

# 지표수조사기술 개발 - 시험유역 운영

- 발안 시험유역 중심으로 -



박 승 우

서울대학교 생물자원공학부 교수

## 1. 머리말

수문순환과정에서 강우와 유출의 관계는 지형특성과 기후특성 등에 따라 다양한 시간적, 공간적 분포를 보이며, 인간이 수자원을 이용하는데 있어 이수·치수의 측면에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 강우-유출 관계의 정량적 규명을 위하여 다양한 토지 이용과 지형특성, 유역면적을 고려한 수문관측을 통해 유출과정의 정량적 분석이 필요하다. 이를 위해 다양한 규모의 시험유역을 대상으로 수문관측을 실시하는 것이 필요하지만, 다양한 시험유역을 대상으로 한 수문관측 자료의 부족으로 인해 수문해석에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 현재 우리나라에서는 다목적댐과 TM 수위관측지점을 대상으로 수문정보가 구축되어 실시간으로 인터넷을 통해 제공되고 있으며, 국제수문개발계획(IHP)의 일환으로 평창강, 보청천, 위천에 시험유역이 운영되고 있다. 일부 대학과 연구기관에서도 수문관측을 실시하고 있으나 시험유역의 수와 자료기간이 외국에 비해 절대 부족하며, 체계적이고 장기적으로 운영되고 있지 못하는 문제를 가지고 있다. 또한, 운영되고 있는 시험유역의 경우 대다수가 실시간으로 자료가 제공되지 않고 있을 뿐만 아니라 자료의 공개도 이루어지지 않고 있어, 체계적이고 신뢰성있는 수문자료를 획득하는 데 어려움이 있다. 제한된 인력과 예산으로 효율적으로 시험유역을 운영하기 위해서는 유역특성의 변화와 수문·기상 등 기초자료에 대한 수문관측이 지속적이고 체계적으로 이루어져야 한다.

21세기 프런티어 연구개발 사업 중 '지표수 조사기술 개발'에서는 수문순환성분(강우, 수위 및 유량, 증발산, 토양수분 등)을 정확하게 측정할 수 있는 기술을 개발하고 이를 시험유역에 적용

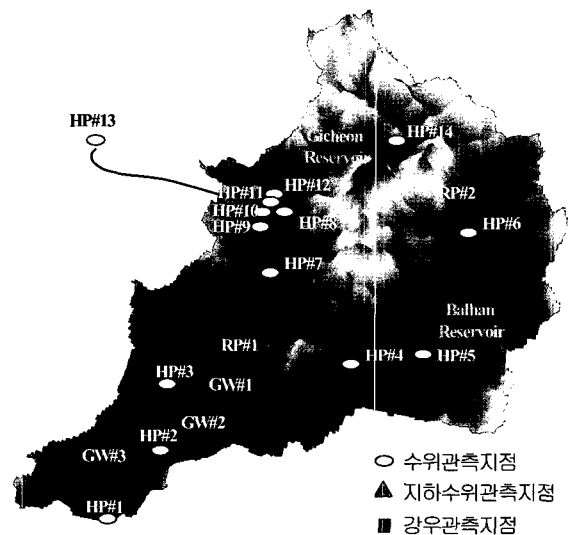


그림 1 발안시험유역 유역현황

하여 수문순환의 해석에 필요한 양질의 자료를 생산하는 연구를 하고 있다. 본 내용은 '지표수 조사기술 개발' 과제 중 서울대학교 농공학과에서 운영하고 있는 발안시험유역 중심으로 소개한 것이다.

## 2. 시험유역 개요

발안 시험유역은 경기도 화성시 봉담읍과 팔탄면에 위치하고 있으며, 1996년부터 수문/수질 모니터링을 실시하고 있다. 유역면적 29.79km<sup>2</sup>의 발안 시험유역은 산간지, 중산간지, 평탄지, 취락지 등 다양한 토지이용상태를 보이고 있으며, 경지정리 지구 및 개발보전지를 포함하고 있음은 물론, 도시화의 진행 등

으로 수질 오염 수준이 다양한 특징을 보이고 있다. 유역의 특성에 따라 총 7개의 소유역으로 구분되어 있으며, 우량관측소 2개소, 하천수위관측소 5개소, 관개수 관측지점 3개소, 지하수 관측지점 3개소, 저수지 수위 관측지점 2개소, 포장관측점 2개소가 설치, 운영되고 있다. 소유역별 수문관측지점의 위치는 그림 1과 같으며, 그림2~그림7은 시험유역의 수위관측소 전경 일부를 보여 주고 있다.

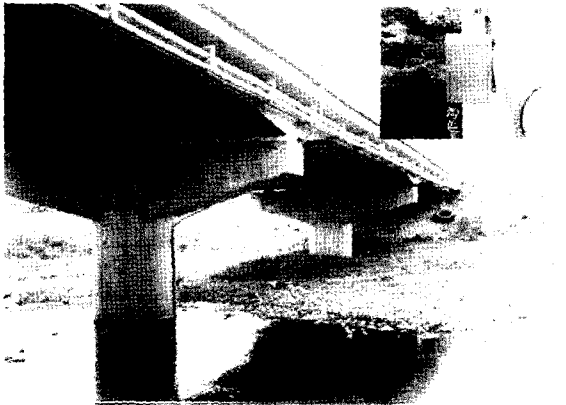


그림 2 수위 관측소 전경

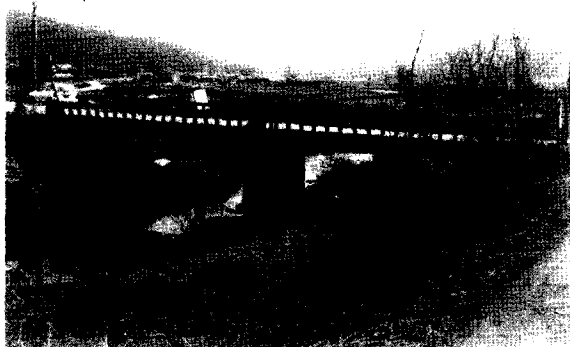


그림 3 실시간 수위관측소 전경



그림 4 실시간 강우관측소 전경

자료의 수집과 기기점검을 위해 평시에는 2주에 1회 현장출장을 실시하고 있으며, 2002년에는 보다 효율적이고 정도 높은 수문자료의 관측을 위해 실시간 수문관측기기를 강우측점 1개소, 수위측점 1개소에 추가 설치하여 운영하고 있다(그림 3, 그림 4).

### 3. 시험유역 수문 모니터링

#### 가. 강우량 모니터링

시험유역의 강우측정은 Tipping Bucket형 자기우량계와 실시간 강우 측정기를 이용하여 수행되었으며, 그림 5는 2001년부터 2003년까지 측정된 발안 시험유역의 강우자료 분포를 보여주고 있다.

#### 나. 하천수위 모니터링

하천수위를 모니터링하기 위해 압력식 수위계를 이용하여 10분 간격으로 수위를 측정하여 기록하고 있다. 10분 간격으로 입력된 압력값을 압력-수위 상관관계를 통해 시간별 수위로 환산한 뒤, 이를 평균하여 일평균 수위를 구한다. 2003년에는 부자식수

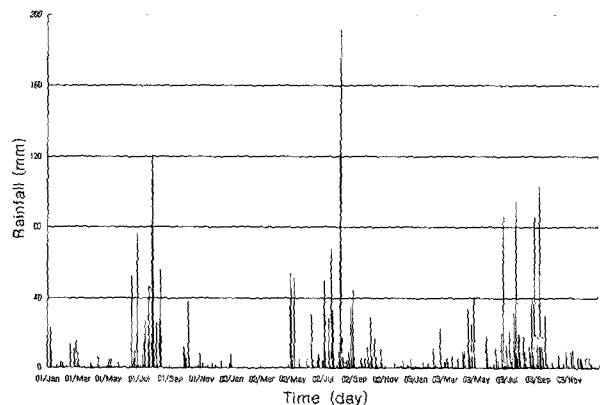


그림 5 시험유역 강우모니터링 결과 (2001년~2003년)

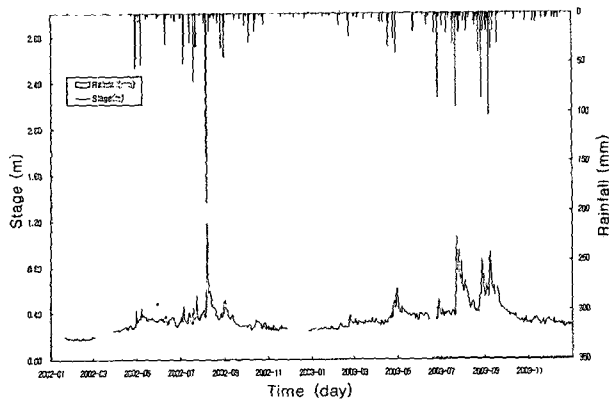


그림 6 시험유역 강우모니터링 결과 (2001년~2003년)

위계를 추가설치, 운영하여 자료 결측이 생기지 않도록 하고 있으며 압력식 수위계와 비교분석하는 작업도 병행하고 있다. 그림 6은 일부 수위 측정점의 강우모니터링 결과를 보여주고 있다.

다. 하천유량 모니터링

하천의 임의 단면을 흐르고 있는 유량을 직접 연속적으로 측정한다는 것은 기술적인면 뿐만 아니라 경제적인 면에서도 대단히 어려운 일이므로 비교적 측정이 용이한 하천수위를 연속적으로 측정하여 이를 수위-유량관계에 의해 유량으로 환산하여 사용하게 된다. 본 발안시험유역의 수위측점에 대한 수위-유량 관계를 조사하기 위해, 측정별로 현장출장을 통해 폭우시 고수위 유량 측정과 평상시 저수위 유량 측정을 측정하여 수위-유량 관계를 결정하였다. 유속은 프로펠러형 유속계와 마그네틱 유속계를 이용하였으며, 유속 측정은 수심이 얇은 경우는 1점법, 수심이 깊은 경우는 2점법을 적용하였다. 또한 여름철 홍수가 발생하면 하천단면이 변화하므로, 홍수기 전·후로 하천단면을 측정하여 수위-유량 관계를 보정하였다. 그림 7, 그림 8은 고수위 및 저수위 현장 유속 측정 광경을 보여주고 있다.

또한 현장에서 측정된 유량측정성과의 정확도를 판단하기 위해서 개별 유량측정성과의 불확실도를 산정하였다. 유량측정성과의 불확실도는 무작위 불확실도와 계통 불확실도를 산정하여 이를 결합함으로써 총 불확실도를 산정하게 된다. 유속계의 유량 측정성과에서의 총 불확실도는 측선에서의 측선수, 측정수, 그리고 유속계의 측정시간 등에 의해 산정된다. 그림 9는 2002년부터 2003년까지의 일부 지점의 유량측정성과별 총불확실도를 보여주고 있다. 2003년 4월 중순이후로 유속측선수를 증가시키고, 유속계의 측정시간을 증가시키는 등의 유속측정방법을 개선한 이후로 10% 이상이었던 총 불확실도가 10% 이내로 감소되어 정확도가 개선되었음을 알 수 있다. 그림 10은 유량측정방법

개선방안 적용 전과 후의 각 지점별 총불확실도 및 개선율을 보여주고 있으며, 모든 유량 측정 지점에서 50% 이상의 높은 개선율을 보였다.

수집된 유량측정성과를 바탕으로 수위-유량 관계를 결정하게 되며, 자료측정기간 중 발생한 홍수로 인해 연도별로 서로 다른



그림 7 고수위 유량측정 광경

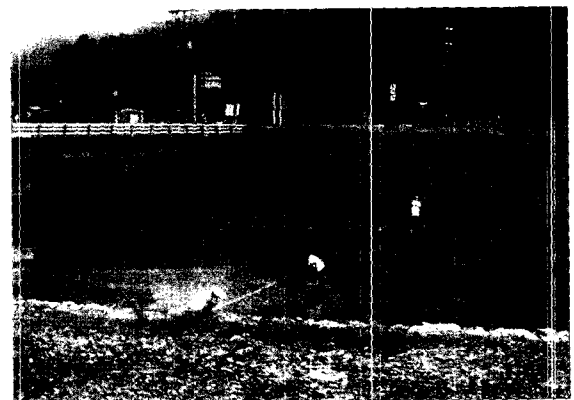


그림 8 저수위 유량측정 광경

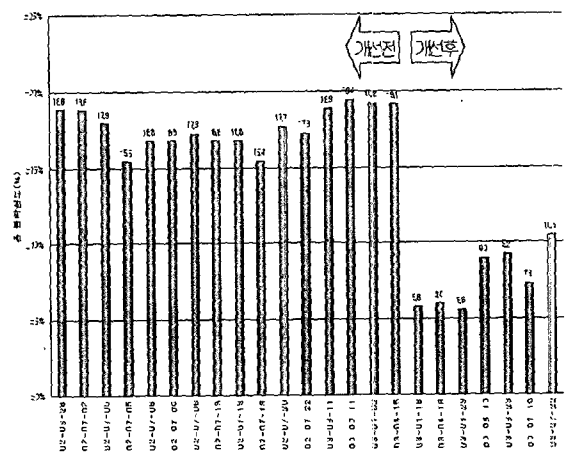


그림 11 유량측정성과별 총불확실도(2002~2003)

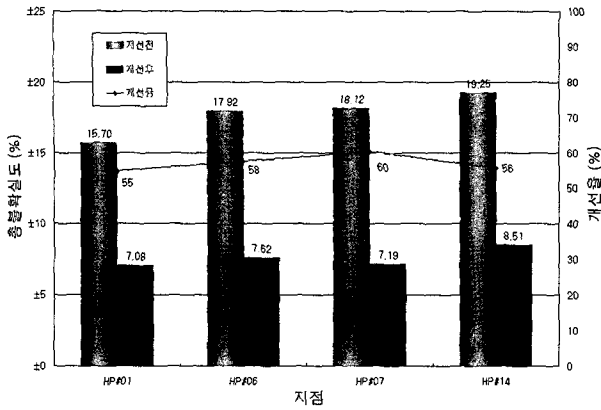


그림 12 유량측정방법 개선방안 적용 전과 후의 각 지점별 총불확실도 및 개선율

유량관계를 적용하였고, 수위의 고저에 따라서도 분리하여 적용하였다. 그림 13은 현장출장을 통해 조사된 수위-유량관계를 보여주고 있으며, 그림 14는 수위자료와 수위-유량 관계식으로부터 산정된 유량 모니터링 결과를 보여주고 있다.

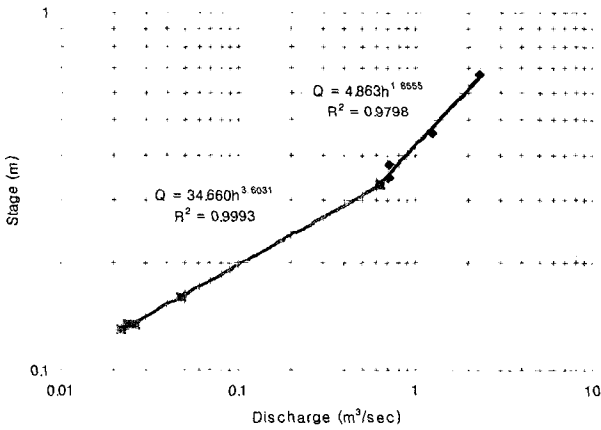


그림 13 수위-유량 관계 그래프(2003)

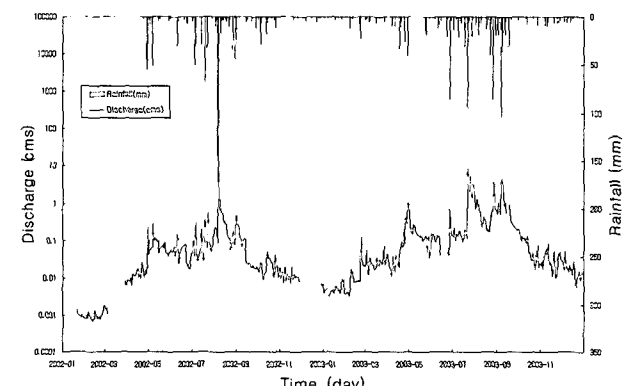


그림 14 유량 모니터링 결과(2002~2003)

#### 4. 수문자료 관리 시스템 구축

유역의 수문 자료를 효율적으로 관리하기 위해서 실측자료의 저장, 갱신, 검색이 가능한 데이터베이스를 이용한 유역의 수문 자료관리 시스템을 구축하였다. 시스템은 사용자 편의 시스템(Graphic User Interface, GUI)을 통해 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 개발하였다. 그림 15~18은 시스템의 활용 예를 보여주고 있다.

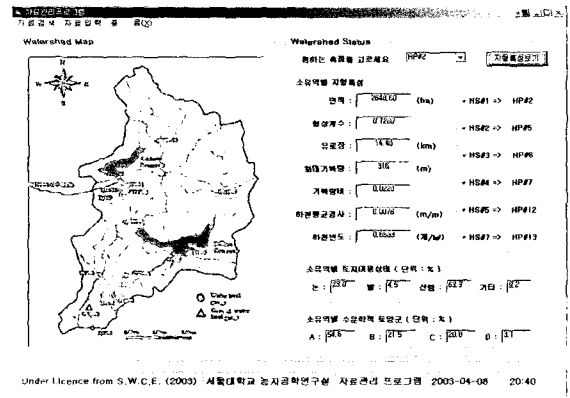


그림 15 시스템 초기화면

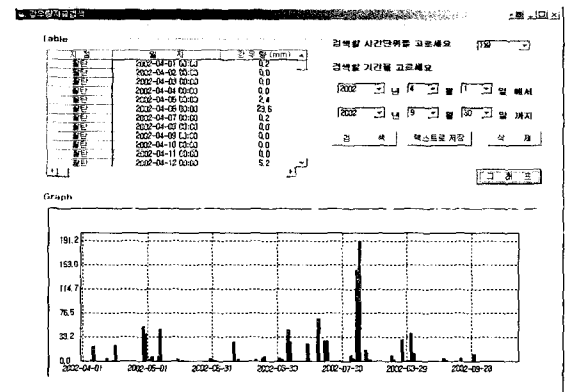


그림 16 강우자료 검색결과 화면

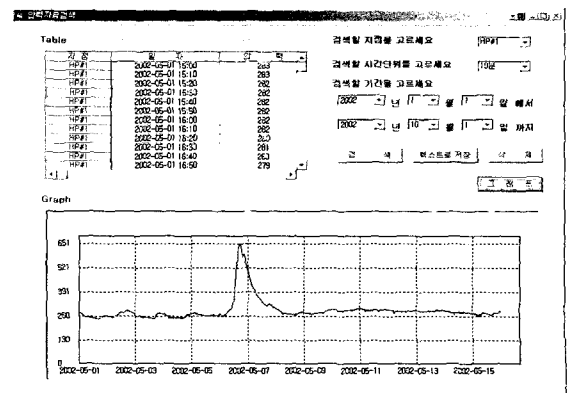


그림 17 하천수위 압력자료 검색결과 화면

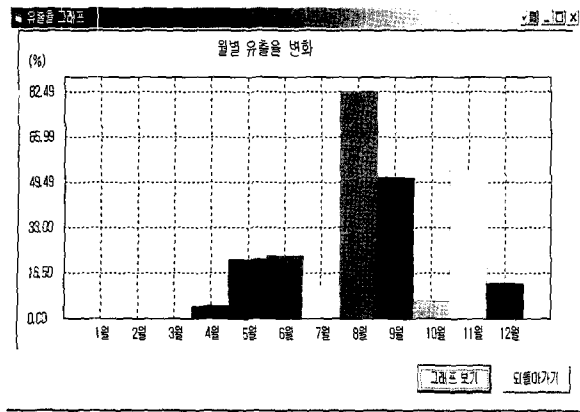


그림 18 월별 유출율 그래프

### 5. 맺는 말

장기적이고 안정적인 시험유역의 운영을 통한 수문순환의 해석에 필요한 신뢰성 있는 고품질의 수문자료의 확보는 유출현상에 대한 이해를 증대시키고, 통계분석 등을 통한 수자원계획과 설계의 정도를 높일 수 있다는 측면에서 매우 중요한 의미를 가진다. 또한 이러한 수문자료는 유역에서의 수문특성을 파악하고 폭우발생시 수문현상을 분석하는 데 기초자료로 활용되며, 저수지에서의 물수지 분석과 저수지 모의조작을 위한 자료로 활용될 수 있으며, 유역단위에서 발생하는 수문순환 과정과 수질오염물질의 거동을 파악하기 위한 수문·수질환경 분야 모의모형의 적용성을 평가하는 실측자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이를 통해 보다 효율적인 수자원의 이용이 가능할 것으로 예상되며, 유역에서의 수질 오염 저감대책을 수립하기 위한 중요한 기초자료로 활용될 것으로 추정된다. 개발된 수문자료 관리시스템은 다양한 수자원 관련분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.