

# 수문 모니터링을 위한 계측기 기술 동향

## Technical trend of measuring instrument for hydrological monitoring

김유진\*, 오정환\*\*, 김남일\*\*\*  
Eugene Kim, Chung Whan Oh, Nam il Kim

### 요 지

최근 수자원 분야에 있어서 IT기술을 활용한 실시간 하천 현황 감시, 각종 수리, 수질 모형을 활용한 중단기 수리, 수질 예측, 모니터링 결과 또는 예측된 결과를 활용한 하천시설물의 통합 운영은 매우 중요한 화두 중의 하나이다. 이러한 일련의 통합감시, 관리 시스템의 구성에 있어서 일련의 시스템의 근간이 되는 초기 자료 수집을 위한 하드웨어의 설치는 가장 선행되는 과정임과 동시에 대다수의 수자원 종사자들이 익숙하지 않은 분야일 것이다.

획득된 초기 자료의 신뢰성, 정확성, 안정성은 특정한 사례를 예로 들지 않더라도 하천 관리에 있어서 매우 중요한 부분이며 계측기기 분야는 기술의 발전이 가장 빠른 분야 중에 하나이다. 또한 대다수의 수문 관측 하드웨어 즉 계측기기 분야를 외국의 기술에 의존하고 있는 국내의 현실에 있어서 관리하고자 하는 하천의 현황 및 설치지점의 특성, 경제성 등을 고려한 적절한 계측기기의 설치는 그 중요성에 비하여 정보 획득의 어려움, 관련 지침 및 표준화 미비, 관심 부족 등의 이유로 다소 간과되어지고 있는 현실이다.

이에 본 고에서는 수문 모니터링을 위한 계측기 기술 동향을 관련기술, 관측방식, 제조사, 적용사례 등을 중심으로 연구하여 수문 모니터링을 위한 관측망 구성에 있어서 최적의 계측기를 선정할 수 있도록 가이드 라인을 제시하고자 한다.

**핵심용어 : 수문모니터링, 계측기, 관측망, measuring instrument, hydrological monitoring**

## 1. 서 론

국내의 하천은 이수의 측면에서 인구 증가 및 급격한 도시화로 인한 물 부족 및 수질 오염의 문제를 치수의 측면에서는 이상기후 및 돌발 홍수에 의한 침수, 범람의 문제를 가지고 있으며 풍수해와 관련한 피해액 및 발생건수는 지속적으로 증가 추세에 있다. 과거에는 댐 건설, 제방의 증축 하천의 준설 등 주로 구조적인 대책에 치우쳐 있었으나 한정된 자원과 각종 환경, 문화적 문제에 직면하여 구조적 대책만으로는 그 한계성을 들어내고 있다. 이런 이유로 근래에 들어서는 급격히 발전하는 IT기술을 활용한 대책이 그 대안으로 제시되고 있다. 이러한 IT기술을 활용하기 위한 가장 기본적인 계측기기 분야를 외국의 기술에 의존하고 있는 국내의 현실에 있어서 관리하고자 하는 하천의 현황 및 설치지점의 특성, 경제성 등을 고려한 적절한 계측기기의 설치는 그 중요성에 비하여 정보 획득의 어려움, 관련 지침 및 표준화 미비, 관심 부족 등의 이유로 다소 간과되어지고 있는 현실이다.

이에 본 고에서는 수문 모니터링을 위한 계측기 기술 동향을 관련기술, 관측방식, 제조사, 적용사례 등을 중심으로 연구하여 수문 모니터링을 위한 관측망 구성에 있어서 최적의 계측기를 선정할 수 있도록 가이드 라인을 제시하고자 한다.

\* 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 부장 · E-mail : icepc@websolus.co.kr  
\*\* 비회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 대리 · E-mail : jhoh@websolus.co.kr  
\*\*\* 정회원 · (주)웹솔루스 대표이사 · E-mail : utopia@websolus.co.kr

## 2. 국내 수문계측 현황

### 2.1 수위, 우량관측

우리나라에서는 건설교통부, 기상청, 지방자치단체, 한국수자원공사, 농업기반공사 등에서 기관별 업무 수행 목적에 따라 관측소를 설치하여 운영하고 있으며 환경부에서도 오염총량관리를 위해 2004년부터 유량측정을 실시하고 있다. 우량관측소의 경우에는 세계기상기구(WMO)가 권장하는 기준을 상회하는 수준이나 수위관측소의 수는 일본의 40%에 머무는 수준이다(허철, 2005: 17). 수위계측기기는 부자식이 주를 이루며 초음파식과 레이더식 수위계의 사용이 점점 빈번해 지고 있으며 최근에 들어서는 영상 수위계를 활용한 수위지점 이중화 방안이 진행 중이다.

<표 2-1> 측정방식별 강우관측소 현황(2009년 말 현재)

관리기관	관측소수		
	전도형	우심량계	계
국토해양부	206	220	426
한국수자원공사	156	10	166
한국농촌공사	9	-	9
한국수력원자력	7	-	7
기상청	76	-	76
계	454	230	684

<표 2-2> 측정방식별 수위관측소 현황(2009년 말 현재)

관리기관	관측소수											계
	부자식	영상 수위	기포식	레이더식	음파식	압력식	부자·레이더	초음파	탐침식	레이저	기타	
국토해양부	297	4	6	34	18	2	5	1	2	-	-	369
한국수자원공사	94	-	5	14	-	4	-	4	-	2	4	127
한국농촌공사	1	-	-	-	6	-	-	3	-	-	7	17
한국수력원자력	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
계	399	4	11	48	24	6	5	8	2	2	11	520

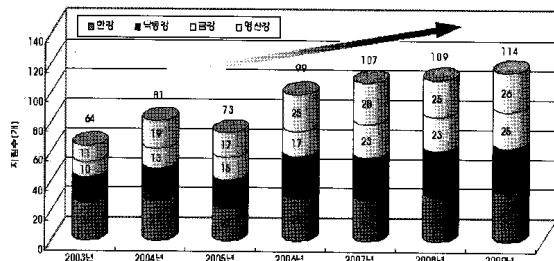
### 2.2 유량관측 현황

국토해양부의 유량조사는 2003년에 64개 지점에서 수행되었으나 점진적으로 증가하여 유량조사사업단이 발족한 2007년부터 100개가 넘는 지점에서 실시하고 있으며, 2008년 109개, 2009년에 114개 지점으로 2003년에 비해 약 2배 정도 확대되어 진행되고 있다.

국내의 경우 수문관측에서 가장 필요한 관측 장비의 개발과 이용 측면에서 외국과 비교하여 현저한 수준 차를 보이고 있으나 최근에는 산업의 발달에 따라 기초기술과 제작기술이 발전하고 있으며 전파를 이용한 표면 유속계(한국수자원공사), 1차원 초음파 하천 유속계 등이 제작하여 보급하고 있다.

<표 2-3> 유량 관측 지점 현황

관리기관	측정지점수	사용 장비 종류
국토해양부	107	유속계, 부자, ADCP, 전자파표면유속계
한국수자원공사	50	유속계, 전자파표면유속계, 부자
환경부	156	유속계, 전자파표면유속계, 부자
계	313	



<그림 2-2> 권역별 유량측정지점수(2003~2009년)

### 3. 일본의 수문계측 현황

일본은 지리적 위치상 우리나라와 가장 가까운 곳에 있으며 섬나라 기후의 특성상 잦은 풍수해로 인하여 수문관측과 관련한 기술 및 규정, 조직의 체계가 국내에 비해서 상당부분 앞서 있는 것이 현실이다. 계측기 분야에 있어서도 Aichi tokei denkeisha, Nokhen사 등이 국내에서 유량계 수위계 등을 판매하고 있다. 아래의 일본 수문계측 현황 자료는 「심견화연(深見和彦)(2005) “일본 수문관측 현황과 이후의 과제” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제38권 제5호 통권 제148호 pp.23-33」에서 인용하였다.

<표 2-4> 강우관측소 현황(2005년 기준)

관리기관	관측소수	비고
기상청	약 1300	전도형 우량계가 주로 사용됨
국토교통성	약 2800	
지방자치단체	약 2200	
계	6,300	1개소/60 km <sup>2</sup>

<표 2-5> 수위관측소 현황(2005년 기준)

관리기관	관측소수	비고
국토교통성	약 2000	
지방자치단체	약 3300	
경제 산업성·발전회사	약 700	
계	6,000	

<표 2-6> 관측대상별 주 사용 계측기기(일본)

관측 대상	주 사용 계측기기	비고
우량 관측	전도형 우량계 (Tipple Bucket type)	• 0,1mm 단위로 계측되던 데이터를 1mm단위로 간소화(1996년)
수위 관측	부자식	• 수면 62형(1962년 구 건설성 토목연구소)이 널리 보급됨
	리드스위치식	• 수위표와 동시에 설치 부자식에 비해 설치가 용이 하천 중하류부 설치
	압력식	• 최근 설치가 증가 • 시설의 설치나 유지관리 용이
	초음파식	• 비접촉 방식 • 토사등이 유하하는 하천 상류, 하상변동이 심한 하천, 고유속의 수로
유량 관측	프라이스 유속계	• 회전식, 휴대용 유속계 • 표준 20초 정밀 60초의 계측시간
	부자법	• 홍수 시 사용 • 부자측법에 대해서 상세히 규정
	수압식 수심 유속계	• 목적: 홍수 유량 관측의 정밀도 향상 • 피토크의 원리에 기초하여 정압·동압 측정
	초음파식 유속계	• 도플러 센서(ADCP)를 수중에 복수 설치 • 수위유량곡선이 적용 불가능한 지점(조석, 댐조정·대하천과의 합류 등에 의한 배수의 영향을 받는 지점)
	전자유량계	• 하상에 전자코일을 설치, 자기장을 발생시켜 기전압을 측정

### 4. 중국 수문계측 현황

중국은 지리적으로 동아시아 계절풍 지역에 위치하며, 세계적으로 가장 심각한 기후 취약 지역 중 하나이다. 특수한 지형과 기후적 특징으로 홍수, 가뭄재해가 빈번히 발생하며 홍수, 가뭄재해는 국가 경제 발전을 저해하는 주원인이 되고 있다. 중국 수문계측 현황 자료는 「유지우(劉志雨)(2005) “중국 수문관측 현황 및 발전 방향” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제38권 제5호 통권 제148호 (2005. 9) pp.34-43」에서 인용하였다.

<표 2-7> 관측소 현황(2005년 기준)

관리기관	관측소수
수문관측소	3158
수위관측소	1135
수질관측소	3695
지하수관측정	11820
증발관측소	402
계	20,210

<표 2-8> 관측대상별 주 사용 계측기기(중국)

관리기관	주 사용 계측기기	비고	
우량 관측	전도형 우량계 (Tipple Bucket type)	• 주로 사용되며 광학 우량계는 고가의 가격으로 기본우량계로 사용되지 않음	
수위 관측	부자식	• 부자식, 압력식, 초음파식을 각기 용도에 맞게 사용	
	압력식		
	초음파식		
유량 관측	변환식	프로펠러형	• 중국에서 생산되는 변환식 유속계는 국제수준에 도달
		프라이스컵	
	비변환식	초음파식	• 외국의 첨단제품을 중국내에 성공적으로 적용한 예는 있으나 아직 첨단기술의 중국 제품은 없음
		전자파식	• 북방의 갈수기 동안 유량이 작아 수심은 낮기 때문에 시간차를 이용한 초음파 유속계와 ADCP 측정은 기기 사용에 제한을 받음
		ADCP	• 1,200 KHz주파수 대역폭의 ADCP의 경우 일정한 저수심 조건에서 하수로와 수로에 대한 유속을 측정할 수 있음
	부자식	• 방법은 간단하나 정밀도가 높지 않음. • 전자파 유속계 등의 관측기기가 있긴 하지만, 정밀도는 부자법과 별 차이가 없고, 가격이 비싸 널리 응용하기에 어려움이 있음	
유사 관측	진동식	• 근래에는 진동식 유사 측정기를 연구 개발하여 유사측정에 사용하고 있음	
	광전식		

## 5. 국내의 기술개발 동향

### 5.1 국내 기술개발

국내 수문계측 기술과 관련하여 기존 방법의 한계를 극복하고 자동적으로 유량을 측정할 수 있는 방법에 대해서 여러 가지 시도가 계속되고 있다. 새로운 유량측정과 관련되어 가장 일반적으로 사용되고 있는 것이 ADCP를 이용한 방법이다. ADCP는 도플러 효과를 이용하여 하천을 횡단하면서 자동적으로 유량을 측정할 수 있는 방법으로 기존 방법에 비해 매우 효과적이라고 할 수 있다. 하지만 아직까지 실제 적용에는 한계가 있는 상황이다. 순간유속 측정으로 인한 오차, 얇은 수심에 대한 적용 한계, 방향성으로 인한 오차, 장비의 가격 등을 지속적으로 해결해야 할 과제로 들 수 있다.

자동 유량 측정과 관련되어 시도되고 있는 또 다른 방법은 초음파를 이용한 방법이다. 이 방법은 하천양안에 초음파 센서를 설치하여 실시간으로 유속을 측정하여 유량을 계산하는 방법으로 실제 하천에서 매우 효과적으로 활용 될 수 있는 방법이다. 국내에서는 단천, 달천, 정미천, 여주 등에 설치되어 그 효율성과 정확성을 평가하고 있다. 지금까지는 얇은 수심에 대한 적용의 한계, 홍수 시 부유물로 인한 영향, 하폭이 넓은 경우 적용의 한계 등이 있으나 전자 기술의 발전과 더불어 이와 같은 문제는 해결되고 있는 상황이다.

### 5.2 국외 기술개발

미국, 일본, 유럽 등에서는 최근 수문계측과 관련하여 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 것이 자동유량 측정이다. 유량측정의 한계, 특히 홍수 시 발생하는 유량측정의 한계를 극복하기 위해서는 기존에 사용하던 방법이 아니라 최신기술을 이용한 별도의 방법이 필요한 것이다.

미국의 경우 많은 연구가 이루어지고 있는 분야가 ADCP를 이용하는 방법이다. 미국에서는 오래전부터 ADCP를 개발해 왔으며 실제 적용을 통해 기술을 축적해 오고 있다. 최근에는 ADCP 기술의 안정화와 더불어 USGS에서는 실제 유량측정을 위해 이 장비를 많이 이용하고 있는 실정이다. 또한 그 외에도 헬기를 이용한 방법, 레이더를 이용한 표면유속 측정, LSPIV를 이용한 자동유량측정 등의 방법도 연구되고 있다. 유럽에서도 유량측정과 관련된 많은 연구가 진행 중인데, 독일의 경우 초음파를 이용한 실시간 유량측정장비가

일반화되고 있는 상황이다.(과학기술부, 2004)

일본의 경우 토목연구소에서 1980년대 후반 개발하여 유속측정 범위가 0.5~10.0 m/s인 이동식, 고정식 전자파 유속계를 Yokogawa 주식회사를 통해 판매하였고, 풍속과 풍향 및 수위를 함께 측정하여 홍수 유량 뿐만 아니라 평상시의 유량도 관측할 수 있는 상설 관측 체계로 발전시켰다. 중국은 남경수리수문자동화 연구소에서 1993년도 개발을 완료하여, 바람에 의한 영향을 고려하지 않은 채로 실용화하였으며 0.5~15.0 m/s의 유속측정이 가능하다.

## 6. 결론

국내의 수문계측 사업분야는 정보의 부재 및 표준화, 관련규정의 미비등의 여러 가지 이유로 인하여 개발 주체에 따라 계측기기의 선정 및 기준이 제각각인 경우가 많다. 본 연구에서 살펴본 국내의 수문계측 및 기술개발 현황을 참조한다면 보다 합리적인 계측기를 선정할 수 있을 것이다. 용도와 쓰임에 맞는 최적의 계측기의 선정은 수문 모니터링 및 자료획득 과정을 더욱 공공히 할 것이며 국내의 수자원 정보 관리 및 의사결정 지원을 위한 초석으로 쓰일 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:1-7-3)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 건설교통부(2004). “수문 관측 매뉴얼”  
과학기술부(2004). “지표수 조사 시스템 적용”  
과학기술부(2006). “수문계측 및 모니터링 기술개발”  
김 원, 김치영, 이찬주 외 1명(2007). “새로운 수문관측 기술의 개발” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제40권 제12호 통권 제173호(2007년 12월) pp.22-29  
심견화연(深見和彦)(2005). “일본 수문관측 현황과 이후의 과제” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제38권 제5호 통권 제148호 pp.23-33  
유지우(劉志雨)(2005). “중국 수문관측 현황 및 발전 방향” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제38권 제5호 통권 제148호 (2005. 9). pp.34-43  
이신재, 정성원, 최명용(2009). “2008년 하천유량조사사업 현황 및 향후 전망” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제42권 제6호 통권 제191호 pp.37-43  
조효섭(2007). “디지털 시대의 새로운 수문조사 현황과 전망” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제40권 제12호 통권 제173호 (2007년 12월) pp.38-43  
허철(2005). “수문조사 선진화 5개년 계획” 한국수자원학회지, 한국수자원학회 제38권 제5호 통권 제148호 pp.16-22