

섬강 시험유역의 수문관측 성과 및 활용



이 창 훈 |

상지대학교 토목공학과 석사과정
ckdgns83@sangji.ac.kr



최 흥 식 |

상지대학교 건설시스템공학과 교수
hsikchoi@sangji.ac.kr

1. 머리말

최근 이상기후로 인해 잦은 태풍 및 홍수, 가뭄, 건천화, 수질악화 등으로 치수 및 수자원 관리에 대한 중요성의 인식과 4대강 정비사업이 화두가 되면서 합리적이고 효율적인 수자원 계획의 근간이 되는 수문조사 자료에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 신뢰성있는 고품질의 수문자료는 효율적인 이수·치수 계획을 수립하고 각종 수공구조물의 설계와 홍수에경보에 필요한 기본자료가 된다. 그러나 국내 여러 지역에서 수문관측이 실시되고 있으나, 실시간 수문자료 측정 및 관측 자료의 관리와 공개가 미흡한 실정이고, 일관성 있는 양질의 다양한 수문자료는 선진국 대비 부족한 실정이다. 특히 유역의 수문순환특성의 이해를 위한 보다 체계적이고 세밀

한 수문성분의 해석과 자료의 생성과정에 대한 절차 및 관측된 자료의 공개와 보급에 대한 체계적인 과정이 미흡한 실정이다. 이처럼 수문학 연구에서 가장 어려움을 겪고 있는 것은 신뢰성 있는 고품질의 수문자료의 지속적인 확보와 함께 자료의 공개와 보급에 있다.

이러한 배경으로 2002년에 출발한 수자원의 지속적 확보기술개발의 21세기 프론티어연구개발사업의 지표수 조사 시스템 적용에서는 설마천, 섬강, 이동, 금강이 운영되었다. 섬강시험유역은 강원도 산지지형 시험유역의 특성을 가지고 있는 유역으로서 강우-유출구조의 이해를 위하여 우량 및 수위자료는 10분 단위로 관측하였으며, 유량측정 자료의 불확실도 분석을 실시하여 신뢰도를 지속적으로 향상시켰다. 또한 수위-유량곡선을 개발을 통해 유량 환산그래프를 도출하였다. 2008년 수문순환성분의 이해를 위한 지하수위관측과 간헐적인 토양수분을 측정하여 이에 대한 관측방법의 개선을 도모하고 있다.

본 논문에서는 정밀한 시설의 수문관측소 운영 및 수문학적 기초분석 연구가 수행되어온 섬강시험유역의 유역개황, 수문관측소의 현황 등을 기술하고, 그동안 7년간 수문관측성과 및 운영성과의 계공 및 활용방안과 앞으로의 시험유역운영 개선방향에 대해 소개하고자 한다.

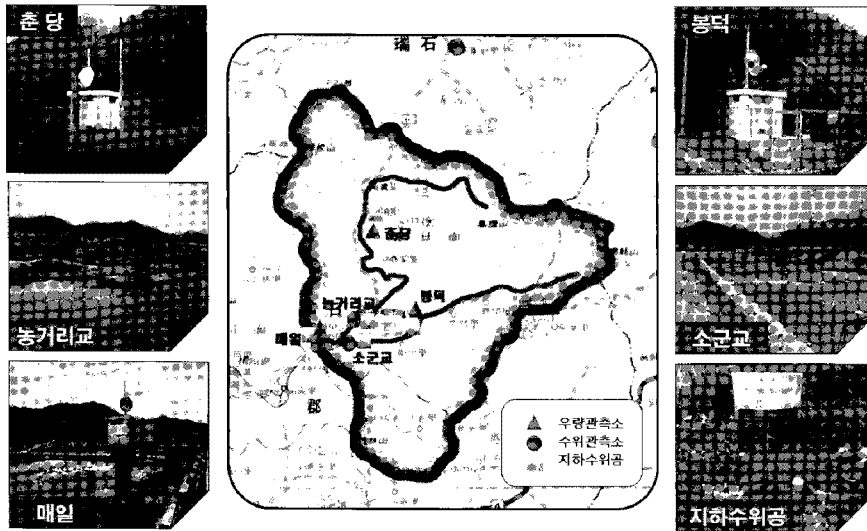


그림 1. 섬강 시험유역의 유역도

2. 섬강시험유역의 유역개황

섬강 시험유역은 남한강의 제1지류인 섬강의 횡성댐 상류에 위치하고 있는 지방 2급 하천인 계천유역으로서 그림 1과 같이 계천(소군교)과 유동천(농거리교)이 합류하는 부채꼴 형상의 유역으로 구성되어 있다. 본 유역에 대한 유역면적은 유역의 출구인 매일수위국을 기준으로 164.72km²이고 유로연장은 22.41km로 대상유역의 지형은 대체로 만장년기 지형으로 주로 산지로 형성되어 있다.

섬강유역은 동경 128° 01' 00", 북위 37° 30' 00" ~ 37° 41' 00" 범위에 위치하고 있으며, 행정구역상 횡성군 갑천면, 청일면을 비롯하여 유역 상류 태기산일대의 횡성군 들내면 일부가 포함되어 있고, 본 유역의 유역형상계수는 0.33, 유역평균경사는 5.97%, 유로경사는 1.10%이며 평균고도는 E.L. 615.6 로서 비교적 높은 표고를 나타내고 있다. 본 유역면적의 83%가 임야로 이루어진 산악지형으로 북측은 발교산(EL. 998.4m), 수리봉(EL. 959.6m) 및 운무산(EL. 980.3m)과 경계를 이루고 있으며, 서측은 병무산, 장승고개(EL. 599.8m) 및 밤골고개와 경계를 이루고 있다. 또한 남측은 국사봉(EL. 498.7m), 동측은 죽림산(EL. 640.8m)과 태기산(EL. 1,261.0m)과 경계를 이루고 있으며,

남한강의 제 1지류인 섬강의 횡성댐 상류에 위치하고 있는 지방2급 하천인 계천유역으로 구성되어 있으며 표 1과 같은 지형 특성을 가지고 있다.

표 1. 섬강 시험유역의 유역별 지형 특성

	유역면적 A=km ²	유로연장 L=km	유역 평균폭 A/L=km	형상계수 A/L ²	유역 평균경사 %	유로 경사 %
농거리교	76.06	18.81	4.03	0.21	6.87	1.80
소군교	80.26	14.39	6.10	0.42	6.79	3.47
매일	164.72	22.41	7.39	0.33	5.97	1.10

3. 수문관측의 현황

3.1 수위관측소

섬강시험유역의 수위관측소는 횡성댐 건설에 따른 홍수에경보 설비의 일환으로 본댐과 갑천면 매일리에 수위국을 설치하여 1999년부터 관측이 이루어지고 있으며, 2002년 3월에 계천을 따라 매일 및 소군교와 유동천 상류의 농거리교 수위국의 3개소를 신설 운영하였고, 2004년 1월에는 농거리교와 소군교에 부자식과 기포식 수위계를 추가 설치하여 관측하고 있다. 표2~3는 수위관측소의 현황 설명은 다음과 같다.

표 2. 시험유역에 수위관측소 일람

관측소명	위 치			관측 개시일	비 고
	소재지	동경	북위		
매 일	황성군 갑천면 매일리 799	128-06-25	37-33-28	1999.12	부자식
				2002.3	압력식
농거리교	황성군 청일면 초현리	128-08-55	37-34-30	2002.3	압력식
				2004.1	부자식
소군교	황성군 청일면 유평리	128-08-30	37-33-55	2002.3	압력식
				2004.1	기포식

표 3. 시험유역내 수위관측소 현황

지점명	관측기기	전원	관측간격	최소측정	전 송	비고
매 일	부자식	상용전원	10분	1cm	T/M	
	압력식	태양전지	10분	1mm	PCS실시간	
농거리교	압력식	태양전지	10분	1mm	PCS실시간	
	부자식	배터리	10분	1mm	로거	
소군교	압력식	태양전지	10분	1mm	PCS실시간	
	기포식	배터리	10분	1mm	로거	

3.2 우량관측소

섬강 시험유역에는 2002년 3월에 매일우량관측소 이외에 황성댐 건설에 따른 홍수예경보설비의 일환으로 본댐에 1개소, 댐 상류에 춘당 및 봉덕 2개소의 우량관측소를 설치하여 1999년 6월부터 운영 중에 있다. 표 4 및 표 5와 같이 지리적인 인접성 및 강우자료의 대소 등을 고려하여 기존에 설치되어 있는 시험유역내의 춘당 및 봉덕의 우량관측소 및 매일우량관측소를 본 연구 대상 우량관측소로 선정하였다. 표 4~5는 우량관측소의 현황설명은 다음과 같다.

표 4. 시험유역내 우량관측소 일람

관측소명	위 치			관측 개시일	비고
	소재지	동경	북위		
춘 당	강원도 황성군 청일면 춘당리 653-5	128-09-06	37-36-22	1999. 6	
봉 덕	강원도 황성군 청일면 갑천리 303-1	128-11-03	37-34-17	1999. 6	
매 일	강원도 황성군 갑천면 매일리 799	128-06-25	37-33-28	2002. 3	

표 5. 시험유역내 우량관측소 현황

지점명	측정방식	기록방식	전원	관측간격	최소측정	전송	비고
춘 당	전도형	디지털 우량계	상용전원	10분	0.5mm	T/M	
봉 덕	전도형	디지털 우량계	상용전원	10분	0.5mm	T/M	
매 일	전도형	디지털 우량계	상용전원	10분	0.2mm	PCS 실시간	

3.3 지하수위 및 토양수분관측소 현황

수문성분순환의 해석을 위하여 섬강 시험유역에 2008년 8월초 매일이외 4곳에 대해 지하수위공 설치 후 간헐적 토양수분관측과 지하수위에 대한 추가적 관측을 실시하였다. 표 6~7는 지하수위공 및 토양수분관측현황을 나타낸 것이다.

표 6. 시험유역내 지하수위 관측소현황

관측명	관측장비	관측간격	측정범위	측정정도	비고
매일	KADEC21-MIZU-C	1회/월	0~20m	±0.1% F.S	
소군교					
농거리교					
춘당					
봉덕					

표 7. 시험유역내 토양수분 관측소현황

관측명	관측장비	관측간격	정확도	측정환경	비고
매일	Trime-FM	31회/월	0.3%	-15~50°C	
소군교					
농거리교					
춘당					
봉덕					

4. 섬강시험유역의 운영성과 및 활용방안

4.1 수문관측성과

4.1.1 수위관측자료

각 수위자료는 정기적인 현장 방문을 통해 지속적인 이상유무를 관측하고 있으며, 자료는 실시간으로 전송이 이루어지고 있다. 수위계의 동절기 동안의 수위자료는 우물통 내에 수위센서가 들어 있

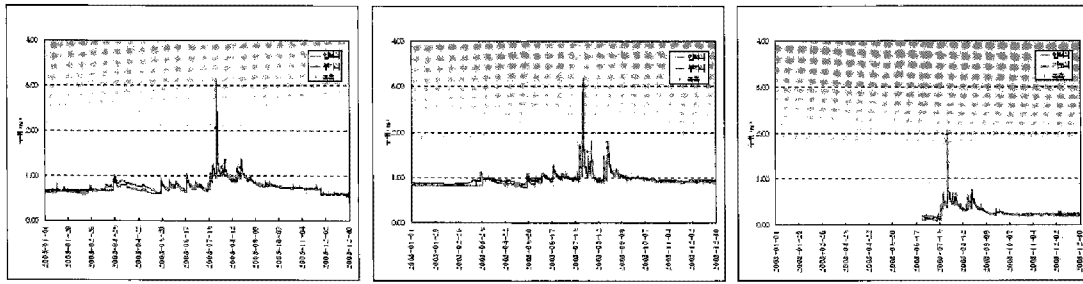


그림 2. 각 수위관측소의 수위현황(매일, 농거리교, 소군교수위국)

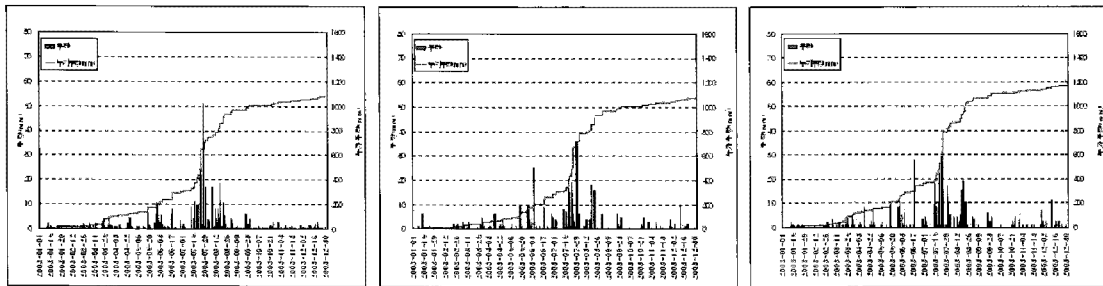


그림 3. 각 우량관측소 우량현황(매일, 춘당, 봉덕)

는 매일수위국에서는 비교적 안정적인 수위관측이 이루어지고 있었지만, 하천에 노출되어 있는 농거리교와 소군교 수위관측소에서는 자료가 매우 불안정한 것으로 나타났으며, 하절기에는 농거리교와 소군교 수위관측소에서는 홍수기 유사의 퇴적으로 수위센서에 측정오차의 문제점이 발생하였다. 농거리교와 소군교 수위관측소에서 압력식 수위계의 센서와 배터리의 이상으로 인한 결측구간이 많이 나타나고 있다. 이와 같이 압력식 수위계만 설치되어 있는 수위관측소에 대한 결측률을 줄이고 자료의 정확성을 높이고자 2004년 1월에 농거리교에는 부자식 수위계를 설치하였으며, 소군교에는 기포식 수위계를 각각 설치하였다.

그림 2는 2008년도 매일, 농거리교, 소군교 수위관측소에 설치된 각각 2개의 수위계부터 관측된 수위자료를 비교한 그림이다. 그림에서 보는바와 같이 부자식 수위계와 기포식 수위계, 압력식 수위계에서 관측된 수위자료는 전체적으로 비슷한 양상을 가지고, 2008년도에는 소군교의 압력식과 기포식 수위계 고장으로 결측이 생겼으나 나머지 농거리교, 매일수위국 관측소는 부자식과 압력식의 운

영으로 결측률이 줄어든 것으로 나타났다.

4.1.2 우량관측자료

섬강 시험유역내에는 춘당, 봉덕, 매일 3개의 우량관측소가 운영되고 있다. 그림 3은 각 우량관측소별로 2008년 1월 1일부터 2008년 12월 31일까지 관측된 자료를 1시간 단위로 정리하여 우량 및 누가우량을 도시한 것이며, 춘당 우량관측소는 대략 1,071.0mm, 봉덕 우량관측소는 1,171.0mm, 매일 우량관측소는 1,129.4mm의 강우를 보이고 있다.

4.1.3 유량측정자료

섬강시험유역에서는 각 수위관측소별로 유량자료의 획득을 위하여 갈수, 평수, 홍수기 때 유량측정을 실시하였으며, 프로펠러 유속계를 사용하였고, 매일수위국의 경우 홍수기 1.8m이하의 수위에서는 울동새마을교(잠수교)에서 전자파 표면유속계를 가지고 유량측정을 수행하였지만, 1.8m이상의 수위 때 교량이 없는 관계로 홍수기는 봉부자에 의한 유량측정을 실시하였다. 하상의 홍수전·후기의

표 8. 지점별 유량측정 현황

구분	매 일			농거리교			소군교			합 계
	유속계	봉부자	수위범위	유속계	봉부자	수위범위	유속계	봉부자	수위범위	
2002년	11회	2회	0.56~1.70	17회	-	0.75~2.10	16회	-	0.28~2.00	46회
2003년	19회	1회	0.55~1.55	18회	1회	0.69~2.25	20회	1회	0.13~1.33	60회
2004년	22회	7회	0.52~2.28	19회	-	0.80~2.30	17회	-	0.12~2.18	65회
2005년	25회	-	0.50~1.35	26회	-	0.80~2.76	28회	-	0.12~1.90	79회
2006년	10회	-	0.45~0.98	13회	-	0.56~3.13	10회	-	0.08~2.05	33회
2007년	28회	1회	0.75~1.52	18회	-	0.19~1.60	19회	-	0.16~1.04	66회
2008년	24회	3회	0.63~2.54	21회	-	1.07~3.20	23회	-	0.20~1.74	71회

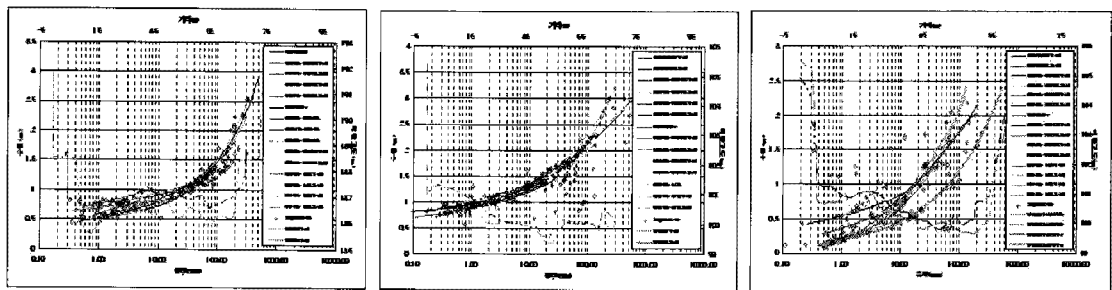


그림 4. 각 수위관측소의 Rating Curve(매일수위국, 농거리교, 소군교)

표 9. 시험유역내 개발된 수위-유량관계곡선식

구분	매 일	농거리교	소군교
2002년	기간분리식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
2003년	저수위식, 고수위식, 기간분리식	저수위식, 고수위식, 기간분리식	저수위식, 고수위식, 기간분리식
2004년	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
2005년	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
2006년	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
2007년	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
2008년	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식
전체년도	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식	저수위식, 고수위식

변화를 적용하기 위해 하천 측량을 2회 이상 수행하여 현장변화여건을 적용하는데 이용되었다. 표 8은 각 지점별 유량측정현황을 나타내고 있다.

4.1.4 수위-유량관계곡선식

Rating Curve의 작성은 각 관측지점에 대한 하상변동성을 고려하여 관측자료에 대한 기간분리를 실시하였으며, 관측된 수위를 고수위와 저수위로 분리 통해 수위-유량관계곡선을 작성하였다. 그림 8은 7년동안의 Rating Curve를 도시한 그림이며, 표 9는 기간분리한 식과 저수위와 고수위에 따라 분류하여 개발된 식을 현황을 나타낸 것이다.

4.1.5 Rating Curve에 의한 수위수문곡선을 유량수문곡선으로 전환

그동안의 측정된 유량자료를 바탕으로 작성한 Rating Curve를 이용하여 2008년 수위에 따른 유량환산그래프를 그림 4에 나타내었다.

4.2 수문관측자료의 2008년 예시 보급 및 활용방안

섬강시험유역운영은 21세기 프론티어연구개발사업의 일환으로 상지대학교가 2002년부터 실시하여 왔다. 섬강시험유역에서 관측, 조사된 유량 및

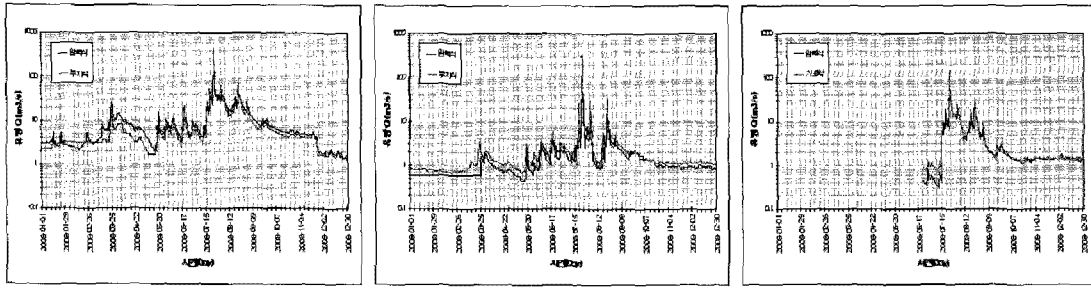


그림 5. 2008년도 Rating Curve의 유량환산그래프(매일, 농거리교, 소군교수위국)

연도	매일수위국	농거리교	소군교
2002	기안봉리역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1
2003	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1
2004	자수위역 1, 고수위역 1, 기안봉리역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1, 기안봉리역 1
2005	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1
2006	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1
2007	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1
2008	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1	자수위역 1, 고수위역 1

그림 6. 2009년도 한국수자원학회에 배포한 팸플릿

수위자료는 10분 단위로 관측한 자료이며, 유량측정 자료는 불확실도 분석을 통해 신뢰도를 지속적으로 향상시켰다. 수위-유량곡선을 개발을 통해 개발된 유량수문곡선을 제공하여 수공학 발전을 위해 매우 중요하고 의미 있는 일이라 하겠다. 따라서 현재까지 추진하여 온 섬강시험유역 정보와 수문자료를 보다 체계적으로 정리하고 D/B화하여 2009년도 한국수자원학회에서 약 420여장의 CD자료를 팸플릿과 함께 수공학 전문가들에게 자료를 배포하였다.(그림 6) 제공된 자료의 형태는 2002년부터 2008년까지의 수위, 우량, 유량측정성과, 수위-유

량곡선, 수위에 따른 유량수문곡선이다. 그리고 제공되지 못하거나 수정할 수문자료는 아래의 섬강시험유역의 담당자에 의해 자료가 보관되고 있어 언제든지 열람 할 수 있도록 할 예정이다. 표 10은 현재 무선실시간 현장계측 데이터를 볼 수 있는 웹사이트를 소개한 것이다.

- 관측기관 : 상지대학교 건설시스템공학과 수공학 연구실
- 담당자 : 이창훈
- 연락처 : 033) 730-0479
- E-mail : ckdgns83@sangji.ac.kr

표 10. 섬강시험유역에 수문관측 관련한 웹 사이트

분야	방식	장소	사이트명	인터넷 주소
수위	부지식	매일	한강홍수통제소	www.hrfco.go.kr
		매일	DATAPCS 무선인터넷 실시간 현장계측	www.datapcs.co.kr/realtime/realtime.php
	농거리교			
압력식	소군교			
우량	전도형	매일	한강홍수통제소	www.hrfco.go.kr
		춘당		
		봉덕		

5. 앞으로의 개선점 및 맺음말

앞으로 섬강시험유역 운영방안의 개선점을 제시하면 다음과 같다.

- 유역특성, 지형 및 지질특성, 기후특성 등을 면밀히 검토한 후 관측소의 위치를 선정하여야 한다.
- 우량관측소는 고도 및 주변 장애물 등을 고려하여 하며, 수위관측소는 수위관측소 설치교량의 상태, 상·하류 지형여건, 하상의 세굴과 퇴적상황, 유심부 위치, 유량측정시 안전성 등을 고려해야 한다.
- 매년 하상재료 및 하상변동 조사, 하천특성 조사 등이 이루어져야 한다.
- 수문관측계기는 한 가지 종류의 계기 설치보다는 두 종 이상의 계기를 설치함으로써 자료의 결측이나 이상자료의 발생을 최대한 방지하고 자료끼리의 비교 검토를 통하여 자료의 정확도 향상을 도모하는 것이 바람직하다.
- 수집 정리된 자료는 각종 수문분석을 병행함으로써 자료의 정확성을 검토 평가되어야 하며, 이상자료의 판단방법을 모색 강구하여야 한다.
- 수문순환과정의 다양한 해석을 위해서는 우량 및 수위, 유량 등의 기존 관측자료 이외에 수질, 기상, 토양수분, 생태환경 자료 등 자료획득이 다양성을 도모해야 한다.
- 유역의 운영 및 관리자는 관측의 중요성과 책

임감을 항상 인지하며, 수문관측방법에 대한 전문성을 갖추기 위해, DB를 타 대학교 및 연구기관과 자료를 공유하여 이상유무를 판단하는 전문적인 시각을 넓혀야 한다.

- 유역 운영자는 유역의 변동사항을 수시로 파악하여야 하며, 관측소를 직접 관리할 수 있어야 하고, 수시로 방문하여야 한다. 또한 호우 발생 등의 유사시 빠른 시간 내에 현장 접근이 이루어져야 한다.

21세기 프론티어연구개발사업의 일환으로 수문 자료의 관측과 수문순환과정의 체계적인 연구를 위하여 2002년부터 국가예산으로 섬강시험유역 3지점을 운영하여 기초 수문자료의 수집 및 기초분석 연구가 수행되어 왔다. 이에 따라 본 논고에서는 섬강시험유역에 대한 운영성과를 제시함으로써 향후 운영될 타 시험유역 운영 효율성 향상을 도모하고자 하였다. 또한 그동안 7년간의 수문자료가 축적되었으며, 이를 이용한 각종 연구가 발표되었다. 앞으로도 섬강시험유역의 수문자료가 지속적으로 계속되어 우리나라의 수문학 발전에 기여하고, 더 많은 시험유역에서 신뢰성 있는 고품질의 다양한 수문자료가 생성·보급되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-1-3)에 의해 수행되었습니다. ☺



참고문헌

1. 강원도(2000), 계천하천정비기본계획.
2. 건설부, 한국수자원공사(1990). 횡성다목적댐 건설사업 실시설계 보고서.
3. 선우중호(1999). 수문학.
4. 한국수자원학회지(2007). 물과 미래 “IHP 대표유역의 운영성과” pp, 10~23.
5. 건설부, 한국건설기술연구원(1994). 1994년도 수자원관리기법 수위유량관계곡선 자료집(4판).
6. 한국수자원공사, 횡성건설단(2005). 횡성댐일원 하천유량측정 등 수문기초조사보고서.
7. ISO 748, (1979). Liquid flow measurement in open channels - velocity area methods : International Organization for Standardization.