

광주천의 건천화와 수문환경문제

양 해 근*

Drying Stream and Hydrological Environment for Gwangjucheon

Heakun Yang*

요약 : 본 연구에서는 광주천을 대상으로 수문학적 특성과 수문환경문제를 파악하고, 그 동안 하천복원 사업의 일환으로 실시되어온 하천유지수의 확보방안에 대한 문제점을 살펴보았다. 그 결과는 다음과 같이 기술할 수 있다. 건천화에 대한 대비책으로 방류되고 있는 하수처리수는 광주천의 물순환 기구를 따라 토양과 지하수를 오염시킬 위험성을 내포하고 있다. 그리고 상류부에 기저유출량이 약 17,565m³/일 존재하지만, 그 대부분이 합류식 차집관개로 유입되어 하수처리장으로 직접 배출되고, 일부는 상류부에서 복류되어 지하수에 함양되고 있다. 또한 도시화에 의한 건천화의 영향으로 함양지역의 확대가 우려되고 있다. 따라서 자연적 물순환 기구를 크게 왜곡하지 않는 도시개발 즉 우수의 함양역을 적절하게 보호할 수 있는 효율적인 토지이용과 규제가 필요하며, 하천수와 지하수간의 교류가 활발한 하천상류부를 중심으로 분리식 하수도의 설치 확대 등을 통해 건천한 물순환 복원을 전제로 한 도심하천의 복원사업이 절실히 요망된다.

주요어 : 도시하천, 건천화, 하천유지수, 수변환경, 광주천

Abstract : This study is aimed at investigating floodgate characteristics and environmental issues in Gwangjucheon and examining possible problems of expanding river maintenance water being carried on in the context of river recovery works. In general, the obtained results show the following. The treatment water provisioned in the restoration project of the drying stream going through the water circulation device can pollute the land and groundwater in the Gwangjucheon Basin. Besides, although about 17,565m³/day of water is available in the upper ground, most of it go to the junction and exhausting directly to the waste water treatment or going into the groundwater. Because of the drying stream, the amount of water going to the ground is increased. Therefore, efficient land use along with regulations to protect cultivated land and ensure recovery works of city stream through the recovery of water circulation by constructing and expanding a special drainage system are of vital importance.

Key words : Urban river, Drying stream, River maintenance water, Riparian environment, Gwangjucheon

1. 연구목적

1970년대 이후 급속한 경제성장과 함께 도시화와 산업구조의 변화로 인간 활동과 밀접한 관계를 맺고 있는 수변환경은 크게 훼손되어 왔다. 특히 도시지역의 대량 생산과 소비는 하천의 자정작용을 초과하는 오염물질을 배출하고, 오염된 도심하천은 도시미관을 저해하는 요소로 인식되어 왔다(新井正 등, 1987). 이러한 이유로 도시 중소하천은 하천의 본래 기능을 상실하고, 각종 생활 오·폐수의 배수구로서 역할이 부여되어 대부분 복개되기에 이르렀다(國松孝男·菅原正孝, 1988; 손명원, 1998). 한편, 도시화에 따른 토지이용 변화는 직접유출량의 증대와 기저유출량의 감소를 초래하고(木下武

雄, 1968; Jens and McPherson, 1964; Brater, 1968; Hall, 1984), 기저유출량 감소는 하천의 건천화와 수질 악화를 더욱 심화시키는 주요 원인으로 작용함으로써 하천의 기능이 상실되었다(木下武雄, 1968; 國松孝男·菅原正孝, 1988).

최근 도시하천은 도시기운을 냉각시키는 자연공간으로 그 중요성이 지적되어 환경완충지역으로서 기능(土木研究所都市河川研究室, 2000, 2001), 시민들의 소득향상과 삶의 질에 대한 인식의 전환으로 휴식공간으로서 역할과 수육 가능한 쾌적한 하천환경에 대한 욕구가 증대되고 있다(이경렬, 1998). 현재 우리나라에서도 도심하천의 생태적·환경적 기능에 대한 재평가가 활발하게 이루어지고 있다(박제철, 1999; 임현만, 2001). 그 결과 서울

* 전남대학교 호남문화연구원 선임연구원(Researcher, Honam Culture Research Center, Chonnam National Univ.) (yanghk@chonnam.ac.kr)

특별시의 양재천, 청주시의 무심천, 전주시의 전주천 등지에서 자연형 하천복원사업이 실시되었으며, 서울특별시 청계천복원사업과 광주광역시 광주천의 자연형 하천복원 등이 실시되고 있다.

그러나 이들 사업들은 자연하천의 본래 기능 즉 이수·치수·친수 기능의 상호 유기적 관계를 보완할 수 있도록 유역의 물순환 기구와 수문지형학적 특성에 대한 기초조사 그리고 수변환경에 대한 주민의사가 무시된 것이라 할 수 있다(박종하, 1996; 이상호, 1998). 그 대부분은 기존 치수기능에 환경 및 경관 기능을 접목시키는 인공적 자연형 하상공법으로서 자연계 물순환 시스템이 배제된 인위적인 하천유지수의 공급에 의존하는 임기응변적인 단기치유법에 국한됨으로써 오히려 하천기능의 유기적 관계를 차단하는 우려를 지적하지 않을 수 없다. 다시 말해서 도시화에 따른 기저유출량의 감소와 침투유량 증대 그리고 수질악화는 개별적·단속적으로 작용하는 것이 아니라 유역전체의 토지이용 형태와 물순환 기구가 상호 유기적인 관계에 의해 나타난다(新井正, 1986; Arai, 1990). 이러한 문제를 보다 근본적으로 치유하기 위해서는 왜곡된 물순환계를 바로잡는 종합적 유역관리 시스템이 전제가 되는 중장기 하천복원사업이 실시되어야 한다고 생각한다.

본 연구에서는 도시화에 따른 하천 기저유출량의 감소와 차집관거를 기반으로 하는 합류식 하수도의 보급 등에 의해 건천화를 겪고 있는 광주천을 대상으로 수문학적 특성과 수변환경 문제를 이해함으로써 현재 실시하고 있는 하천유지수 확보 방안 등에 대한 문제점을 파악하고자 한다.

2. 연구지역의 개요

영산강 중상류에 위치한 광주천은 무등산에서 발원하여 광주광역시를 남동에서 북서 방향으로 관통하면서 중심사천과 동계천, 용봉천, 극락천 등의 지류와 합류하여 영산강 중상류부에 유입하는 영산강의 제1지류이다. 광주천의 유역면적은 106.47 km²이고, 유로연장은 22.8km이다. 광주천은 하천법상 중심사천 합류이전의 본류구간(7.5km)은 지방2급 하천, 중심사천 합류 후 영산강 합류 전까지의 본류구간(11.8km)은 지방1급 하천으로 지정되어있

다(건설교통부, 2000).

광주천과 그 인근지역은 광주의 역사와 문화, 여가활동 및 경제생활의 중심역할뿐만 아니라 랜드마크로서 역할을 수행해왔다(김종일, 1996). 그러나 광주천은 도시화와 더불어 하천유지수량의 부족과 수질오염, 고수부지와 호안의 콘크리트화, 하천복개 등에 의해서 인공하천으로 변화되어 하천의 친수기능이 상실되어 왔다.

광주천 하천정비사업은 1927년부터 시작되었으며, 1928년 이후 본격적인 하천정비 사업이 실시되어 인공제방이 축조되고, 곡류했던 하도가 직강화되었으며, 하폭이 크게 축소되었다¹⁾. 그리고 1970년에는 양동시장의 복개를 시작으로 1980년대 중반에는 서방천과 극락천, 동계천, 경양지천, 광주공단천, 용봉천 등의 주요 지류의 대부분이 복개되어 생활오폐수의 배수구로서 그 역할을 담당하고 있다(그림 1). 이러한 도시하천의 복개는 하천이 가지고 있는 다양한 생태계 유지, 수질정화 능력을 상실하여 하천에 대한 잘못된 인식을 시민들이 갖게 하는 원인이 되었다(이상호, 1998).

최근 광주시에서는 시민의 휴식공간의 확보와 광주천 환경정비의 일환으로 광주천 자연형정비사업(광주광역시, 1999)과 광주천 자연환경복원사업(광주광역시, 2000) 등을 계획하고, 1999년부터 광

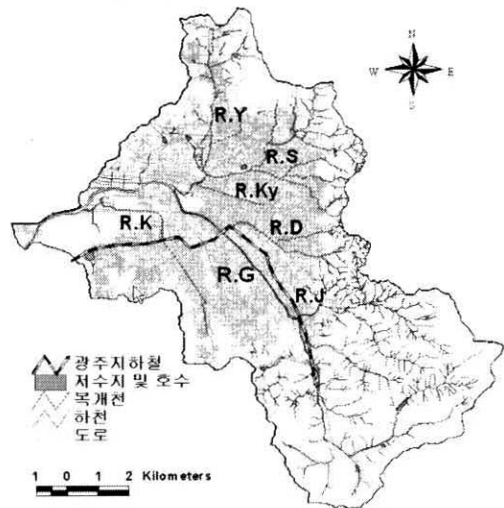


그림 1. 광주천 유역의 수계망

R.G: 광주천 본류, R.Y: 용봉천, R.S: 서방천, R.Ky: 경양지천, R.D: 동계천, R.J: 중심사천, R.K: 극락천

주천 일부구간(증심사천 합류 후~영산강 합류지점: 11.8km)에 대해 친수공간으로서 하천개수 사업을 실시하고 있으며, 지난 1970년대에 복개된 356 m 구간의 양동상가 철거와 지류를 복원한다는 계획을 마련하고 있다(이호준, 2000). 한편 2004년 7월 1일에 발표된 '광주천 정비 종합기본계획 수립 최종 용역보고회'에서는 하천상류를 '자연속의 하천'으로, 중류부를 '문화속의 하천', 하류부를 '생태속의 하천'으로 정비할 계획을 밝히고 있다²⁾.

3. 연구방법

먼저 광주천의 하천정비 및 자연형 하천복원 사업을 파악하기 위하여 '광주도시기본계획(1984, 1990)', '광주천 건천화 방지사업 실시설계 보고서(1995)', '자연환경복원사업(2000a)', '광주천 하천 정비계획(2000b)' 등의 자료를 수집·검토하였다. 광주천 유역의 토지이용의 변화 및 현황은 선행연구 결과를 참조하였다. 그리고 현지조사를 통하여 하천의 유량측정 및 지하수 유입실태조사, 하천수질의 시·공간적 변화, 하천의 이용실태 및 구조물, 광주천 및 주요 지천의 기저유출량을 조사하였다. 하천 조사지점은 <그림 2>와 같다.

유량과 수질조사는 2002년 7월 26일~8월 4일에 걸쳐 광주천, 증심사천, 용봉천 등의 주요 지류를

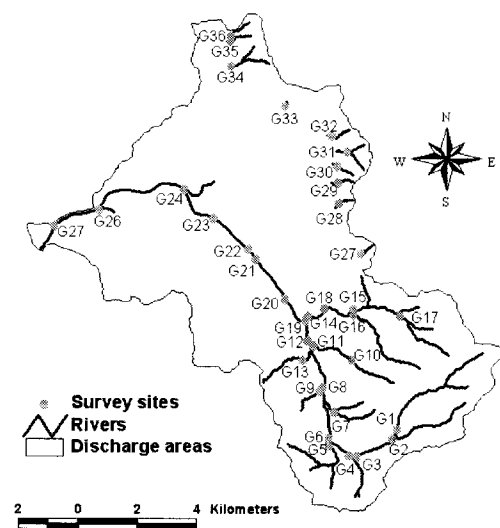


그림 2. 광주천 유역의 조사지점

대상으로 총 36개 지점에서 실시하였으며, 동년 12월 2일에 본류와 지류의 상류 지점을 중심으로 22개 지점에서 각각 유량과 수질(수온, EC, pH, Cl⁻) 조사를 실시하였다. 그리고 광주천 유량과 수질의 시·공간적 변화를 고찰하기 위하여, 1995년 5월 13일³⁾, 1997년 10월 25일과 1998년 10월 31일에 걸쳐⁴⁾ 조사한 광주천 본류의 유량과 수질자료를 비교·분석하였다.

유량측정은 플라이스 유속계(中淺測器, 측정범위: 0.2~1.32m/sec)에 의한 단면적법을 사용하였으며, 유속계를 사용할 수 없는 장소에서는 비커를 이용한 용적법 혹은 식염을 이용한 트레이서법으로 측정하였다. 트레이서법에 대해서는 박종관(1997)에 자세히 기술되어 있으므로 본고에서는 설명을 생략하고자 한다. EC는 EC Meter(TOA: CM-14P), pH는 pH Meter(TOC: HM-12P), Cl⁻는 HACH의 Test Kits (Digital Titrator 법)를 사용하여 현장에서 측정하였다.

4. 광주천 유역의 수문특성

1) 수계의 변화

1960년대 광주의 주요 시가지는 광주천 유역의 중앙부 즉 광주천 지류인 증심사천 합류 후부터 동계천 합류 전에 위치하였으나, 현재 광주의 시가지는 하천 상류부에 속하는 산지를 제외하고, 전 유역이 주택지 혹은 시가지로 덮여 있다. 그리고 토지이용 변화와 함께 수역의 변화 즉 하천과 저수지 등이 점유하는 면적과 밀도 역시 큰 변화를 겪어왔다(양해근·김종일, 2004).

<그림 1>은 광주광역시(2000b)의 '광주천 하천정비기본계획(재정비)'에 제시된 '배수구분도', '택지개발현황도', '하수관망도'를 참고로 1/25,000 지형도(광주, 1986, 1999; 송정, 1986, 1999; 화순, 1988)를 이용하여 수계의 변화 즉 복개천과 실제 하천을 나타낸 것이다. <그림 1>에서 점선으로 표시된 복개천은 1970년대 이후 도시화 과정 속에서 대부분의 지류 중하류부가 거의 복개되어 하도는 현재 하수도로서 이용되고 있으며, 그 상부는 주요 간선도로와 상업지역으로 이용되고 있다. 광주천 본류의 상당 부분은 일제강점기에 실시된 하천개수사

업으로 이미 직선형 하천으로 변화되었으며, 경양지천을 이루는 인공용수로와 용봉천 그리고 서방천, 동계천이 곡류천을 형성하여 배후 수변지역을 넓게 형성되었다. 그러나 광주시의 도시화가 주로 서쪽과 북쪽방향으로 이루어지면서 동계천, 경양지천, 서방천, 용봉천, 극락지천 등 광천 지류유역에서는 최상류부의 산간계곡, 개발제한구역 등지를 제외하고는 시가지개발, 하수도정비, 도로확장 등의 과정 속에서 복개가 추진되어 수계의 연속성이 단절되고 수면적이 크게 축소되었다¹⁾. 도시화 과정에서 광주천 유역의 유안저수지, 조봉저수지, 서방천 유역의 송정저수지, 오치연못 등도 소멸되었다(양해근·김종일, 2004).

2) 수질환경

지난 10년간의 환경부 수질측정망(광주천 1지점; G19, 광주천 2지점; G27)의 BOD농도를 보면, 광주천 1지점에서는 2000년 이전까지 목표수질⁵⁾을 달성하지 못하였으나 수질개선의 경향을 보이고 있다. 2001년에는 목표수질을 수용하는 2.0mg/L이었으나, 2001년도 월별 평균수질변화는 0.4~3.4mg/L로서 특히 풍수기에 속하는 여름철에 다소 악화되어 III급수를 나타낸다(그림 3). 이러한 현상은 홍수유량에 의한 생활하수의 유입에 기인한 것으로 사료된다. 광주천 2지점에서는 8.3~36.6mg/L의 높은 수질오염을 나타내고 있으며, 1996년 이후에는 수질개선의 추세가 현저하지만, 아직 목표수질기준

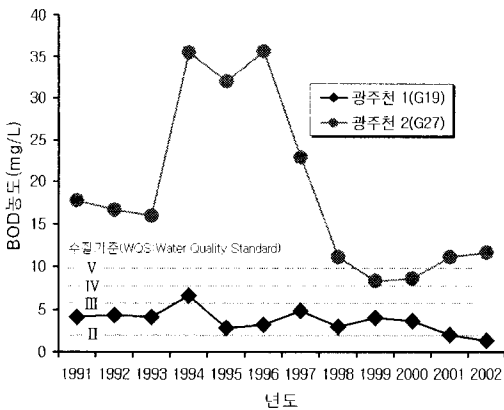


그림 3. 광주천 하천수질의 경년변화 (1991~2002, 환경부 자료에 의해 작성)

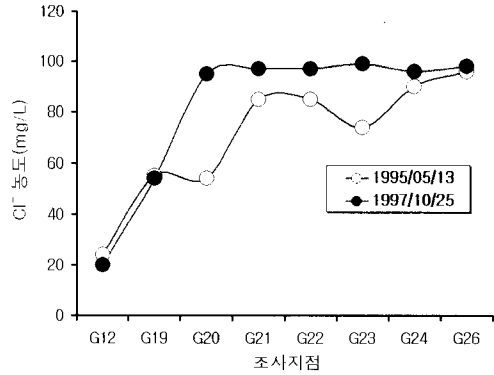


그림 4. 구간별 Cl⁻농도변화

을 달성하지 못한 상태이다(전라남도, 1996; 오강호·고영구, 2003).

<그림 4>는 인위적인 영향을 반영하는 수질지표로서 널리 사용되는 Cl 농도의 시·공간적 변화를 나타낸 것이다. 여기서 1995년 5월 13일은 하수처리수의 방류이전, 1997년 10월 25일은 그 이후에 측정된 것이다. 먼저 하수처리수의 개입이 없었던 시기에는 상류에서 하류로 흘러감에 따라 생활하수의 유입 또는 상대적으로 오염된 수량의 유입으로 점진적으로 증가하는 경향이 뚜렷하다. 그러나 하수처리수의 방류 이후 G20지점의 Cl 농도가 크게 증가하고, 대체로 그 농도가 영산강과 합류하는 하류지점까지 그대로 유지되면서 흘러가는 경향을 보인다. 이와 같은 현상은 1998년 10월 31일과 2002년 7~8월 조사에서도 하수처리수의 방류지점부터 100mg/L 이상의 높은 농도를 여전히 유지하고 있다⁶⁾. 우리나라 방류수의 기준은 대개 유기물에 그 초점이 맞추어져 있으며, Cl와 같은 무기물은 거의 무시되고 있다. 일반적으로 하천수의 염소이온 농도가 100mg/L 이상을 넘는 경우에는 해수의 영향을 간접적으로 받는 기수호 혹은 사막을 흐르는 건조지역의 하천 혹은 생활하수가 직접적으로 유입되는 하천에서나 볼 수 있는 현상이다. EC농도의 시공간적 변화는 Cl와 거의 동일한 변화양상을 보이고 있다.

3) 하천유량

(1) 유출기구의 변화

표 1. 유출요소의 변화(양해근·김종일, 2004)

		1910년대	1960년대	1990년대
유역면적 중의 불투성면적비(%)		0	21.8	36.9
강수량 대비 (100%)	증발산량 (초기손실량)	53.9 (0)	53.9 (11.7)	53.9 (19.9)
	직접유출량	0	9.6	16.2
	침투량	46.1	36.5	29.9
	상수도량	0	0.2	5.7
	상수도 누수량	0	0.1	2.2
	하수처리수량	0	0	2.9
	지하수 양수량	0	0	1.1
	지하수 저유량	46.1	36.6	31.0

주) 지하수 저유량=(침투량+상수도 누수량)-지하수 양수량

도시화 과정에 나타난 유출기구의 변화는 복잡하고 다양한 요소들이 상호관계하고 있어, 그 전모를 명확하게 알 수 없는 것 또한 현실이다(Brater, 1969). 그러나 도시화에 따른 각 하천 유량의 시간 변화관계, 즉 수문그래프를 구성하는 각 요소의 변화를 지리적 인자간의 상호관계를 통해 도시지역의 유출특성 변화를 어느 정도 설명이 가능하다(木下武雄, 1968; 日本建設省土木研究所, 1975).

여기서 양해근·김종일(2004)에 의해 산정된 광주천의 물수지에 의하면, <표 1>과 같이 나타낼 수 있다. 즉 광주천 유역의 지속적인 도시화에 수반된 불투수성 면적의 확대는 지하수 저유량이 1910년대에 강수량대비 46.1%이었으나 1990년대에는 31%로 감소하는 결과를 초래하였으며, 직접유출량은 1910년대에 강수량대비 0%이었던 것이 1990대에 16.2%로 증가한 결과를 반영한 것이다. 이와 같은 인위적인 요인에 의한 유출기구의 변형은 도시형 홍수의 빈발과 광주천의 기저유출량의 감소로 인한 건천화를 심화시키는 주요 원인이 되고 있다.

(2) 하천유량의 공간적 변화

일반적으로 지하수두가 높은 곳에서는 지하수로부터 다량의 물이 공급되어 하천유량이 유지되고, 상대적으로 하천수위보다 주변 지하수두가 낮은 경우에는 역으로 하천수의 일부가 지중에 침투하여 지하수를 보충하게 된다(山本莊毅, 1983). 이처럼 자연하천에서는 지형·지질적 요인 혹은 기후적인 요인에 의해 유량이 변화하고, 그 영향이 하천 수질형성에도 미치게 된다. 그러나 인간 간섭을

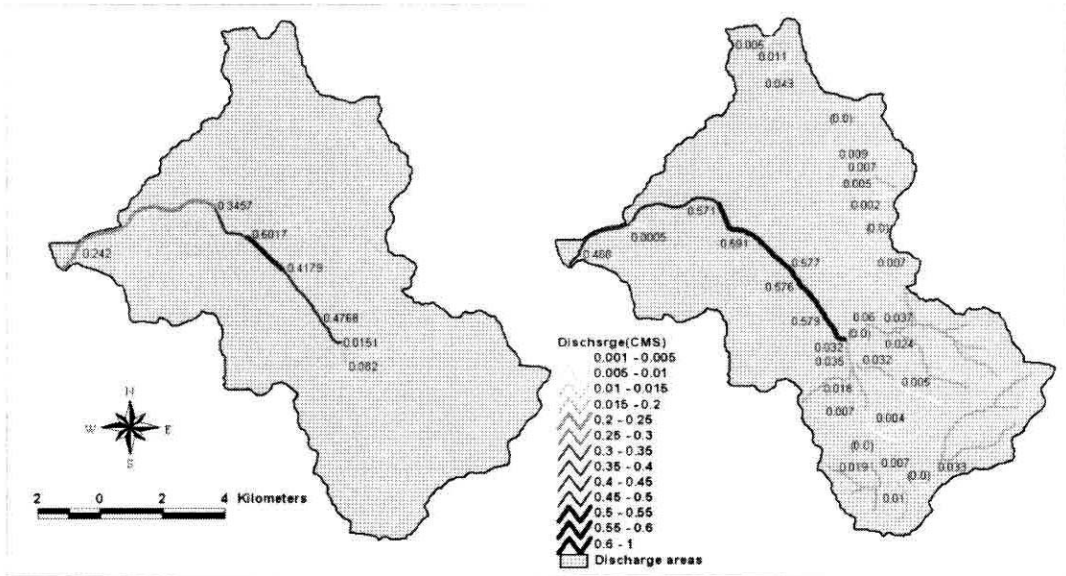
크게 받는 하천 또는 유역주민 생활리듬에 좌우되는 도시하천의 경우에는 하천 유량과 수질변동이 급격하게 일어나고, 그 변화양상 또한 생태계의 순응속도 보다 크게 일어나기 때문에 수문환경이 완전히 파괴되고, 복잡하고 다양한 수문요소가 결합되어 본래의 수문체계를 크게 왜곡하는 현상까지 초래한다(양해근, 1995). 특히 도시지역에 그 발원지를 두고 있는 도시 중소하천은 유역의 도시화로 불투수성 면적이 확대되어, 지하수 함양량이 감소하게 된다, 지하수위 저하는 기저유출량을 감소시키고, 나아가 하천수가 지하수로 복류하게 되어 물이 없는 건천에 이르게 된다(新井正 등, 1987). 그리고 집중호우시 가끔 차집관거를 월류하여 유입되는 생활하수와 산업폐수는 하천의 오탁의 주요 원인으로 사료된다.

지하수와 하천수간의 교류를 조사하는 가장 일반적인 방법으로는 하천의 종단면을 몇 개의 구간으로 나누어 유량을 측정하는 방법과 하천 주변의 지하수두를 조사하고, 그 결과를 토대로 작성된 지하수면도를 가지고 파악하는 방법이 있다(山本莊毅, 1983). 후자의 경우에는 지하수위를 관측할 수 있는 관정이 비교적 균등하게 분포한 지역에서 가장 효과적인 방법이라 할 수 있겠으나, 광주천 주변에는 수위를 관측할 수 있는 수에 한계가 있으므로, 전자의 방법으로 지하수와 하천수간의 교류를 추정하였다.

<그림 5>는 지난 2002년 7월과 8월에 걸쳐 측정된 광주천 유역의 구간별 하천유량이다. 대부분의 지류는 1~2차수 하천으로 0.05CMS이하의 적

은 유량에 의해 유지되는 하천들이다. 그러나 주로 하천 하상이 작은 원력과 자갈 그리고 모래 등으로 이루어진 본류 상류부와 지류에서는 하천수의 복류가 뚜렷하게 나타난다. 그 결과, G2지점(제2수지원지 하류부)의 유량은 0.033CMS이었으나, 하류로 흘러감에 따라 점차 복류하여 G2와 G3사이에서 하천수량이 전부 복류하여 무수천의 상태를 유지하였다(그림 6). 이러한 현상은 동년 12월 관측 시에서도 용연 정수장(G2하류부근)으로부터 0.049

CMS의 방류량이 있었으나, 도중에 상당 부분이 복류하여 손실되고, 그 나머지가 G3~G6사이에서 전량 복류하였다. 한편, G6지점 이후 지류의 합류로 약간의 하천유량이 관측되지만, G8지점 이전에 다시 전 유량이 복류하여 무수천을 이루는 것이 경향이 뚜렷하다. 이처럼 광주천 상류부는 유입량보다 하상복류를 통해 손실되는 것이 많기 때문에 평상시 물이 흐르지 않는 하천이 유지되고 있으며, 도심부의 합류식 하수도 정비사업의 확대에 따라



(a) 1998.10.31

(b) 2002.07.26~08.04

그림 5. 광주천 유량의 공간적 변화



(a) G14(원지교 상류, 2002.07.04촬영)



(b) G3(교동교 상류, 2002.07.26촬영)

그림 6. 광주천 상류부의 하천수의 복류

한 현상은 더욱 심화된 것으로 판단된다(그림 6).

그리고 현재 광주광역시에서는 광주천 하천유지수로서 0.5CMS의 하수처리수를 G19지점의 하류부(방학교)에 방류하고 있다(그림 7). 그 영향으로 G20에서 0.579CMS의 유량이 G21에서 0.576CMS으로 약간 감소하는 경향을 보이지만, 양동-발산지역을 곡류하는 G23부근에서 0.591CMS로 증가한다. 이와 같은 현상은 동계천과 서방천 그리고 용봉천이 합류하는 수문지형·지질적인 요인이 지하수 유동계에 반영된 결과로 나타난 현상으로 보인다. 다시 말하면, 광주천과 지류들의 운반·퇴적으로 형성된 비교적 넓은 충적층이 월산동에서 양동발산지역을 잇는 북북서-남남동방향의 대보화강암 구릉지와 용봉동 상봉에서 광주기상대가 위치한 북북서-남남동 대보화강암 구릉지를 통과함으로써 대수층이 좁은 골짜기를 이루어 풍부한 지하수의 용출지역을 이루고 있는 것으로 판단된다. 1997년 10월과 1998년 10월에 실시된 유량조사에서도 동일한 경향의 유량증가가 관찰되었다(그림 5). 그리고 서방천 합류 후 G24지점부터 일부 생활폐수의 유입되어 다소 수질을 악화시키지만(오강호·고영구, 2003), 유량은 다시 점진적으로 감소하는 경향을 뚜렷하게 나타낸다.



그림 7. 광주천 하천유지수로서 방류되고 있는 하수처리수(G19; 방학교 하류부근, 2002.07.26촬영)

5. 고 찰

하천유지수량의 개념⁸⁾은 1990년대에 들어와 하천의 수질문제 뿐만 아니라 하천 경관, 하천 생태

계, 수변공원화 등의 하천환경 기능을 충족시키는 하천유지수량 결정방법이 제시되었다. 그러나 과거에는 주로 하천수운에 맞추어 개략적으로 설정되었던 하천유지수량이 1970년대 들어와 하천 하류에서 농업용수 등 각종 용수 확보를 위한 차원에서 산정되었다(한국건설기술연구원, 1999). 그리고 1980년대 이후 하천수질 및 생태계 등에 관한 관심이 고조되면서 하천유지수량은 하천 고유의 자연적 기능을 보전하고 악화된 수질을 회석시키는 개념으로 해석되기도 하였다(한국수자원공사, 1990; 한국건설기술연구원, 1999). 최근에는 이상 갈수현상 등에 대비한 하천환경 보전을 위한 하천유량 관리의 중요성이 강조되고, 도시화에 따른 도심하천의 건천화를 방지하기 위한 하천관리유량을 설정하는데 하천유지수량 개념이 도입되고 있다.

대하천 본류가 아닌 중소하천의 경우 하천유지수량은 하천 유출량 수문분석에 의해 산출된 갈수량을 기준으로 결정하는 것이 일반적이다. 이러한 갈수량 기준은 수질, 경관, 생태계 등이 보존될 수 있는 최소한의 수문학적 조건을 유지하자는 것이다. 특히 하천유지수량은 하천 유지관리상 주요한 지점에서 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 유량으로서 자연적 요인인 평균 갈수량과 인위적 요인인 환경보전 유량이 있다. 먼저 평균 갈수량이란 자연 상태의 갈수시에 흘렀다고 간주되는 유량으로 하천의 건천화 방지 등 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 보전하도록 하류에 흘려보내는 유량이다. 환경보전 유량이란 하천관리시설 보호나 지하수위의 유지, 동식물의 생태보호 그리고 하천수질보전 등과 같은 기능을 종합적으로 고려하여 하천환경보전 측면에서 설정하는 유량이다.

여기서 두 개 이상의 유역에서 기상 조건과 수문지질 및 지형 등이 거의 같은 등질역이라고 가정한다면, 갈수기의 유량관측을 통하여 갈수량 추정이 가능하다. 광주천 유역의 소지류는 대부분 동남부에 위치한 무등산에서 발원하고 있으며, 지질 또는 지형적 조건이 거의 대동소이한 지역으로 간주되며, 광주천 지류의 상류부는 무등산의 북서쪽에 위치하고 있어 강우형태 또한 거의 같다고 볼 수 있다. <그림 2>는 갈수량 및 구간별 유량을 측

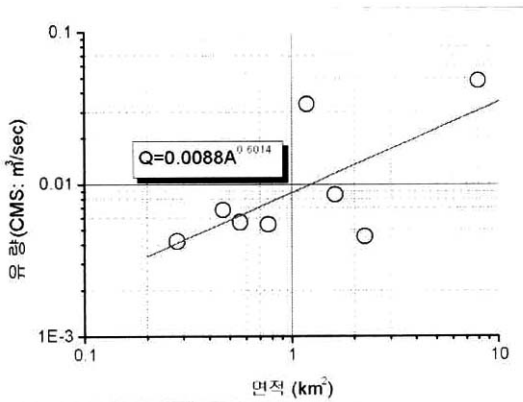


그림 8. 광주천 유역의 갈수량에 대한 비유량과 추정식
 정한 지점을 나타낸 것이며, 지류들의 유역면적은 대부분 8km²이하의 소유역들이다. 따라서 갈수량 측정에 있어서 인위적으로 하천유량이 조절될 가능성이 큰 조사지점 즉 상류부에 저수지 혹은 댐이 축조된 지점의 유량은 배제하였다. 그리고 하천 유지유량의 설정에 최소한의 기준이 되는 갈수량을 결정하기 위해 강우 영향이 전혀 없는 기간을 선정하여 상류부 유출량을 대상으로 측정된 결과, 상류부 비유량은 다음 식 $Q = 0.0088A^{0.6014}$ 으로 나타낼 수 있으며, 광주천 유역의 평균 갈수량은 0.96CMS로 추정할 수 있다(그림 8).

광주천의 하천유지수량에 대한 기초 자료로 사용한 것은 영산강 나주 수위관측지점의 자료와 광주지방기상청 월별강우량 자료를 근거로 Kajiyama

경험식을 이용한 월평균 유출량(광주광역시, 2000), Thiessen다각형에 의한 면적강수량과 Thornthwaite 물수지법에 의한 월평균 유출량(양해근·김종일, 2004) 이다. 양자를 비교하면, Kajiyama경험식에 의한 연평균 유출량은 Thornthwaite에 의한 값보다 약 3.09CMS($10 \times 10^6 m^3/year$)더 많다. 갈수기에는 Thornthwaite법에 의한 유출량이 많게 나타나는 반면에 비가 많은 여름철에는 Kajiyama경험식에 의한 값이 많게 나타난다(표 2).

이러한 결과를 놓고 볼 때, 광주광역시의 광주천 하천정비기본계획의 하천 기능별 목표유량, 특히 수질보전적 측면에서는 Kajiyama경험식에서 1월과 2월, 12월 그리고 Thornthwaite경험식에서는 5월에 각각 유량이 부족한 것으로 나타나지만, 그 외 경관, 친수활동, 생태측면에서 유량확보는 가능한 것으로 판단된다(표 3).

그러나 <표 2>에 제시된 월평균 유출량은 양자 모두 기후학적 경험식을 근거한 것으로서 도시화 효과가 전혀 고려되어 있지 않다는 점에 유의해야 할 것이다. 현재 실시되고 있는 광주천 환경복원사업은 콘크리트로 고정된 기존의 하도를 자연적으로 교체하고 하천수의 오염원으로 작용하였던 인공보를 해체하는 한편 건천화의 방지와 수변경관을 고려한 하천유지수로서 하수처리수를 방류하고 있다(그림 9). 이처럼 하천유지수로서 하천 상류부에 불완전한 일반 처리수를 장기간에 걸쳐 방류했을 때, 하천과 지하수간의 교류가 활발한 하

표 2. 광주천 월평균 유출량

(단위: CMS)

구 분	1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11	12	계
Kajiyama ¹⁾	0.59	0.72	0.98	2.06	1.54	3.48	6.44	5.51	4.13	1.11	0.85	0.64	28.04
Thornthwaite ²⁾	1.39	1.54	1.68	1.02	0.52	2.04	3.22	5.12	3.61	1.82	1.61	1.37	24.95

주) 1) Kajiyama 경험식(광주광역시, 2000b)

2) Thornthwaite 경험식(양해근·김종일, 2004)

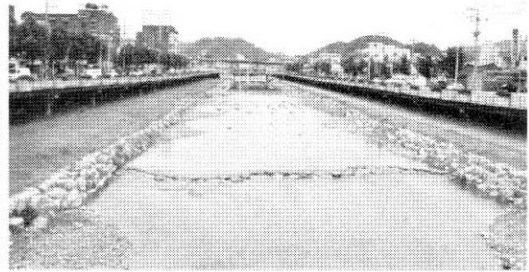
표 3. 광주천의 기능별 하천유지수량(광주광역시, 2000b)

구분	경관	친수활동	생태계	하천특성	수질보전
수면폭(m)	14-40	20-30	20-30	평균 갈수량 기준	목표수질 II-IV등급 유지
유속(m/s)	0.2	0.2	0.2		
수심(m)	0.1	0.2	0.1		
유량(CMS)	0.28-0.8	0.8-1.2	0.4-0.6	0.29	0.73

주) 영산강합류지점을 기준으로 한 값임



(a) 복원사업이전(1998.11.14촬영)



(b) 복원사업 이후(2002.07.04촬영)

그림 9. G20(남광교)부근의 자연형 하천복원사업(하천수량은 하수처리수의 방류량에 의해 유지되고 있음)

천의 경우에는 상당량이 지하수로 함양되었을 가능성은 대단히 높다고 볼 수 있다. 특히 도시화의 영향으로 지하수위가 저하될 시에는 하상을 통해 침투한 불안정한 처리수가 토양오염뿐만 아니라 지하수 염수화의 원인이 될 것이고, 물순환계를 따라 용출된 지하수는 다시 하천 수질을 악화시키는 제2의 오염원으로 작용할 것이다. 따라서 하천정비 또는 하천복원사업을 실행함에 있어서 하천의 수문특성과 자정능력 그리고 하천 생태계에 대한 충분한 고려가 전제되어야 한다. 그러나 건천화 방지 대책으로 도입되고 있는 하수처리수가 수변환경에 미치는 영향에 대해서는 아무런 대책이 없다고 할 수 있다.

특히 <그림 5>에 나타난 유량변화를 가지고 광주천 본류의 수문학적 특성을 구분한다면 <그림 10>과 같이 나타낼 수 있다. 1990년대 초에는 광주천 상류에 지하수 용천수가 존재하여 인근주민들의 공동우물(주로 잠용수나 빨래터로 이용)로 사용되었다. 이들 대부분은 차집관거로 유입되거나 고갈되어 본류 중류부까지 하천수가 복류하는 지하수 함양지역으로 변화했으며, 수문지형적인 요인에 의하여 지하수 용출지역이 본류의 중하류부에 위치한다. 그러나 다시 상당량의 하천수가 하류부에서 복류하는 함양지역이 나타나고 있어, 건천화에 대한 대비책으로 방류되고 있는 하수처리수는 광주천의 물순환 기구를 따라 토양과 지하수를 오염시킬 위험성을 내포하고 있다.

따라서 자연적 물순환 기구를 크게 왜곡하지 않

는 도시개발 즉 우수의 함양역을 적절하게 보호할 수 있는 효율적인 토지이용과 규제가 필요하며, 하천수와 지하수간의 교류가 활발한 하천 상류부를 중심으로 분리식 하수도의 설치 그리고 시가지의 투수성 포장지역 확대, 우수 인공함양시설의 보급 등을 통한 유역의 물순환 기구를 복원하는 것이라 생각한다. 다시 말해서 진정한 자연형 수문환경 복원이란 유역단위별 치수와 이수 그리고 환경보전을 위한 하천 기능이 적절하게 균형을 이루도록 유역 전체의 토지이용 형태와 물순환 기구가 상호 긴밀하게 작용하도록 배려된 유역의 물환경 종합관리체계를 구축함으로써 가능하다고 생각한다. 현재 실시되고 있는 하수처리수의 방류와 타 수계로



그림 10. 광주천 본류의 수문특성에 따른 구분

부터 도수 등과 같은 임기응변식의 단기처방으로 제2, 제3의 수문환경의 왜곡현상을 초래하므로 비록 시간이 다소 걸리더라도 왜곡된 수문현상을 바로 잡는 하천복원사업으로 변화되어야 할 것이다.

6. 결 론

본 연구에서는 도시화에 따른 건천화 방지와 하천 기능 복원의 일환으로 현재 자연형 하천복원 사업이 실시되고 있는 광주천을 대상으로 수문학적 특성과 수문환경 문제를 파악하고, 그 동안 하천 유지수 확보 방안의 하나로 방류되고 있는 하천처리수 문제와 평균갈수량 산정 그리고 물순환 왜곡현상에 관하여 살펴보았다. 그 결과는 다음과 같이 기술할 수 있다.

광주천은 그 동안 도시화를 배경으로 하천 기저 유출량감소와 수질악화로 하천 기능을 상실해 왔으며, 하천수질 개선방안으로서 차집관거식 하수도 보급은 하천의 건천화를 심화시키는 요인이 되고 있다. 특히 하천복원 사업 즉 건천화에 대한 대책으로 방류되고 있는 하수처리수는 광주천 물순환 기구를 따라 토양과 지하수를 오염시킬 위험성을 내포하고 있다. 그리고 기존 광주천 하천정비계획이나 하수도 정비계획에서 무시되었던 상류부의 기저유출량이 약 17,565m³/일 존재하지만, 대부분이 합류식 차집관거로 유입되어 하수처리장으로 직접 배출되거나 일부는 상류부에서 복류되어 지하수에 함양되고 있어 하천 기저유출량 감소의 근본적인 원인으로 작용하고 있다고 볼 수 있다. 그 결과 하상 함양지역의 확대가 우려되고 있어 보다 근본적인 하천유지수량의 확보방안 즉 '건전한 물순환' 복원을 전제한 도심하천의 복원사업이 절실히 요망된다.

註

- 1) 陸地測量部 1911년 3월 발행 1/50,000 지형도와 국립지리원 1979년, 1988년, 2001년 발행 1/50,000 지형도를 각각 비교하여 수계의 변화를 기술한 것임.
- 2) 광주시는 2004년 7월 1일 시청에서 '광주천정비 종합기본계획 수립 최종 용역보고회'를 갖고 광주천정비 마스터플랜을 제시했다.

광주천 상류인 용연동-원지교 구간을 '자연속의 하천'으로, 중류인 원지교~광천2교 구간은 '문화속의 하천', 하류인 광천2교~영산강합류부 구간은 '생태속의 하천'으로 테마를 정해 정비하기로 했다고 밝혔다. 시는 광주천 세부정비계획과 관련 깨끗하고 풍부한 물을 확보하기 위해 영산강 하천수를 취수, 광주천 상류 교동교 지점과 증심사천 총림교 지점, 그리고 기존의 원지교지점까지 끌어올려 방류할 계획이다. 2009년 정비사업이 완료되면 광주천에는 현재 하루 4만3천200m³보다 3배가 더 많은 14만3천200m³의 깨끗한 물이 흐르게 된다. 이와 함께 광주천에는 달뿌리풀, 환삼덩굴, 갯버들, 유채, 뽕나무 등의 식물과 청설모, 집쥐, 족제비, 다람쥐, 너구리 등의 포유류, 쇠오리와 노랑턱멧새, 쇠백로, 논병아리, 까치, 참새 등의 생물이 살아갈 수 있도록 하천내에 습지와 어류서식지, 여울, 낙차공 등을 조성할 계획이다. 시는 광주천의 경관을 더욱 수려하게 연출하기 위해 저수로에 수중분수를 설치하고 가로등과 음향시설을 마련하기로 했으며, 특히 일부 교량은 이미지연출이 가능도록 조명시설을 갖출 계획이다. 시는 이번 종합계획을 바탕으로 오는 8월 설계·시공일괄입찰(턴키)방식으로 공사를 발주, 오는 12월 착공한 뒤 2009년까지 완공할 계획이다(광주일보: 2004.07.01)

- 3) 梁海根, 1995, 韓國 無等山의自然湧水とその利用, 平成7年度 社團法人日本科學協會 世川科學研究助成金による研究報告書 7-268, pp.16
- 4) 전남대학교 사회과학대학 지리학과 1997학년도 2학기 '지역조사법(1997년 10월 25-28일)'과 1998학년도 2학기 '수문학 및 실습(1998년 10월 31일-11월 14일)'의 실습시간에 조사된 광주천의 유량과 수질자료로서, 동일한 측정지점과 방법으로 이루어졌음.
- 5) 광주천 목표수질Ⅱ~Ⅳ등급을 유지(광주광역시, 2000, 광주천 하천정비기본계획 제정비)
- 6) 광주광역시에서는 도시화에 따른 건천화와 수질개선을 도모하기 위하여 광주천 하류부에서 처리된 생활하수를 하천유지수로서 방학교 하류부근(G19~G20)에 0.5CMS씩 방류하고 있다. 광주하수처리장의 방류수의 수질은 다음과 같다(<http://www.geic.or.kr/>).

주) (): 법정치리기준

- 7) 식생이 풍부한 자연지역은 상당한 집중강우가 아닐 경우 표면유출이 일어나지 않으므로, 인간 활동이 미비한 자연지역에서 강우 이벤트에 의한 직접유출이 일어나지 않는다는 가정(유출계수 f=0)하에 산정된 것이다(양해근·김종일, 2004).
- 8) 하천유지수량이란 기존의 하천의 기능 중에 치수와 이수기능만을 고려하는 것 보다 하천환경을 종합적으로 고려하고, 맑고 충분한 하천유량이 유지될 수 있도록 계획하고 관리하기 위해서는 수질보전, 어류 등 하천 생태계의 서식처 복원 및 보전, 하천경관,

그리고 하천의 자연적 기능을 보전할 수 있는 최소
한의 하천유량을 의미한다.

謝辭

현지조사에 도움을 준 전남대학교 지리학과 박
진과 이정현군을 비롯한 학생들의 도움이 있었으며,
관련 자료와 연구비를 제안해주신 광주·전남발전
연구원 김종일 박사님을 비롯한 관계자들에게도 이
자리를 빌어 진심으로 감사의 뜻을 전합니다.

文獻

건설교통부, 2000, 한국하천일람 2000.
 광주광역시, 1995, 광주천 건천화 방지사업 실시설
 계보고서.
 광주광역시, 1999, 광주천 자연형정비사업.
 광주광역시, 2000a, 광주천 자연환경복원사업.
 광주광역시, 2000b, 광주천 하천정비기본계획(재정비).
 김종일, 1996, 광주시 도시하천의 환경변화와 관리
 방안, 광주·전남비전21, 10, 47-63.
 박세철, 1999, 도시하천 생태관리를 위한 기초조사
 연구, 서울시정연구원.
 박종관, 1997, 물환경 조사법, 청문각, 서울(新井正,
 1995, 水環境調査の基礎, 古今出版).
 박종하, 1999, 자연형 하천계획의 하천생태학적 기
 초, 한국수자원학회지, 29(2), 21-26.
 손명원, 1998, 도시하천의 생태학적 역할과 개선방
 안, 한국지역지리학회지, 4(1), 15-25.
 양해근, 1995, 인위적인 요인이 하천의 유량과 수질
 변화에 미친 영향 -일본 하다노(秦野) 분지를
 사례로-, 대한지리학회지, 30(3), 242-254.
 양해근·김종일, 2004, 도시화에 수반되는 광주천
 유역의 물수지 변화, 한국지역지리학회지, 10(1),
 192-205.
 이경렬, 1998, 양재천 자연형하천 복원 계획, 서울
 대학교 환경대학원 조경학석사논문.
 이상호, 1998, 안양천 오염의 현황 및 개선대책, 안
 양천 살리기 네트워크 워크샵 자료.
 이호준, 2000, 광주광역시 물관리 현황 및 방향, 한
 국수자원학회지, 33(6), 7-14.
 임현만, 2001, 안양천 살리기 -안양천 상류 및 학의

천을 중심으로-, 한국수자원학회지, 34(6), 65-74.
 오강호·고영구, 2003, 광주광역시 하천수의 수질
 및 오염, 한국환경과학회지, 12(3), 287-297.
 전라남도, 1996, 영산강 수질관리 종합대책 수립에
 관한 연구.
 조정규, 2002, 광주 충장로와 금남로의 경관변화 연
 구, 전남대학교 박사학위논문.
 한국건설기술연구원, 1999, 하천유지유량 산정방법
 워샵 - 환경 보전성 하천 관리를 위한 하천유지
 유량-.
 한국수자원공사, 1990, 한강 하천유지유량 조사연구
 보고서.
 國松孝男·菅原正孝, 1988, 都市の水環境の創造, 技
 報堂.
 木下武雄, 1968, 都市化と流出變化, 土木技術資料,
 9(3), 12-18.
 山本莊毅, 1983, 新版 地下水調査法, 古今書院.
 新井正, 1986, 東京都の中小河川流域の湧水と河川流
 量・水質, 立正大學應用地理調査所水文研究會.
 新井正, 新藤靜夫, 市川新, 吉越昭久, 1987, 都市の
 水文環境, 共立出版.
 日本建設省土木研究所, 1975, 流出實驗地調査報告書.
 土木研究所都市河川研究室, 2000, 都市空間における
 ヒートアイランド現象の軽減に關する研究 (その1), 土
 木研究所資料第3779号.
 土木研究所都市河川研究室, 2001, 都市空間における
 ヒートアイランド現象の軽減に關する研究 (その2),
 土木研究所資料第3783号.
 Arai, T., 1990, Urban hydrology in Tokyo,
Geographical Review of Japan, 63-B, 88-97.
 Brater, E.F., 1968, Steps toward a better
 understanding of urban runoff process, *Water
 Resources Research*, 4, 335-347.
 Jens, S.W. and M.B. McPherson, 1964, *Hydrology
 of urban areas*, in V.T. Chow ed., Handbook
 of Applied Hydrology Section 20, McGraw-
 Hill.
 Hall, M.J., 1984, *Urban hydrology*, Elsevier
 Applied Science.

(접수 : 2004. 5. 4, 채택 : 2004. 6. 16)