

# 안양천 유역의 물순환 건전화를 위한 통합관리방안(I): 현황 파악

## Integrated Approach for Rehabilitating the Hydrologic Cycle in the Anyangcheon Watershed(I): Identification of the Status

이길성\*, 정은성\*\*, 김영오\*\*\*

Kil Seong Lee, Eun-Sung Chung, Young-Oh Kim

### 요 지

본 연구는 유역통합관리를 위한 사전 단계로 유역의 물순환에 대해 구체적이고 정량적으로 문제점을 파악하는데 그 목적이 있다. 중유역별로 현장답사 및 다양한 지수를 이용하여 치수, 이수, 수질 등의 측면에서 제시될 수 있는 문제점을 파악하였다. 홍수피해잠재능(PFD)을 이용하여 수문요소뿐만 아니라 사회경제적인 요소까지 포괄하여 홍수에 대한 잠재적인 피해 취약도를 조사하였고, 건전화 지수(SDI)를 이용한 하천의 건천 정도를 도출하였으며, 중유역별 불투수 면적 비율(IAR)을 이용하여 수질관리 방안을 분류하였다. 또한, 복개하천 현황, 단순하게 운영되고 있는 저수지 현황, 하천수의 취수, 지하수의 이용, 하천수가 하천바닥으로 손실되는 여부, 오수의 하천 유입 등을 조사하여 치수, 이수, 수질관리 측면에서 문제가 되는 중유역을 도출하였다. 이렇게 중유역별로 정량적 또는 정성적으로(qualitatively) 제시하는 방법은 유역통합관리를 위한 조사사업 등에 도움이 될 것이며 향후 유역통합관리 방안을 올바르게 수립하는데 기초 자료로 활용될 수 있다.

**핵심용어:** 물순환 건전화, 안양천 유역, 유역통합관리, 홍수피해잠재능, 건전화 지수, 불투수 면적 비율

## 1. 서론

안양천 유역은 급격한 도시화에 따른 불투수 지역과 지하수 이용 증가로 인한 기저유출 감소, 상류 저수지의 농업용수를 위한 방류량 감소, 합류식 하수관거로 인한 우수회귀 손실 등으로 일부 하천에는 갈수기 하천유량이 현저히 감소하고 있다. 건전화에 따른 유지유량(instream flow requirement)의 부족은 하천수질의 악화, 하천주변 생태계의 파괴 등 하천의 정상적인 기능을 저해하는 문제를 초래하고 있다. 따라서 도시화로 인한 물순환 파괴를 근본적으로 연구하고 이를 정상화하기 위한 체계적이고 통합적인 유역관리 기술이 요구된다. 본 연구는 유역통합관리(Integrated Watershed Management, IWM)를 위한 사전 단계로 유역의 물순환에 대한 구체적인 문제점을 현장답사 및 다양한 지수를 이용하여 정량적으로 파악하는데 그 목적이 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1 대상유역

안양천은 국가하천이며 한강의 제1지류로서 경기도 시흥군 의왕시 세장동 백운산자락에서 발원하여 북류하면서 군포시를 경유 안양시 도심을 중심으로 관류하여 광명시, 서울시의 영등포구, 구로구, 양천구, 강서구 등을 거쳐 한강에 유입되는 하천이다. 유역의 위치는 서울의 남서쪽으로 동경 126° 47' ~ 127° 04', 북위 37° 18' ~ 37° 33'이며 유역면적은 286.55 km<sup>2</sup>이다. 상류로부터는 경기도의 7개시 (의왕, 군포, 과천, 안

\* 정회원·서울대학교 지구환경시스템공학부 정교수 ·Email: [kilselee@snu.ac.kr](mailto:kilselee@snu.ac.kr)

\*\* 정회원·서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정 ·Email: [cool77@snu.ac.kr](mailto:cool77@snu.ac.kr)

\*\*\* 정회원·서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수 ·Email: [yokim05@snu.ac.kr](mailto:yokim05@snu.ac.kr)

양, 시흥, 광명, 부천시)와 하류로는 서울시의 7개구 (관악, 금천, 동작, 구로, 영등포, 양천, 강서구)를 포함하고 있으며 유역도는 그림 1과 같다.

## 2.2 연구내용

### 2.2.1 치수

치수 측면에서 각 중유역의 현황을 제시할 수 있는 지표로는 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage, PFD)이 사용되고 있다. 이는 수문요소뿐만 아니라 사회경제적인 요소까지 포괄하여 특정 치수단위구역의 홍수에 대한 잠재적인 피해 취약도를 나타내는 지수이다. ‘수자원장기종합계획(건교부, 2003)’에서 처음 소개되었으며 기존의 “선” 개념이 아닌 “면” 개념을 도입한 유역별 치수특성과 투자 우선순위를 나타내는 지표로서 유역의 치수안전도를 나타내는 대안으로 활용될 수 있다(이길성 등, 2004).

### 2.2.2 이수

건천의 정의는 “자연적인 기능을 유지할 수 없도록 악화되고 있거나 이미 악화된 하천으로서, 수문학적 요소 기준으로 갈수량 기준 이하이거나 하천기능유지에 필요한 수량을 지속적으로 제공할 수 없는 상태의 하천”이라고 할 수 있다(정관수 등, 2003). 그러나 이의 정량적 접근이 어려운 이유는 건천이 되어가는 과정에 대한 현상을 지속적으로 관찰하기 어렵고, 건천화의 원인이 순수한 자연현상뿐만 아니라 인위적인 요인에 의해 지배되고 있으며 자연하천에 간섭을 하고 있는 인간의 사회적 활동 등은 포착하기 어렵기 때문이다. 그러므로 건천화된 하천에 직접영향을 주는 요소와 간접영향을 주는 요소를 추정하는 수준에서 언급될 수밖에 없으므로 건천화에 영향을 주는 것으로 판단되는 모든 요소를 고려하여 건천화 지수를 산정하여야 한다. 건천화 지수에 의한 등급 분류는 하천의 건천화에 영향을 미칠 수 있는 직접 및 간접적인 인자들을 추출하여 비교함으로써 대상 하천들의 건천화 정도를 평가할 수 있다. 따라서 건천화 등급 분류를 통해 안양천 유역 내에서 어떤 하천이 건천화가 이뤄지고 있는지 또는 건천의 가능성을 가지고 있는지 판단할 수 있게 해준다. 본 연구에서는 ‘지속가능한 하천수 개발기술(심평필 등, 2003)’에서 제시한 내용을 토대로 수행하였다. 이 연구는 8개 하천을 대상으로 시행한 연구결과를 바탕으로 구성하였으므로 전국 모든 유역에서의 적용성과 대표성을 가지고 있지 않다. 따라서 표 1과 같이 직접인자와 간접인자표의 인자를 추가하거나 배제하여 안양천 유역에 합당하게 수정하고 각 하천의 건천화 지수의 순위를 파악하여 건천화 방지를 위한 대안을 적용하기 위한 하천의 우선순위를 파악하였다.

표 1. 안양천 유역에 적용한 직·간접인자 표 (이길성 등, 2004)

인자구분		직접인자						
		토지이용 농경지비율 (%)	지하수관정 이용량(m <sup>3</sup> /년)	하천 취수 유무	차집수 방류량 (m <sup>3</sup> /일)	상류 저수지 유무	집수암거 개수	실측유량/ 하천유지 유량
대상 하천구분								
인자구분		간접인자						
		인문사회경제 인구증감	토지이용 불투수면적비 (%)	임상 침엽수 비율(%)	하천지형 하상경사	CN값	하천정비 정비구간 (%)	하천밀도
대상 하천구분								

### 2.2.3 수질

수질측면에서 각 중유역의 현황을 나타낼 수 있는 지표로는 특정 수질항목에 대한 정기적인 실측자료를 바탕으로 분류하는 것이 가장 적절하나 현재 안양천 유역에는 이러한 세밀한 측정망이 구축되어 있지 않으므로 본 연구에서는 Schuler(1994)가 제시한 불투수 면적 비율을 이용한 도시하천 수질에 대한 분류방법을 이용하였다. Schuler(1994)는 도시하천을 불투수 면적비율에 따라 표 2와 같이 분류하고 각 분류별로 특징 및 관리방안을 제시하였다. 민감(Sensitive) 하천은 불투수 지역이 늘어나는 것에 대한 엄격한 규제를 해야 하며 개발전의 하천수질을 유지할 수 있도록 여러 가지 우수관리 방안 등을 적용해야 한다. 손상(Impacted) 하

천은 이미 존재하는 불투수 지역으로 인한 피해를 가능한한 최소화해야 하고 효과적인 우수관리 방안을 적극적으로 적용해야 한다. 생태적 건전성 유지불능(Non-supporting) 하천은 이미 심각하게 오염되어서 효과적인 우수관리방안이 적용되더라도 개발전의 상태로 하도의 안정성과 생물종의 다양성을 복원할 수 없지만 이러한 노력을 멈추어서도 않된다. 따라서 관리방안의 목적을 도시지역에서 발생한 오염물질을 제거하여 하류의 수질악화를 방지하고 불투수 비율이 상대적으로 낮은 지역을 찾아 우선적으로 보호해야하는 대안들이 추진되어야 한다.

**표 2. A Possible Scheme for Classifying and Managing for Headwater Urban Streams Based on Ultimate Imperviousness (Schuler, 1994)**

Urban Stream Classification	Sensitive (0 ~ 10% Imperv.)	Impacted (11 ~ 25% Imperv.)	Non-supporting (26 ~ 100% Imperv.)
Channel stability	Stable	Unstable	Highly Unstable
Water quality	Good	Fair	Fair-Poor
Stream biodiversity	Good-Excellent	Fair-Good	Poor
Resource objective	Protect biodiversity and channel stability	Maintain critical elements of stream quality	Minimize downstream pollutant loads
Water quality objectives	Sediment and temperature	Nutrient and metal loads	Control bacteria
Stormwater practice selection factors	Secondary environmental impacts	Removal efficiency	Removal efficiency
Land use controls	Watershed-wide imp. cover limits (ICLs), site ICLs	Site imp. cover limits(ICLs)	Additional infill and redevelopment encouraged
Monitoring and enforcement	GIS monitoring of imp. cover, biomonitoring	Same as "Stressed"	Pollutant load modeling
Development rights	Transferred out	None	Transferred in
Riparian buffers	Widest buffer network	Average bufferwidth	Greenways

### 3. 문제점 도출

#### 3.1 치수

안양천 유역의 PFD를 중유역 별로 산출한 결과(현대 Eng., 2003)는 그림 2와 표 3에 나타난 바와 같으며 A등급일수록 잠재적인 홍수피해 취약도가 크며 H등급일수록 작다. 대체로 하류 지역인 목감천, 도림천 및 본류의 하류 유역 등이 홍수피해의 가능성이 클것으로 우려된다.

#### 3.2 이수

안양천 유역의 건천화 지수를 중유역 별로 산출하고 건천의 정도가 심하지 않은 순서대로 나타내면 그림 3, 표 3과 같다. 도림, 수암, 삼성, 삼막천 등 경사도가 높거나 도시화가 많이 이루어진 지역에서 문제가 심각함을 알 수 있다. 이 외에도 하도바닥으로 하천수가 손실되는 여부, 하천수 취수, 지하수의 사용량 등을 조사하여 표 3과 같이 문제가 되는 지역을 제시할 수 있다.

#### 3.3 수질

안양천 유역의 단위구역별 불투수 면적비율을 산출한 결과는 그림 4와 같고 이를 중유역별로 나타내면 표 3과 같다. 불투수 면적비율이 높고 오수가 하천으로 유입되는 당정, 산본, 역곡, 오류천 등에서 문제가 심각하다. 이러한 하천들은 대부분 하천이 하수도와 같은 역할을 하고 있어 분류 합류하기 전에 하천수를 전량 차집하고 있으므로 문제를 더욱 가중시키고 있다.

#### 3.4 기타

특정한 지수를 사용하여 중유역별로 현황을 파악하는 방법 외에 현장답사나 문헌 조사 등을 통해 파악할 수 있는 유역의 문제점 현황에는 하천의 물순환을 가장 악화시키는 복개현황, 지나치게 넓은 하폭 등을 조사하여 나타내면 표 3과 같다.



그림 1. 안양천 유역도

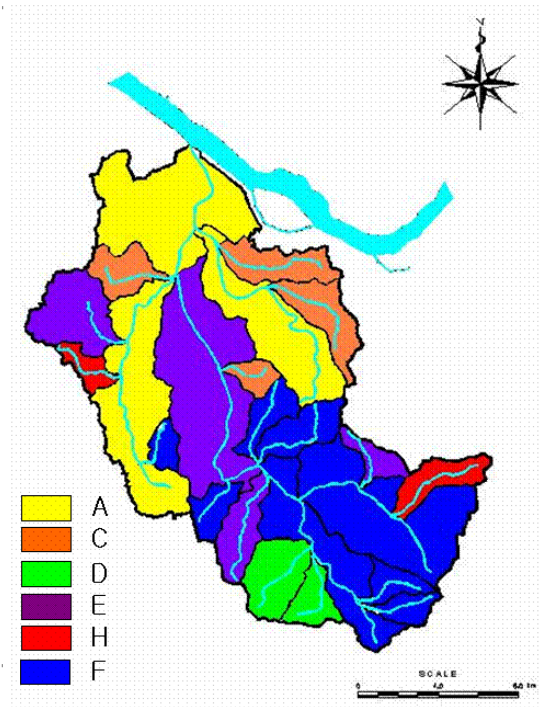


그림 2. 중유역별 PFD

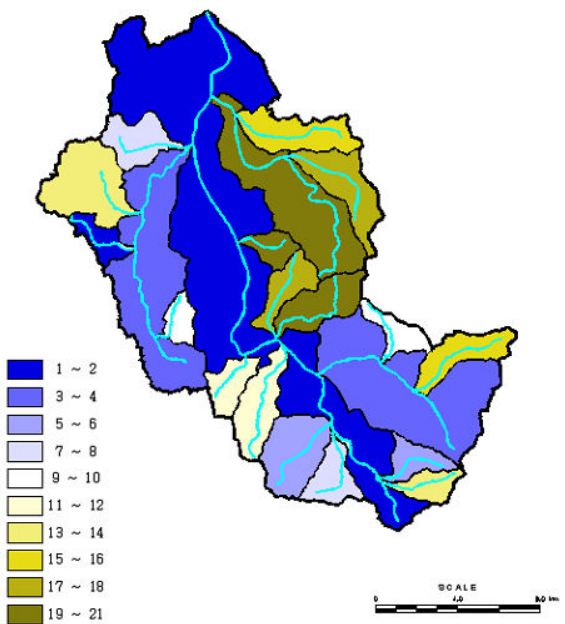


그림 3. 중유역별 건전화 순위

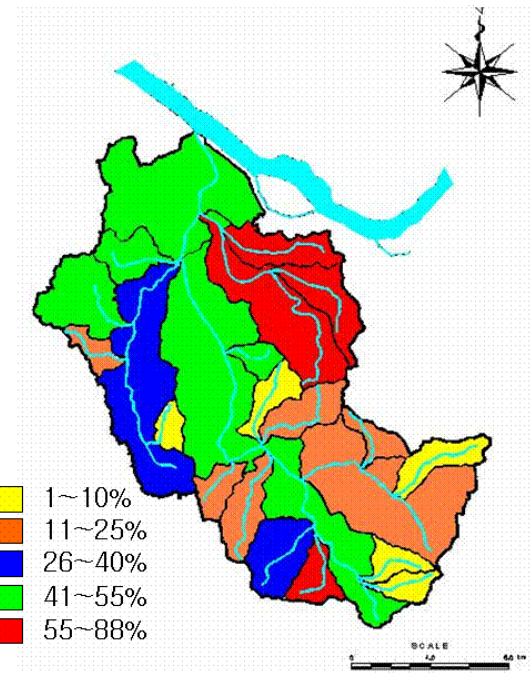


그림 4 중유역별 불투수면적 비율

#### 4. 결론

본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.  
 - 소유역별 현황을 치수, 이수, 수질 측면에서 PFD, 건전화 지수, 불투수 면적 비율을 이용하여 정량적으로 파악할 수 있으며 이를 유역관리의 우선순위를 결정하는데 이용될 수 있다.

표 3 안양천 유역의 현황분석

지류	항목 하천명	복개현황			치수		이수				수질		경관	
		복개 연장 (km)	유로 연장 (km)	복개 비율 (%)	P F D	소통능력 부족구간 (km)	건천화 지수순위	하천수의 손실	하천수 차집	하천수 취수	단위면적당 지하수 사용량 (mm/년)	불투 수율 (%)	오수의 하천유입 여부	훼손 하류
0	본류	0.085	32.38	0	A	15.590	1	O	O	X	26.2	43	△	O
1	왕곡천	0.817	3.82	21	F	없음	13	O	O	X	84.5	7	O	O
1	오전천	0.745	2.85	26	F	없음	5	O	O	X	70.1	8	O	O
1	당정천	1.590	4.02	40	D	없음	8	O	X	O	16.2	57	X	O
1	산본천	2.740	4.32	63	D	없음	6	O	X	O	2.8	40	X	O
1	학의천	-	9.26	0	F	없음	4	O	O	O	44.8	23	O	O
2	청계사천	-	4.80	0	H	없음	15	O	O	O	3.9	3	O	O
2	갈현천	0.600	2.50	24	E	없음	10	O	O	O	69.6	11	O	O
1	수암천	0.645	5.50	12	E	없음	12	×	X	O	1.9	19	O	O
1	삼성천	0.150	5.30	3	F	없음	19	O	O	O	4.4	8	O	O
2	삼막천	-	3.50	0	F	없음	17	×	O	O	0	13	△	X
1	삼봉천	-	2.76	0	F	없음	11	×	O	X	18.0	12	O	O
1	시흥천	2.050	2.68	76	C	0.600	20	O	X	O	32.0	45	X	O
1	목감천	-	13.52	0	A	5.721	3	O	O	O	54.2	32	△	X
2	가학천	-	3.00	0	F	없음	9	O	O	O	29.0	3	O	O
2	계수천	-	4.28	0	H	없음	2	O	O	O	44.5	15	O	O
2	오류천	3.624	3.93	92	C	0.824	7	O	X	O	38.5	53	X	O
2	역곡천	-	3.46	0	E	없음	14	O	O	O	89.9	43	X	O
1	도림천	1.001	14.33	7	A	없음	21	O	O	O	53.2	62	O	X
2	봉천천	4.901	5.74	85	C	없음	18	O	X	O	59.0	59	X	O
2	대방천	4.493	5.96	75	C	1.800	16	O	X	O	73.7	88	X	O

주) .음영은 객관적 지표를 의미한다.

.지류는 0은 본류, 1은 1지류, 2는 2지류를 의미한다.

.치수는 "안양천유역종합치수계획(현대Eng, 2003)"에서 제시한 내용이다.

.표기된 기호의 의미는 다음과 같다. O: 문제없음, △: 약간 문제 있음, X: 문제 심각

.지하수 사용량은 "지하수 조사연보(2003)"에서 행정구역 별로 제시된 자료를 각 유역 별로 환산한 값이다.

.복개비율이 높은 하천(당정천, 산본천, 수암천, 시흥천, 오류천, 봉천천, 대방천)은 대부분 하류에서 하천수를 차집하므로 건천화 지수 및 불투수 면적 비율에 상관없이 이수 및 수질 측면에서 문제가 심각하다.

.도림천은 치수, 이수, 수질에서 모두 문제를 보이며 본류의 하류, 시흥천, 목감천, 오류천, 대방천은 치수에서 심각한 문제를 보인다.

.역곡천은 생활하수가 하천으로 그대로 유입되고 있으므로 유역 내 하수를 처리할 수 있는 시설이 필요하다.

.PFD, 건천화 지수, 수질관련 지수 등은 보다 정확한 현황을 제시할 수 있도록 개선 및 개발이 필요하다.

.향후 유역통합관리를 방안 수립의 기초 자료로 활용될 수 있다.

### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-2)과 BK21의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

### 참 고 문 헌

한국건설기술연구원 등 (2001). 수자원장기종합계획보고서. 건설교통부.

심명필 등 (2003). 지속가능한 하천수 개발. 인하대학교, 과학기술부.

이길성 등 (2004). 안양천 유역의 물순환 건전화 기술적용. 서울대학교, 과학기술부.

정관수, 조효섭, 김정엽, 심명필 (2003). GIS를 이용한 건천화 하천의 특성분석, 한국수자원학회논문집, 제36권, 제6호, pp. 1083-1095.

한국수자원공사(2003). 지하수조사연보.

현대 Eng. (2003). 안양천 유역종합치수계획 보고서. 건설교통부, 서울국토지방관리청.

Schuler, T. (1994). "The Importance of Imperviousness." *Watershed Protection Techniques*. Vol. 1, No. 3, pp. 100-111.