

수자원관측 업무의 효율성 제고와 전문화를 위한 전국하천 수자원·환경기초조사 종합계획



신 종 이 | 처장, 한국수자원공사 조사기획처 / jishin@kowaco.or.kr

1. 서론

수문관측은 지구상의 물 순환과정을 정량적으로 규명하기 위한 수단으로서 강우-유출현상의 해석을 통한 홍수예측기술에의 적용, 과거 수문자료의 통계 해석에 의한 합리적인 하천구조물의 계획 및 설계 등 많은 분야에 기초자료를 제공하고 있다. 이뿐 아니라 수문자료는 택지개발, 도로건설 등 국토개발계획에서도 필수적인 요소이다. 따라서, 선진외국에서는 전문화된 전담기구에서 많은 인원과 예산으로 수문관측 및 자료관리를 하고 있다. 우리나라에서 근대적인 수문관측이 시작된 것은 100년이 넘었으며, 그동안 많

은 발전을 거듭하여 전국적인 수문관측 체계를 구축·운영하고 있다. 하지만, 아직까지도 수문관측의 중요성에 상응할 만한 인식이 미흡하여 합리적인 평가 및 투자가 이루어지지 않고 있다는 것이 선진국과의 차이점이라 할 수 있다.

「전국하천 수자원·환경기초조사 종합계획」은 이러한 인식을 바탕으로 우리나라 물관련 정책 수립시 요구되는 기초자료를 체계적으로 조사·관리하여 수자원 자료의 완성도와 활용도를 높이고자 현행 수문조사 전반에 대한 현황을 조사하고 문제점을 분석하여 국가차원의 개선방안 및 실행방안을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

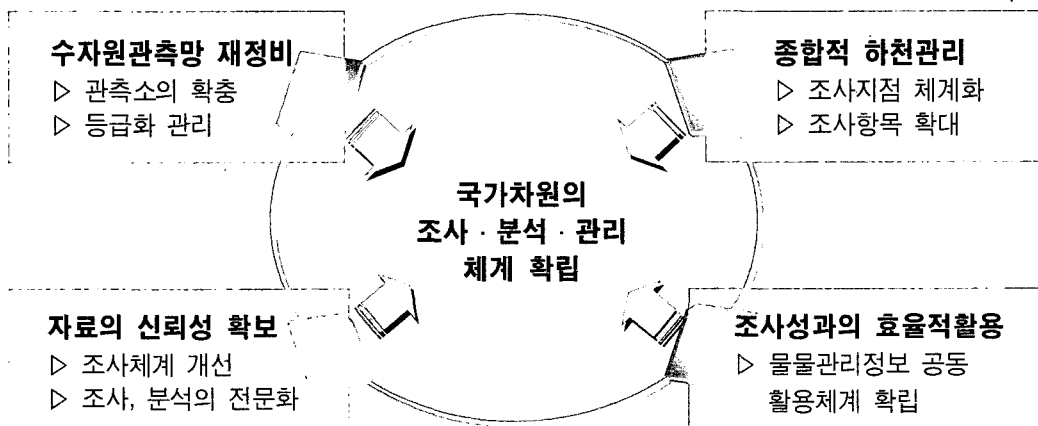


그림 1. 종합계획 수립의 기본방향

2. 수문관측 현황 및 문제점

2.1 수문관측소 현황

현재 우리나라의 각 기관별 수문관측소 현황은 표 1과 같으며, 표에서 보는 바와 같이 기관별 목적에 의한 수문관측을 실시하고 있다. 수문관측이 기관별로 전문화되어 양질의 자료가 생산되고, 완벽한 자료 공유체계하에서 시행된다면 문제될 것이 없으나 안타깝게도 우리나라는 기관간 미흡한 공유체계하에 개별적으로 추진되는 경향이 있어 개선이 필요한 실정이다.

환경부에서도 오염총량관리제 시행의 일환으로 전국 130여개 지점에 대한 단계적인 유량측정을 2004년부터 추진중이다. 물의 선순환 특성을 감안할 때

이들 모두를 아우르는 종합적인 조사지점, 조사항목 등을 체계적으로 시행하여야만 자료간 신뢰성 확보가 가능하며, 유역전체의 유량자료에 대한 일관성이 상실될 경우 수자원 확보 및 수질관리에 기관간 분쟁 유발의 우려도 있으므로 관련기관간 긴밀한 협조를 통한 업무분담이 이루어져야 할 것이다.

2.2 관측망의 적정성

가. 관측밀도

우리나라에서 운영중인 우량 및 수위·유량관측소는 도시화 등의 토지이용상황을 제외한 지형특성만을 감안할 경우 모두 WMO에서 권장하는 최소밀도 기준을 상회하고 있다. 그러나, 절반 이상은 홍수기 재

표 1. 기관별 수문관측소 현황(2003년말 기준)

관리기관	우량관측소	수위관측소	유량측정지점	수질측정지점
계	2,696	590	133	1,886
건설교통부	419	276	91	-
행정자치부(지자체)	1,576	190	-	889
기상청	537	-	-	-
한국수자원공사	155	108(60)	42	134
농업기반공사	9	16	-	475
관측밀도	37km ² /개소	169km ² /개소	749km ² /개소	-
환경부	-	-	-	388

주) 1) 기상청 관측소는 AWS(Automatic Weather Station, 무인자동기상관측소) 461개소 포함
 2) 한국수자원공사 수위관측소 중 ()는 댐지점을 제외한 관측소 개소임

표 2. 수계별 수문관측소 현황(2003년말 기준)

구 분	면적(km ²)	우량관측소		수위관측소		유량관측지점	
		개소	밀도 (km ² /개소)	개소	밀도 (km ² /개소)	개소	밀도 (km ² /개소)
한 강	32,516	818	40	222	146	39	834
낙동강	31,785	853	37	147	216	40	795
금 강	17,537	519	34	134	131	36	487
섬진강	8,311	225	37	42	198	8	1,039
영산강·기타	9,436	281	34	45	210	10	944
계	99,985	2,696	37	590	169	133	749
일본		7,306	52	6,802	56	1,420	270
WMO 권장 최소밀도 (산악 / 평야·구릉지역)		250/575		-		1,000/1,875	

해예방을 위해 한시적으로 운영하고 있어 체계적인 자료생산·관리 및 공유체계가 미흡하여 생산자료를 실제 수문분석에 활용하지 못하고 있는 실정이다.

수위관측소 및 유량측정지점의 밀도는 일본의 1/3 수준이며, 이는 수자원 여건을 비교할 때 일본에 비해 상대적으로 부족하다고 할 수 있다. 수질측정망은 전국에 걸쳐 수원별로 광범위하게 분포하여 대체로 적정하다고 할 수 있으나, 농도위주의 수질측정으로 수량과 수질, 수량과 환경 등 하천의 생태·환경을 지배하는 각종 요인들에 대한 통합조사는 미흡한 실정이다.

나. 관측소 공간분포

현행 관측소의 공간적 분포를 살펴보면 우량 또는 수위관측소가 없는 중권역이 20여개나 되며, 관측밀도 또한 중권역별로 최대 10배 이상 차이가 발생하는 등 관측소 배치가 유지관리 편의위주로 이루어짐에 따라 고도별·평면별 분포가 고르지 못하다.

따라서, 유출분석, 수자원부존량 산정 등의 수문분석에서 정도 향상을 위해서는 관측망을 체계화하는 등 국가차원의 관측망 정비가 필요하다.

다. 관측소의 설비 및 운영관리

(1) 관리기관 다원화로 체계적 관리 미흡

건설교통부(홍수통제소), 기상청, 행정자치부(지방자치단체), 한국수자원공사, 농업기반공사 등 동일수계내 하천의 종류·등급별로 관리기관이 다원화되어 유지관리 및 설비기준이 상이하며, 관측소의 운영·관리 또한 관측업무의 중요성보다는 당해연도 예산과 인력상황 등에 의존하고 있어 체계적인 관리가 이루어지지 않고 있다.

(2) 자동화 설비의 부족

전체 우량 및 수위관측소 중에서 T/M설비를 갖춘 곳은 75% 정도이며, 이는 밀도로 따질 때 일본의 50% 수준이다. 또한, VHF 방식의 T/M설비는 일정

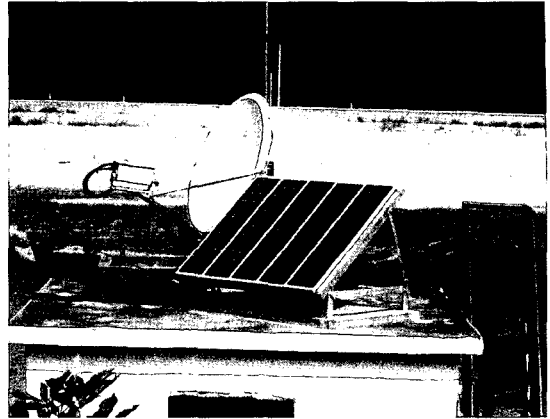


그림 2. VSAT를 이용한 T/M설비(호탄 수위관측소)

한 시간단위로 호출하는 Polling 방식으로 최근 기상이변 등 돌발홍수에 대처하기 어려운 측면이 있다. 따라서, 결측률도 낮고 수문관측자료의 안정성이 확보되는 Event 방식으로 개선하는 등의 보완도 추진되어야 할 것이다.

한편, 동절기의 수문관측은 가뭄시 수자원관리 및 연속적인 자료취득 차원에서 중요하나, 결빙에 의해 12월에서 다음해 3월말까지 폐국되는 관측소도 상당수 존재하므로 우량계 열선장치, 결빙 방지 가능한 수위계 설비 대체 등 결빙 방지를 위한 설비 및 대책이 필요하다.

(3) 점검 및 이력관리 소홀

관측소에 대한 점검기준이 관리기관별로 상이하고, 관측소 이력관리가 미흡하다. 특히, 방재기간 중 재난대비 홍수예보만을 목적으로 운영하는 지자체 관측소는 사후검증 등의 자료관리체계와 관측소 관리소홀의 우려가 있으므로 관측소의 등급화에 의한 체계적인 관리가 요구된다.

라. 신뢰도 높은 자료생산을 위한 조사체계

(1) 조사 일관성 및 전문성 결여

수문관측과 관련한 가장 근본적인 문제는 바로 전담조직의 부재이다. 유량측정 및 분석은 일관성과 전

문성이 요구되는 업무이나 조사기관의 인력 부족으로 대부분 1년 또는 수년단위로 외부기관(대학 또는 업체)과의 계약에 의한 용역으로 수행하고 있어, 수행기관 또는 조사수행자의 잦은 교체 등으로 업무의 연속성이 없고 조사의 일관성 유지와 전문기술 및 경험의 축적은 기대하기 어렵다. 만약, 오염총량관리제와 같이 이해관계가 참여한 조사를 이러한 방식으로 답습한다면 측정자료의 낮은 신뢰도로 인해 정부-지자체 또는 지자체-지자체간의 갈등을 유발시킬 우려가 있다.

(2) 조사방법 표준화 미흡

조사방법에 있어서도 상황별·측정기기별 표준업무 절차(SOP) 및 측정기기 관리 매뉴얼이 정립되어 있지 않아 조사기관별, 측정자의 숙련도에 따라 조사결과가 서로 다르게 나타나는 등 조사방법의 표준화가 시급하다.

마. 조사항목 및 자료공유체계

(1) 변화하는 시대적 요구에 부응하지 못하는 조사 항목

현행 치수위주의 하천관리를 위한 수문조사만으로는 환경을 고려한 하천관리 Paradigm 변화에 대응하는 정보제공이 어려우며, 수량(건교부)과 수질 및 환경(환경부)이 별도로 관리되고 있어 하천의 생태·환경을 지배하는 각종 요인들에 대한 연계조사가 미흡한 실정이다.

(2) 자료의 활용성을 고려한 공동활용체계 미흡

건설교통부 산하기관인 홍수통제소와 한국수자원 공사간의 수문관측자료는 공유·활용중이나, 타기관

자료는 자료생산 기관의 개별 시스템에 의한 자료관리로 공유가 이루어지지 않아 한정된 조사성과의 효율적 활용이 불가능하므로 자료 공유를 위한 장비 및 시스템 표준화가 필요하다. 또한, 다양하고 통합된 형태의 자료제공이 이루어지지 않고 있으며, 수질의 경우 측정후 신속한 측정결과 공개를 통해 관련기관의 자료이용이 원활히 이루어질 수 있도록 해야 한다.

3. 개선방안

3.1 관측망의 재정비

가. 우량관측망

우량관측망의 적정성은 적정 수준을 만족하는 유역내 우량관측소의 개수가 적정한지를 평가하였다. 관측자료(30일 누적강우량)의 오차율 10%를 만족하는 관측밀도를 검토한 결과 전체 소요관측소는 715개소로 산정되었으며, 이 중 638개소는 기존 관측소 활용이 가능하고, 77개소는 신설이 필요한 것으로 나타났다.

상기 검토결과를 토대로 공간적 분포를 고려하여 고도별로 적정하게 중권역에 1개소 이상이 위치하도록 신설관측소를 배치한 결과는 다음 표 4와 같다.

나. 수위-유량관측망

수위관측소는 수위와 유량의 측정목적별로 검토하였으며, 그 기준은 아래와 같다. 이·치수 및 수질관리 등 측정목적별 유량관측 필요지점 수는 378개소(댐지점 제외시 362개소)이며, 등급별 측정주기를 고려하면 연간 312개 지점에서 유량측정이 필요한 것으로 나타났다.

표 3. 소요 우량관측소 현황

기존(A)	소요관측소			증감(B-A)	통폐합대상(C-A)
	계(B)	기존활용(C)	신설(D)		
659	715	638	77	56	21

주) 검토대상 : 기상청(AWS제외), 홍수통제소, 수자원공사, 농기반공사 관할관측소

【선정기준】

- 하천유지유량고시지점 및 중권역별 공간분포를 고려한 이수관리지점
- 홍수예보 및 유출분석을 위한 치수관리지점
- 오염총량관리 등에 필요한 수질관리지점
- 수자원확보 가능 지점

169km²/개소에서 145km²/개소로 개선되며, 이에 따른 유량측정지점수의 대폭 확대로 일본과 유사한 수준의 관측밀도 확보가 가능해진다.

3.2 관측소 운영관리 개선

가. 관측소 등급화

관측소를 중요도에 따라 등급화하고 등급별 관리 기준에 의해 체계적으로 관리한다. 관측망 적정성 평가결과에 의한 관리대상 강우관측소는 질적으로 기상

따라서, 현행 수위관측소 590개소에 98개소를 신설하여 총 688개소로 확충할 경우 관측밀도는

표 4. 우량관측소의 고도별 분포율

구 분		단위	계	100m 이하	100~300m	300~1,000m	1,000m~
관측소	현행	개소	659	280	216	163	-
	비율	%	100	42	33	25	-
	신설	개소	77	1	46	30	-
	신설후비율	%	100	38	36	26	-
국토면적		%	100	33	34	32	1
기상청 AWS		%	100	61	23	14	2

표 5. 측정목적별 유량측정 필요지점

구 분	계	한강	낙동강	금강	섬진강	영산강
측정목적별 관측필요지점	378	99	132	80	31	36
연간 유량측정지점 ¹⁾	312	82	111	66	27	26

1) 1등급 : 매년, 2등급 : 3년마다, 3등급 : 5년마다 실시

표 6. 관측망 확충에 따른 수위-유량관측 밀도 비교

구 분	수 위		유 량	
	개 소	밀도(km ² /개소)	개 소	밀도(km ² /개소)
기 준	590	169	159	626
확충(A)	688	145	362*	275
증△감	98	△24	182	△598
일 본(B)	6,802	56	1,420	270
일본대비	-	0.4:1	-	1:1

주) * : 유량측정 대상지점 378개소중 댐 및 하구지점을 제외한 측정지점 수

표 7. 관측소 등급화 현황

구 분	계	1등급	2등급	3등급	4등급
우량관측소	736	587	99	8	42
수위관측소	688	311	69	121	187

주) 우량관측소의 기존 통폐합 대상 관측소(21개소)는 4등급으로 분류

표 8. 관측소 등급화 요건 및 유지관리 기준

등급	요건	설비 및 유지관리 기준
1등급	<ul style="list-style-type: none"> 수문레이더 및 12대 수계 실시간(홍수예보) 유량관측소 12대 수계 주요 홍수예보 및 유출분석 지점(댐 포함) 중권역 출구의 수위·유량측정 지점 수질측정망 및 오염총량관리 지점 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 자동 관측자료 수집 낙뢰방지보호시설(2중접지·피뢰설비) 연 6회 이상 점검 결빙방지 관측계기 설치 또는 가열장치 부착 매년마다 유량측정 12대 수계의 주요지점에 대한 실시간 유량측정 하상변동지점의 유량·유사량 측정
2등급	<ul style="list-style-type: none"> 공간분포를 고려한 실시간 유량관측소 기타 홍수예보 및 유출분석 지점 중권역별 지류 대표지점 자료보유기간 40년 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 자동 관측자료 수집 낙뢰방지보호시설(2중접지·피뢰설비) 연 6회 이상 점검 결빙방지 관측계기 설치 또는 가열장치 부착 3년 주기 유량측정 하상변동지점의 유량·유사량 측정
3등급	<ul style="list-style-type: none"> 1~2등급에 속하지 않는 관측소로서 1~2등급관측소의 보조 용도로 활용 가능한 관측소 자료보유기간 20년 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 자동 관측자료 수집 낙뢰방지보호시설(3중접지·피뢰설비) 연 4회 이상 점검 5년 주기 유량 측정
4등급	<ul style="list-style-type: none"> 1~3등급에 속하지 않는 관측소로서 필요시 보조적으로 활용가능한 관측소 재해예방 관리 등을 위하여 특정기간 동안 수위관측이 필요한 지점 	<ul style="list-style-type: none"> 연 4회 이상 점검 필요시 유량 측정

청 수준의 자료 생산을 목표로 관리가 이루어져야 할 것이다.

적정사업비를 확보함으로써 조사의 지속성이 유지될 수 있도록 한다.

나. 조사성과의 신뢰도 향상을 위한 유지관리

실시간 자료 수집·검증을 위한 T/M 시설 개선은 1~3등급 관측소를 대상으로 구축하되, 자료전송의 안정성이 높은 인공위성망을 주라인으로 하고 CDMA를 보조로 하는 2중망으로 구성한다.

또한, 유량관측은 PDA 등을 이용하여 유량측정 결과의 상시평가체제로 측정자료의 오차를 USGS 수준으로 관리될 수 있도록 신뢰도를 개선한다.

다. 적정 조사예산의 안정적 확보

안정적인 예산 확보로 연차별 관측망의 확충 및 관측소 운영관리 개선을 차질없이 추진하기 위해 수자원관련 기초조사 사업비를 주요 사업비로 전환하여

3.3 조사의 전문화

가. 전문기관의 직접조사체제로 전환

앞에서 언급한 관측망 재정비 및 운영관리 개선계획에 따라 중요도가 높은 국가 관측망에 대해서는 조사의 일관성과 전문화를 위해 외주용역을 지양하고, 전문기관으로 일원화하여 직접조사 체계를 구축할 필요가 있다. 이 전문기관에서는 연간 340명(3.7절 참조)의 직접조사 인력을 확보해야 하며, 특별한 인사관리 등 조사의 전문화를 위한 각종 시책이 필요하다. 특히, 성공적인 오염총량관리제 시행을 위해서도 신뢰도 높은 자료생산이 가능하도록 전문기관에서 일원화하여 유량측정을 실시하는 방안이 필요하다.

나. 신뢰도 향상을 위한 표준화 및 교육시스템 도입

조사성과의 신뢰도 향상을 위한 표준화 방안으로 수문조사 표준업무 절차서(SOP)와 측정장비 관리매뉴얼을 정립하고, 수문조사 전문 교육프로그램 개발 도입으로 향후 정기적인 교육이 수행되어야 할 것이다.

3.4 조사항목 확대

기존의 수위-유량뿐만 아니라 하천 상·중·하류를 대표하는 지점 및 주요도시 하천환경정비가 필요한 지역에 대해서는 하천의 생태·환경인자 등 활용도가 높은 항목에 대한 조사를 확대함으로써 재해예방은 물론 환경친화적 하천관리가 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다.

현 재
수위, 유량, 수질



개 선
수위, 유량, 수질, 유사량, 하상변동, 여가활동, 수생태계

따라서, 향후 전국 362개 지점에서 유량과 동시에 수질측정이 이루어질 뿐만 아니라 분야별 전문가로 이루어진 하천생태·환경조사단의 운영을 통해 하천의 장기적인 변화상 파악이 필요한 지점에 대해서는 하도특성, 식생, 어류, 양서·파충류, 저서동물, (수서) 곤충류, 부착조류 등의 하천환경조사 수행이 가능해질 것이다.

3.5 조사결과 공동활용체계 구축

가. One-Stop 서비스 개념의 자료 공동활용시스템 구축

수자원기초자료의 원활한 공유를 위한 기관간 On-line 체계를 구축한다. 즉, 정부 「물관리정보화 기본계획」에 따라 「물관리유통정보시스템」을 통한 내·외부 공동활용을 촉진하며, 향후에는 현재 운영중

인 「수자원관리종합정보시스템」을 정점으로 하는 기초자료관리, 분석 및 의사결정지원체계 구축이 이루어질 것이다.

나. 「물관리정보센터」 신설

End-User의 요구에 맞춘 신속한 정보제공 및 시스템 운영을 위한 가칭 「물관리정보센터」를 설치·운영하며, 이를 위해서는 정보센터 고유의 기능 수행을 위한 적정 조직의 확보가 요구된다.

3.6 법·제도적 조사기반 마련

전국하천 수자원·환경기초조사의 원활한 추진기반 마련을 위한 「하천법」개정이 이루어져야 하며, 필요한 주요 개정내용은 다음과 같다.

- 하천의 환경관리를 위한 생태·환경조사의 근거 마련
- 정기적인 수문관측망의 적정성 평가 근거 마련
- 수문조사 전문기술 습득을 위한 교육시행 근거 마련
- 「물관리정보센터」 설치 근거 마련 등

3.7 소요예산 및 인력

이상과 같이 제시한 관측망의 재정비, 시설개선 및 조사체계 개선을 위해 소요되는 비용은 초기시설 및 장비 투자비 525억원, 직접조사를 위한 연간비용 183억원으로 예상된다.

한편, 직접조사와 유지관리를 위한 인력은 총 340명으로 표 10과 같다.

4. 맺음말

홍수와 가뭄으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 효율적인 수자원관리는 국가의 기본책무라 할 수 있으며, 이를 위한 수자원계획 수립 및 수자원정책의 올바른 방향설정은 신뢰성있는 수문자료에

표 9. 직접조사체제 구축을 위한 소요예산(백만원)

계	시설투자비용					연간비용			
	관측소확충		시설 개선	장비 구입	사무소 설치	계	인건비	경비 ¹⁾	부대비 ²⁾
	수 위	우 량							
52,496	14,700	5,775	18,848	12,153	1,020	18,309	13,186	4,193	930

주) 1) 출장비, 조사장비유지운영비, 홍수기운영비, 사무실운영유지비
 2) 교육훈련비, 연구개발비, 시스템 운영유지비, 기타부대비

표 10. 직접조사 소요인력(인)

소요인력계	수문조사단	하천측량팀	T/M설비 점검팀	자료분석팀	수질검사팀	하천생태환경 조사단	정보화팀	교육 전문화팀
340	240	5	39	15	6	16	16	3

서부터 출발한다. 그러나, 앞서 지적한대로 우리나라의 수문관측업무는 기관별 목적에 의한 수문관측을 시행하고 있으며, 조사지점, 조사항목, 조사기법 또한 다양하여 높은 신뢰도를 가진 자료생산이 어려운 실정이다.

이러한 현실을 직시할 때 신뢰도 높은 조사자료 생산과 공유를 위한 조사체계 개선의 추진은 지금이 적기라 할 수 있으며, 이를 위해서는 조사기관별로 산재한 수자원 관측망을 국가적 차원에서 재정비하는

한편, 중요도가 높은 국가 관측망에 대해서는 조사의 일원화를 통한 자료의 신뢰성 및 전문성 확보가 이루어질 수 있도록 추진하여야 할 것이다. 아울러, 지속적인 교육 훈련을 통한 조사전문가 육성에도 힘써야 할 것이다.

이와 같은 노력으로 얻어지는 신뢰도 높은 수자원·환경 기초조사 성과가 가져다 주는 보이지 않는 이익은 궁극적으로 국민에게 돌아가는 것임을 알아야 한다.