

2010년 설마천 시험유역의 운영

The Operation of the Seolma-Cheon Experimental Catchment of the 2010

김동필*, 이남훈**

Dong Phil Kim, Nam Hun Lee

요 지

본 연구는 설마천 시험유역(경기도 파주시 적성면 소재)을 운영하면서 수문현상을 관측하여 신뢰성 있는 수문자료를 지속적으로 획득하고 물순환 과정을 규명하는데 있다. 이를 위하여 2010년에도 지속적인 수문관측 및 측정을 하였으며, 수문자료의 품질 향상을 위한 관측기기의 유지관리와 수집된 자료의 처리절차를 통하여 신뢰성 있는 수문자료를 생성하고, 이들 자료를 바탕으로 유역의 수문특성을 분석하였다.

시험유역에서 생성되는 자료에는 6개 유량관측소의 유량자료, 2개 수위관측소의 하천수위 및 지하수위, 유량측정성과, 수질 자료, 1개 하천수위관측소의 부유사량 자료, 1개 기상관측소의 기상자료 등이 있으며, 이로부터 산정된 유역평균유량과 유량자료 등이 있다. 실시간 전송장비와 설마천 시험유역 홈페이지(<http://seolmacheon.kict.re.kr>)로 구성된 수문정보시스템을 통해 관측자료와 가공자료를 등록하였으며, 실시간 전송자료 제공은 물론 확정된 자료를 신청절차를 통해 일반에게 제공하고 있다.

확정된 강우-유출 자료를 이용하여 강우의 호우사상 분석(강우강도, 지속기간), 강우의 지속기간별 최대강우량, 각 지점간 강우량 비교, 강우의 시·공간분포 특성 분석, 월별 유출 및 주요 호우사상의 유출특성 분석 등 기본적인 강우-유출 특성을 분석하였다. 그리고, 유량측정성과의 불확실도 분석을 통하여 측정된 유량자료의 정확도 제고와 현장의 유량자료의 정확도를 개선하기 위하여 유량정보시스템(Parshall Flume, Argonaut-SW, Cableway System에 의한 유량정보 생성)을 운영·평가하였다. 또한, 수질, 부유사량의 특성 분석은 본 유역의 물질순환 해석을 위한 기초자료로 충분히 활용될 수 있다. 관측자료를 이용하여 유역의 유입량과 유출량에 대한 물수지 분석을 하였으며, 각 요소별 정량적인 값을 도출함으로써 물순환 과정을 해석할 수 있는 기반을 구축하였다.

설마천 시험유역에서 축적된 수문자료는 자료의 공유를 통하여 자료의 검증을 확보함과 동시에 시험유역의 연구성과가 수자원 개발 분야에 활용되기 위해서는 지속적이고 안정적인 자료확보와 수문관측 기술개발을 위한 기반구축이 더욱더 필요한 상황이다.

핵심용어 : 설마천 시험유역, 물순환 과정, 수문정보시스템, 물질순환 해석, 수문관측

1. 서 론

국가 수자원 계획 및 관리, 수문설계 등에 기본적으로 필요한 요소는 우량, 하천수위, 지하수위, 유속, 유량과 같은 기초 수문자료이다. 이들 자료는 신뢰성이 있어야 하며 동시에 지속적인 관측에 의한 장기간의 자료가 축적되어야 한다. 그러나 공간적인 측면에서 수문관측을 모든 지역에서 정교하게 수행하고, 시간적인 측면에서 분, 시간 단위로 수문관측을 연속적으로 수행하는 것은 경제적이지 못하다. 따라서 시험유역과 같은 소유역에서 정교한 자료를 구축하고 다양한 홍수 또는 갈수 유출과정을 통하여 얻은 결과를 미계측 유역으로 전이하는 방법을 사용하고 있다. 이러한듯이 시험유역의 운영은 대단히 중요하나, 운영을 통한 성과가

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : dpkim@kict.re.kr

** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·환경연구본부 수자원연구실 전임연구원 · E-mail : namhun24@kict.re.kr

기대치 이하인 경우가 많고, 낮은 투자효율 때문에 좋은 성과를 얻지 못하고 있는 실정으로 장기간의 양질의 수문자료가 절대 부족하여 각종 수문관련 연구와 설계 등에 많은 어려움을 겪고 있다.

외국의 경우 소규모 시험유역을 상당수 운영하고 있는 반면에, 기 국제수문개발계획(IHP) 3개 시험유역 운영 중단과 2개 IHP 시험유역 신설, 21세기 프런티어사업의 만료에 따른 투자의 부재로 위기에 직면하고 있는 상황이다. 이와 같은 상황에서 양질의 수문자료를 구축하기 위한 지속적인 설마천 시험유역의 운영은 매우 필요하다고 할 수 있으며, 본 연구에서는 그 동안 축적되어온 설마천 시험유역의 신뢰성 높은 수문자료에 대한 공유와 활용성 증대를 위해 2010년의 운영 현황을 중심으로 기술하고자 한다.

2. 시험유역 개요

설마천 시험유역은 설마천 유역(경기도 파주시 적성면 소재)의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 상류 유역이다. 설마천 시험유역은 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km인 전형적인 산지 하천이다. 수계형상은 대체로 수지상의 모양을 보여주고 있으며 유역형상은 수엽상에 흡사하다. 유역내의 인문사회 현황으로 유역의 상류에는 21가구(69명)가 분포하고, 마을을 중심으로 일부 논과 밭을 경작하고 가축을 사육하고 있다. 하천을 따라 휴게소(24가구, 81명)가 위치하고 있으며, 유역의 상류와 하류부에는 3개 군부대(287명)가 위치하고 있다(2004년 기준). 이 유역의 대부분은 산악지형으로 이루어져 있으며, 유역의 동쪽엔 시험유역에서 가장 높은 감악산(EL. 675m)이 위치하고 있다. 도로를 따라 위치하는 주 하천은 그림 1의 유역도에서 보는 바와 같이 전형적인 곡류하천의 형태를 보이고 있다.

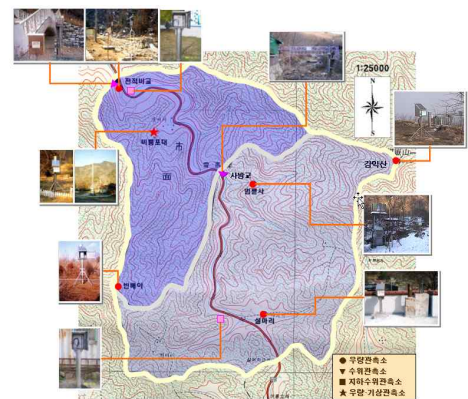


그림 1. 설마천 시험유역도

3. 수문조사 및 자료수집 검토

3.1 수문조사 현황

설마천 시험유역에는 현재 우량관측소 6개소, 하천수위관측소 2개소, 기상관측소 1개소 및 지하수위관측소 2개소가 설치되어 있다. 우량, 하천수위, 기상관측의 시간단위는 10분이며, 지하수위관측의 시간단위는 1시간으로 운영된다. 본 유역의 유역면적은 8.48km²로 우량관측소의 밀도는 1.41km²/개소이다. 수문관측소의 유지관리는 월 2회 이상의 현장방문을 통해 Check list에 의한 철저한 점검을 수행하고 있다. 표 1은 우량, 하천수위, 기상 및 지하수위관측소의 관측기기 현황을 나타내고 있다.

표 1. 수문관측소 관측기기 내역

지 점	전적비교 (010220)	비룡포대 (010230)	빈배이 (010237)	설마리 (010240)	범룡사 (010245)	감악산 (010250)	사방교 (010235)	비고
우량관측소	전도형 전도형(실)	전도형 전도형(실)	- 전도형(실)	전도형 전도형(실)	중량형 전도형(실)	중량형 전도형(실)	-	· (실) : 실시간 전송장치가 장착된 시스템을 말함 · 기상관측은 기존의 13항목 측정 · 지하수위관측소(설마리) : 2011. 6월 이후 잠정폐쇄
하천수위관측소	목자관 음파식 기포식 부자식 초음파식(실)	-	-	-	-	-	목자관 음파식 기포식 부자식 초음파식(실)	
기상관측소	-	AWS	-	-	-	-	-	
지하수위관측소	기포식	-	-	기포식	-	-	-	

3.2 수문자료 수집 및 검토

설마천 시험유역의 관측자료 중 강우량, 하천수위는 10분 단위, 지하수위, 기상은 1시간 단위로 연속적인 관측이 이루어지고 있으며, 유량, 부유사량, 수질측정은 홍수기 중심으로 비연속적인 측정이 이루어진다. 2010년의 경우 강우량, 하천수위는 연간 1.1% 이하의 결측률과 유량측정은 18회(2개 관측소), 부유사량 측정은 홍수기 위주의 24회 측정(1개 관측소), 수질측정은 36회(2개 관측소)의 성과를 보이고 있다. 이러한 성과를 보듯이 설마천 시험유역의 수문특성을 분석할 수 있는 기초자료를 충분히 확보하고 있는 상황이다. 그림 2에는 강우량, 하천수위, 유량측정, 기상, 수질, 부유사량 자료에 대한 자료처리 절차를 나타내는 흐름도를 도시하였다.

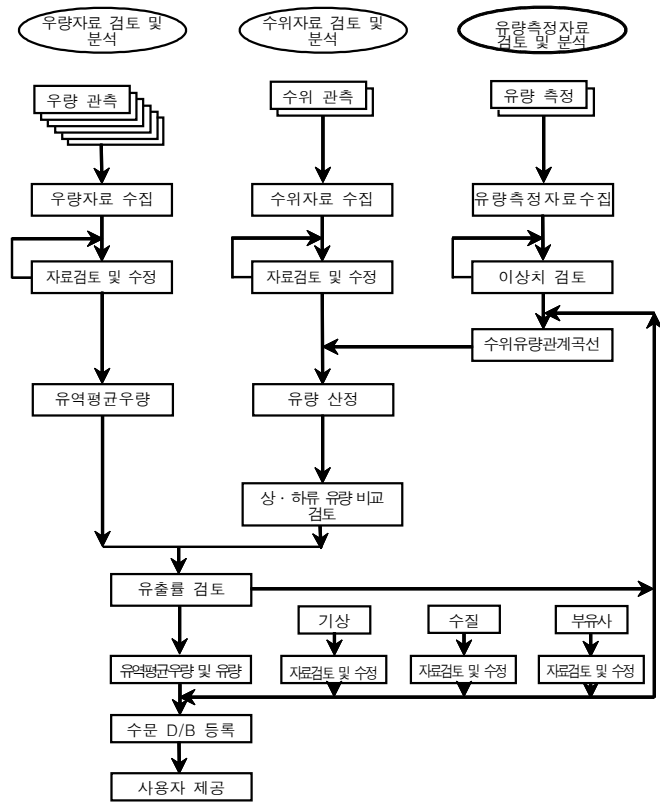


그림 2. 자료처리 흐름도

4. 강우-유출 특성 분석

4.1 강우특성 분석

설마천 시험유역에서 관측된 우량자료를 이용하여 호우사상 크기 분류, 지속기간별 최대강수량, 2개 우량계간의 강우량 비교, 6개 지점우량의 비교 및 주요 호우사상에 대한 시·공간분포 특성 등 기본적인 강우특성을

분석하였다. 그 결과 전적비교 유역평균우량을 기준으로 2010년에는 총 101개 호우사상이 발생한 것으로 분석되었다(12시간 무강우시간 기준). 표 2는 2010년에 발생한 호우사상에 대해 강우량 크기별 분포를 나타낸 것이다. 2010년에 내린 강우량 중 최대 강우지속기간은 8월 5~7일의 호우기간인 55.50시간이었으며, 이 때 설마천 유역에 내린 유역평균 강우량은 43.11mm이다. 최대 강우강도는 9월 12일 19:20~20:40분에 발생한 강우로 10.98mm/hr이었다. 최대 강우지속기간은 2009년의 46.67시간보다는 크게 나타났으며, 최대 강우강도도 2009년의 9.37mm/hr보다 크게 나타났다. 2010년에 발생한 호우사상의 평균 강우지속기간은 11.38시간으로 2009년의 12.71시간보다는 다소 짧게 나타났다. 평균 강우강도는 1.34mm/hr로 2009년의 1.45mm/hr보다 다소 작게 나타났다. 따라서, 2009년보다는 평균 강우지속시간이 짧고, 최대 강우강도는 크게, 평균 강우강도는 작게 나타나는 호우의 특징을 보이고 있다.

표 2. 2010년 호우사상의 강우량 크기 분류

강우량(mm)	~0.5	0.5 ~5.0	5.0 ~10.0	10.0 ~30.0	30.0 ~50.0	50.0 ~100.0	100.0~	계
사상수(개)	23	29	13	20	5	6	5	101
백분율(%)	22.8	28.7	12.8	19.8	5.0	5.9	5.0	100.0
누가백분율(%)	22.8	51.5	64.3	84.1	89.1	95.0	100.0	-

4.2 유출특성 분석

2010년 설마천 시험유역의 유출특성은 다음과 같다. 유역출구인 전적비교의 경우 6월 이전까지는 37.9~79.3% 정도의 유출을 보였으나(비정상적인 거동을 보이는 동절기 1~2월 제외), 7~9월에는 많은 비로 유출이 많았다. 그 이후 10월 이후에는 유출이 감소하였으며, 사방교의 경우도 전적비교와 유사한 유출을 보이고 있다.

표 3은 2010년의 월별 강우-유출 현황을 나타낸 것이며, 겨울철의 유출(1~2월)은 하천결빙 등의 이유로 수위자료가 이상치를 보이기 때문에 산정된 월별 유출률은 정확한 값이라고 보기 힘들다. 설마천 시험유역은 기온이 낮아 융설 유출의 특성을 보이는 유역으로 2006년까지 관측되었으나, 2007년 이후 3월 초순에 다소 많은 강우로 융설 유출의 특성을 찾기는 어려웠다. 2010년 3~5월까지의 강우는 2009년과 유사한 양을 보인 관계로 유출률(3개월 평균 57%)도 유사하게 나타났다. 따라서 해마다 발생하는 극심한 봄 가뭄을 해소하는데 기여하였다고 볼 수 있다.

홍수기인 2010년 7~9월의 강우는 2009년보다 많은 179%의 양을 보이며, 많은 유출률을 발생시켰다. 즉 2009년의 유출률보다 6.9% 증가한 많은 유출량을 발생시킨 것으로 나타났다. 올해의 7~8월 강우는 4.1의 강우특성 분석에서 보듯이 강우지속기간이 짧고, 최대 강우강도도 크게 나타나는 현상에 기인하여, 유출률이 크게 나타난 것으로 보인다. 그 이후 10월부터는 다소 적은 강우가 발생했으나 이전의 강우로 인하여 토양수분함량이 많은 관계로 10월에는 67.9% 유출률을 보였으며, 점차로 낮은 유출률을 보이는 유출 특성을 보이고 있다.

2010년 연간 유출률은 전적비교와 사방교에서 각각 81.6%, 81.1%를 보였다. 이는 2009년도 연간 유출률인 68.7%, 66.6%(전적비교, 사방교) 보다는 많은 것으로, 올해는 2009년 연강우량보다 1.44배 많은 결과와 특히 장마 이전의 다소 높은 유출과 9월의 많은 강우로 인한 유출의 증가가 높은 유출을 발생시킨 원인이라고 볼 수 있다. 표 3에서 보듯이 두 관측소에서 월별로는 부분적인 차이를 보이지만 연간 전반적으로 비슷한 유출(유출고)를 보이고 있다. 이것은 상·하류에 있는 두 지점간의 거리가 멀지 않고 유역의 특성이 유사한 결과로 판단되지만, 한편으로는 강우-유출 자료가 비교적 정확하다는 것을 의미한다.

표 3. 월별 강우-유출 현황(2010년)

기간(년/월)	전적비교 총강우량 (mm)	전적비교 총유출고 (mm)	전적비교 유출률 (%)	사방교 총강우량 (mm)	사방교 총유출고 (mm)	사방교 유출률 (%)
2010-01	31.3	16.0	51.1	27.4	14.6	53.1
2010-02	50.7	22.8	45.0	49.2	21.6	43.8
2010-03	67.2	53.3	79.3	62.9	52.5	83.6
2010-04	59.3	25.9	43.7	54.3	22.0	40.6
2010-05	120.8	61.8	51.1	121.7	65.0	53.4
2010-06	158.2	59.9	37.9	156.1	55.3	35.5
2010-07	293.7	246.8	84.0	292.5	252.3	86.3
2010-08	586.8	585.2	99.7	603.7	559.0	92.6
2010-09	504.8	477.5	94.6	519.4	510.9	98.4
2010-10	22.5	15.3	67.9	22.4	14.5	64.7
2010-11	20.7	12.0	58.3	18.8	11.3	60.1
2010-12	30.1	11.0	35.9	29.5	9.4	31.2
계	1,946.1	1,587.5	81.6	1,957.9	1,588.4	81.1

5. 결 론

본 연구는 설마천 시험유역의 2010년 운영현황을 중심으로 수문조사, 수문자료 수집 검토, 강우-유출 특성 분석 등의 내용을 살펴보았다. 2010년 설마천 시험유역의 수문조사는 많은 향상이 있었으며, 관측기기의

철저한 유지관리 등을 통해 결측을 최소화시킬 수 있었다. 또한, 지속적인 실시간 전송장비의 운영을 통해 실시간으로 현장의 상황을 파악할 수 있어 관측기기의 신속한 유지관리, 결측 최소화, 유량측정 기회 확대, 신속한 이상치 검토 등이 가능해져 자료의 질을 보다 높일 수 있었다. 관측된 자료에 대해 일상적인 자료처리 시스템을 구축하여 운영함으로써 보다 정밀한 자료를 확보할 수 있도록 노력하였다. 보다 정밀한 유량자료를 만들어내기 위한 노력으로 불확실도 분석, 유출평가 등을 통하여 오차를 더욱 줄일 수 있도록 측정방법을 지속적으로 보완하였다.

설마천 시험유역의 수문자료가 각종 수문분석에 활용되고, 수문조사 기술의 전파가 이루어지기 위해서는 지속적인 운영이 매우 필요한 상황이다. 안정적인 자료와 수문조사 기술개발을 위한 기반구축을 확보함과 동시에 타 시험유역과의 운영성과 교류 및 자료의 공유를 통한 질적인 성장이 요구된다 할 수 있다. 이러한 관점에서 설마천 시험유역의 운영은 국가 수자원 개발을 위한 선도적인 역할 수행과 유역의 물순환 과정을 한 차원 높여 해석할 수 있는 기반 제공이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김동필 (2011), 설마천 시험유역 수문자료 분석, 제5회 수문조사 심포지엄.
2. 한국건설기술연구원 (2010), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 건기연 2010-089.
3. 김동필, 이남훈 (2010), 2009년 설마천 시험유역의 운영, 2010년 한국수자원학회 학술발표회 논문집.
4. Sontek(2005), Argonaut-Series Instruments Technical Documentation Manual Firmware Version 11.0.
5. ISO-748:1997(E) (1997), Measurement of Liquid Flow in Open Channels -Velocity-Area Methods.
6. Techniques of Water Resources Investigations of the USGS (1984). ch. A7, A8, A10.