

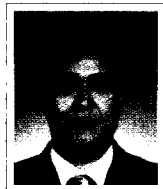
품질관리시스템 운영을 통한 유량자료 품질개선



황 석 환 ▶▶
유량조사사업단 품질정책실 실장
sukany@kict.re.kr



오 창 열 ▶▶
유량조사사업단 품질정책실 대외협력그룹장
croh@kict.re.kr



조 효 섭 ▶▶
국토해양부 한강홍수통제소 하천정보실장
chohs@mltm.go.kr

1. 서론

최근 이상기후로 인해 잦은 태풍 및 홍수, 가뭄, 건천화, 수질악화 등으로 수자원 관리에 대한 중요성이 인식되면서 합리적이고 효율적인 수자원 계획의 근간이 되는 수문조사 자료에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 더불어 수문조사 자료는 효율적인 이·치수 계획을 수립하고 각종 수공구조물의 설계와 홍수에보에 필요한 기본 자료이다. 이러한 국가수문자료에 대한 품질을 개선하기 위하여 국토해양부는 법적·제도적 장치를 구조화한「수문조사선진화5개년 계획」을 수립·시행중에 있으며, 이는 본고에서 기술할 유량자료 품질관리시스템의 근bone에 해당한다고 할 수 있다. 수문조사선진화 5개년 계획은 물정보 관리를 위한 조

직의 확대 및 전문화를 위한 하천유량조사 전문조직 신설을 포함하고 있으며, 이에 따라 2007년 1월 1일에 유량조사사업단 신설 운영하고 있다. 유량조사사업단은 그간 문제가 되었던 유량자료의 품질을 개선하기 위하여 전문측정장비 및 전문인력의 확보, 측정방법의 표준화, 일상적인 품질관리, 생성유량의 적정성 검토 등 세심한 품질관리를 통하여 정확도 높은 유량자료를 생성하고 있다.

본 고에서는 현재 유량조사사업단에서 일상적으로 이루어지는 유량측정자료의 품질관리 체계인 「유량자료 품질관리시스템」의 단계별·절차별 과정을 자세히 소개하고자 한다.

2. 품질관리시스템의 개요

유량조사사업단에서는 기존 검증시스템의 활용성을 증대시키고 유량자료의 수집, 확인, 검토, 확정, 배포에 대한 세부적인 검토과정과 절차를 효율적으로 체계화시키기 위해서 기존 검증시스템에 일상적인 품

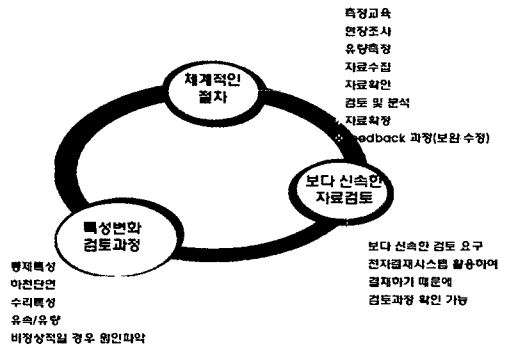


그림 1. 유량자료 품질관리시스템의 특징

질관리를 위한 평가기준과 절차, 그리고 각 단계별·절차별 내용을 보완하여 「유량자료 품질관리시스템」을 구축하였다.

품질관리 시스템은 그림 1과 같이 측정교육, 현장조사, 유량측정, 자료수집, 자료확인, 검토 및 분석, 자료확정의 과정을 단계별로 체계화시켰으며, 최종자료확정 단계를 제외한 모든 단계에서는 자료의 수정·보완을 위한 Feedback 과정이 시스템에 포함되어 있기 때문에 자료의 확인 및 검토과정 중에서 문제가 발생하거나 잠정 확정자료에 추가적인 오류가 발생하여 자료의 수정이 필요할 경우에는 수정요청과 재검토과정을 통해 자료를 보완하고 수정할 수 있다. 또한 기존의 유량자료 검증시스템보다 신속하게 자료의 확인과 검토를 요구하고 있으며, 진행과정을 전자결재시스템을 이용하여 결재해야하기 때문에 자료의 검토과정을 수시로 확인할 수 있는 특징이 있다. 더불어 일상적인 품질관리 과정에 통제특성, 하천단면, 유속, 유량 등 기본특성에 대한 변화를 종합적으로 검토하는 과정을 추가함으로써 측정된 유량측정성과의 품질을 판단할 수 있도록 하였고, 정상적이지 못한 결과를 보였을 경우에는 제반사항을 면밀히 재검토하여 그 원인을 규명하고자 하였다.

품질관리시스템은 그림 2와 같이 구성된다. 각 단계는 유량조사와 품질관리가 동시에 이루어지며, 일정한 기간을 단위로 수행되고 평가되어지고 있다. 유량측정 교육을 통해 조사인력의 전문성을 강화시키고

있으며, 사전조사(측정지점 위치 평가 및 검토, 하천의 형태학적·수리학적 특징 분석 등)를 통해 지점별 특이사항을 고려한 측정계획을 수립한다. 또한 국제표준화기구(ISO) 및 미지질조사국(USGS) 등의 기준 및 기술 적용, 국내 수문전문가그룹의 자문을 통한 측정자료의 신뢰도 제고 등을 통하여 유량자료 품질관리 방법의 개선 및 품질관리 효율성을 강화하고자 하였다.

3. 품질관리시스템의 세부평가

품질관리시스템의 세부과정은 그림 3과 같이 유량정보 입력 및 계산, 측정자료 및 산정유량 검증, 수위-유량관계 작성 및 검토로 나누어 구성된다.

1단계 과정인 유량정보입력 및 계산 단계는 유량산정프로그램인 CalPAD에 자료를 입력하고 유량을 계산하여 출력하는 과정으로 자료 입력시 발생할 수 있는 입력오차를 동시에 검토한다. 2단계 과정인 측정자료 및 산정유량검증 과정은 수리특성분석과 같은 수리검토뿐만 아니라 기본특성들에 대한 검토과정이 수반되며, 수위-유량관계를 규정할 때 기본이 되는 매우 중요한 과정이다. 3단계 수위-유량관계 작성 및 검토 과정은 조사된 유량자료와 기본특성자료를 기초로 하여 수위-유량관계를 규정하고, 개발된 수위-유량관계곡선식과 수위자료를 활용하여 유량을 생성하는 과정이다. 생성된 유량자료는 유출률 검토, 상하류 유량 비교검토, 동시유량 검토 등 다양한 검토과정을 통하여 최종적인 수위-유량관계를 정립한다.

3.1 자료확인 단계

가. 유량조사 교육

유량자료는 하천내 수공구조물 설계 및 이·치수계획을 수립하기 위한 중요한 자료임에도 불구하고 유량조사에 대한 체계적인 교육과정이 전무하였다. 2005년부터 한국건설기술연구원에서 유량조사에 대

	품질관리	유량조사	비고
교육	최종 현장상황에 맞는 유량조사 방법 현장 교육 실시	교육을 통한 유량조사 전문성 직업 안전사고에 대한 사전예방	1회 / 1년
사전조사	사전조사 현황표 및 체크리스트 제시	사전조사 실시 지점 특성상 고려한 측정계획 수립	1회 / 1년
정밀계측	유량측정 기본 및 방법의 표준화	유량측정 기본 준수 및 표준 계산 Sheet 적용	1회 / 측정성과
기초평가	평가용 표준 유속 평가 불확실한 요소에 대한 feedback	기본평가에 따른 수정안 마련 및 집행	1회 / 측정성과
자료평가	성곽에 대한 자료 평가	자료 평가 결과에 따른 현장에서의 유량 분석	1회/(분기,반기)
자료확정	유량자료 자료 확정 평가	수위-유량관계곡선식 개발	1회/(분기,반기)
자료유도 및 활용	자료 검토 및 활용 표준화	수문조사 연보(수위/유량변) 발간	1회/(분기,반기)

그림 2. 품질관리시스템에 따른 품질관리 단계

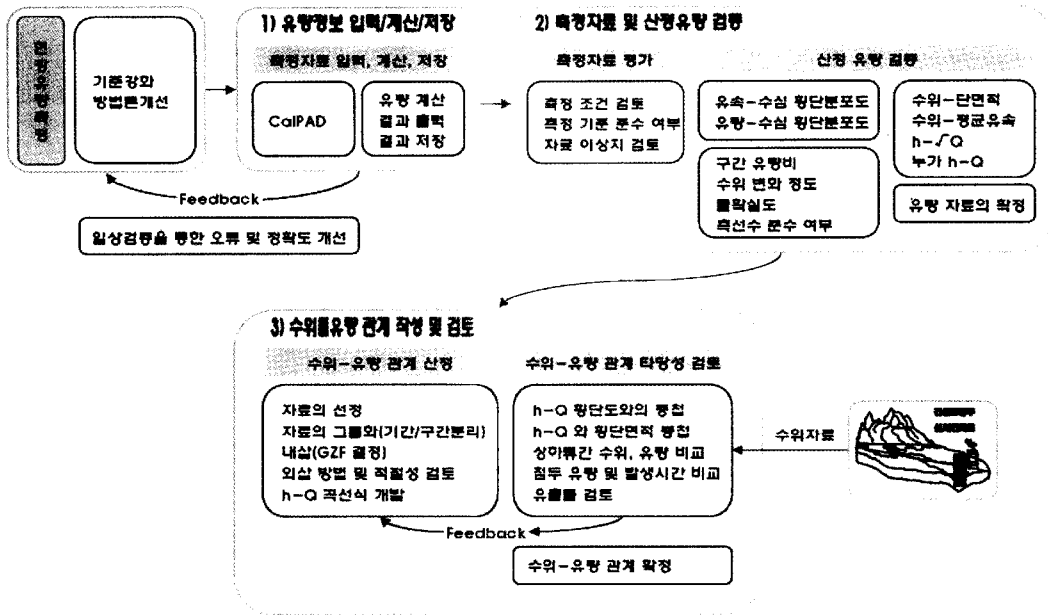


그림 3. 품질관리시스템의 세부평가 흐름도

표 1. 유량조사 교육 내용

교육 과목 분류	세부내용
기본 교육	수문조사 역사, 업무현황, 관계 법령 및 제도 유량조사 기기 소개 및 원리 유량조사 항목별 기준·방법·절차 조사기기 점검 및 유지관리 유량조사 현장 실습 다양한 현장조건에서의 측정방법
자료 처리 및 분석 교육	자료의 산정 및 처리 이론 자료의 산정 및 처리 실습 자료 분석 기술 자료 분석 실습
품질관리 교육	자료 품질관리 자료 처리 및 수문조사 표준화
기타	다양한 현장조건에서의 측정방법 안전사고에 대한 예방

한 교육을 시행하였으나, 의무사항이 아니었고 기본적인 교육에 한정되어 있어 수문조사 업무 종사자로서 갖춰야할 기본 소양으로는 교육 내용이 다소 부족하였다.

유량조사사업단에서는 이러한 문제점으로 인해 발

생할 수 있는 자료의 신뢰도 저하를 예방하기 위하여 표 1과 같이 기존의 기본적인 교육에 다양한 현장조건에서의 측정방법, 자료의 처리 및 관리 방법, 새로운 측정기술, 발생 가능한 안전사고에 대한 예방 등을 교육과정에 포함시켰다.

나. 사전조사

정확하고 신뢰도 높은 유량자료를 생성하기 위해서는 사전에 해당지점의 특이사항 및 현장 상황을 파악하여 효과적인 측정방법을 선택하고, 체계적인 측정계획을 수립해야만 한다. 그러나 기존 유량조사는 수위관측소의 기본정보만을 조사하였기 때문에 다양한 현장조건에 대한 측정계획 수립이 불가능했다. 이러한 이유로 갑작스런 일기변화에 대한 대응이 늦어져 반드시 필요한 자료를 측정하지 못하는 결과를 초래하기도 하였다. 표 2는 현장조사의 내용으로 수위관측소 기본정보뿐만 아니라 유량측정 가능성 평가, 지형조건, 흐름조건, 효과적인 측정을 위한 위치선정 등 다양한 사항들을 사전에 파악하여 측정방법 및 측정계획에 수립시 기초 자료로 활용하도록 하였다.

표 2. 현장조사 내용

조사 항목	세부내용
수위관측소 기본정보	하천명, 경·위도, 수위표 영점표고, 수준점, 부자 기준수위, 계획홍수위/홍수량, 하폭(저수로/제방), 관측 개시일, 관측기 종류, 유역면적, 하구로부터의 거리, 상류 댐/저수지 존재유무, 조석/배수 영향
유량측정 가능성	도섭가능성, 보트이용 가능성, 교량이용 가능성, 측선 설치 가능성, 부자 투하 가능성, 홍수시 유속계 등 기타 장비 활용가능성(유속계, ADVN, 초음파, LSIV 등)
지형조건	만곡여부(상하류간 구간), 하상경사, 측정지점 하폭, 과거 단면측량자료 수집, 하상변동 가능성, 단면 형상의 균일성, 하상재료, 식생, 조도계수
흐름조건	예상 최대 유속 및 유출량, 측정지점의 최대수심, 측정지점의 최소수심 및 유속, 유속의 균일성, 사수역 및 편류 발생여부, 배수 및 조위 영향, 통제단면 존재 유무 및 위치
측정방법	저·갈수기 측정방법 및 측정위치, 평수기 측정방법 및 측정위치, 홍수기 측정방법 및 측정위치, 측정 지점 유지관리 가능성, 상·하류 취수 또는 방류지점 유무, 지류나 파찬 유무, 유량측정 안전성
수위관측소 타당성 검토	유심부 배치 여부, 하상의 안정성, 신설가능지점, 타기관 관측소 활용현황, 특이사항
관측소 주변 현황	관측소 및 목자판 파손 현황, 하상형태 및 통제특성, 상류 및 하류 단면 및 하도 특성

표 3. 기준 평가 단계에서 검토되는 평가 항목

분 류	항 목	내 용
일 반	강수 유무	
	결빙 유무	
	감조 영향	
	배수 영향	보, 방조제 등
	측정단면 균등	단면, 하폭의 변화 적고 적절한 직선거리 확보
	이상 흐름	방해물, 교량, 지류합류, 유입암거, 여울 등
	사수역, 역류 구간	
	측정지점 하상 상태 균질	주 하상 재료가 모래, 잔자갈 또는 호박돌
	측정지점 식생 유무	측정에 지대한 영향을 미치는 경우만 해당
	교량부설 수위관측소	교량부설 / 수위탑식
	측정지점과 수위관측소 거리 근접	
	목자판 이상 유무	보존상태 포함
목자판수위 계기수위 일치		
측정전후 목자판 수위 확인		
유속계	측선 간격	하폭의 1/20 이하
	수면폭에 대한 적절한 측선수 확보	
	등유량 기준에 의거 측선배치	구간유량 평균 5%, 최대 10%
	첫끝측선 최소거리 확보	
	측정시 측정단면 고정	Tag Line 설치
	당해년도 검정	
	유효 검정 범위내 사용	수심, 유속 등
	현지 상황에 적합한 유속계 사용	
측정시간 기준 준수	회전식 40s 이상, 전자기식 30s 이상	
측점수 기준 준수	0.6m, 1m	
부 자	측정시 수위변화 유무	
	측정시 급격한 수위변화	과업지시서 수위급변시 기준에 의거
	수면폭에 대한 적절한 측선수 확보	
	직선 유효거리 확보	보조구간 30m 이상, 측정구간 50m 이상($V_{max} \times 20s$)
	부자유하 경로도 작성	
편심유하 보정		

다. 측정 및 계산

기존 측정자료의 유량계산은 계산자의 방법에 따라 각각 다른 양식을 활용하였고, 국내 혹은 국제 표준에 부합하지도 못하였다. 따라서 서로 다른 기준과 양식을 가진 자료들의 품질관리는 일정한 분석 및 해석 기준을 적용할 수 없기 때문에 객관적이고 일관성 있는 결과를 도출할 수 없었다. 이에 유량조사사업단에서는 2004년 한국건설기술연구원에서 개발한 CalPAD를 기본 양식으로 선정하였으며, CalPAD의 계산시트에 나타나는 많은 수리특성 자료를 바탕으로 일상적인 품질관리를 하고자 하였다.

3.2 자료 검토 및 평가 단계

가. 기준 평가

유량조사사업단에서는 선진 유량조사 기준을 도입 적용하고자 국제표준화기구(ISO) 및 미지질조사국

(USGS)의 유량조사 기준을 자체적으로 방침화하고 이를 품질관리시스템에 포함시켜 일상적인 검토가 가능하게 하였다. 기준 평가의 내용은 수리특성분석과 같은 수리검토 외에도 표 3에 정리한 바와 같은 기본 특성 항목에 대한 검토과정이 수반된다. 이 부분은 실제로 수위-유량관계를 규정할 때 매우 중요하기 때문에 반드시 제반 사항들을 검토 파악하여 정확한 관계를 추정할 수 있도록 하였다.

나. 자료 평가

자료 평가 단계는 현장에서 유량측정이 완료 되면 산정된 유량측정성과의 이상치를 검토하고, 하천단면 등 흐름 특성의 변화를 파악하기 위하여 유량측정성과의 수리특성을 검토하는 과정이다. 각 세부과정별 자료 평가에서는 표 3과 같은 내용들을 검토하며, 그림 4는 각 세부 검토내용에 대한 예시를 나타낸 그림이다.

표 4. 측정자료 검증 내용

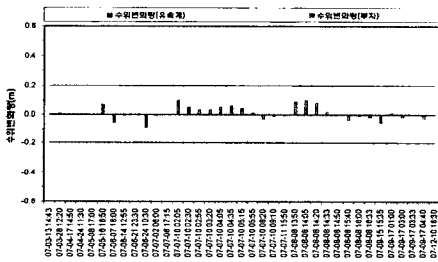
평가항목	내 용	비 고
측정조건 검토	-강수유무 -결빙조건 -감조영향 -배수영향 -측정단면부적절 -이상흐름 -사수역/역류구간 -측정지점 하상상태 비균질 -측정지점 식생유무 -수위탐식 수위관측소 -측정지점과 수위관측소 거리 이격 -목자판 이상 유무 -목자판과 계기수위 불일치 -측정전후 목자판 수위 미확인	-급격한 수위변화 원인 -결빙시 측정방법 적용 -수위의 이상거동 원인 -수위의 이상거동 원인(보/방조제 등) -단면, 하폭의 변화 크고 적절한 직선거리 미확보 -측정에 지대한 영향을 미치는 경우만 해당 -주 하상재료(모래/잔자갈/호박돌) -측정에 지대한 영향을 미치는 경우만 해당 -교량부설/수위탐식 -측정지점이 수위관측소 지점과 거리상 먼 경우 -보존상태 포함 -계기수위 이상거동(우물통 막힘 등) 포함 -수위변동 확인
기준준수 검토	-측정시 수위변화 유무 -측정시 급격한 수위변화 -수면폭에 대한 적절한 측선수 미확보 -직선유하거리 미확보 -부자유하 경로도 미작성 -편심유하 미보정	-과업지시서 수위급변시 기준에 의거 -보조구간 30m 이상, 측정구간 50m 이상(Vmax×20s)
기준준수 검토	-수위관측 -유속측선수(측선간격), 측선배치 -유속 측선당 측정수	

표 4. 측정자료 검증 내용(계속)

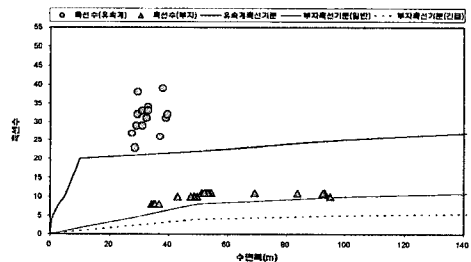
평가항목	내 용	비 고
기준준수 검토	<ul style="list-style-type: none"> -유속 측정시간 -유속계 측정범위 -수위급변시 유속측정 -횡단측선 간격(부자) -부자선택(홍수) -기타(측정방법, 유속계테스트 등) 	
산정 유량 검증	<ul style="list-style-type: none"> -횡단도~유속분포도 -수위~유량도 -홍수기 전후 횡단면도 비교 -수위~유량~횡단면도 비교 -수리특성검토 -수위~측선수 검토 -측선별 구간유량비 검토 -불확실도 분석 	<ul style="list-style-type: none"> -측정된 유속 적합성 검토 -유량측정성결과를 측정일시 순으로 연결하여 이상 유무 및 배수 영향 등 검토 -홍수기 전후 횡단면도 비교 : 단면 변화 검토 -수위~단면적, 수위~하폭, 수위~평균유속, 수위~SQRT Q 검토하여 이상치, 통제특성 변화, 배수영향 등 검토 -수위~측선수 검토 : 유속 측선수 기준 수행 여부 검토 -측선별 구간유량비 검토 : 구간유량의 등유량 정도 검토 -불확실도 분석 : 측정방법 개선 등급평가
수위- 유량관계 산정	자료수집	<ul style="list-style-type: none"> -유량측정성결과 -유량계산서 -횡단측량성결과 -단면적 계산서 -수위자료 -관측소 정보 등
	자료검토	<ul style="list-style-type: none"> -측정방법 -측정시기 -이상치 유무 등
	곡선식 적용기간 결정(기간 분리)	<ul style="list-style-type: none"> -유량측정성결과 -유량계산서 -횡단측량성결과 -단면적 계산서 -수위자료 -관측소 정보 등
	곡선식 적용기간 결정(기간 분리)	<ul style="list-style-type: none"> -H \sqrt{Q} -H-Q-횡단면도 -H-Q의 대수지 도식
	곡선형 결정	<ul style="list-style-type: none"> -H-Q의 대수지 도식 -H-Q-횡단면도(등)
	영유량 수위 결정	<ul style="list-style-type: none"> -측정된 영유량 수위 -관측소 지점 횡단도 -대수지 상에 도식(직선)
	곡선식 개발	<ul style="list-style-type: none"> -곡선의 연결부 주의 -대수지에서 선형회귀분석
	곡선식 검토(산술지 도식)	<ul style="list-style-type: none"> -산술지 도식을 통한 꺾임과 불연속 존재유무 검토 -곡선식의 외삽
곡선식 검토(유출 검토)	<ul style="list-style-type: none"> -상하류간 유량 비교 -유출률 비교 -주요 홍수사상 비교 	

표 4. 측정자료 검증 내용(계속)

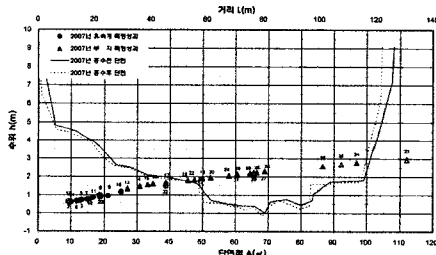
평가항목	내용	비고	
수위-유량관계 산정	H-Q 관계의 제시 및 불확실도	-곡선지에 H-Q 관계 도시 -유량환산표로 제시	
수위-유량관계 타당성 검토	수위-유량관계곡선식 작성	-GZF 결정 -곡선 구간 분리 -곡선 형상 -외삽곡선	-통제특성 활용(단면) -수위, 유량측정성과, 통제특성 변화 -하도 및 단면 통제 특성 활용 -저수위 부분 -고수위 부분
	유량환산	-상하류 지점간 유량반전 여부 -댐 하류지점의 경우 댐방류량과의 비교 -주요 호우사상별 유출률 -침투홍수량 비교 -연유추를 -지점간 동시유량	



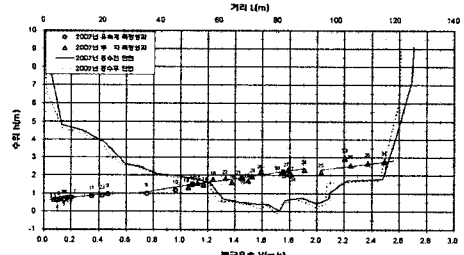
(a) 수위변화 정도



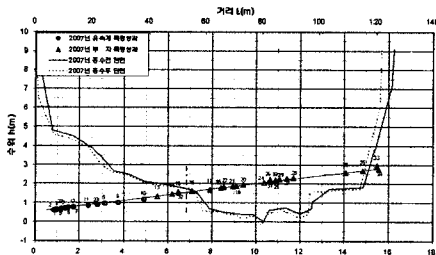
(b) 측선수 준수 여부



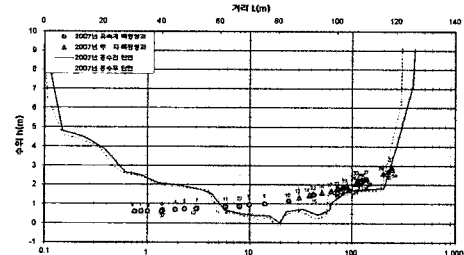
(c) 수위-단면적



(d) 수위-평균유속



(e) $h-\sqrt{Q}$



(f) $h-Q$

그림 4. 자료 평가(수리특성 분석 예시)

3.3 자료 확정 및 배포

유량조사사업단에서는 최종 자료 확정 이전에 수문조사 전문가들로 구성된 평가회의를 품질관리시스템의 최종 단계에 포함시켜 자료의 신뢰성과 공신력을 확보하고자 하였다. 평가위원의 구성은 관련 정부 기관 담당자, 연구원, 학계 및 업체의 관련전문가들로 구성된다.

4. 품질관리시스템의 수행절차

품질관리시스템의 절차는 그림 5와 같이 자료확인, 자료검토, 잠정 자료확정 및 DB 등록, 최종 자료 확정 총 4단계로 나뉘어져 구성된다.

1단계인 자료확인 단계는 현장에서 직접 유량을 측정하는 조사부서에서 이루어지는 확인 단계이며, 계

산 및 1차 확인, 상세검토, 자료취합, 현황 및 문제점 파악으로 구성되며, 각 확인 단계마다 시행주체별로 결재를 하기 때문에 유량측정시 동일한 문제로 인한 오류 발생을 사전에 방지할 수 있다. 2단계인 자료검토 단계는 자료검토를 담당하는 품질관리부서에서 자료분석이 이루어지며, 1~2차에 걸쳐서 검토 및 분석이 이루어진다. 이 과정에서 자료상에 문제가 발생할 경우에는 조사부서의 담당자에게 자료의 수정·보완을 요청한다. 3단계인 잠정자료 확정 및 DB등록 단계는 자료검토 단계(2단계)에서 특별한 문제점이 발생하지 않은 자료를 잠정 확정자료로 인정하고 DB에 등록하는 단계이다. 4단계는 최종 자료확정 단계로 3단계 잠정 확정자료의 신뢰성과 공신력을 확보하기 위하여, 수문조사 전문가들로 이루어진 평가회의를 통해 자료에 대한 공개적인 평가를 하는 단계이다.

「유량자료 품질관리시스템」의 품질관리 현황을 단계별·절차별로 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

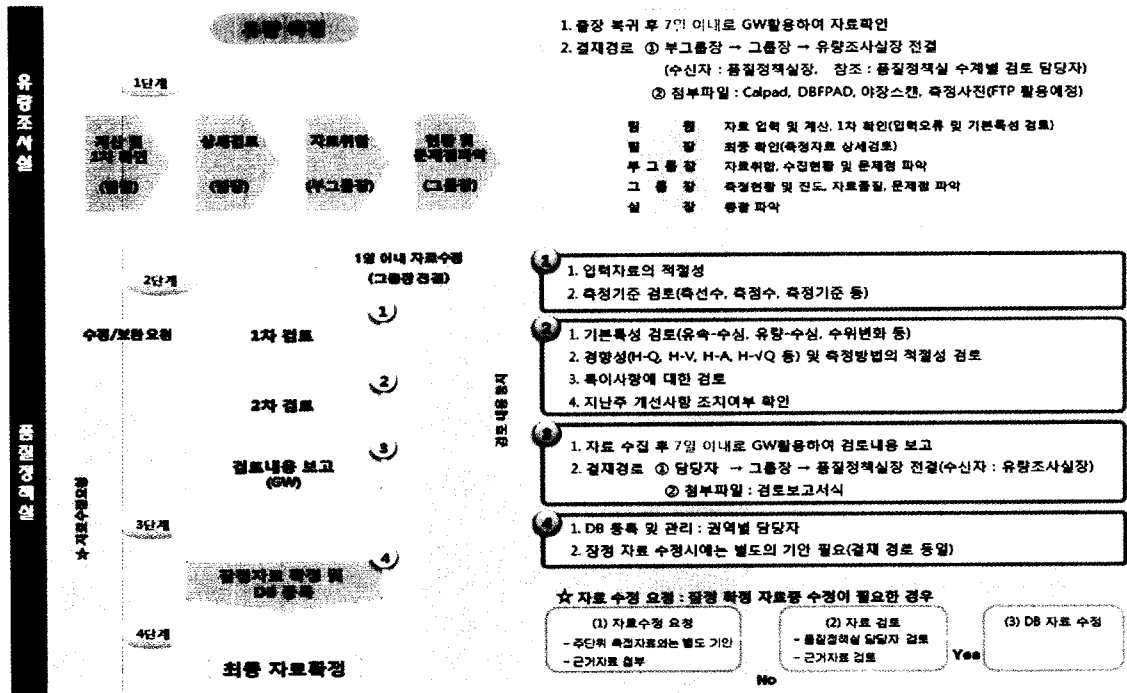


그림 5. 유량자료 품질관리시스템 흐름도

4.1 입력 및 자료확인

조사부서(유량조사사업단 유량조사실)에서 자료의 확인과정이 이루어지는 입력 및 자료확인 단계는 표 5와 같이 총 6개 단계로 다시 세분화 되어 측정자료에 대한 자료를 확인한 후 품질관리부서에 자료 검토를 요청하게 된다. 이 단계는 출장복귀 후 7일 이내로 자료 확인이 이루어져야 하며, 확인 단계에 첨부되어 제공해야하는 자료는 계산시트(CalPAD, DBFPAD), 야장, 측정사진이다. 현재 유량조사사업단에서는 FTP를 활용하여 첨부자료를 제공받지만, 현재 진행 중인 DB 서버가 구축이 될 경우에는 서버를 활용할 계획이다.

자료 확인과정에 참여하는 자료확인자는 각 단계별 확인사항들에 대한 내용을 파악하여야 하며, 수계 담당자와 부서의 장은 전체적인 자료에 대한 현황, 문제점 등을 파악하여 다음 측정시 개선이 필요한 사항의 경우에는 측정담당자에게 이를 전달하여 동일한

문제로 인한 오류 발생을 사전에 방지할 수 있도록 하였다.

자료 입력 중에 발생할 수 있는 입력오류에 대한 확인과정을 추가하였으며, 기본 특성검토, 자료의 경향성 검토, 지점별 특이사항에 대한 검토 등을 확인 과정에 포함시켜 측정된 유량자료의 타당성을 일상적으로 면밀히 검토할 수 있게 하였다. 또한 문제점이 있을 경우 그 원인을 규명하도록 하였다.

4.2 자료 검토

품질관리부서(유량조사사업단 품질정책실)에서 담당하게 되는 자료검토 단계는 조사부서에서의 자료 확인과정을 통과한 자료를 이용하여 검토를 하게 되며, 표 6과 같이 다시 세분화된 확인 과정을 거쳐 특별하게 문제가 발생하지 않은 자료에 대해서 '잡정 자료'로 확정하여 DB에 등록하게 된다. 이 단계 또한 7일 이내로 입력자료의 적절성, 측정기준, 기본특성,

표 5. 입력 및 자료확인 단계의 확인 내용

확인 단계	내용	시행 주체 (유량조사사업단)
입력 및 계산	- 자료 입력 - 계산	측정 담당자1 (팀원1)
1차 확인	- 입력 오류 확인 - 기본 특성 검토	측정 담당자2 (팀원2)
최종 확인	- 경향성 및 상세검토 - 특이사항 검토 - 최종 확인	측정 팀장 (팀장)
자료 취합 및 보고	- 권역별 자료 취합 - 수집현황 파악 - 문제점 파악 - 전자결제시스템을 활용하여 보고	수계별 담당자 (부그룹장)
측정현황 및 문제점 파악	- 측정현황 - 진도 - 자료품질 - 문제점(측정, 안전 등) 확인	권역별 책임자 (그룹장)
최종 결재	- 총괄 파악	부서의 장 (유량조사실장)

표 6. 자료 검토 단계의 검토 내용

확인 단계	내용	시행 주체 (유량조사사업단)
1차 검토	- 입력자료의 적절성 - 측정기준 검토 (측선수, 측정수, 측정시간 등)	수계별 검토 담당자 (유량조사사업단)
2차 검토	- 기본특성 - 수리특성 - 자료의 경향성 (H-Q, H-A, H-V, H-√Q 등) - 측정방법의 적절성 - 특이사항	수계별 검토 담당자 (유량조사사업단)
보안 및 개선사항 검토	- 보안 및 개선사항 검토 - 지난주 보안 및 개선사항 확인	수계별 검토 담당자 (유량조사사업단)
보고	- 전자결제시스템을 활용하여 보고	수계별 검토 담당자 (유량조사사업단)
권역별 검토내용 파악	- 검토현황 - 자료품질 - 특이사항 및 문제점	검토 책임자 (그룹장)
최종 결재	- 총괄파악	부서의 장 (품질정책실장)

경향성, 특이사항, 개선사항 확인 등에 대한 검토 및 확인이 이루어져야 하며, 각 세부단계에서 자료에 문제가 발생하였을 경우에는 다시 유량조사실의 측정담당자에게 자료의 수정·보완을 요청한다.

자료 검토 단계는 2단계로 다시 세분화하여 검토하게 되며, 각 검토과정에서 나타난 문제점, 개선 및 보완 사항들에 대해서는 결과과정을 거쳐 조사부서의 측정담당자에게 내용을 서면으로 전달하게 된다. 1차 검토에서는 주로 측정수, 측정수, 측정시간 등 측정기준들에 대한 검토를 하여 측정자료의 신뢰도도를 판단하며, 2차 검토에서는 통계특성, 하천단면, 유속, 유량, 다양한 수리특성 등을 검토할 뿐만 아니라, 각 특성자료의 경향성 및 측정방법의 적절성을 종합적으로 고려하여 자료의 품질수준을 평가하게 된다.

4.3 잠정 자료확정 및 DB 등록

이 단계는 자료검토 과정에서 특별한 문제점이 발생하지 않은 측정자료를 잠정 확정자료로 인정하고 DB에 등록하게 된다. 이 때 홍수 후 단면변화 또는 유량측정시 발생한 오류 수정 등으로 인해 자료 수정이 필요한 경우에는 그림 6과 같이 별도의 단계를 거쳐 자료를 수정하게 된다.

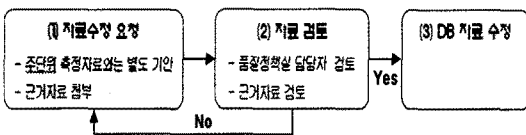


그림 6. 자료 수정 요청(유량조사사업단)

4.4 최종 자료확정

최종 자료확정은 잠정적으로 확정된 자료의 신뢰성과 공신력을 확보하기 위하여 수문조사 전문가들로 구성된 평가회의를 통해 자료에 대한 공개적인 평가를 받고 최종적으로 자료를 확정하게 된다. 평가위원의 구성은 관련 정부기관 담당자, 연구원, 학계 및 업

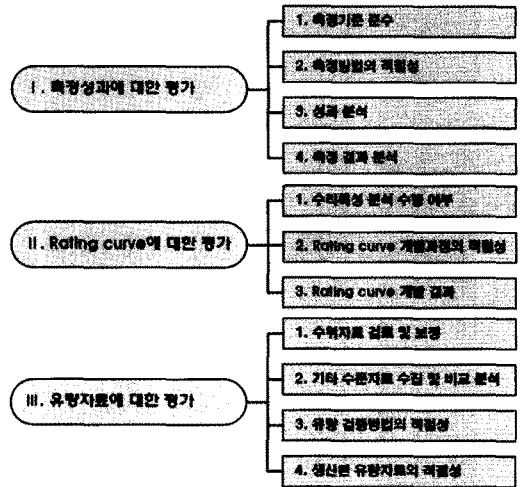


그림 7. 최종자료 확정을 위한 평가항목

계 전문가들로 구성되며, 측정성과, Rating-curve, 생산된 유량자료에 대한 내용들을 다루게 된다.

최종자료에 대한 평가는 그림 7과 같이 총 3단계로 나누어지며, 1단계 측정성과에 대한 평가에서는 기준 준수, 측정방법의 적절성, 기본적인 수리특성에 대한 분석을, 2단계 Rating-curve에 대한 평가에서는 Rating-curve 개발과정과 결과의 적절성을, 3단계 유량자료에 대한 평가에서는 입력자료로 사용되는 수위, 강우, 방류량 등에 대한 정확도와 생산된 유량의 타당성을 비교하기 위한 검증방법의 적절성을 평가하게 된다.

5. 효과 및 성과

「유량자료 품질관리시스템」은 고품질의 유량자료를 생산하는데 필요한 일련의 단계, 즉 사전조사 및 교육, 측정기준 정립, 유량측정, 유량자료의 수집, 확인, 검토, 확정, 저장, 배포 등 모든 단계에 걸쳐 세부적인 검토내용을 체계화하고, 이를 실행하기 위한 일상적인 품질관리 절차로 구성되어 품질관리 방법론과 절차를 확립하였다는 것이 가장 큰 성과라고 판단된

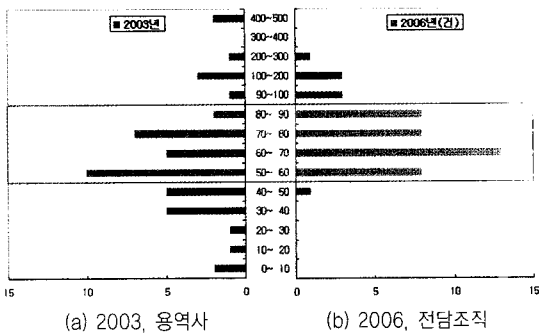


그림 8. 유출률 도수분포표

다. 이 「유량자료 품질관리시스템」을 운영하면서 보인 성과를 정리하면 다음과 같다.

5.1 유출률 개선

유량측정 기준 및 방법의 강화, 측정결과의 일상적 검증을 통한 정확도 제고, 수위-유량관계곡선 개발 방법의 개선, 체계적인 절차의 적용 등으로 인하여 유출률은 그림 8과 같이 과거 2003년에 비하여 월등히 개선되었다. 2003년의 경우 유출률 50~90%의 범위를 보인 지점들이 53%(45개 중 24개)을 보였으나, 2006년의 경우에는 82%(45개 중 37개)로 크게 증가하였고 유출률의 산포도 또한 많이 개선되었음을 알 수 있다.

5.2 2007년도 유량측정자료 평가회의

유량조사사업단에서는 07년도 유량측정자료의 품질수준을 평가하고 08년도 사업의 질적 향상을 위해, 각계의 유량조사 전문가들에게 07년도 유량측정자료의 정밀한 분석과 평가를 의뢰하여 자료의 신뢰도를 공개적으로 평가하였다(2008. 2. 21). 평가위원의 구성은 관련 정부기관 담당자, 연구원, 학계 및 업체의 관련전문가들로 구성되었으며, 평가 항목들과 과정은 「유량자료 품질관리시스템」의 최종 자료확정 과정에서의 평가항목을 적용하였다.

4개 권역 11개 수계의 107개 지점을 대상으로 진

행된 평가 결과는 그림 9와 같이 전체적으로 유량 자료에 대한 신뢰도가 매우 높게 나타났다. Rating-curve 평가에서는 일부 지점에서 다소 낮은 평가를 받았으나, 측정기준이나 방법 등의 문제이기 보다는 배수나 감조의 영향으로 인한 결과로 판단된다.

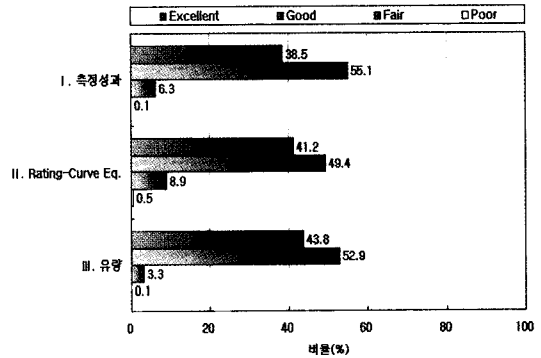


그림 9. 평가회의 결과 총괄

5.3 환경부 수질오염총량관리를 위한 유량자료 제공

현재 유량조사사업단은 환경부 수질오염총량관리를 위해 필요한 시유량자료와 측정자료를 매달 정기적으로 제공하고 있으며, 분기별로는 수위-유량관계곡선식을 잠정적으로 개발하여 제공하고 있다. 자료 제공시에는 「유량자료 품질관리시스템」의 각 단계를 통과한 잠정 확정자료를 활용하여 제공하고 있으며, 당해년도 확정된 최종 유량 및 수위-유량관계곡선식 등의 결과물은 이듬해 2월말까지 제공하기로 협의되어 있다.

6. 결론

유량자료는 효율적인 이·치수 계획을 수립하고 각종 수공 구조물의 설계와 홍수예경보에 필요한 기본 자료를 제공하기 위한 공공재로서 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 그동안 유량자료는 공공재로서 매우 중요한 자료임에도 불구하고 측정자료의 품질을

최종적으로 판단할 수 있는 합리적인 품질관리체계가 구축되지 않아 자료에 대한 세밀한 분석 및 검토과정 없이 관련보고서를 통해서 배포 되었으며, 배포된 자료는 기초 자료로서의 신뢰성을 떨어뜨리는 결과를 초래하기도 하였다.

유량자료의 측정 및 분석을 목적으로 발족한 유량조사사업단에서는 기존 검증시스템의 활용성을 증대시키고, 유량자료의 수집, 확인, 검토, 확정, 배포에 대한 세부적인 검토단계와 절차를 체계화시키기 위하여, 일상적인 품질관리를 위한 평가기준과 절차를 보완하고 각 세부 단계별·절차별 내용을 체계화시켜 「유량자료 품질관리시스템」을 구축하였다.

구축 운영 중인 품질관리시스템은 측정 기준 및 방법의 강화, 측정결과의 일상적 검증을 통한 정확도 제고, 수위-유량관계곡선 개발방법의 개선, 생산유량의 평가 절차 추가 등으로 인해 유량측정성과의 품질을 최종적으로 판단 할 수 있도록 하였으며, 최근까지의 운영 결과로 보아 양질의 유량자료 확보에 많은 기여를 했다고 판단된다. 또한 현재 시행되고 있

는 환경부와의 유량자료 공유체제 구축에 있어서도, 신속하고 신뢰도 높은 자료제공은 중요한 역할을 하고 있다고 판단된다.

향후, 진행중인 DB 구축이 마무리되고 시스템을 더욱 보완·개선하여 안정적인 시스템으로 정착이 된다면 보다 신속하고 효율적인 품질관리가 가능해 질 것으로 기대된다.

참고문헌

- 정성원, 황석환, 김형렬, 이재형 (2007). 검증시스템을 이용한 유량조사 품질개선, 2007년 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
- 유량조사사업단 (2008). 유량조사사업단 2007년 유량자료 자체평가 보고서.
- 건설교통부 (2007). 국가 수문자료 품질관리시스템 구축 용역(1차). 🍷