

GIS를 이용한 건천화 하천의 특성분석 Analysis of Drying Streams Characteristics Using a GIS

정 관 수* / 조 효 섭** / 김 정 업*** / 심 명 필****

Jung, Kwan Sue / Cho, Hyo Seob / Kim, Jeong Yup / Shim, Myung Pil

Abstract

The analysis of drying stream characteristics for about 500 streams from field survey data with 19 items has been fulfilled. Also, a study area has been determined, and criteria of estimation has been established : criteria such as, available hydrological data, the size of stream lengths and basin areas and regional characteristics. Then they are applied to designated study areas. The final selected study areas are 8 basins. The analysis of drying stream characteristics using a GIS has been applied to 5 basins in which spacial data is comparatively implemented among the final 8 target catchments. The spacial analysis using a GIS is applied to stream slopes for upstream and downstream at weirs, overlaying the map of buffering stream networks and a ground water pump stations map, sinuosity of drying stream. As a result of drying streams survey analysis, drying stream characteristics are followed: levee types are earth and natural, cross sectional shapes are trapezoid, stream bed materials are gravels and sands, facilities in streams are weirs. As a result of GIS analysis, stream slopes are comparatively larger downstream than upstream close to weirs. There are arranged ground water pump stations less than 500m from stream networks. Also the average of sinuosity for each drying stream is in the range of 1.229~1.475, comparatively a serious.

Keyword : GIS, Weir, Sinuosity, Stream Slope, Drying Stream Characteristics

요 지

중소하천의 건천화 원인분석 기술개발을 위해 500여개 하천에 대하여 19개 조사항목으로 현장조사를 통해 취득된 조사자료를 기반으로 건천화 하천특성을 분석하였고, 현지조사 대상 하천 중에서 가용할 수 있는 수문자료의 확보여부, 하천의 연장 및 유역면적, 지역별 특성에 대한 선정기준을 수립하여 최종적으로 8개의 대상하천을 선정하였

* 충남대학교 토목공학과 부교수

Associate Professor, Dept. of Civil Engrg., ChungNam National Univ. Daejeon 305 764

(E mail : ksjung@cnu.ac.kr)

** 일신하이텍 기술연구소 소장

Chief(Vice Director),Tech.Ins.of ILSHIN HiTech Co.,7th. Samwon B/D,1329 8,Secho-Dong, Seocho-Gu,

Seoul 137 858, Korea

(E mail : chohs@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료

Doctoral Candidate, Dept. of Civil Engrg., ChungNam National Univ. Daejeon 305 764(E-mail : kgy@cnu.ac.kr)

**** 인하대학교 토목공학과 교수

Professor, Dept. of Civil Engrg., Inha University Incheon, 402 751,Korea

다. 선정된 8개하천에 대하여 현장의 상세조사를 수행하였고, 하천 시설물 및 수문자료가 비교적 잘 구축된 5개 하천을 중심으로 GIS를 이용하여 건천화 하천의 특성을 분석하였다. GIS의 공간분석은 건천화 하천의 구간에 대한 경사분석, 하천의 시설물정보와 하천의 유심선을 중심으로 공간영역분석을 통하여 하천내 유수를 사용하기 위한 이수시설물이 하천에 주는 영향권분석, 건천화 하천의 사행도를 분석하였다. 본 연구 결과 500여개의 현지조사를 통한 건천화 하천의 특성은 대부분이 토사 및 자연제방, 하천단면은 사다리꼴, 사행하천, 하상재료는 자갈 및 모래, 하천시설물은 대부분이 보가 많이 존재하는 특성을 보여줬다. 또한 GIS를 이용한 공간분석결과 보가 있는 위치에서 하천의 상하류의 경사분포는 보에 가까운 경우 하류쪽의 경사가 심하고, 보에서 멀수록 상류쪽 기복이 심한 것으로 나타났다. 건천화 하천구간내 대부분의 관정은 하천중심선으로부터 반경 500m이내에 존재하였으며, 각 건천화 하천의 평균 사행도는 최소 1.229~최대 1.475로서 비교적 사행도가 심한 것으로 나타났다.

핵심용어 : GIS, 보, 사행도, 하천경사, 건천화 하천 특성

1. 서 론

중소규모의 하천 건천화 현상은 최근 10여년 동안 급속히 진행되어 소하천 및 지방 2급 하천 뿐만 아니라 지방 1급 하천의 상당부분도 이미 메마르고 있는 상태이며, 매년 점점 심해지는 경향을 보이고 있어 그 원인 규명과 방치책 제시가 시급한 형편이다. 또한, 건천화 원인에 대한 과학적인 분석은 극히 저조하다. 중소규모 하천의 건천화 원인은 여러 가지 있을 수 있고 각각의 원인에 따라 방지 대책이 달라야 할 것이나 대부분이 하수처리 재이용 수준의 일괄적인 방지대책을 시행하고 있어 그 효율성이 불확실한 상태이다. 하천 건천화의 원인으로 추정되고 있는 유희지 난개발, 지하수 과다사용, 무분별한 하천개수, 하천 퇴사 등이 있음에도 불구하고 정확한 원인 분석 없이 하수처리를 재이용하는 역순환시설, 하도 저류시설 등에 대한 개략적인 건천화 방지공사가 시행되고 있는 실정이다. 따라서 건천화의 원인을 정확히 규명하고 하천의 건천화 진행상황을 판단할 수 있는 기법을 연구하는 것은 하천 건천화 방지를 위해 무엇보다도 선행되어야 할 과제이다. 본 연구에서는 2년간의 건천화 하천에 대한 500여개 하천을 주어진 시간과 예산 범위에서 조사하고 분석한 연구 성과를 토대로 현지조사를 통하여 작성된 건천화 하천에 대한 현황자료를 분석하고, 현지조사 대상 하천 중에서 우선적으로 분석이 가능하고, 건천화 하천의 인자로 파악되는 5개 하천에 대하여 하천 시설물의 정보 및 수문자료가 비교적 잘 구축된 하천을 중심으로 GIS를 이용하여 건천화 하천의 특성을 분석하였다. 일반적으로 GIS는 공간해석에 있어 기본적인 중첩분석, 관심 대상이 되는 사상(Features: 점, 선, 면)들간의 위상학적(Topology)관계를 형성하여 필요한 영역에 대한 공간적 질의를 통한

정보 추출, 공간영역분석(Buffering), 공간 좌표에 대한 계산을 지원하며, 특히 Grid구조의 래스터기반에서는 격자단위의 계산이 매우 용이하다. 따라서 건천화 하천 구간에 대한 지형적인 특성을 파악하기 위해서는 GIS는 매우 유용한 도구로 활용될 수 있기 때문에 본 연구에서는 GIS를 이용하여 건천화 하천의 구간에 대한 하천의 경사분석, 하천의 시설물정보와 하천의 유심선을 중심으로 공간영역분석을 통하여 하천내 유수를 사용하기 위한 이수시설물이 건천화 하천에 주는 영향권을 파악하고자 하였다. 또한 기존 대부분이 육안으로 판단하여 온 하천의 사행도에 대하여 GIS를 이용하여 건천화 대상 하천의 사행도를 분석하였다. 이러한 공간 분석은 건천화의 진행정도 및 심화 정도를 측정할 수 있는 인자에 대하여 정량적으로 기술하는 방법론을 제시하고자 하였다.

2. 건천화 하천의 정의

건천화는 하천이 건천이 되어가는 과정이라고 정의할 수 있다. 그러나 이의 정량적 접근이 어려운 이유는 건천이 되어가는 과정에 대한 현상을 지속적으로 관찰하기 어렵고, 그것이 순수한 자연현상에만 기인하기보다는 인위적인 요소(농업용 저수지의 건설, 보 및 양수장 등) 등이 지속적으로 자연하천에 간섭을 하기 때문에 실측되는 순수한 자연현상에 대한 자료뿐만 아니라 자료가 하천에 영향을 주는 사회적 활동에 대한 것도 포착하기 어려운 실정이다. 다만 여기서 포착 가능한 자료는 건천이 되어가는 과정에 대한 것은 실제로 파악하기 어렵고 “건천”하천에 직접영향을 주는 요소와 간접영향을 줄 수 있는 요소를 추정하는 수준에서 언급할 수 밖에 없다. 또한 국내의 수문관측 대부분은 국가하천에 집중적으로 관리되고 있으며 건천이 발생하는 지역은 유역의

표 1. 이론적인 건천화 하천의 구분기준

건천화 구분 기준	기준 내용
수문학적 요소	수문학적인 요소로서 최소 유출량에 대한 기준 (갈수량 기준)
하천수 활용 요소	이수활용기준 (하천으로부터 가용할 유량 부족의 심화정도 기준)

상류지역에 위치한 지방 1급, 2급, 소하천 등지에서 발생하고 있기 때문에 건천화 하천에 대한 수문관측 자료를 취득하기 어려운 실정이다. 건천에 대한 정의를 내린다는 것은 기존하천과 건천에 대한 구분 기준을 설정하는 것과 동일한 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 그러므로 이론적으로 건천화 하천을 정의한다면 표 1에서와 같이 건천은 수문학적요소 기준으로 갈수량 기준 이하이고 하천으로부터 필요 수량을 지속적으로 제공할 수 없는 하천을 건천이라고 정의할 수 있겠다.

이론적인 건천화 하천에 대한 정의나 현장조사를 통한 건천화 하천에 대한 정의외에도 건천화 하천의 정의를 “하천의 자연적인 기능을 유지하기 위한 최소한의 유량”으로 하천유지유량의 정의로 한 것을 참고삼아 “하천의 자연적인 기능을 유지할 수 없도록 악화되고 있거나 이미 악화된 하천”으로 정의할 수도 있겠다. 이 정의는 상당히 정성적인 표현이라서 해석하는데 많은 어려움이 뒤따를 것으로 생각된다. 따라서 이 개념과 앞에서 언급한 이론적인 개념, 그리고 현지조사로부터 추출된 건천화에 영향을 미치는 인자와 변수를 고려하여 정의를 해 본다면 “하천의 자연적인 기능을 유지할 수 없도록 악화되고 있거나 이미 악화된 하천으로서, 수문학적요소 기준으로 갈수량 기준 이하이거나 하천기능유지에 필요한 수량을 지속적으로 제공할 수 없는 상태의 하천”이라고 할 수 있겠다. 하지만 위와 같은 정의를 수자원계획 및 개발에 응용하기 위해서는 좀더 많은 건천화 하천에 대한 조사와 연구자료를 바탕으로 좀더 정량적인 방향으로 개선되어야 할 것으로 생각된다.

3. 건천화 하천 현황 조사 및 특성 분석

전국적으로 건천화 하천에 대한 조사를 행정자치부, 건교부, 환경부 등 관련기관의 협조를 받아 건천화 조사표를 작성 배포하여 하천 담당자로부터 조사된 543개의 지방 2급 하천 건천화 조사표(인하대학교, 2003)로부터 조사 상태가 미비한 지점을 제외하고 총 439개의 하천에 대하여 하천관련, 시설물, 하천주변 환경 및 식생 상태 등의 대분류로부터 19개의 세부항목에 대하여 조사를 수행하였다. 이때 조사표에서 부분적으로 누락된 조사항목에 대해서는 현장 사진으로부터 그 내용을 파악하고, 여러명의 조사자로부터 다양한 내용들을 수렴하여 정리하였다. 따라서 건천화 하천에 대한 특성을 각 항목별로 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

제방을 구성하는 재료는 그림 1(a)에서 보는 바와 같이 토사 및 자연제방을 이루는 하천이(62%), 콘크리트 옹벽 및 블록(26%), 돌망태 및 잡석(3%)순으로 조사되었다. 또한 하천 단면형상은 그림 1(b)에서 보는 바와 같이 일반적인 하천 단면인 사다리꼴(71%) 단면과 식생이 우거져 단면의 형상을 인접하기 힘든 자연상태(14%)하천단면이 주를 이루고 있었으며 콘크리트 재료의 제방을 형성하고 있는 하천의 절반 이상은 사각형 단면을 이루고 있고 이러한 하천의 극히 일부만이 하천수량이 양호한 것으로 나타났다.

본 연구의 현장조사에서 실시된 호안은 유수에 의한 제방의 침식 방지를 위한 제방호안에 초점을 맞추고 있

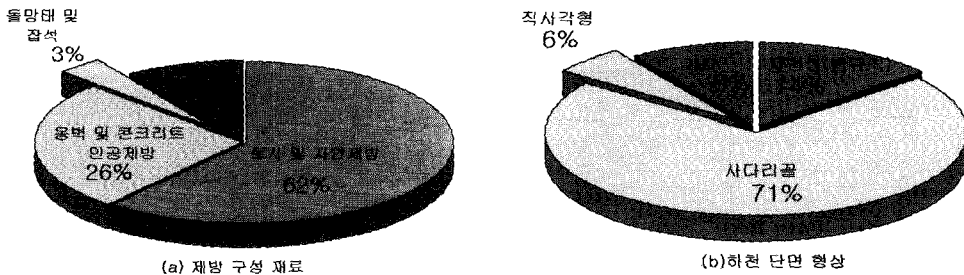


그림 1. 건천화 하천의 제방구성 재료 및 하천단면형상

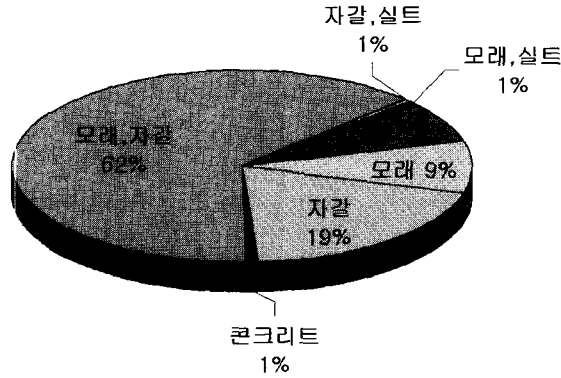


그림 2. 건천화 하천의 하상 구성 재료 분석결과

으며, 하상 구성 재료는 그림 2와 같이 모래·자갈(62%), 자갈(19%), 모래(9%), 실트 등의 자연상태의 재료와 콘크리트 포장과 같은 인공재료로 나타났다.

하천 조사시 하천과 하도의 사행 정도의 조사가 어느 정도 이루어졌으나 육안 및 사진으로부터 사행 정도를 자세히 판단하기는 다소 어려움이 따르므로 조사된 표(인하대학교, 2003)로부터 하천·하도의 사행 정도를 순히 사행의 유·무만을 판별하였다.

하천 및 하천주위에 설치되어 있는 시설물에 대한 조사 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 절반 이상이 보가 설치되어 있었으며, 보 인근에서 농업용수로 활용하기 위해 펌프, 감문, 농수로 등의 수리구조물을 통하여 취수가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 또한 조사된 하천중 상류측에 대부분 저수지가 위치하고 있었으며 정수장, 오수처리시설과 같은 시설도 있는 것으로 나타났다.

조사된 하천에서 자연제방 및 토사제방을 이루고 있는 하천은 대부분이 고수로나 호안쪽에 많은 잡풀들이 자라고 있었으며 웅벽, 콘크리트 제방과 같은 인공적으로 정비된 하천에서도 적지않은 식생을 발견할 수 있었다. 특히 하천의 제내지의 대부분은 논과 밭으로 사용되고 있으며 주차장이나 주택지들이 위치한 곳도 다수 조사되었다.

상기 분석결과를 건천화 하천의 세부조사항목에 따른 대표특성별로 정리하면 다음 표 2와 같다.

또한 조사된 하천을 행정구역별로 구분해 보면 표 3과 같다. 광역시단위보다 도단위에서 건천화 하천구간이 절대적으로 많이 나타남을 알 수 있으며, 이는 건천화 하천이 주로 농경지 및 산지지형을 갖는 지역에 특히 많이 나타남을 유추해 볼 수 있다.

4. GIS를 이용한 건천화 하천구간의

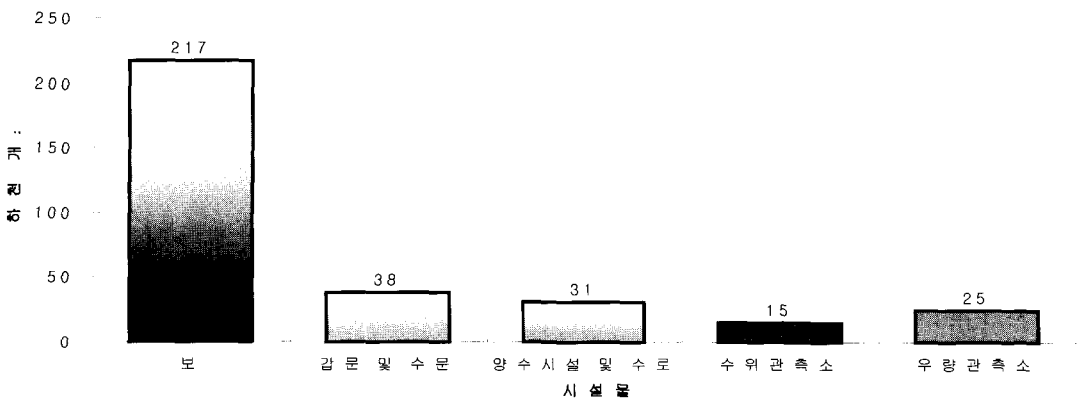


그림 3. 하천 시설물 및 관측소 분석결과

표 2. 건천화 하천 특성요약

대분류	세부항목	대표특성
하천관련	제방상태	제방이 있음
	제방종류	토사 및 자연제방
	횡단면 형상	사다리꼴
	하천사행	대부분이 사행형태
	하도(저수로)사행	대부분이 사행형태
	호안	호안정비
	하상재료	자갈, 모래
	측방침식	없음
	사주	있음
	수질	나쁨
	건천화 소견	일부구간 건천
시설물	구조물	대부분 보
	관측소	극히 소수
환경 및 식생	제내지 환경	논이 대부분임
	저,고수부	저수부(식생발달), 고수부(식생미발달)
	호안	식생발달

지형분석

4.1 연구 대상지역의 선정

조사된 건천화 하천(493개)을 대상으로 모든 상세조사 및 지형분석을 수행한다는 것은 시간과 경제적인 제약이 발생되어 선별조사를 할 수 밖에 없었다. 따라서 최종적인 대상하천을 선정하기 위하여 몇 단계의 선정 기준을 이용하여 대상하천을 줄여가는 방법을 사용하였다. 첫 번째 선정기준으로서 하천정비기본계획 등 유역 현황에 관한 자료를 획득할 수 있는 보고서의 유무로 하였다. 대상하천에 대하여 유역조사 수준의 현장조사를 하기는 불가능하기 때문에 대부분의 수문 및 인문사

회 관련 자료는 문헌으로부터 취득할 수 밖에 없다. 관련자료가 없을 때는 현장조사를 실시하는 수 밖에 없는데, 이것은 시간적 경제적 한계 때문에 불가능한 일이다. 따라서 상기 관련자료가 없을 시에는 건천화 원인 분석이 불가능하기 때문에 본 연구에서는 가장 중요한 자료라 생각되어 관련 문헌의 유·무 사항을 제 1 선정 기준으로 정하였다. 따라서 건천화 하천 중에서 하천정비기본계획을 수립한 지역에 대한 여부를 검토한 결과 439개 하천중 171개 하천을 선정하였으며, 시도별·유역별·유수 계통별로 건천 하천의 대표성을 갖도록 유로연장, 유역면적을 표 4와 같이 2차 선정기준을 수립

표 3. 행정구역별 건천화 현황조사 분석

행정구역별 (광역시 단위)	건천화 하천(개소)	행정구역별 (도 단위)	건천화 하천(개소)	총계
서울특별시	5	강원도	13	439개소
대전광역시	3	경상남도	82	
대구광역시	0	경상북도	78	
광주광역시	2	전라남도	101	
부산광역시	0	전라북도	24	
인천광역시	3	충청남도	64	
울산광역시	10	충청북도	18	
		경기도	36	
소계	23	소계	416	

표 4. 2차 선정기준

적용우선순위	적용항목	기준
1	유로연장(km)	시도별, 유수계통별(분류,1차,2차,3차,4차) 평균치이상
2	유역면적(km)	시도별, 유수계통별(분류,1차,2차,3차,4차) 평균치이상

표 5. 3차 선정기준

선정기준 고려요소	선정기준 내역	비고
우량관측소	건천화 하천지역의 유역중심에서 반경 5km이내, 10km내 위치 고려(4분위로 구분)	3차적용기준
수위관측소	건천화 하천지역의 하류 20km이내에 존재하는 경우 고려	3차적용기준
지역구분	도시지역, 산간지역, 농경지역으로 구분고려	고려사항

표 6. 최종 선정된 연구 대상 하천 조사표

행정 구역	하천명	수계	분류	수위관측소		우량관측소						개소 수위/유량
				관측소명	관측개시일	5km 이내			10km 이내			
						관측소명	개시일	분위	관측소명	개시일	분위	
서울	우이천	한강	도시	우이(건)		우미(건)		1	송정(건)		4	2/4
				중량교(건)	1990.11				상계(건)		1	
									장엄(건)		2	
경기도	흑천(부안천)	한강	산지			청운(건)	1964.7	1				0/1
	용암천	한강	농지	갈매(건)		퇴계원(건)	1984.7	1	진접(건)		1	2/5
				퇴계원(건)	1984.4			2	장암(건)		2	
									우이(건)		3	
원천리천	안성천	도시			기흥(건)	1996.9	4	수원(건)	1996.9	3	1/1	
대전	갑천	금강	산지	유성(건)	1985.5	대전(기)			장선(건)	1973.6		1/2
									복룡(건)	1973.1		
경상북도	자호천	낙동강	농지	영천댐(수)		영천댐(수)		1	영천(건)	1998.1	3	2/3
				단포교(건)	1972.1				고경(건)	1995.10	4	
경상남도	청도천	낙동강	산지	청도(건)	1962.7				청도(건)	1988.1	2	2/1
				밀양(건)	1917.2							
전라북도	오수천	섬진강	농지	제2섬진(건)	1970.1	오수(건)	1997.3	1	둔남(건)	1990.3	1	2/2
				적성(건)	1990.3							

하여 61개의 건천화 하천을 선정하였다.

제 2차의 선정기준 적용 이후 표 5와 같이 수위관측소와 우량관측자료의 확보 가능성을 제 3차 선정기준을 적용하여 21개의 지역을 선정하였고, 이를 지역적 특성을 고려하여 도시지역, 산간지역, 농경지역으로 구분하여 고려할 경우에는 표 6에서 보는 바와 같이 최종 8개

의 지역이 선정되었다.

이들 8개 건천화 하천에 대하여 다시 몇 번의 현장 조사를 통한 상세조사 및 자료분석을 통하여 건천화 원인을 분석하였으며, 이 중에서 건천화 하천의 특성을 분석할 수 있는 가용할 공간자료의 한계성과 각 하천별로 건천화 하천의 구간에 공통적으로 적용하여 분석할

수 있는 지형적인 요소를 추출할 수 있는 범위내에서 흑천(부안천), 갑천, 자호천, 청도천, 오수천 지역 5개 하천을 다시 추출하여 GIS를 이용하여 건천화하천의 특성을 분석하였다.

4.2 GIS적용을 위한 분석방법

(1) 하천 경사분석

지형정보시스템을 이용한 5개 건천화 하천의 구간에 대한 하천경사의 지형분석은 그림 5와 같이 수행하였다. 이들 하천은 하천수리시설물(보, 관정, 농수로 및 상류부의 소규모 농업용 저수지 등)에 의하여 일부 구간이 하상바닥을 드러낸 상태에 있는 것들이다. 하천의 현장 조사를 통하여 하천 수리시설물(보 및 집수암거)이 있는 위치에서 상·하류쪽으로 대부분이 약 200m~500m 정도의 구간에 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 수리시설물이 있는 위치에서 공간영역분석을 상·하류 방향으로 0~200m, 200m~500m정도 구간의 하천경사분석을 최소, 최대, 평균값으로 구분하고 이들의 하천의 흐름방향 종단(profile)을 작성하여 각 하천별로 그 특성을 분석하였다.

(2) 지하수 관정 분포 분석

하천 인근 주변의 지하수 관정으로 인한 영향권을 분석하기 위하여 그림 6과 같이 건천화 하천 구간을 중심으로 인근 주변의 지하수관정의 분포를 분석하였다. 각 하천별로 전 하천 구간을 중심으로 200m, 500m, 1000m, 1500m로 공간영역분석을 수행하고, 해석에 적용된 공간영역분석 구간은 200m 이내(A등급), 200m~500m(B등급), 500m~1000m(C등급), 1000m이상(D등급)의 4등급으로 그룹화 하였다. 각각의 등급내 존재하는 지하수관정의 수를 건천화 하천구간과 일반 하천구간으로 구분하여 지하수 관정의 분포를 비교 분

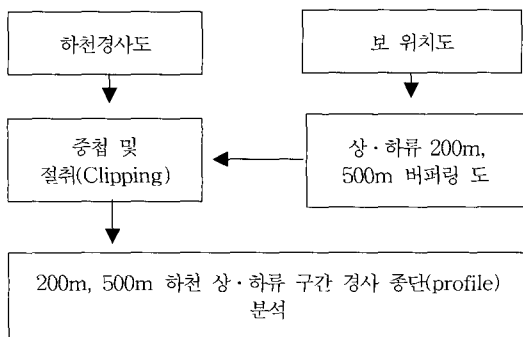


그림 5. 하천경사분석흐름도

석하였다.

(3) 하천 사행도 분석

건천화 하천 구간에 대한 사행도를 다음 식 (1)을 이용하여 산정하였다.

$$S = \frac{T_{seg}}{L_{str}} \quad (1)$$

여기서, S : 하천의 사행도(Sinuosity)

T_{seg} : 하천의 세그먼트의 총 연장(Arc로 형성되는 총 연장 길이) (m)

L_{str} : 하천의 시작 노드와 끝 노드의 직선 길이(m)

식 (1)의 S 값이 1일 경우에는 하천의 사행도는 없는 것으로서 하천구간이 직선임을 뜻하는 것이며, 하천의 사행도 S값이 1보다 커질수록 하천의 사행정도가 심화됨을 나타낸다. 하천 사행도에 분석 필요한 실제 벡터형태의 하천망은 시작 노드(Node)와 끝 노드(Node), 노드사이의 꼭지점(Vertex)로 구성된다. 따라서 하천망에서 하나의 선 사상(Arc Feature)를 선택하여 시작 노드와 끝 노드의 직선길이(L_{str}), 하천의 세그먼트의 총 연장(T_{seg})을 계산한다. 이의 전과정을 GIS 틀인 Arc/Info 소프트웨어의 매크로언어(AML: Arc/Info Macro Language)를 사용하여 계산하였다.

4.3 GIS적용 결과 분석

(1) 하천 경사 적용 및 분석

그림 7은 건천화 하천 구간에 보를 중심으로 하천 상·하류에 대한 경사분포를 분석한 것이다.

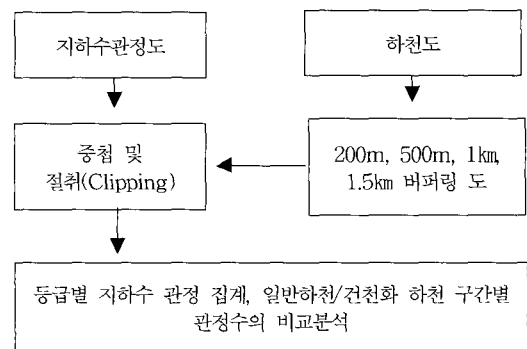
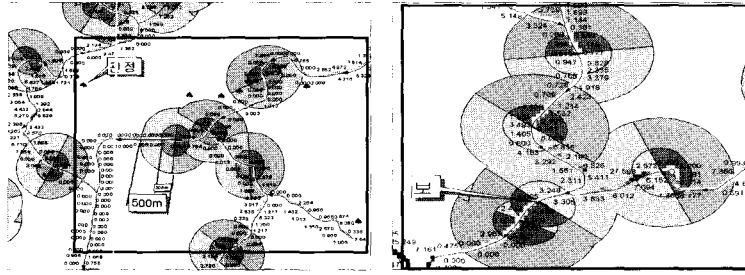
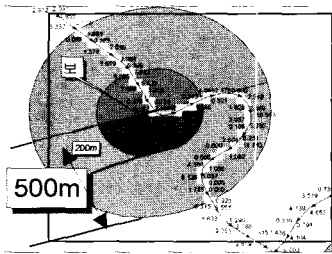


그림 6. 지하수 관정 분포 분석흐름도

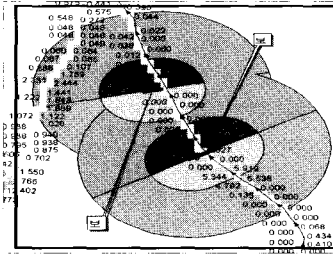


(a) 흑천

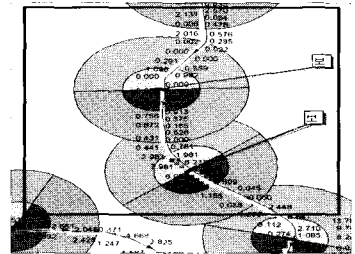
(b) 자호천



(c) 오수천



(d) 감천



(e) 청도천

그림 7. 각 하천별 하천경사 분석 결과

그림 7(a)는 흑천 중류부에 위치한 보에서는 경사 급한 부분도 있으나 평지가 있는 것도 발견되었다. 현장 조사 결과 평지인 부분은 퇴사로 인한 것으로 판명되었으며, 급경사 부분은 세굴 또는 보의 낙차로 인한 것으로 판명되었다. 흑천 중류부에는 대부분 하천 경사가 평지이며, 하류쪽 500m 이상에서 경사가 점증적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 대부분 보의 200m 이내 수준에서는 하상 경사가 거의 없는 것으로 보인다.

그림 7(b)는 자호천의 복류수 흐름영역(상도일천 합류 하류지점)이라고 판단되는 부분의 경사분포를 나타낸 것이다. 이 지역은 경사의 기복이 심하고 보 상·하류에 걸쳐 전체적으로 경사가 크게 나타나고 있다.

그림 7(c)는 오수천본류와 합류하는 후곡천지점(후천 교지점)의 보에 대한 영향을 분석한 것이다. 현장조사 결과 보의 상류방향으로 하천이 직강화되어 있어 있었고, 하류쪽으로는 만곡부분으로서 보하단의 경사 기복이 매우심한 것으로 보아 만곡하천의 전형적인 특성을 보여주었다.

그림 7(d)는 감천 중하류부에 위치한 2개의 보가 거의 500m 이내에 존재한 곳으로서 상류단 보와 하류단 보사이의 간격은 250m 정도의 수준으로서 거의 평지를 이루고 있으며 하류단 보의 하류쪽으로는 경사가 점증적으로 증가하기 시작하고 있으며, 상류단 보의 상류쪽

으로도 급격한 경사가 나타나고 있다. 즉, 보 근처의 경사를 제외하고는 거의 평지임을 알 수 있다.

그림 7(e)는 청도천 중류부에 위치한 보에서는 상류 쪽으로 거의 평지인데 비하여 하류쪽으로는 많은 기복이 발생하고 있다. 이 구간의 현장조사결과 복류수에 의한 하천 건천화 구간이 될 수 있음을 알 수 있었다. 또한 하류쪽으로 갈수록 경사의 변화가 심하게 나타나고 있었다.

각 하천별로 건천화 하천구간이라고 추정되는 구간의 하천경사와 건천화 하천구간을 포함하고 있는 해당하천 전체구간의 평균경사와 대비를 분석하면 표 7과 같다. 하천경사도를 이용하여 보의 상·하류의 경사분포를 분석함으로써 건천화 하천의 현장조사를 수행하기 이전 단계에서 조사구간에 대한 지형적 특성을 파악할 수 있었다. 본 연구에서는 현장조사 지점의 보만을 대상으로 분석하였으며, 이것으로 유역 전체를 대표할 수는 없지만 어느 정도 건천화 하천 구간의 원인을 정량적으로 파악할 수 있는 방법론은 제시되었다고 볼 수 있다. 본 연구에서 제시한 표 7을 토대로 분석하여 보면 하류쪽의 기복이 비교적 심하게 나타나는 것은 자호천, 오수천이며, 자호천의 건천화 구간은 현장조사결과 지하수 관정에 의한 영향이 아니면 복류수 하천구간일 수도 있리라 추측된다. 그러나 오수천 본류와 만나는 후곡천

표 7. 하도 경사 특성분석결과

하천명	[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[A/C]	[B/D]
흑천	0~ 1.013	0~ 7.896	0~ 3.844	0~ 4.045	2.7185	26.35%하류 기복이 심함	약 2배 상류쪽 기복이 심함
자호천	0.052~ 1.08	0.052~ 3.378	0.766~ 3.488	0.709~ 3.488	2.0985	6.78%~30.96% 하류 기복이 심함	4%하류쪽 기복이 심함
오수천	0.139~ 7.322	0.053~ 7.322	1.246~ 9.833	0~ 9.833	2.603	평균적으로 하류쪽이 63.31% 기복이 심함	25%하류쪽 기복이 심함
갑천	0~ 5.919	0~ 5.919	0~ 0.038	0~ 0.038	0.022	상류쪽 기복이 매우 심함	상류쪽기복이 매우심함
청도천	0~ 1.099	0~ 1.099	0~ 0.808	0~ 0.913	0.2499	상류쪽 36%기복이 심함	20%상류쪽 기복이 심함

{범례} [A] : 건천화 하천구간의 보로부터 상류구간(200m이내)경사분포(최소~최대%)
 [B] : 건천화 하천구간의 보로부터 상류구간(500m이내)경사분포(최소~최대%)
 [C] : 건천화 하천구간의 보로부터 하류구간(200m이내)경사분포(최소~최대%)
 [D] : 건천화 하천구간의 보로부터 하류구간(500m이내)경사분포(최소~최대%)
 [E] : 해당하천구간의 평균경사(%)

의 하류의 경우는 하천하류가 매우 만곡이 심하였으며, 현장조사결과 퇴사에 의한 경사 기복이 심한 것으로 판명되었다. 흑천, 갑천, 청도천은 상류부가 기복이 심하고 하류쪽의 기복이 비교적 원만하였다. 현장조사결과 이는 아마도 건천화 원인이 지하수 관정의 영향이 클 것으로 추측되었다. 표 7에서 [A/C]는 200m이내의 상하류의 경사 대비이고, [B/D]는 500m이내의 상하류의 경사 대비를 나타내는 것이다.

(2) 지하수 관정 분포의 적용 및 분석

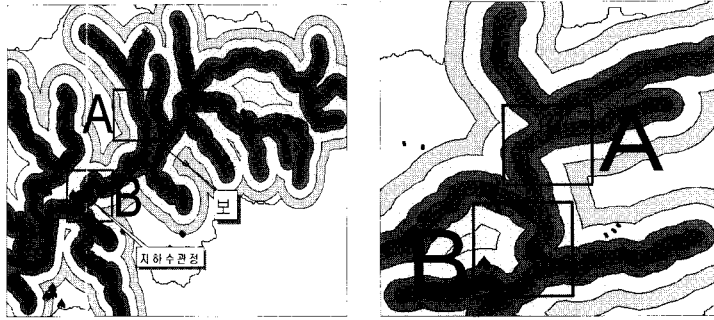
그림 8(a)는 흑천 지류인 부안천으로서 A영역이 최근에 관정을 개발하여 취수하는 것을 알려졌다. 따라서 현재 지형정보상에서는 상류지역의 관정위치는 없으나, 이에 대한 영향을 받을 수 있는 것으로 판단된다. 흑천의 상류에는 많은 보가 존재하고, 중류부쪽에는 보와 관정이 공존하는 것으로 파악된다. 따라서 흑천유역의 경우는 대부분이 보에 의하여 취수가 이루어지고 있으며, 하단의 B영역에서는 관정과 보가 공존하고 있는 것으로 보아 흑천 중류부에서는 많은 취수가 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

그림 8(b)는 자호천의 상류 부분으로서 A영역의 경우 관정이 없고, 반면에 상류지역에는 보가 많이 분포되어 있으며 하류에는 지하수관정이 분포되어 있다. 보와 관정이 공존하는 곳은 중류부 지점 B영역이다. 건천화 조사구간 A, B중 B영역(상도일천합류부지점)에서 건천화 구간임을 현지조사를 통하여 알 수 있었다. 현장조사결과 자호천에는 관정에 의한 영향보다는 보에 의한 영

향이 클 것으로 파악되었으며, 하상경사가 수면 경사에 의해 완만하고 하상재질이 자갈로 형성된 투수성재료에 의해 지하로 흐르는 복류 흐름현상일 것으로 판단되었

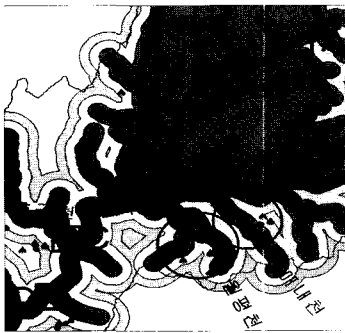
다. 그림 8(c)는 오수천 분류를 따라서 상류로부터 하류 쪽으로 A, B, C, D영역을 분석하면, 오수천은 일부 지류 하천을 제외하고는 분류에는 지하수관정이 거의 없다. 대부분이 집중적으로 분포된 곳은 월평천과 매내천 부분이며, 특히 월평천에는 많은 관정이 집중적으로 분포되어 있다. 여기서 특이한 점은 월평천과 매내천 자체가 오수천유역의 전체적인 유출패턴에 영향을 줄 수 있을 만큼 큰 유역을 차지하지 않고 있다. 또한 오수천 분류 구간에는 보 및 집수암거가 많이 존재하지도 않고, 둔남천을 제외하고는 일부 하천에 간헐적으로 보가 설치되어 있으며, 지형분석에서 오수천 지역의 지하수 관정분포는 200m이내에 집중적으로 분포되어 있으나, 이는 대부분이 월평천과 매내천에서 존재하는 관정들이다. 따라서 오수천 분류에 지하수관정으로 인한 영향은 매우 미미할 것으로 판단된다.

그림 8(d)는 갑천 분류 하류의 C, D영역과 상류쪽 A, B영역은 일부 건천구간으로 판단되는 지역이다. 갑천의 특이한 점은 지하수관정이 많이 분포된 지역에는 보의 설치가 거의 설치되어 있지 않고, 보가 설치되지 않은 지역은 많은 관정이 있음을 알 수 있다. 이것은 지하수 관정이 많은 지역은 산지특성을 가지고 있고, 보가 많은 지역은 평지 지역의 특성을 갖음을 알 수 있

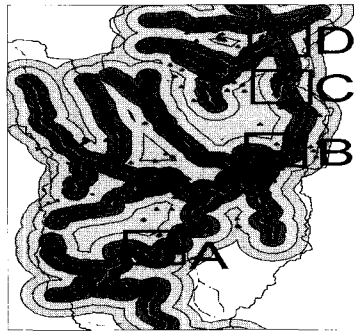


(a) 흑천

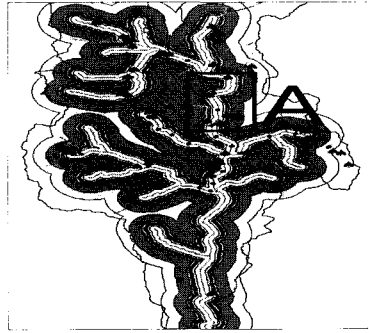
(b) 자호천



(c) 오수천



(d) 갑천



(e) 청도천

그림 8. 각 하천별 지하수 관정 분포 분석 결과

다. 갑천의 중류부 특성은 보와 지하수관정이 병행 설치되어 있으며, 특히 중 하류쪽에는 많은 관정과 보가 설치되어 있다. 대부분 관정의 위치는 하천중심으로부터 500m 이내 위치하고 있으며, 1000m 이상에서는 관정이 거의 위치하지 않고 있다. 이는 하천쪽에 가까울수록 수량확보와 지하수의 수위를 확보하기 쉽기 때문인 것으로

판단된다. 따라서 갑천의 건천화 주요 요인은 지하수관정이라고 판단된다.

그림 8(e)에서 청도천의 건천화 구간으로 조사된 부분이 A 영역이다. 청도천의 전체적인 양상은 상류쪽에 많은 저수지와 지하수 관정을 가지고 있으며 하류쪽 부분은 거의 지하수 관정이 없다. 대부분의 관정은 500m

표 8. 관정 분포 분석

하천명	분석등급구분			
	일/건(총계) A	일/건(총계) B	일/건(총계) C	일/건(총계) D
흑천	1/0(1)	5/0(5)	1/0(1)	4/0(4)
자호천	10/0(10)	7/0(7)	2/1(2)	0/0(0)
오수천	61/4(65)	14/2(16)	7/0(7)	3/0(3)
갑천	36/5(41)	47/17(64)	56/3(59)	2/0(2)
청도천	19/4(23)	16/3(19)	15/4(19)	3/0(3)

[범례] 일/건A 등급 : 일반하천과 건천화 하천구간으로부터 200m 이내 관정수의 대비
 일/건B 등급 : 일반하천과 건천화 하천구간으로부터 200m~500m 이내 관정수의 대비
 일/건C 등급 : 일반하천과 건천화 하천구간으로부터 500m~1000m 이내 관정수의 대비
 일/건D 등급 : 일반하천과 건천화 하천구간으로부터 1000m 이상 관정수의 대비

이내에 지하수관정을 포함하게 되며, 200m 이내에 많은 관정이 집중적으로 분포되어 있다. 청도천 상류는 대부분이 지하수관정에 의한 물 이용이 많음이 파악되고, 건천화 구간내에는 많은 보가 있음을 알 수 있다.

각 하천별로 건천화구간과 건천화 구간이 아닌 일반 하천 구간이라고 구분하여 각각에 대한 지하수 관정의 분포 대비를 나타낸 것이 표 8이다. 여기서 팔호내의 숫자는 일반/건천화 구간내에 분포한 전하천의 관정 총계이다. 분포등급은 범례에서 보는 바와 같이 4등급으로 분석하였다.

표 8에서 보는 바와 같이 일반하천에 존재하는 관정과 건천화 하천구간에 존재하는 관정의 대비를 통하여 건천화 구간의 관정에 관한 영향을 분석하였으며, 흑천과 자호천은 지하수 관정에 의한 건천화 하천의 영향보다는 보에 의한 영향이 더 클 것으로 현장조사를 통하여 파악이 되었다. 또한 대부분의 지하수 관정은 하천으로부터 500m 이내에 많이 분포되어 있음을 알 수 있다. 그림 8에서 보듯이 하천내의 보와 지하수 관정과의 공간적인 위치의 상관성도 어느 정도 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 대부분 하천의 상류지역은 보에 의한 영

향을 받고 중류 지역은 보와 지하수 관정이 공존하고 있으며, 보가 많은 지역은 상대적으로 관정이 적고, 관정이 많은 곳은 보가 적게 분포되는 특성이 있음을 파악할 수 있다.

(3) 사행도 적용 및 분석

각 하천별 건천화 구간의 사행도와 각 하천별 하천전체의 사행도의 평균, 최소, 최대를 비교한 것이 표 9이다. 각 건천화 하천 구간에 대한 평균 사행도의 범위는 최소 1.229~최대 1.475, 평균 1.316 수준으로서 건천화 하천 구간의 사행도는 비교적 심한 편이다. 전체 하천 구간에 대한 사행도의 최대치, 최소치는 각각 1.679, 1.016이었다. 사행도의 평균치 비교에서 보면 건천화 하천구간의 평균 사행도와 전체하천구간의 평균 사행도의 대비는 약 113% 수준으로 전체 하천구간의 사행도의 평균치보다 건천화 하천구간의 평균 사행도가 13% 정도의 약간 큰 수준을 나타내고 있다.

그림 9는 건천화 하천의 사행도를 분석한 것으로 하천의 선이 검고 굵을수록 사행도가 심함을 나타낸다.

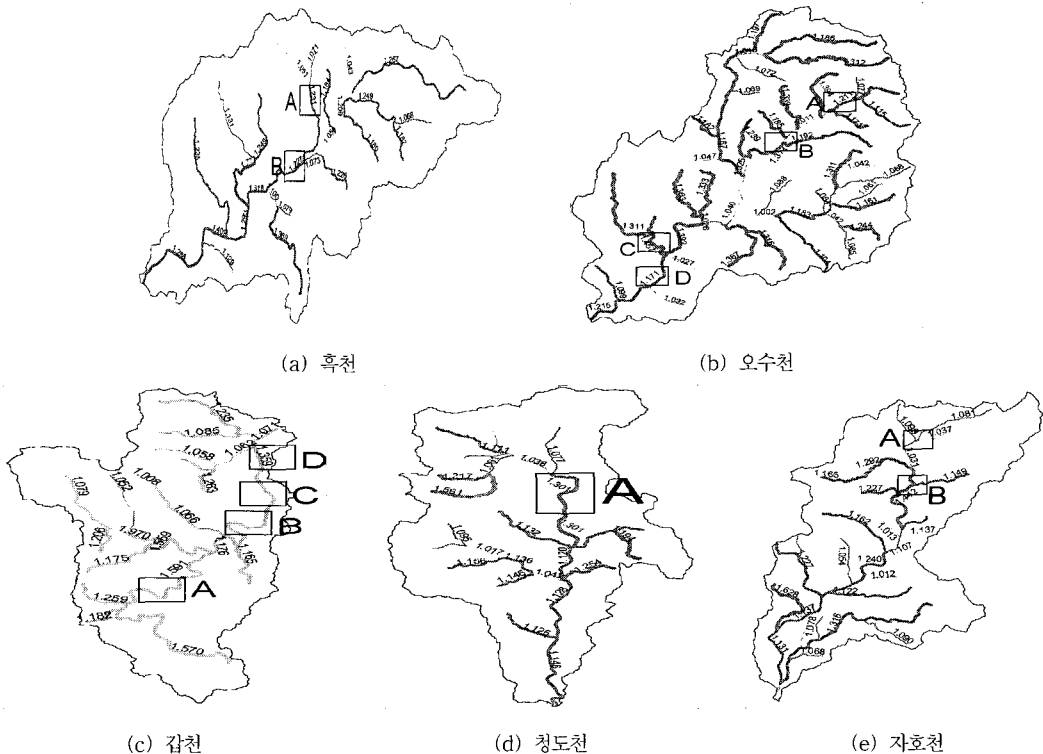


그림 9. 각 하천별 사행도 분석 결과(영역번호부여: 상류→하류)

표 9. 각 하천별 건천화 구간 및 전체 하천 사행도 대비 분석

하천구분	전체하천구간에 대한 사행도			건천화구간 평균(D)	건천화/전체하천 구간 대비(%) [D/C]
	최대(A)	최소(B)	평균(C)		
흑천	1.777	1.043	1.198	1.229	103
오수천	1.457	1.002	1.154	1.303	113
갑천	1.970	1.008	1.193	1.475	124
청도천	1.561	1.017	1.122	1.301	116
자호천	1.628	1.012	1.146	1.271	111
평균	1.679	1.016	1.163	1.316	113

5. 결론

본 연구 결과 439여개 건천화 하천을 조사하고 그중 조사표 완성도가 있어 비교적 사용 가능한 543개의 하천조사표를 이용한 건천화하천의 특성 분석을 수행하였고, 건천화 하천의 지형적인 공통적인 요소를 추출할 수 있는 가용할 자료와 지형정보가 비교적 잘 구축된 5개 대상하천에 대하여 GIS를 이용한 건천화 하천의 공간 분석결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 건천화 하천의 제방재료는 대부분이 토사 및 자연 제방으로 구성되어 있고, 횡단면은 71%로서 사다리꼴형상을 이루고 있으며 호안은 유수에 의한 제방의 침식 방지를 위한 제방호안으로 나타났다. 또한 하도와 하천은 대부분 사행을 하고 있는 지점이 건천화 되어 있는 경우가 대부분이었으며 하상재료는 모래와 자갈로 이루어져 있었다. 그리고 일반적으로 하천 전체구간에 건천화 되어 있는 하천보다는 일부구간만 건천화 되어 있는 경우가 대부분이었다. 건천화 하천의 시설물은 대부분 보가 많이 설치되어 있고, 제내지의 구성은 논이 지배적이었고, 저수로는 식생으로 덮여 있었다.
- 2) 하천 경사의 공간분석결과 보가 있는 위치에서 하상·하류의 경사분포는 보에 가까운 경우 하류쪽의 경사가 비교적 심하고 보에서 멀수록 상류쪽 기복이 심한 것으로 나타났으며, 지하수 관정분포의 영향을 보면 하천 중심으로부터 500m 이내에 대부분이 관정이 위치하고 있으며, 대부분 상류지역에는 보가 위치하고 중류지역은 보와 관정이 공존하고 있었다. 또한 보가 많은 지역은 상대적으로 관정이 적고, 관정이 많은 곳은 보가 적게 분포되어 있었다. 건천화 하천구간의 사행도를 분석한 결과 각 건천화 하천 구간에 대한 평균 사행도의 범위는 최소 1.229~최대 1.475, 평균 1.316

수준으로서 건천화 하천 구간의 사행도는 비교적 심한 편이며, 사행도의 평균치를 건천화 구간과 전체하천 구간에 대하여 비교하면 건천화 하천의 사행도는 전체하천구간의 평균 사행도 보다 약 13%정도의 약간 큰 수준을 나타내었다.

본 연구는 2년간의 연구성과를 토대로 건천화 하천에 대한 정성적 의미로서의 정의와 GIS를 이용한 건천화 하천의 특성을 정량적으로 추출할 수 있는 방법론을 제시하였으며, 향후 본 연구는 이론적인 검증에 보다 더 많은 하천자료와 각 하천에 대한 심층적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 정의한 건천화 하천의 정의를 수자원계획 및 개발에 응용하기 위해서는 좀 더 많은 건천화 하천에 대한 조사와 연구가 지속적으로 이루어진 이후에 정량적인 방향으로 개선되어야 할 것이며 본 연구성과를 토대로 향후 지속적인 연구를 통하여 다양하게 존재할 수 있는 건천화 원인과 건천화 하천의 관계를 분석하여 건천화 하천의 정량적인 평가 기준 제시가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구결과는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-5-1)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참고 문헌

- 인하대학교(2003). **지속가능한 하천수 개발기술 최종 보고서.**
 한국수자원공사(1999). **수자원 자료 및 시설물 DB구축 보고서.**
 건설교통부/한국수자원공사(2002). **우리 그룹 길라잡이.**
 건설교통부/한국수자원공사(1999). **'99 정보화 근로사**

업 하천관리지리정보시스템 구축보고서

김기형, 최계운, 안태진, 김진홍, 심명필(2003). "하수처리수의 하천유지용수 활용을 위한 역순환시스템의 비교", **한국수자원학회논문집**, 제36권, 5호, pp.863-878.

건설교통부(1995). **청도천 하천정비기본계획**.

건설교통부(1994). **공업용수도 중장기계획 수립에 관한 연구보고서**.

건설교통부(1995). **가뭄기록조사**.

건설교통부(1997). **금호강 하천정비기본계획**.

국토연구원(1986). **수질보전을 위한 하천유지용수의 적정량 산정에 관한 연구**. 연구논문 86-3

노재경, 안병기(1996). "대동천의 하천 기능 회복방안 연구.", **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 514-520.

건설부(1978). **섬진강 하천정비 기본계획**.

(논문번호:03-102/접수:2003.11.3/심사완료:2003.11.29)