

(2) 안양시

안양시 유역의 지하철구간의 지하수 발생량은 총 약 5,400톤/일이며 이중 3,700톤/일은 인덕원 구간에서 발생하여 학의천으로 방류함으로써 하천 유지용수량 확보에 기여하고 있다.

<표 2-7> 안양천 유역의 지하철 용수 발생현황

지하철 노선별	용수발생량	펌프시설	발생위치	방류수역	비 고
계	5,400 톤/일				
인덕원역 1구간	2,520 톤/일	30hp*6대, 25hp*6대	관양2동 현대자동차옆	학의천 방류	99.12.3 통수
인덕원역 2구간	1,200 톤/일	25hp*2대	갈현천 과천시계	갈현천→학의천	
범계역	1,680 톤/일	40hp*6대, 50hp*1대	호계2동 명학대교옆	안양천	
평촌역 1구간	2.4 톤/일	15hp*3대(역앞)			
평촌역 2구간	2.4 톤/일	25hp*3대(공원)			

<표 2-8> 안양천 유역의 지하철 용수수 이용실적

구 분	세 부 내 역			
○ 사업개요	<ul style="list-style-type: none"> · PE관 매설 D=450mm L=132m · 자연석 설치:27㎡ 			
○ 사업비	· 31,905천원			
○ 공사기간	· '99. 10.29 -12.17일			
○ 용수통수	<ul style="list-style-type: none"> · '99.12.3(현재 학의천으로 방류) · 배출펌프 15분 가동, 10분 정지 			
○ 사업효과	<ul style="list-style-type: none"> · 학의천 갈수시 2,520톤 확보로 건천화 예방 · 하수처리장 처리비 절감 70,000천원 - 3,000톤 × 365일 × 64원 = 70,080천원 · 수질개선효과(BOD기준) 			
	시기	유입전	유입후	저감율(%)
	평수량시	7 mg/L	6 mg/L	14
	갈수량시	14 mg/L	10 mg/L	29

(3) 일본

일본은 하수도법에 따라 지하철 역사에서 배출되는 지하수는 공공하수도로 보내 처리하고 지하수에 대해 하수처리요금을 부과하고 있다. 그러나 별도의 수질기준을 만족할 경우 공공수역으로 직접 또는 전처리 후 하천으로 방류할 수 있도록 하고 있다. 현재 9개 지하철 역사에서 배출되는 지하수는 하수처리장이 아닌 인근의 하천 등으로 직접 방류되고 있으며, 그 수량은 평균 한 역사당 약 850 m/day이다.

(4) 미국

미국의 뉴욕시 지하철유출 지하수는 일반적으로 우수관 또는 합류관으로 보내지나, 예외적으로 맨하탄의 한 역사에서 유출되는 지하수는 Hudson강과 East강을 연결하는 뉴욕시 맨하탄섬의 동북쪽 끝에 위치한 Harlem강으로 방류되고 있다. 또한, NYCTA(뉴욕시 교통국)는 규정에 따라 지하철역사에서 유출되는 지하수가 하천으로 방류될 경우, 수질환경에 문제가 없다는 것을 수질검사결과를 통해 증명한 후, 전처리 없이 하천으로 방류하고 있다. 일반적으로 지하철에서 배출되는 지하수를 공공하수시설로 방류하기 위해 NYCTA는 하수도방류승인서를 뉴욕시 환경보호과(DEP ; Department of Environmental Protection)에 제출해야 하며, 환경보호과는 지하철역사 배출용수의 공공하수도로의 유입이 환경적으로 안전한가를 평가한 후 공공하수도로의 연결을 허가하고 있다.

3) 지자체별 하천 종합 수량관리 계획

우리나라 고양시는 하천유량을 관리하기 위한 방안을 다음과 같이 제시한 바 있다. 이에 풍부하고 깨끗한 물을 다른 유역에서 도수하는 등의 방안을 제시하고 있다. 이러한 개념은 한강의 창릉천에서도 공급계획을 세워놓고 있는데, 많은 공사비 및 에너지의 소요 등의 이유로 면밀한 검토가 필요한 상황이다.

(1) 고양시

<표 2-9> 고양시 관내 하천의 유량관리 계획

구상	방안	검토	
		장점	단점
타유역에서 도수	한강의 하천수, 호수공원 잉여수량, 농업용 수로의 잉여수량	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 하천기능 유지 	<ul style="list-style-type: none"> 공사비 과다
신규수원 개발	상류에 댐건설	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 하천기능 유지 	<ul style="list-style-type: none"> 공사비 과다
	지하수 개발	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 비용과다 수원확보 문제
	지하철 용출수 활용	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 비용저렴 	<ul style="list-style-type: none"> 수량부족
	수중보 또는 고무댐 건설	<ul style="list-style-type: none"> 비용저렴 	<ul style="list-style-type: none"> 수질문제 선해결
하수처리수 재이용	하수처리장 방류수 상류 펌핑	<ul style="list-style-type: none"> 수량확보 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 추가처리 필요
	상류에 마을단위 소규모 고도 하수처리장 건설	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 종말시스템과 연계 부족
상류계곡수의 유입확대	분류식 하수관거 설치	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 하천기능 유지 하수처리장 안정화 	<ul style="list-style-type: none"> 비용과다
정화시설 설치에 따른 처리수	하상여과 시설, 저류지 및 식생정화 시설 설치	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 하천기능 유지 	<ul style="list-style-type: none"> 수량부족
침투력증가 등 유역관리	우수침투 증진, 불투수층 제거	<ul style="list-style-type: none"> 하천수질 개선 갈수기 유량증대 	<ul style="list-style-type: none"> 가시적 효과 미미

(2) 한강 창릉천

<표 2-10> 한강의 하천수 이용 관리유량 공급계획

구분	한강의 하천수를 이용하여 유지용수 공급
개요	<ul style="list-style-type: none"> 창릉천의 갈수기시 하천의 건천화를 막기위해 창릉천과 한강의 합류부 지점에서 4,300m³/day의 하천수를 가압펌프장과 압송관로를 설치하여 창릉천에 유지용수로 공급
위치	<ul style="list-style-type: none"> 펌프장 : 창릉천 한강 합류부 방류지점 : 창릉천 덕수 낙차공
시설계획	<ul style="list-style-type: none"> 펌프장 계획(Q=43,000m³/day=30m³/min) <ul style="list-style-type: none"> - 펌프용량 : 30m³/min - 대수 : 2대(1대 예비) 관로계획 <ul style="list-style-type: none"> - 위치 : 창릉천 하류 난지하수처리장-창릉천 덕수 낙차공 - 사업량 : 관로매설 직경 = 700mm, 연장 = 9.7km
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> 별도의 정수시설 없이 하천유지용수로 바로 이용할 수 있고 하수처리장 처리수 이용시보다 양호한 수질확보 가압펌프장 및 압송관거 설치로 막대한 공사비와 유지관리비 소요 압송에 의한 처리수의 이송
사업비	<ul style="list-style-type: none"> 총공사비 : 6,600백만원 <ul style="list-style-type: none"> - 펌프장 1식 2,000백만원 - 가압관로 D700mm 4,600백만원
비고	<ul style="list-style-type: none"> 펌프장 및 관로공사비가 많이 소요되고, 시설물이 고수부지에 위치하는 경우 지하수위가 높아 시공상 어려움이 많음 <ul style="list-style-type: none"> - 창릉천의 수질 및 저니질 개선 - 창릉천의 수중생물 서식조건 개선 - 창릉천의 생태복원과 자연 친화적 개발 가능

제 3 장

하천유지유량 확보 기본계획

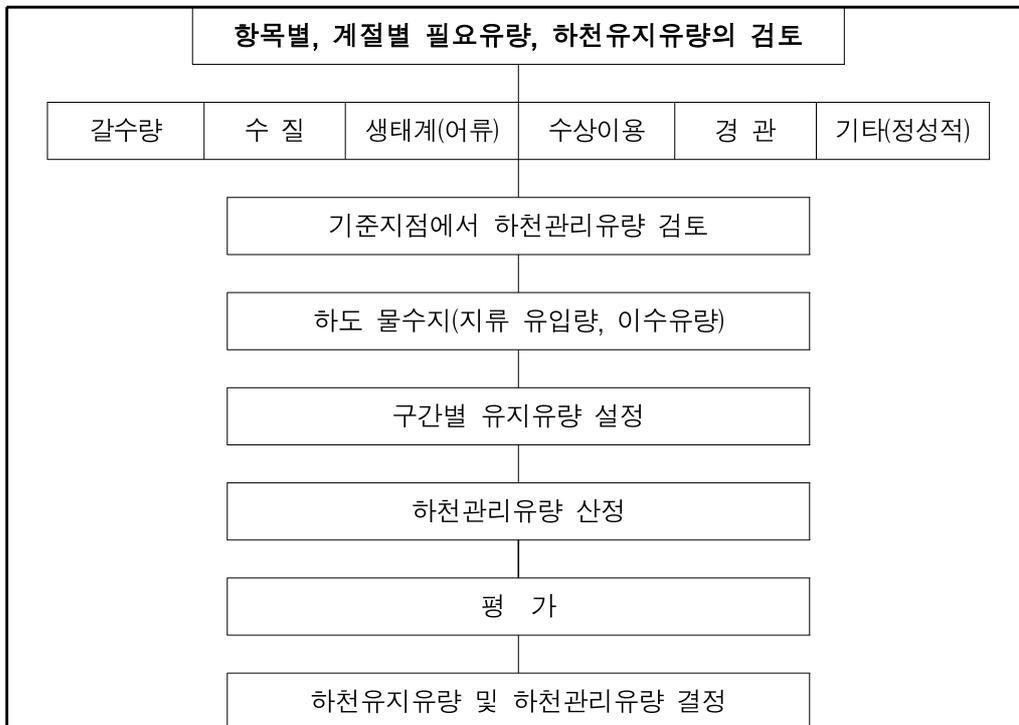
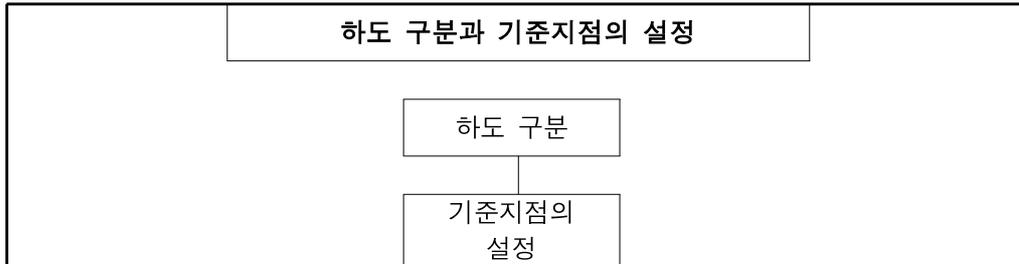
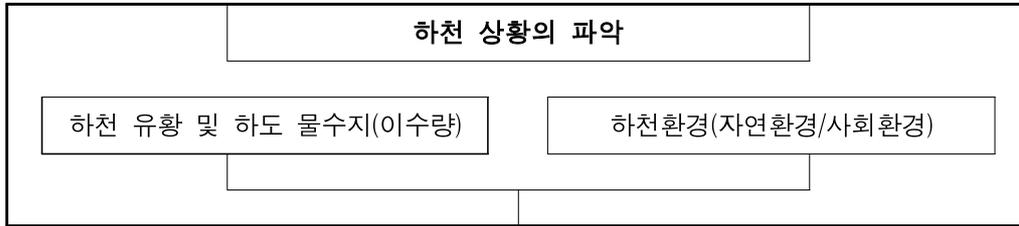
1. 하천유지용수 필요유량의 산정
 2. 대표지점별 필요유량 산정
 3. 향후 여건변화에 따른 유량변화 대비방안
 4. 하천유지유량 확보방안
-

3.1 하천유지용수 필요유량의 산정

1) 도시하천 유지용수 산정방향 및 기준

도시하천의 유지용수는 앞에서 정의한 바와 같이 기본적으로 하천의 보전을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량이라 할 수 있다. 따라서 유지용수산정은 하천의 자연적인 기능을 유지하기 위한 용수와 도시하천의 특성을 보장하기 위한 용수 중 큰 값으로 하고 있다. 하천 본래기능을 유지하기 위한 유량은 인간이 사용하는 물과는 별도로 하천 본래의 정상적인 기능을 충족시키기 위한 유량으로서 하천의 수량관리에 있어 반드시 고려되어야 할 유량이다.

하천의 정상적인 기능과 상태라 함은 최소한의 자연갈수량 유지, 하천동식물의 생태계 보호 등이며, 그 외에 도시하천으로서의 기능유지를 위한 용수로는 하천경관 보전, 하천 수질 및 청결한 흐름의 유지, 수상 활동 유지, 하천 시설물 보호와 같은 기능을 말함. 도시하천에서의 건천화 방지용수는 하천의 최소한의 생태계유지를 위한 용수를 필요로 하므로 하천의 생태기능 유지와 건천화 방지를 위한 필요유량은 동일한 개념으로 보아도 무리가 없고 이와 같은 바탕 위에서 하천유지유량 산정방향은 <그림 3.1>과 같다.



<그림 3-1> 하천유지유량 및 하천관리유량의 산정절차

<표 3-1> 도시하천 유지용수 산정기준

구분		하천공간특성	계획방향
친수 기능	광역 이용 공간	<ul style="list-style-type: none"> · 기 개발된 구간으로 지역주민 외에 인근지역 주민까지 이용 · 하천의 폭이 넓고 물과 접촉할 수 있는 공간이 있는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> · 경관, 상태 측면까지 고려하고 신체와 접촉할 수 있는 수준의 수질 유지
	지역 이용 공간	<ul style="list-style-type: none"> · 기존에 자연공원이 있으면서 지역주민이 활발하게 이용 하는 구간 	<ul style="list-style-type: none"> · 기존공원에 친수 기능까지 첨가해 지역주민이 휴식하고 교류할 수 있는 장소 조성
생태기능 (자연보전)		<ul style="list-style-type: none"> · 귀중한 생태계가 잔존하고 있는 구간 	<ul style="list-style-type: none"> · 생태계의 보호를 우선으로 하고 원칙적으로 인공적 정비를 배제
경관기능		<ul style="list-style-type: none"> · 하천이 시가지의 주축이된 장소로서 주민이 이동시 하천으로서의 경관을 느낄수 있는 곳 	<ul style="list-style-type: none"> · 시가지 경관과 조화되는 수변경관 창조
자연기능 (자연이용)		<ul style="list-style-type: none"> · 하천 특유의 흐름과 수변이 갖추어진 곳 	<ul style="list-style-type: none"> · 동식물의 관찰, 스케치 등 자연과 친해지는 장으로 활용 · 자연을 이용한 휴식공간 조성

2) 항목별 필요유량의 산정기준

하천유지용수는 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 하천의 기능은 크게 경관향상, 생태계의 보호 및 회복, 친수기능 유지, 하천의 자연기능 유지가 가장 대표적인 기능이라 볼 수 있으며 하천의 경관, 생태계 및 친수기능을 확보하기 위해 필요한 유지용수량은 각 하천기능에 적합한 수면폭, 유속, 수심에 의해 정해지며 구체적인 산정기준은 다음과 같다.

(1) 하천생태계를 고려한 필요유량

하천 생태계에서 유량의 변화는 어류뿐만 아니라 하천의 모든 생물에 큰 영향을 미침. 특히 어류의 서식처, 산란장, 산란한 알 등에는 유량의 변화가 치명적인 영향을 미치기 때문에 하천유지유량을 결정할 때에는 어류생태를 우선 고려하나, 하천내 모든 어류를 고려한다는 것은 한계가 있으므로 우리가 흔히 접할 수 있고 쉽게

이해할 수 있는 대표어종을 선정하여 필요유량을 충족시켜 줌으로써 하천생태계를 보전하도록 하여야 함. 하천 어류서식지 해석과 필요유량 산정 및 평가방법은 4가지 방법이 있다.

- 첫째: 경험적인 방법으로 과거 관측 유량의 유황분석을 통해 어류 서식에 적합한 일정비율의 유량을 결정하는 방법
- 둘째: 현지 실측방법으로 하천에서 조사구간을 정해 어류와 수리·수문 변수간의 관계를 개발하여 산정하는 방법
- 셋째: 서식처 모의에 의한 방법으로 유량 규모에 따른 물리적 서식처의 변화를 고려할 뿐만 아니라 하천 유량 범위에 걸쳐 가용한 서식처의 양을 결정하기 위해 주어진 어종이 선호하는 서식처 선호도와 하천유량 정보를 결합하는 방법
- 넷째: 간편법으로 일부지점에 대해 어류가 물과 조화를 이루어 서식하는 하천 공간 시스템이 아닌 하도부분의 통과 수로 역할만을 검토하는 방법임. 즉, 하천공간 시스템에 대한 전반적인 해석이라기보다는 특정구간 및 지점에서 어류의 이동에 필요한 수리·수문 조건을 산정하는 방법

3대하천의 경우 생태계를 보전하는데 필요한 유량산정 방법은 네 번째 방법인 간편법을 이용하였고, 절차는 생태조사 자료를 이용하여 서식하는 대표어종의 선정, 서식처 수리조건의 결정, 지점 및 구간 설정, 그리고 필요유량의 산정 등의 절차를 통해 수행하였다. 대표어종은 주로 출현빈도가 높고 하천을 대표할 수 있는 어종으로 하천생태계 측면에서 구분된 각 구간별로 설정하여야 하며, 대표종이 없을 경우에는 대표어종과 서식조건이 비슷한 대리어종으로 검토하는 것이 일반적임. 한국의 대표어종과 3대하천의 어류조사 결과 대표어종을 피라미로 선정하였다.

어류서식 환경은 여울과 웅덩이 등의 하천 상태, 어류와 관련된 유속, 수심, 하상 재료, 어류의 이동, 하천 수질조건으로 수온, 용존산소, pH, 생물화학적 산소요구량 등이 고려되어야 한다. 여기서는 수량과 가장 관계가 있는 유속과 수심 조건만 고려하였다. 따라서 수심과 유속측면에서 이들 어류의 서식을 위해 갈수기에도 최소한 10 cm의 물의 흐름이 필요하기 때문에 각 대표지점에서 수심 10 cm의 유지가

되도록 유지유량을 설정하였다.

<표 3-2> 대표어종과 대리어종 일람표 (한국수자원공사, 1995a)

구 분 구 역	대표어종	대 리 어 종	하천유형
얼목어	독종개(59)	얼목어(110), 산천어(113)	산지계류형
버들치	버들치(4)	금강모치(36), 종개(37), 버들개(39)	산지계류형
갈겨니	갈겨니(3)	참마자(20), 쉬리(21), 꺾지(28), 통가리(41), 은어(42), 배가사리(44), 자가사리(45)	중간계류형
피라미	피라미(1)	돌마자(5), 긴몰개(10), 돌고기(11), 모래무지(13), 동사리(16), 누치(22), 꼬리(31)	중류형
붕 어	붕어(2)	참붕어(8), 왜몰개(12), 치리(15), 송사리(24), 잉어(40)	평지 하류형
응 어	밀어(14)	꼭저구(34), 응어(35), 검정망둑(43)	기수 구역형

()안의 숫자는 우리나라에서 출현빈도에 따른 민물고기임

<표 3-3> 생태계를 고려한 하천유지유량 산정기준

구 분	유 지 용 수 량 산 정 기 준
수면폭	하천경관에 필요한 수면폭을 적용한다.
유 속	어느 정도 흐름을 확보할 수 있는 0.2m/s를 적용한다.
수 심	피라미 등이 살수 있도록 최소 0.1m는 보장이 필요하다.

(2) 하천경관을 고려한 필요유량의 산정

하천 경관을 고려한 필요유량이란 하천의 주요지점에서 경관을 유지하기 위하여 하천이 확보해야 할 수리학적 조건, 즉 수면폭, 유속 등을 만족시킬 수 있는 유량을 말한다. 하천경관은 하천 요소와 하천 주변 요소로 이루어지며, 하천요소는 수면을 주로 한 수면경관과 수면과 고수부지 등의 육지부와 접촉선인 수면공간 부근의 경관을 주로 한 수변 경관과 고수부지의 경관을 주로 하는 고수부지 경관 등으로 나눌 수 있다. 광의적으로 하천경관은 하천흐름, 제방, 고수부지 등으로 구성되

는 하천요소와 주변지역의 시가지, 전원, 산맥 등의 경관구성요소, 즉 하천 주변요소가 일체가 된 공간에 사람들의 활동이나 동식물의 생태계가 부가되어 형성된다. 도시하천 경관계획에서 가장 중요한 점은 하천을 일상적인 도시경관 속에서 이질감 없고 휴식공간으로서 자연을 느낄 수 있도록 포용하는데 있다.

따라서 하천 경관 측면에서의 필요유량은 하천이나 하천변에 접근하는 사람으로 하여금 정서적으로 풍부하고 안정된 심적 감정을 갖도록 하는 유량이다. 유량변화에 따라서 수면폭, 유속, 수심, 하폭 등의 물리적인 요소가 경관에 미치는 영향이 커지므로 산정방법은 이를 바탕으로 하며 유속의 경우, 흐름상태와 유속과의 관계는 <표 3.5>와 같다. 경관을 고려한 수면폭을 고려할 경우 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비를 주로 활용하며, 유속을 고려하는 경우도 유속의 크기에 따라 흐름의 느낌이 달라지며 중소하천의 경우 경관적인 차원에서 흐름이 0.2m/sec이내가 좋으며, 필요수심은 중소하천의 경우 하상재료가 보이지 않고 피라미 등의 담수어가 잘 살 수 있도록 최소 10cm는 보장이 되면 적합하다.

본 연구에서는 한국건설기술연구원과 일본 건설성 등에서 제시한 방법인 수면폭(W)과 하폭(B)의 비($W/B \geq 0.2$)를 기준으로 하였다. 특히 하도가 이미 개수되어 있는 경우 또는 자연형 하도로 개조코자 하는 경우도 이 수준을 고려하여 수심 10cm를 기준으로 하였다. 유속은 하천의 형태 및 특성, 지역특성 그리고 사회·문화적인 특성을 고려하여 하천의 이미지에 부합하는 유속을 고려하여야 하나 특별한 특성이 없는 경우에는 일반적으로 0.2 m/sec를 적용한다.

<표 3-4> 하천경관을 고려한 하천유지용수 산정기준

구분	유지용수량 산정기준
수면폭	유량이 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율 등 대상간의 비율과 대상공간의 점용율에 의한다. 이때 공간비율의 지표로써 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B)를 들 수있다. 유량감을 느낄 수 있는 최소비율은 하천폭의 20%이다.
유속	도시를 관류하는 하천이므로 느긋한 흐름의 경관이 바람직하다. 어느 정도의 흐름을 느낄 수 있는 유속은 0.2 m/s이다.
수심	평균수심으로 0.1 m 를 확보한다.

<표 3-5> 유속의 크기에 따른 흐름의 상태

유 속(m/sec)	흐름의 상태
0.1 이하	흐름을 느낄수 없다. 호안의 물체가 수면에 비친다.
0.1 - 0.2	매우 완만하고, 수면은 거의 파가 일어나지 않는다.
0.2 - 0.4	완만하게 느끼고 흐름은 모습을 알 수 있다.
0.4 - 0.6	비교적 빠른 흐름으로 파가 발생되며 유량감을 느낀다.
0.6 - 0.8	빠른 흐름으로 파가 발생한다.
0.8 - 1.0	빠른 흐름으로 파랑이 크게된다.
1.0 - 1.5	상당히 빠른 흐름으로 급류에 가깝고 파랑이 급격하게 된다.
1.5 - 2.0	급류의 느낌을 가진다

(3) 친수를 고려한 필요유량 산정

하천유지유량을 산정하기 위해서는 하천에서의 여가활동을 포함한 친수활동을 고려할 필요가 있으며, 친수활동의 종류 중에는 경관에 필요한 기준을 이용하면 타당한 산책과 신체가 물과 직접 접촉하는 수영이나 간접적으로 접촉하는 뱃놀이가 있다. 3대하천의 경우 어린이들의 물놀이를 고려 대상으로 하여 산정한다.

<표 3-6> 친수환경을 고려한 하천유지유량 산정기준

구분	하천유지유량 산정기준
수면폭	산책이나 물놀이등 가능한 수면폭으로 경관에 필요한 수면폭을 적용한다.
유속	친수활동에 적합한 유량 0.2m/s을 적용한다.
수심	어린이의 물놀이가 예상되는 지역이므로 수심 0.2m가 적당하다.

(4) 하천수질 보전을 위한 필요유량

하천수질 보전은 무엇보다도 하천에 유입되는 오염물질을 규제하거나 배출기준

을 강화하여 하천유입을 근원적으로 차단 또는 경감하는 것이 가장 효율적이므로 환경기초시설 등에 의한 오염물질의 차단 및 처리여부, 하천의 수량공급 능력 등을 고려하여 접근하여야 한다.

하천 수질보전을 위한 필요유량은 해당 하천의 목표수질을 달성하는데 필요한 유량으로서 환경기초시설 증설에 따른 오염물질의 처리능력과 비점오염원을 감안하여 ①수질특성 파악 및 평가대상 항목의 선정 ②목표연도 및 목표수질 기준 설정 ③오염부하량 조사 및 목표 연도별 오염부하량 산정 ④수질예측모형의 선정 및 수질예측 ⑤목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정과 같은 절차를 따라야 할 것이다. 필요유량 산정을 위한 수질평가 항목은 국내 하천수질의 평가기준으로 널리 활용되고 있는 생물화학적 산소요구량으로 한다. 그러나, 대상 하천에 따라 유입되는 오염부하량을 지배하거나 지역 특성상 특별히 고려해야 할 수질 항목이 있는 경우에는 그 항목을 평가대상으로 추가할 수 있다.

(5) 기타 필요유량

○ 염수 침입 방지를 위한 필요유량

염수침입 방지를 위한 필요유량은 우선 하류부 등에서 염수침입 실태와 취수시설실태를 파악하여 바닷물 상승시 하류에 염수가 미치는 영향 등을 검토한 후 이에 대한 대책으로 필요량을 산정한다. 이때 염수침입 방지 대책은 하천유량을 증가시키는 방법 외에 하구둑의 설치, 취수시설의 개량 등도 병행하여 검토한다.

○ 하구 막힘 방지를 위한 필요유량

하구 막힘 방지를 위한 필요유량은 해당 하구에서 하구막힘 실태조사, 하구 막힘과 유황조건을 조사하여 결정하되 하구에 수제 또는 편향 구조물 등과 같은 항구적인 인공시설물을 설치하여 유사이동을 조절하는 방안 등을 우선 검토한다.

○ 하천시설물 및 취수원 보호를 위한 필요유량

하천시설물 및 취수원 보호를 위한 필요유량 산정은 하천관리시설 실태, 하천관리시설과 하도 상황과의 관계 등을 조사하고 시설물의 유지관리상 일정한 수심유

지가 필요한 시설물이 있을 경우 이러한 수리조건을 만족시키는 유량을 산정한다. 다만, 하천유지유량의 증가보다는 시설물의 재질 및 구조의 변경, 재설치 등 구조적인 측면에서 해결하는 방안을 우선적으로 검토한다.

○ 지하수위 유지를 위한 필요유량

하천변의 지하수 이용실태조사, 하천수위와 지하수 영향권 및 지하수 영향조사, 하도유황과 지하수위의 관계를 조사하여 결정하되 자료부족 등으로 정량적인 해석이 곤란할 경우에는 과거 지하수 고갈상황등에 대한 기록이나 인근 주민들의 탐문 조사를 통하여 정성적으로 판단하여 설정할 수 있다.

(6) 국내외 필요유량 산정에 관한 연구 동향비교

<표 3-7>은 각국의 하천유지유량의 고려항목들을 일목요연하게 비교한 것이다. 하천유지유량을 결정하는 데 있어 정량적으로 고려되는 항목들은 주로 대부분 하천의 최소유량으로 보는 갈수량, 수질보전, 생태계(어류) 복원 및 보전, 하천 경관, 수상 우락 및 수운 등이다. 구미의 경우 이 중 주로 관심 대상 항목은 생태계 보전이며, 하천 생태계의 대표종은 어류를 들고 있다. 일본의 경우 하천 생태계는 물론 수질 보전, 하천 경관, 갈수량 등을 종합적으로 고려하고 있다.

우리나라에서는 '80년대부터 하천유지유량의 개념도 수질문제에 중점을 둬. 하천 수질 보전을 위한 필요유량은 해당 하천의 목표수질을 달성하기 위한 유량으로서, 환경기초시설 증설에 따른 오염물질의 처리능력을 감안하여 수질특성 파악 및 평가대상 항목의 선정, 목표 연도 및 목표수질기준 설정, 오염부하량 조사 및 목표 연도별 오염부하량 산정, 수질예측모형의 선정 및 수질예측, 그리고 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정과 같은 절차를 따르나 도시하천의 경우 수질회석을 위한 용수공급은 현실성이 없기 때문에 수질기준을 만족시키도록 각종 오염원저감대책을 추진토록 함이 필요하고 유지용수 산정기준에서는 고려하지 않는 것으로 한다.

<표 3-7> 각국의 하천유지유량 고려항목의 비교

구분	한국	일본	미국	영국	비고
갈수량 (하천 및 유역특성)	평균갈수량 (355일 갈수량의 연평균값)	평균갈수량과 기준갈수량의 중간값	7day-10year low flow	Q95(기준유량) , 갈수기 유량	평균갈수량은 우리나라에서 너무 크다는 의견도 있음
하천 수질	주로 QUAL2E 모형을 적용	단순 질량보존식 적용. 최근에는 QUAL2E 모형을 개량하여 사용	단순 보존식에서 QUAL2E 모형을 적용	미파악(수질예 측모형)	QUAL2E 모형은 적용시 상당한 비용과 시간 요구
생태계 (주로 어류)	고려하지 않음	하천의 어류서식처 조건을 수리량으로 환산(비교적 간단)	어류서식처 조건을 수리량으로 환산(간단한 방법부터 복잡한 IFIM (Bovee,1982)등 다양함)	어업 : 어종별 차별화 수중생태계 : 기존의 생물학적 수질지표 이용	
수상 위락	고려하지 않음	주운만 고려(사실상 중요하지 않음)	수상위락을 고려하여 유지유량산정(IFIM 방법)	수상위락 형태별로 차별화	
경관	고려하지 않음	경관유지를 위한 수리조건을 수리량으로 환산	경관유지를 위한 수리조건을 수리량으로 환산	경관가치별로 차별화	
기타 항목	고려하지 않음	구체적 방법은 없으나 정상적으로 고려함	고려하지 않음	수변생태계 및 특별한 환경조건에 대해서도 고려	

3) 하천유지유량 산정방법

각 항목별 필요유량을 공통으로 만족시키는 유량을 구간별로 산정한 후 갈수량과 비교하여 필요유량이 갈수량보다 작을 경우 갈수량을 하천유지유량으로 결정하고, 필요유량이 갈수량보다 클 경우 상류의 유량공급 가능성, 기존 유수사용자의 권리 등을 고려하여 갈수량 이상을 하천유지유량으로 결정하는 방법이 일반적이다.

3.2 대표지점별 필요유량 산정

1) 하천수질을 고려한 유지유량 산정

대전천 및 유등천에 대한 하천유지용수는 이용목적별 수질기준, 수중보의 저수용량, 갈수기시 하천의 현재 및 목표수질 등을 기초로 갈수기시 수질을 만족하는 유량확보가 필요한 바, 갈수기시의 수량과 수질을 고려하여 산정하였다.

<표 3-8> 갈수기 평균유량 및 BOD 목표수질

기준 지점		갈수량 (m ³ /sec)	목표수질 (mg/L)	예측수질 (mg/L)	하천기준 (mg/L)
대전천	대전천 하구	0.13	3.0(II등급)	8.0	6.0(III등급)
유등천	유등천 상류 (발원지 ~ 유등교 지점전)	0.32	3.0(II등급)	4.5	3.0(II등급)
	유등천 하류 (유등교 지점후 ~ 갑천 합류전)	0.48	3.0(II등급)	5.0	6.0(III등급)

대전천 및 유등천의 하천수질은 하수차집전과 후의 수질변화가 심하며, 차집시설 이후에 수질이 상당히 양호하게 향상된 것을 알 수 있다. 대전천 하류지역의 경우 갈수기시의 수질은 약 BOD 8.0 mg/L 정도이며, 유등천의 경우 대전천 합류전 갈수기시의 수질은 약 BOD 4.5mg/L이고, 갑천 합류전의 유등천 하류 수질은 BOD 5.0 mg/L되는 것으로 이들 하천에서의 적용 수질은 갈수시 수질중 최저의 수질을 대상으로 하여 필요유량 산정에서의 여유량이 감안되도록 하였다.

본 연구에서는 갈수기시의 예측수질을 각 하천별 목표수질 II등급(3 mg/L이하)으로 상향조정하여 이에 도달되는 데 필요한 하천유지용수 확보량 산정결과는 다음과 같다.

<표 3-9> 갈수기 기준지점의 하천유지유량 산정

기준지점	목표수질보전 유지용수	수중보 정체수의 수질악화방지용수	유지용수 합계
대전천 하구	$3 = \frac{8.0 \times 0.13 + C_s \times Q_s}{0.13 + Q_s}$ $C_s = \text{유지용수공급수질}$ $(1.5 \text{mg}/\ell \text{ 가정})$ $Q_s = \text{유지용수공급량}$ $(0.43 \text{m}^3/\text{sec})$ $V_s = 0.43 \times 99 \text{일} \times 86,400$ $\approx 3,678,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$V_s = M_s \times \alpha$ $M_s = \text{수중보의 저류량}$ $\alpha = \text{수중보의 악화수질}/$ 목표수질 $\alpha = \frac{4.8 \text{mg}/\ell}{3.0 \text{mg}/\ell} = 1.6$ $V_s = 142,000 \times 1.6$ $\approx 227,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$3,905,000 (\text{m}^3/\text{년})$ $\approx 40,000 (\text{m}^3/\text{일})$
유등천의 대전천 합류전	$3 = \frac{4.5 \times 0.32 + 1.5 \times Q_s}{0.32 + Q_s}$ $Q_s = 0.32 (\text{m}^3/\text{sec})$ $V_s = 0.32 \times 91 \text{일} \times 86,400$ $\approx 2,516,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$V_s = 235,000 \times 1.6$ $\approx 376,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$2,892,000 (\text{m}^3/\text{년})$ $\approx 32,000 (\text{m}^3/\text{일})$
유등천 하구	$3 = \frac{4.5 \times 0.32 + 1.5 \times Q_s}{0.32 + Q_s}$ $Q_s = 0.64 (\text{m}^3/\text{sec})$ $V_s = 0.32 \times 95 \text{일} \times 86,400$ $\approx 5,253,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$V_s = 1,375,000 \times 1.6$ $\approx 2,200,000 (\text{m}^3/\text{년})$	$7,453,000 (\text{m}^3/\text{년})$ $\approx 78,000 (\text{m}^3/\text{일})$

2) 하천특성을 고려한 필요유량 산정

하천유지용수 산정은 각 지천별, 주요 지점별 생태적 기능, 경관적 기능, 친수적 기능 중 주요기능을 설정하고 각 기능에 대해 앞에서 설정한 기준을 적용하여 유지용수를 산정하였다. 3대하천의 주요지점의 하천유지유량의 결정은 기능별 유량과 최소한의 하천기능을 유지하는 갈수량과 비교하여 결정하였다. 갈수기 유황자료는 대전광역시 '하수도정비 기본계획'에서 수질을 고려한 하천유지용수 확보에서 이용된 자료를 이용하였다.

어류보전에 필요한 유량은 어류 성장단계에 따라 수리학적 서식 요구조건이 달라 필요한 유량도 달라져야 한다(Bovee, 1982). 하지만 본 연구에서 산정되어 결정되는 하천유지유량이 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위해 양적으로 연중 일정

량이 설정되기 때문에 특정 하도 구간에서 구체적으로 성장단계별로 구분되어 어류보전에 필요한 유량이 설정되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 어류 서식에 대해 세분화 하여 최적의 조건을 부여하지 못하는 점을 감안하여 성장 단계중 성어기에 대한 조건을 만족시키는 유량을 어류 보전에 필요한 유량으로 결정하였다. 하천경관을 고려한 필요유량 산정을 위해 하천이나 하천변에 접근하는 사람으로 하여금 정서적으로 풍부하고 안정된 심적 감정을 가질 수 있도록 수면폭(W)과 하폭(B)의 비($W/B \geq 0.2$)를 고려한 대표지점별 하천유지유량은 다음과 같다.

<표 3-10> 필요유량 산정기준

구분	필요유량 산정기준
수면폭	하천경관에 필요한 수면폭(W)과 하폭(B)비 · 갑천 W/B : 0.2 · 유등천 W/B : 0.3 · 대전천 W/B : 0.3
유속	어느 정도 흐름을 확보가능한 0.2m/sec 적용
수심	피라미 등이 살 수 있도록 최소 수심 0.1m 적용

<표 3-11> 대표지점별 하천유지유량 결정

하천	구간	대표지점	유역면적 (km ²)	유지용수 산정 (m ³ /sec)			
				갈수량	하천수질	하천특성	유지용수 결정량
유등천	상류 ~ 유등철교	침산교	165.20	0.32	-	0.77	0.32
	유등철교 ~ 대전천 합류전	대전천 합류전	184.88	0.32	-	0.95	0.95
	대전천 합류후 ~ 갑천 합류전	갑천 합류점	282.28	0.48	0.90	1.38	1.38
대전천	구도교 ~ 보문교	옥계교	46.58	0.09	-	0.42	0.09
	보문교 ~ 삼선교	대동천 합류전	61.97	0.10	-	0.60	0.60
	삼선교 ~ 유등천 합류전	유등천 합류전	87.82	0.13	0.46	0.90	0.90

3) 금강홍수통제소(국토해양부) 고시 하천유지유량

(1) 고시 하천유지유량

금강홍수통제소 고시 제2006-9호

하천법 제20조제1항 및 동법시행령 제13조제1항, 동법시행령 제57조제3항 제2호라목의 규정에 의거 아래와 같이 하천유지유량을 고시합니다.

2006년 11월 1일

금강홍수통제소장

- 아 래 -

하천명	기준 지점명	위 치	하천유지유량	
			m ³ /sec	기준
금 강	수 통	충남 금산군 부리면 수통리 수통수위관측소	3.0	평균갈수량
	호 탄	충북 영동군 양산면 호탄리 호탄수위관측소	3.7	평균갈수량
	옥 천	충북 옥천군 이원면 원동리 이원수위관측소	5.9	평균갈수량
	현 도	대전광역시 대덕구 석봉동 금강1교 현도수위관측소	8.5	평균갈수량
	부 강	충남 연기군 동면 명학리 부강수위관측소	10.5	평균갈수량
	공 주	충남 공주시 금성동 금강대교 공주수위관측소	15.1	평균갈수량
갑 천	회 덕	대전광역시 대덕구 원촌동 원촌교 회덕수위관측소	2.5	하천생태계

대전시의 경우 건설교통부의 “하천유지유량 산정방법(2000)”에 의하여 하천생태계 필요유량이 갈수량보다 더 크게 산정되어, 하천생태계 필요유량 2.5 CMS를 하천유지유량으로 선정하였다.

(2) 대전시 원촌교지점 유량현황

원촌교 지점의 유량은, 직접 측정이 어려워 둔산대교와 대화대교의 유량 합으로 추정하였다. 기 조사된 유량으로 갈수기유량(Q355)을 추정하면 2009년 1.672 CMS, 2008년 1.560 CMS로 나타났다. 이는 홍수통제소 고시 2.5 CMS와 비교하면 약 0.9 CMS가 부족한 것으로 나타났는데, 이는 고시유량이 하천생태계 필요유량이기 때문이다.

또한, 갑천 하류 대전하수처리장 이후의 유지유량은 원촌교 이후에 연결되는 하천유량이 미미한 것을 고려하면 원촌교의 하천유지유량 2.5 CMS과 비슷한 하천유지유량이 요구될 것으로 판단된다.

<표 3-12> 대전시 원촌교지점 유량조사 결과 (2009)

조사일시	둔산대교 (A)	대화대교 (B)	원촌교 (C)=(A)+(B)
1월 07일	1.690	0.781	2.472
2월 04일	1.667	0.515	2.183
2월 11일	1.159	0.513	1.672
3월 04일	1.875	1.185	3.060
3월 12일	1.596	1.221	2.816
3월 18일	1.724	1.102	2.826
3월 25일	3.362	1.448	4.810
4월 08일	1.448	0.590	2.037
4월 22일	1.834	0.799	2.633
7월 16일	2.926	2.151	5.077
7월 22일	2.371	1.253	3.625
7월 30일	3.285	3.016	6.300
8월 06일	2.363	1.126	3.489
8월 27일	4.473	2.869	7.341
9월 03일	2.005	1.042	3.047
9월 10일	2.271	1.888	4.159
9월 17일	1.912	1.805	3.717
10월 09일	2.146	1.007	3.153
10월 15일	2.842	0.998	3.840
10월 22일	1.945	0.683	2.628
10월 29일	1.856	0.530	2.386
11월 05일	2.345	1.133	3.478
11월 12일	1.999	0.716	2.715
11월 19일	1.847	0.606	2.453
11월 26일	1.265	0.834	2.099
12월 03일	2.674	0.930	3.604
12월 09일	2.600	1.204	3.804
12월 17일	1.883	0.688	2.571
12월 24일	1.871	0.665	2.536
12월 31일	2.080	0.434	2.514

<표 3-13> 대전시 원촌교지점 유량조사 결과 (2008)

조사일시	둔산대교 (A)	대화대교 (B)	원촌교 (C)=(A)+(B)
5월 14일	1.096	0.464	1.560
5월 21일	3.041	2.899	5.940
5월 30일	1.949	1.175	3.124
6월 02일	1.532	0.910	2.442
6월 10일	3.067	3.196	6.263
6월 16일	2.784	1.106	3.890
7월 01일	7.034	6.644	13.678
7월 18일	2.379	1.314	3.693
7월 30일	6.566	4.423	10.989
8월 13일	6.853	7.190	14.043
9월 03일	3.785	4.925	8.710
9월 17일	2.363	1.193	3.556
10월 01일	2.363	1.059	3.422
10월 15일	1.647	1.025	2.672
10월 24일	2.178	2.584	4.762
10월 29일	1.397	0.827	2.224
11월 07일	1.853	0.853	2.706
11월 14일	1.606	0.550	2.156
11월 19일	1.843	0.634	2.477
11월 26일	1.956	0.680	2.636
12월 03일	1.551	0.618	2.169
12월 10일	1.577	0.536	2.113
12월 17일	1.698	0.661	2.359
12월 24일	1.447	0.723	2.170
12월 31일	1.808	0.802	2.610

3.3 향후 여건변화에 따른 유량변화 대비방안

1) 대전하수처리장의 입지여건 변화

대전하수처리장 이전에 있어서, 최적의 하수체계 정비로 하수행정의 효율성을 극대화하기 위하여 여러 가지 대안이 필요한 상황이다. 이에 ① 현 시설 유지, ② 현 시설 지하화, ③ 부분이전, ④ 완전이전으로 시나리오를 분류하여 이에 따른 갑천 및 금강 주요지점에서의 수질 및 유량변화를 예측하고자 하였다.

시나리오 1과 2의 현시설 유지 및 현시설 지하화는 처리배출수질이 BOD 5.0 mg/L, T-P 0.3 mg/L로 배출되는 것으로 모의하였으며, 비록 시나리오 1의 시설용량이 90만톤이지만 실제 배출유량은 수질오염총량제에서 제시하는 545,000 m³/일로 일치시켰다. 시나리오 3의 경우 기존의 4단계처리장 30만톤을 그대로 이용하고 나머지 40만톤을 이전시키는 것으로 모의 하였으며, 배출수질 및 총 배출유량은 앞의 시나리오 1, 2와 같다. 마지막으로 시나리오 4에서는 현 하수처리장을 모두 금탄지역으로 이전시키는 것으로 모의하였으며, 배출수질 및 총 배출유량은 앞의 시나리오 1, 2 및 3과 같다.⁷⁾

<표 3-14> 하수처리장 운영 시나리오

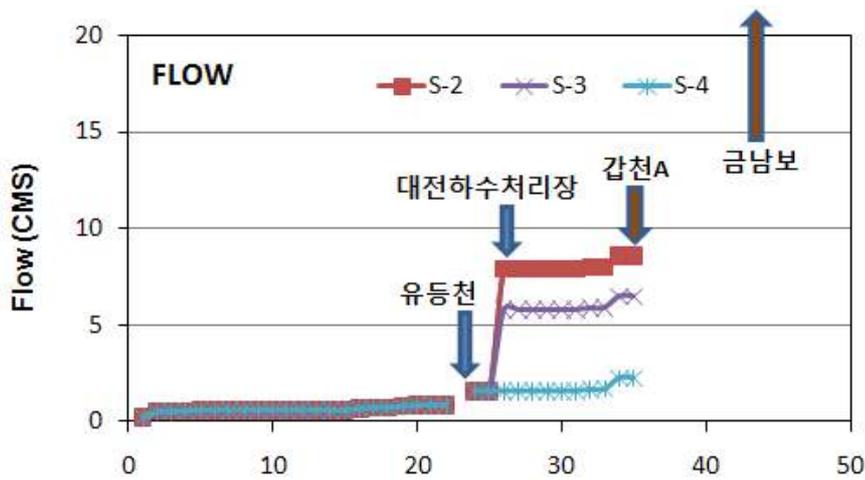
구분	시나리오 1 현 시설 유지	시나리오 2 현 시설 지하화	시나리오 3 부분이전	시나리오 4 완전이전
방법	현 시설 개량	현 시설 철거 후 지하화	부분이전	완전이전
시설 용량 (m ³ /일)	900,000	650,000	기존 : 300,000 이전 : 350,000	650,000
개요	<ul style="list-style-type: none"> • 현 하수처리 체계를 유지 	<ul style="list-style-type: none"> • 현 하수처리 체계를 유지 • 단복개 혹은 이중복개를 통한 지하화 	<ul style="list-style-type: none"> • 현 처리장의 4단계 30만톤을 존치하고, 하류지역에 나머지 35만톤을 이전 	<ul style="list-style-type: none"> • 대전시 처리구역을 금탄지역에 신설하여 65만톤 통합처리

7) 대전광역시, 대전광역시 효율적인 하수처리체계 재정립을 위한 연구, 2011

2) 유량변화 예측

Flow(유량)은 현 하수처리장 부지를 그대로 이용할 경우의 시나리오 1, 2에서는 하천 Flow가 1.58 CMS를 유지하다가 7.88 CMS로 증가하였으며, 갑천 말단에서는 8.57 CMS로 모의 되었다. 반면에 하수처리장 배출수 유입이 줄어들면서 시나리오 3의 분산이전에서는 갑천 말단에서 6.47 CMS로 유량이 감소하였으며, 하수처리장 배출수가 금강으로 배출되는 시나리오 4에서는 갑천말단에서의 유량이 2.26 CMS까지 큰 폭으로 감소하였다.

갑천의 유량이 감소하는 반면 금남보 지점에서는 모든 시나리오에서 41.37 CMS로 크게 증가하는 패턴을 보였다.



<그림 3-2> 시나리오에 따른 위치별 유량변화

<표 3-15> 시나리오에 따른 위치별 유량변화

위치 (km)	Flow (CMS)		
	S-1,2	S-3	S-4
1	0.21	0.21	0.21
2	0.51	0.51	0.51
3	0.51	0.51	0.51
4	0.55	0.55	0.55
5	0.59	0.59	0.59
6	0.59	0.59	0.59
7	0.59	0.59	0.59
8	0.59	0.59	0.59
9	0.59	0.59	0.59
10	0.59	0.59	0.59
11	0.59	0.59	0.59
12	0.59	0.59	0.59
13	0.59	0.59	0.59
14	0.59	0.59	0.59
15	0.59	0.59	0.59
16	0.66	0.66	0.66
17	0.72	0.72	0.72
18	0.72	0.72	0.72
19	0.79	0.79	0.79
20	0.84	0.84	0.84
21	0.85	0.85	0.85
22	0.85	0.85	0.85
23	1.58	1.58	1.58
24	1.58	1.58	1.58
25	7.88	5.78	1.58
26	7.88	5.78	1.58
27	7.88	5.78	1.58
28	7.88	5.78	1.58
29	7.88	5.78	1.58
30	7.88	5.78	1.58
31	7.97	5.87	1.66
32	7.99	5.89	1.68
33	8.57	6.47	2.26
34	8.57	6.47	2.26
금남보	41.37	41.37	41.37

3.4 하천유지유량 확보방안

1) 하수처리수 재이용 방안

(1) 대전하수처리장 방류수 수질기준

대전 공공하수처리시설은 2020년을 목표로 처리시설 이전을 계획하고 있으며 방류수질은 다음과 같다.

<표 3-16> 대전하수처리장 방류수질 계획

구 분	이전년도	계획방류수질(mg/L)					비 고
		BOD	COD	SS	T-N	T-P	
대전하수처리장	2021년	4.1	20.0	10.0	20.0	0.21	

(2) 처리수재이용 용도의 종류 및 처리수질

하수처리수 재이용에 있어 우선적으로 고려될 사항으로 이용용도별 수질기준의 설정을 들 수 있으며 이는 처리시설의 처리방식과 규모에 영향을 미치고 시스템 전체에 대한 경제성을 좌우하므로 신중하게 고려되어야 한다. 특히 하수처리수의 재이용계획은 장기간의 연속적인 공급계획임으로 계획단계에서부터의 처리방안에 대한 종합적인 검토가 필요하다.

용도별 수질목표값 설정시 수세식 화장실용수, 살수용수, 조경용수 등의 일반 잡용수는 안정된 수질 유지 및 위생적인 측면에서 인체에 문제가 없어야 하고 이용자에 대해 불쾌감을 주지 않으면서 물로서의 심미성을 유지해야 하며, 공업용수는 사용목적과 용도별 수질기준에 부합하도록 별도의 수질목표를 설정해야 한다. 농업용수는 수질이 작물에 미치는 영향과 토양조건을 고려하여 수질목표의 설정에 유의하여야 한다. 개정된 하수처리수재이용가이드북⁸⁾에 따른 용도별 하수처리수 재이

8) 환경부 한국환경공단, 하수처리수 재이용 가이드북, 2009

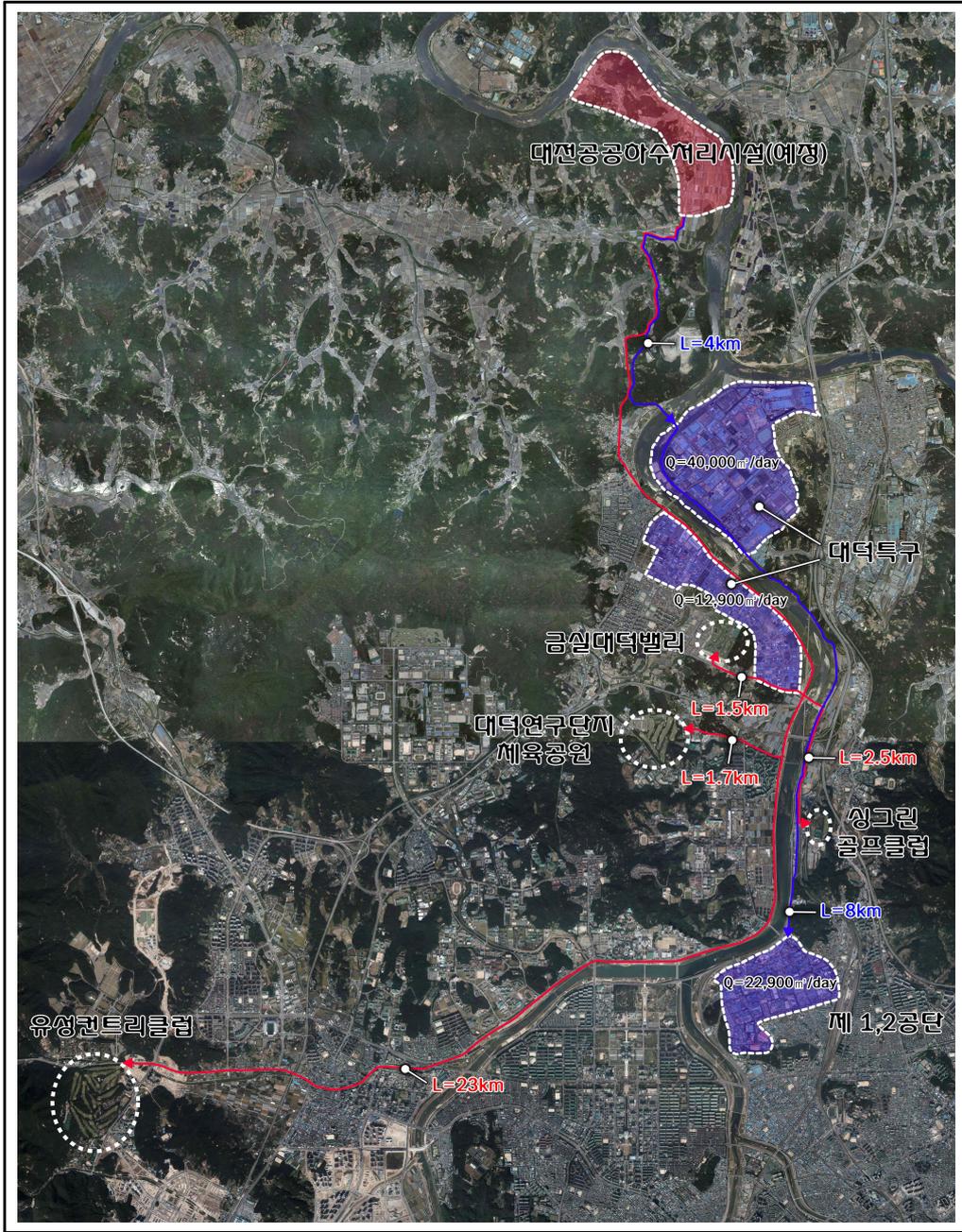
용수질권고기준은 다음과 같다. 이와 같은 하수처리수의 재이용은 상수도와는 달리 하천수를 수원으로 사용하며 용도별로 다양한 기준을 가지게 된다.

<표 3-17> 용도별 하수처리수 재이용 수질권고 기준

구분	도시 재이용수	조경용수	천수용수	하천 유지용수	농업용수		습지용수	지하수 충전	공업용수
					직접식용	불검출			
총대장균군수 (개/100 ml)	불검출	불검출	불검출	≤1,000	직접식용	불검출	≤200	불검출	≤200
					간접식용	≤200			
결합잔류염소 (mg/L)	≥0.2	-	≥0.1	-	-	-	-	-	-
탁도(NTU)	≤2	≤2	≤2	-	직접식용	≤2	-	≤2	≤10
					간접식용	≤5			
SS(mg/L)	-	-	-	≤6	-		≤6	-	-
BOD(mg/L)	≤5	≤5	≤3	≤5	≤8		≤5	≤5	≤6
냄새	불쾌하지 않을 것		불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것				
색도(도)	≤20	-	≤10	≤20	-		-	-	-
T-N(mg/L)	-	-	≤10	≤10	-		≤10	≤10	-
T-P(mg/L)	-	-	≤0.5	≤0.5	-		≤0.5	≤0.1	-
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5		5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
염화물 (mgCl/L)	-	≤250	-	-	≤250		≤250	≤250	-

<표 3-18> 농업용수 수질기준 추가권장 항목 (mg/L)

Al	As	B-total	Cd	Cr+6	Co	Cu	Pb
5이하	0.05이하	0.75이하	0.01이하	0.05이하	0.05이하	0.2이하	0.1이하
Li	Mn	Hg	Ni	Se	Zn	CN	PCB
2.5이하	0.2이하	0.001이하	0.2이하	0.02이하	2이하	불검출	불검출



<그림 3-3> 처리수 재이용 가능성 검토 위치도

(3) 적용성 검토결과

처리시설 이전부지와 조경용수 사용처의 거리가 멀고 곳곳에 가압장이 필요하여 공사비가 과다하게 산정되며 도로굴착에 따른 교통체중유발 등 시공성이 떨어질 것으로 예상된다. 조경용수 소요량은 2,000 m³/일의 소량으로 투자대비 효과(B/C)가 미비할 것으로 보여지므로 처리수를 조경용수로 사용하기에는 적용성이 결여된다. 특히, 하수처리장 배출수는 하천유지용수 및 농업용수로의 활용이 가능할 것으로 판단되며, 이에 다음과 같은 사항이 요구된다.

<표 3-19> 하수처리수 재활용에 의한 하천유량 확보방안 검토

구 분	현 황
기술적 측 면	- 하천유지용수 및 농업용수 공급관은 오수관 및 급수관과의 오접위험이 적고 시공 및 유지관리가 비교적 용이함
경제적 측 면	- 하천유지용수 및 농업용수 재이용을 위해서는 적정 수질을 만족해야 하며, 방류수 수질분석을 하여 재이용 수질권고기준에 적합한지 우선 판단해야 함. - 인근 농업용수로 재이용할 경우 공급배관설비가 적게 드는 등 경제적인
사회적 측 면	- 농업용수로의 재이용은 공급하고자 하는 경작지 농업인의 사전 동의하에 실시하며, 농업인을 대상으로 하므로 설치에서 공급까지 농업인 부담액이 전혀 없도록 추진함이 바람직함. - 하수처리수를 인근 방류하천의 상류로 이송 방류는 건천화된 도시하천의 경우 수질을 개선하고 생태하천의 기반을 조성하여 시민들에게 자연친화적 도시공간을 제공할 수 있으므로 최근 하천유지용수 이용률이 증가하는 추세임
검 토 총 합	- 대전시 농지(논,밭)는 4,831ha로 전체면적에 비해 적으며, 농업용수 재이용 수질기준 추가권장항목의 준수 준비를 해야하므로, 즉각적인 적용은 어려움 - 대전시는 처리수를 금강과 갑천 합류점으로부터 상류방면 9 km지점에서 방류하고 있으나 하수처리시설 이전 후 금강과 갑천 합류점으로부터 하류방면 4 km떨어진 지점에서 방류되므로 현 방류지점과 이전 후 방류지점의 하천유지용수 부족이 예상되므로 생태하천유지를 위해 처리수의 하천유지용수로 재이용에 대하여 검토가 필요함

도심 내에서 발생하는 하수처리수는 수량적으로 안정한 수자원으로서 여러 가지 용도로 재이용할 수 있으므로 도시의 물순환 시스템에서 중요한 용수원으로 활용

될 수 있다. 하수처리수는 중수도 등을 활용해 생활용수, 공업용수, 농업용수 등으로 이미 외국의 경우 상당수 재이용하고 있으며 하천유지용수 또는 친수용수로서의 이용도 최근 들어 각광을 받고 있다. 대전시 하수처리장에서는 하루 약 60만톤의 처리수를 방류하고 있고, 이 방류수를 하천특성에 적합하게 고도처리하여 상류의 유지용수로 활용하는 방안을 고려할 수 있다. 하수처리수를 하수처리장 방류지점에서 가압펌프장과 압송관로를 설치하여 필요 지점으로 이송하여 방류할 경우 건천화 방지뿐만 아니라 하수처리수에 대한 시민들의 인식도 제고될 것이다.

대전시의 경우, 정부에서는 하수처리수재이용을 적극 권장하는 법개정(하수도법, 2000.12)을 추진 중에 있고, 하수처리수 재이용시설도 하수도 시설에 포함하여 지방양여금을 지원함으로써 재이용시설 설치확대를 지원하고 있으며, 하천유지용수 확보방안은 하수처리수를 중상류로 펌핑하여 이송하는 방안에 대한 검토도 필요하다.

(4) 하수처리수 재이용 용량

앞서 검토한 바를 토대로 대전광역시의 도시특성에 부합하고 지역여건에 맞는 하수처리수 재이용방안을 다음과 같이 계획하였으며, 최근 개정된 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령(2011.6.9 시행) 제12조”에 의하면 하·폐수 처리수 재처리수를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상은 “1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 말하며, 하·폐수 처리수 재처리로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 양은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 계획”하도록 제시하고 있다. 따라서 현재의 시설은 기존 지침에 따라 900,000 m³/일 45,000 m³/일 이상을 재이용수로, 2021년 처리시설 이전 완공 후에는 시설용량이 650,000 m³/일 이므로 10%인 65,000 m³/일 이상의 재이용수량을 계획하는 것이 타당하다.

이에, 하수처리수 재이용에 적합한 용도로 처리시설내 장내용수, 도로 청소용수, 공업용수 및 하천유지용수로 사용하는 것으로 단계별 계획을 수립하였다.⁹⁾¹⁰⁾ 2015년 재이용율은 13.9%, 2025년에는 19.8%로 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령(2011.6.9 시행)제12조”에 따라 “재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양

9) 이재근, 중수도 및 빗물이용에 따른 물순환체계 재정립, 2011

10) 대전광역시, 대전광역시 통계연보, 2010

은 1일 하수처리량의 100분의 10이 이상으로 계획한다”는 기준에 부합된 재이용수량을 산정하였다.

<표 3-20> 단계별 하수처리수 재이용계획

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
처리시설내 장내용수	45,000	45,000	45,000	32,500	
도로 청소용수	270	270	270	450	
공업용수	-	-	-	15,650	
하천유지용수	0	0	80,000	80,000	
합 계	125,270	125,270	125,270	128,600	
시설용량	900,000	900,000	900,000	650,000	
재이용율	13.9%	13.9%	13.9%	19.8%	

2) 갑천의 하천수 및 하상여과를 이용

대전시를 관류하는 3대하천 중 상대적으로 건천화 빈도가 높은 대전천의 건천화를 방지하고 생태적 기능 및 친수공간을 확보하여 하천의 기능을 회복하기 위한 방안으로 갑천의 하천수를 이용할 수 있다.

갑천 엑스포 라버보 지점의 갈수량은 약 1.6 m³/sec 으로 가뭄이 극심한 시기에 도 최소 1.0 m³/sec을 유지할수 있어 1일 8만톤 이상의 수량을 확보 할 수 있다. 하수처리수 재이용의 경우 현재로서는 BOD, N 및 P 등을 추가적으로 처리하기 위한 시설을 추가함에 따른 시설 및 관리비가 소요된다. 현재 하수처리수를 그대로 이용할 경우 냄새는 물론 조류발생으로 사용이 불가능할 것으로 판단된다. 그러나, II~III 등급을 나타내는 갑천의 하천수를 이용할 경우 별도의 처리시설 없이 하천 유지용수로 이용할 수 있으며, 단 하천수 역송지점 및 체류시간 증가에 따른 수질 악화 방지대책이 요구된다. 특히, 비교적 유량이 많은 하천수를 하상여과 시설을 이용하여 유지용수를 공급할 수 있다.

<표 3-21> 하상여과를 이용한 하천간 관리유량의 공급

구분	하상여과 방법
개요	<ul style="list-style-type: none"> •곡릉천, 오금천, 합류부에 하상여과 시설을 설치하여 갈수기시 오금천의 건천화를 막기위해 곡릉천, 오금천 합류부에서 8,000m³/day의 처리수를 가압펌프장과 압송관로를 설치하여 원당천에 유지용수 공급
위치	<ul style="list-style-type: none"> •곡릉천, 오금천 합류부 •방류지점 : 오금천 오금교 지점
시설계획	<ul style="list-style-type: none"> •펌프장 계획 (Q = 8,000 m³/day = 5.5 m³/min) <ul style="list-style-type: none"> - 펌프용량 : 10 m³/min - 대수 : 2대(1대 예비) •관로계획 <ul style="list-style-type: none"> - 위 치 : 오금천 곡릉천 합류부~오금천 오금1교 - 사업량 : 관로매설 직경 = 300 mm, 연장 = 4.8 km
장·단점	<ul style="list-style-type: none"> •양호한 수질의 유지용수 공급 •가압펌프장 및 압송관거 설치로 막대한 공사비와 유지관리비 소요 •압송에 의한 처리수의 이송
사업비	<ul style="list-style-type: none"> •총공사비 : 3,340백만원 <ul style="list-style-type: none"> - 펌프장 1식 2,000백만원 - 가압관로 D300 mm 870백만원
비고	<ul style="list-style-type: none"> •오금천의 수질 및 저니질 개선 •오금천의 수중생물 서식조건 개선 •오금천의 생태복원과 자연 친화적 개발 가능

3) 지하철 용출수 활용

지하철 공사시 대부분의 경우 지하수위보다 더 깊게 땅을 굴착하게 되며, 이때에는 경우 지하수의 유출이 불가피해서 시공 후에도 계속해서 지하수가 유출되고 있다. 이때, 하천의 건천화 방지 대책의 일환으로 지하철에서 발생하는 지하수를 활용하여 하천 유량확보에 활용할 수 있다.

2005년에 개통된 지하철 1호선의 구간에서 발생하는 용출수를 하수관로로 무단 방류함에 따라 하수처리 부담이 증가하게 되며, 하천의 건천화 요인으로 작용하고 있다. 이에 하루 발생하는 9,600 m³/day 1~2급수 수질의 용출수를 하천유지용수를 비롯한 중수도 개념의 이용검토가 필요하다.

4) 지하침투의 촉진 및 저류

하천의 건천화를 방지하기 위한 장기적인 대책은 지하수위를 상승시켜 비가 오지 않더라도 지하수에 의한 하천의 최저유량을 유지하도록 하는 것이다. 우리나라 연 강수량의 67%가 하절기에 집중하는 수문학적 특징을 가지고 있으며 이같은 집중적 강우의 특징을 고려하여 우수 유출량을 경감시켜 홍수피해를 방지함과 동시에 갈수기의 기저유출을 증가시키는 방법이 필요하다. 우수유출저감시설에 의해 우수를 평면적으로 처리하는 방법은 지하수를 함양시킬 뿐만 아니라 도시의 물순환 면에서도 귀중한 수자원을 만들어 내는 것이 되므로 도시의 물환경을 개선하는데 유익할 것으로 판단된다. 이러한 시설의 설치 목적은 3대하천 유역의 우수유출을 지역 내 저류시설과 침투시설에 의해 저감하는 것과 함께 합류식 하수처리구역의 월류수 저감 및 공공수역에 대한 오염부하량 감소효과도 있다.

(1) 하천 저류보 설치

하천에서 유량이 부족한 경우, 하천폭 및 수심을 유지하는데 난관에 부딪치게 된다. 이 경우 하천에 서식하는 생태계 유지에 어려움이 발생하여 최소 하천수위 유지가 필요하게 된다. 이때 하천 저류보의 건설은 가장 간단하게 하천폭 및 수심을 유지하는 방법이 될 수 있다.

이에, 대전시는 갑천 및 유등천에 저류보를 설치해오고 있으며 그에 의한 시각적 효과 및 서식공간 확보는 잘 이루어지고 있다. 그러나 보의 건설은 체류시간을 증가시켜 녹조현상으로 인한 냄새 발생 및 생태계 서식공간 악화 등의 문제가 발생할 여지가 있다. 이러한 이유로 보 설치는 수질 및 체류시간 등을 고려하여 수질이 나쁜 곳은 되도록 배제함과 동시에 하천수질 개선방안을 마련하여야 한다.

(2) 서남부 호수공원

호수 및 저수지가 하천과 구분되는 특징은 물의 저수능력이 커서 저수된 물을 활용할 수 있다는 것이다. 대전시에 상수원을 공급하는 대청호 또한 그러한 개념으로, 수질이 상당히 깨끗한 편이지만 봄·가을에 부영양화 현상으로 수질관리에 어려

움을 겪고 있기도 하다.

대전 도심에서 호수공원을 입지시킬 곳으로는 비교적 풍부한 유량과 깨끗한 수질을 가지고 있는 월평공원 아래쪽의 갑천이 적합한 지점이라 할 수 있다. 도심 내에 하천유량을 확보하기 위해서는 되도록 대규모로 조성해야 할 것이며, 체류시간 증가로 인한 수질악화를 방지하기 위해서 습지의 기능을 추가하는 등의 계획이 동시에 수반되어야 할 것이다.

5) 유역관리를 통한 함수량 증대

상류에 댐 등 유량공급시설이 없는 경우 갈수기때 하천에 흐르는 물은 대부분이 기저 유출량에 의존한다. 기저 유출량은 강우시 지하로 스며든 물이 하천으로 유출되는 것으로 하천생태계 유지에 중요한 역할을 하며, 기저 유출량을 증가시키고 하천의 수질을 개선시키는 방법은 유역에서 다양한 관리기법을 통해 이루어지며 이에는 식생조성, 상류지역 식생조성, 하수관거 정비에 따른 계곡수 및 지하수 유입 방지 등이 있다.

(1) 상류지역 식생조성

상류지역의 자연 식생을 보존하고 복원하는 일은 생태계차원 뿐만 아니라 수량 확보차원에서도 중요하다.

기저유출은 특히 갈수기 유량의 주요 공급원으로 유량을 공급함으로 인해서 적절한 수심과 수온을 유지하는 기능을 하는데, 작은 시내에 인접한 지역의 식생을 보존하지 못하거나 물이 흡수되지 않는 지표층을 제거하지 못하면 지하수를 재충전하지 못하게 되고, 결국 적은 유량 조건이 빈번하게 발생하게 될 것이다. 모든 다른 조건이 같다면, 같은 개발 행위라도 큰 강에서 취해졌을 때보다 작은 강에서의 행위들이 생태적으로 훨씬 큰 부정적인 효과를 가져온다. 특히, 작은 시내 주위의 식생의 여과작용을 유지함으로써, 오염물질이 작고 민감한 시내로 흘러가 악화시키기 전에 각종오염물을 여과할 수 있고 지하수를 재충전하여 유량을 보충함으로써 오염물질 농도를 희석할 수 있도록 하여야 한다.

<표 3-22> 유역관리를 통한 하천유지유량 증대방안

구분	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수유출 저감 및 지하침투 촉진 ● 상류지역 식생 및 지하수를 이용한 소규모 수원조성 ● 상류지역에 소규모 처리장 건설 및 관거정비
개요	<ul style="list-style-type: none"> ● 유역관리를 통한 침투력 증진 ● 기저유출량을 증가시켜 수량확보 및 수질개선 ● 합류식 관거 양측에 측구를 별도 설치하여 각 가정으로부터 발생하는 생활오수를 차집하여 하천 양안에 설치된 하수차집관거로 유입시키고, 각 지천에서 내려오는 계곡수는 각 하천으로 유입시켜 오수와 계곡수를 분리
검토 결과	<ul style="list-style-type: none"> ● 우수유출 저감 및 지하침투 촉진 <ul style="list-style-type: none"> - 저류시설 및 침투시설 설치를 통한 신규수원 확보 - 합류식 하수처리구역의 월류수 저감 및 공공수역에 대한 오염부하량 감소 - 불투수성 면적의 투수성 재질 교체로 통한 지하수 함양 ● 상류지역 식생 및 지하수를 이용한 소규모 수원조성 <ul style="list-style-type: none"> - 식생의 여과작용으로 인한 각종 오염물질 여과 - 지하수 재충전을 통한 유량의 보충 - 소하천 상류부에 지하수를 이용하여 소규모 수원조성을 통한 수원 확보 ● 소규모 처리장 건설 및 관거정비 <ul style="list-style-type: none"> - 청천시 계곡수와 오수의 분리로 오수만을 차집·유입시킴으로서 처리장 효율 제고 - 양호한 수질의 용수공급 가능 - 기존관거를 이용한 단기적인 건천화 방지 효과 - 초기강우에 의한 노면배수로 유독성 물질과 고농도 부유물의 차집으로 처리장에서 과부하가 우려됨 - 기본 Box 내부에서의 측구설치 작업에 따른 시공 및 유지관리의 어려움
비고	<ul style="list-style-type: none"> ● 향후 도시계획과 연계하여 계획 수리 ● 충분한 유지용수 확보가 어려움

(2) 관거의 정비

현재 3대하천 유역의 하수도시스템은 종말처리 위주로 갖추어져 있으므로 유지용수를 확보하기 위한 각종 방안도 기존의 하수시스템을 완전히 무시한 방안은 현실성이 없다. 따라서 기존의 차집관거 및 하류 종말처리시스템을 인정하면서 집행할 수 있는 현실적인 방안이 관거의 정비이며 이에 따라 가능한 한 빨리 기존에 시설된 분리식 하수거의 오점을 방지함과 동시 분리식 관거를 지속적으로 확충하여 하수처리장의 효율향상과 더불어 유지용수 확보에도 보탬이 되도록 협조하여야 한다.

6) 저류시설 적용에 의한 건기시 유출 방안

저류시설은 토지에 시설설치가 가능한 경우에 지역 내 저류시설로 배치하고 지역내 저류시설만으로 유역 우수 단위처리 대책량의 처리가 불가능한 경우는 지역 외 저류시설과 병행할 수 있다. 학교운동장 및 공원광장 등의 지하 저류시설도 유출저감시설로서 고려되어야 할 것이다.

도시화과정에서 증가된 불투수층 면적은 강수가 지하로 침투되어 지하수로 함양되는 과정을 저해하고 있으므로, 투수성 면적의 증가를 통한 지하수 함양을 위한 방안을 모색해야 한다. 녹지공간의 확대를 통한 투수성 면적의 증가와 함께 도로소재를 투수성 재질로 바꾸는 방안도 고려해볼 수 있다.

(1) 저류조 설치

도시지역에서 발생하는 홍수 피해에 대응하기 위하여 빗물관리대책은 주로 배제중심과 우수지에 의한 홍수량저류를 통한 치수대책에 노력하여 왔다. 빗물저류시설은 홍수 시 침수피해를 방지하기 위한 방재시설로서 하천하구의 우수지 등 대규모 저류시설 형태로 넓은 지역에 내린 빗물을 하류의 한 장소에 저류하여 홍수량을 조절하는 방식이 있다. 대전광역시 지역적으로 하수관거 설계빈도를 초과하는 집중호우 발생시에 빗물이 시가지내에서 원활하게 배제되지 못하는 것으로서 나타나 시가지내에 빗물저류시설을 설치하여 침수피해 및 월류배출을 저감할 필요가 있다.

(2) 대구경 우수관거 적용

도심에서 하천유지유량을 확보하기 위해서는 도시화 이전의 상태로 물순환체계를 복원하는 방법도 있지만, 강우시에 내린 빗물을 모았다가 건기시에 하천으로 방류하는 방법도 있다. 이는 하천유량을 확보할 수 있는 방안임과 동시에 최근의 기후변화로 인하여 빈번해지고 있는 집중호우시 빗물의 유출을 최소화시켜 도심의 침수를 상당 부분 억제시킬 수 있어 재해예방 효과를 볼 수 있다.

특히 저류조는 하천변 및 공원 등 비교적 큰 부지가 갖추어져 있는 곳에서 가능한 방법인 반면, 우수관거는 공공도로를 따라 매설할 수 있어 공간적인 제약이 적다는 장점을 가지고 있다. 이미 싱가포르에서는 대형 우수관거를 도입하여 운영하고 있으며, 서울시·부산시·울산시·춘천시 등은 계획을 세워놓고 수해방지 차원에서의 우수관거 도입을 검토 중에 있다. 이에 대전시는 수해방지와 더불어 하천유량을 복원할 수 있도록 주변 하천과의 관계를 검토하여 수립할 필요가 있다.

제 4 장

결 론

-
1. 결 론
 2. 제 언
-

4.1 결 론

대전시는 도시화가 진행됨에 따라 하천유지유량이 많이 감소되어 왔으며, 시민들의 높아지는 환경에 대한 관심에 부합할 수 있도록 다음과 같은 내용을 계획이 수립되어야 할 것이다.

- 1) 도시하천은 하천생태계 유지를 위하여 하천 경관의 확보를 위해서, 친수활동을 위해서, 지하수위 유지를 위해서 하천유지유량을 확보하여야 한다.
- 2) 대전시는 하천의 적절한 기능을 유지하기 위하여 갑천의 원촌교를 기준으로 2.5 CMS의 유량이 필요하다. 이는 생태하천을 유지하기 위한 유량으로 원촌교의 저수기 유량(Q_{275})이 2.4 CMS인 것을 비교하면 60일 이상은 하천유지유량이 부족한 것으로 나타났다.
- 3) 하천유지유량 확보를 위한 방안으로는 하수처리장 배출수의 재이용, 갑천수의 역펌핑에 의한 지천의 유량확보, 지하철 용출수의 활용, 지하침투 촉진 및 저류를 위한 저류조 설치, 저류보 설치, 대규모 습지·호수공원 도입, 유역관리를 통한 합수량 증대, 그리고 저류시설 적용에 의한 지하수의 하천수 유출방안 등을 들 수 있다.
- 4) 하수처리장 배출수 재이용에 따라 128,600 m^3 /일의 처리장배출수를 재이용하게 된다면, 공공수역에 배출되는 오염부하량인 643 kg/일을 감소시킬 수 있을 것이다. 이는 대전 도안신도시 2단계사업의 부하량으로 산정된 193.6 kg/일의 3 배 이상에 해당하는 값으로 향후 대전시의 도시개발사업 할당에 추가 여유량을 확보할 수 있다.

4.2 제 언

상기의 하천유지유량 확보방안을 적용하는데 있어서는 다음과 같은 사항을 검토하여 향후 적용하여야 할 것이다.

- 1) 하수처리장 배출수의 높은 배출농도로 하천수질이 악화될 수 있으므로, 유지유수로 재활용하기 위해서는 배출수질을 수생태계에 적용시킬 수 있을 정도로 개선시킬 필요가 있다.
- 2) 갑천수를 역펌핑하여 지천으로 보낼 경우에는 역펌핑 하천수가 부영양화 되지 않도록 수질관리에 대한 검토가 철저히 이루어져야 할 것이며, 역펌핑 구간이 길지 않게 조절하여 설계·관리 비용이 크지 않게 만들어야 할 것이다.
- 3) 지하철 용출수는 지하 구조물에서 발생하는 지하수를 의미하는 것으로 상당히 깨끗한 수질을 가지고 있다. 하지만 그 양이 많지 않아 유지유량 기여에 크지 않겠지만 깨끗한 수질을 필요로 하는 하천 시설에 용출수를 보내 여러 가지 용도로 사용할 수 있을 것이다.
- 4) 지하침투 축진을 위해서는 큰 저류면적이 필요한데, 저류조를 조성함에 있어 수리적 변화 및 부영양화가 발생할 수 있다. 이에 하천수질 및 규모에 따른 수계의 변화를 예측하여 수생태계 공간 조성, 수질정화 시스템의 도입 등 이에 적합한 구조를 만들어야 할 것이다.
- 5) 저류조 및 대구경 우수관거 등의 저류시설은 최근 event당 강수량이 증가함에 따라 침수와 같은 재해에 대비하기 위한 시설로도 관점이 변하고 있다. 이에 강수시에는 도심침수를 방지하는 시설로, 건기시에는 저류빗물을 하천으로 방류하여 유지유량을 확보하는 다용도 시설로 검토하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 농업적 용수재이용 수질기준을 고려한 적정 하수재처리에 관한 연구, Korean J. Limnol, 36(6), 윤춘경 등, 2003
- 대구광역시 신천수질환경사업소 배출수질, 대구광역시, 2000
- 대전광역시 빗물관리 기본계획, 이재근, 대전발전연구원, 2010
- 대전광역시 통계연보, 대전광역시, 2010
- 대전광역시 효율적인 하수처리체계 재정립을 위한 연구, 대전광역시, 2011
- 도시하수처리장 방류수의 재이용 공정 설계를 위한 기초 연구, 환경관리학회지, 9(4), 김진한, 2003
- 맑은하천바꾸기, 대전광역시, 2005
- 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률, 환경부, 법률 제10359호, 2010.6.8
- 물순환 이용체계 개선에 관한 연구, 한국물환경학회·대한상하수도학회·한국수도경영 연구소, 2006
- 생활하수의 하천유지용수 재이용 방안 검토(한강유역을 중심으로), 한국물환경학회 2003춘계학술발표회, 박재로 등, 2003
- 인천 공공 하수처리수 재이용 증대 방안, 인천발전연구원, 2009
- 중수도 및 빗물이용에 따른 물순환체계 재정립, 이재근, 대전발전연구원, 2011
- 중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구, 한국환경정책평가연구원, 1999
- 중수도 활성화를 위한 제도개선 T/F팀 구성 운영보고서, 환경부, 2004
- 지하수 배출 전용관로 설치 타당성조사 및 기본설계 보고서, 서울시, 1998
- 하수처리수 재이용 가이드북 개정, 환경부, 2009.10
- 하수처리수 재이용의 타당성연구, 김영란, 서울시정개발연구원, 1999
- 新水とこみの環境問題,, 石原光倫, 1998
- Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report of a WHO Scientific Group, WHO, 1989
- Study of different alternatives of tertiary treatments for wastewater reclamation

to optimize the water quality for irrigation reuse, J. Illueca–Munoz, J.A. et. al.,
Desalination, 222, 2008

Water Division Region IX, Water Recycling and Reuse : The Environmental
Benefits, US EPA, EPA909–F–98–001, 1998

Water reuse of south Barcelona’s wastewater reclamation plant, Tomas Cazorra,
Desalination, 218, 2008

정책과제 연구보고서 2011-25

대전시의 걱정 하천 유지유량 검토

발행인 이 창 기
발행일 2011년 9월
발행처 대전발전연구원
302-846 대전광역시 서구 월평본1길 39(월평동160-20)
전화: 042-530-3518 팩스: 042-530-3575
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.