

# 속초시 쌍천 지하담과 그 의미

박 창 근 (관동대학교 토목공학과 조교수)

## 1. 속초시 하천 환경

속초시의 주요 하천으로는 쌍천과 청초천이 있다. 이중 쌍천은 설악산에서 발원하여 도문평야에 용수를 공급할 뿐 아니라 속초시의 상수공급원으로 이용되고 있고, 그 연장은 16km에 이른다. 또한 청초천은 달마봉에서 발원하여 좌우에 소아평야를 조성하고 청초호로 흘러들고 있으며 연장은 12km이다. 속초시 수계는 전형적인 배산임해로 지형특성상 유하폭이 좁고 하상경사가 1/25~1/88정도로 매우 급하며 유로연장이 짧아 수량이 풍부하지 못한 건천을 이루고 있어 각종 수원으로서의 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있는 실정이다. 유수방향은 서에서 동방향이며 지방 2급 하천으로 관리되는 쌍천과 청초천 이외의 하천은 구거수준을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 하천 개수현황은 쌍천 12.6km와 청초천 4.8km를 합해 총 연장 17.4km중 요개수연장은 18.8km이며 기개수연장은 16.0km, 미개수 연장은 2.8km로 개수율은 85.1%이다.

표 1.에서 속초시의 하천현황을 간단하게 정리하였다. 앞서 언급한 바와 같이 속초시에 있는 하천은 유로연장이 짧고 유역면적이 좁으며 하천경사가 급하기 때문에 유출계수(=유출량/강우량)가 상대적으로 크다. 이는 홍수시 하천유량이 급속히 바다로 유

출됨을 말하고, 따라서 속초시의 경우 수자원의 확보 및 관리가 상대적으로 어렵다는 것을 간접적으로 설명하고 있다.

## 2. 속초시 용수 공급 현황

쌍천 지하담이 건설되기 전인 1997년도 속초시의 급수보급율은 98.2%로 시설용량은 하루 46,000m<sup>3</sup>/일이지만 급수량은 34,500m<sup>3</sup>/일에 불과하고 1인 1일당 평균급수량인 423l는 전국평균 1인 1일당 평균급수량(약 400l)보다는 상위수준이지만 유동인구가 많은 관광지역이라는 도시의 특성 때문에 월평균 50만명 정도의 관광객을 감안한다면 체감 급수량은 이에 훨씬 미치지 못한다고 볼 수 있다.

1인 1일당 평균급수량을 살펴보면 1988년도의 256l에 비해 1998년도의 427l로 약 67%의 급수량 증가를 보이고 있고, 이러한 추세로 2010년도에는 약 490l가 필요할 것으로 추정되고 있다.

다음 표 2.에 나타난 것과 같이 속초시에서는 하루 44,000m<sup>3</sup> 정도를 공급할 수 있는 취수시설을 갖추고 있다. 이 중에서 82%정도인 36,000m<sup>3</sup>/일을 쌍천 수계가 부담하고 있고 또한 쌍천과 도문 2취수장

**표 1. 하천현황**

하천명	하천연장 (km)	유역면적 (km <sup>2</sup> )	기 점	종 점
청초천	4.8	21,355	설악동 달마봉	청초호~동해
쌍천	12.6	65,330	양양군 강현면, 설악산	동해

**표 2. 취수시설 현황**

(단위 : m<sup>3</sup>/일)

취수장	취수방식	취수용량	비 고	수 계
쌍천, 도문2	복류수	30,000		쌍 천
도 문1	복류수	15,000	예비	쌍 천
설 악	표류수	4,000		쌍 천
노 학	복류수	2,000		쌍 천
학 사 평	표류수	8,000		용존천
계		44,000		

## ■ 학술기사

속초시 쌍천 지하댐과 그 의미

표 3. 정수장 시설현황 (단위 : m<sup>3</sup>/일)

정수장명	시설용량	수원	취수장
대 포	25,000	쌍천복류수	도문취수장
설 악	4,000	쌍천표류수	설악취수장
노 학	4,000	지 하 수	
학 사 평	8,000	용천천표류수	
가 마 소	5,000	지 하 수	가마소취수장
노학암반집수정	3,000	용천천표류수	
계	49,000		

표 4. 속초시의 상수도 급수현황

연도	총인구 (인)	급수인구 (인)	보급율 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	급수량	1인 1일당 평균급수량
1993	76,646	74,966	97.8	40,000	28,042	374
1994	78,622	77,050	98.0	40,000	32,701	424
1995	80,709	79,498	98.5	41,000	34,578	435
1996	82,568	81,329	98.5	41,000	34,013	418
1997	85,427	83,930	98.2	46,000	34,500	423
1998	87,070	85,328	98.0	49,000	36,468	427

에서 취수하는 양은 30,000m<sup>3</sup>/일로서 전체 취수량의 68%를 점하고 있다는 것을 살펴 볼 때, 속초시에 있어 쌍천은 매우 중요한 수원이다. 다음 표 2, 와 표 3.은 속초시의 취수시설 현황, 정수장 시설현황을 차례로 보여 주고, 표 4.는 1993년부터 1998년까지의 속초시의 상수도 급수현황을 나타내고 있다.

### 3. 쌍천 지하댐

#### 3.1 쌍천유역

쌍천유역은 한반도 동경 128° 35' ~ 128° 37', 북위 38° 07' ~ 38° 12' 에 위치하며, 북으로는 청초천 유역과 접하고 있고, 남으로는 양양군의 물치천 유역과 접하고 있다.

또한 유역의 북측은 청대산(EL. 230.8m), 주봉산(EL. 337.8m), 달마봉, 울산바위로 연결하여 분수령을 이루고 있으며, 서측은 마등령(EL. 1326.7m), 남측은 대청봉(EL. 1707.9m), 화채봉(EL. 1216.4m)으로 연결하는 분수령을 이루고 있다.

쌍천의 유역면적은 65.33km<sup>2</sup>이며 유로연장은 19.10km인 지방2급 하천이고, 유역의 형태는 협장한 수엽상으로서 대략 그 폭이 동서로 16km, 남북으로 9km 정도이다.



그림 1. 쌍천유역도

수원은 설악산 대청봉에서 발원하여 복류하다가 와선대 직하류 약 1km지점에서 동으로 우회한 후 완만한 사행을 하며 약 12km 유하하다가 동해로 유입한다.

또한 쌍천유역은 외설악내에 위치하고 있는 관계로 상류측은 해발 EL.1200~1700m에 이르는 고봉으로 연결하여 분수령을 이루고 있어 지세가 험준한 편이고 하류측은 해안선과 접하므로 분수령이 점차 낮아져서 지세가 완만한 편이며 유로의 형성이 유역의 중심부를 관류하고 있어 하천 좌, 우안부의 유역면적이 비슷한 상황이다.

한편 하상에는 전석 및 호박돌 등의 입도가 큰 골재가 하천 전구간에 걸쳐 상당량이 퇴적되어 있고, 하상 경사는 1/25~1/88이다. 유역내 행정구역으로는 1도 1시 1군 5리가 위치하고 있고 유역내 총호수 및 인구수는 1,035호 및 4,713인이 거주하고 있으며, 토지자원은 총면적 65.33km<sup>2</sup>중 경지면적이 4.31km<sup>2</sup>, 임야면적이 57.75km<sup>2</sup>, 기타면적이 4.1km<sup>2</sup> 점하고 있다.

유역내의 년평균 강우량은 1,304.2mm로 우리나라의 년평균 강우량 1,274mm보다 다소 많은 편이며, 년평균 기온은 15.3℃, 최고기온은 35.8℃, 최저기온은 -16.2℃이고, 년평균 습도는 66%, 년평균 증발량은 1,296.0mm이다.

#### 3.2 지하댐의 구조

다음 그림 2.는 쌍천 지하댐의 개략적인 모식도를

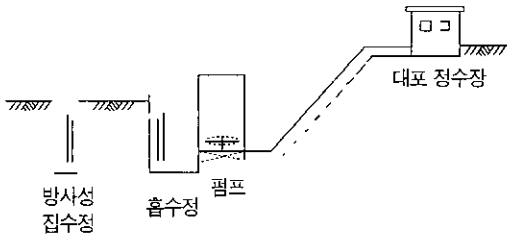


그림 2. 쌍천 지하댐의 구조

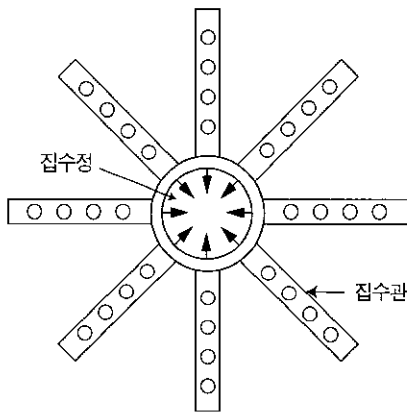


그림 3. 방사성 집수정

나타낸 것이다.

그림 3.과 같이 쌍천 지하댐에서의 취수방식은 방사성 집수관을 지하에 매설하여 집수정으로 지하수를 모은 후, 사이폰을 이용하여 취수펌프장의 흡수정까지 이송하고, 이 물은 펌프를 이용하여 대포정수장으로 이동하게 된다.

집수정 시설은 방사성 집수관을 사용한 구체 높이 15.5m~18.6m인 집수정 4개소를 설치(3개소 신설, 1개소 보완)하였고, 집수정에서 흡수정까지의 취수관의 시설은 총 연장 968.8m로  $\phi 250\text{mm} \sim \phi 350\text{mm}$ 의 관을 병렬로 연결하여 Siphon공법을 사용하여 시공하였다. 취수펌프시설은 200HP의 펌프를 예비 1대를 포함하여 6대를 설치하였고, 5HP의 진공펌프를 예비 1대 포함해서 2대, 1HP의 배수펌프 1대를 설치하였다. 차수벽 시설은 C.B.S.W공법을 이용하여 굴착폭 80cm로 800m를 시공하였고, 송수관로는  $\phi 900\text{m}$ 의 관을 사용하여 372.5m를 설치하였다.

표 5. 연도별 쌍천 취수장 취수현황 (단위 :  $\text{m}^3/\text{년}$ )

년 도	쌍천 취수장 취수량	총 취수량	비율(%)
1998	7,670,256	15,188,186	50.5
1999	9,745,534	14,438,618	67.5
2000	6,991,619	11,138,956	62.8

(주 : 1998년 3월부터 2000년 10월 까지의 통계임)

### 3.3 지하댐의 운영실적

쌍천 지하댐은 1998년 3월 완공되어 취수를 시작했다. 취수 원년인 1998년엔 3월부터 취수를 시작해서 속초시의 1998년 총 취수량의 약 50.5%정도를 부담했고, 이후 전월 가동되면서 총 취수량의 68%정도를 담당하고 있는 실정이다. 표 5.는 연도별 쌍천 취수장의 취수현황을 보여주고 있다.

### 3.4 개선되어야 할 과제

우리나라 육지부에서 생활용수 공급을 위해 건설된 최초의 지하댐인 쌍천 지하댐에 대하여 사전에 충분한 조사가 이루어지지 않았고, 또한 지하댐 자체에 대한 유지관리는 잘되고 있지만 지하댐 건설로 인하여 변화된 수문환경에 대한 조사가 미비한 실정이다. 따라서 지하댐 운영에 있어 개선되어야 할 사항은 다음과 같다.

첫째, 속초시의 경우 해안선에서 약 300m 지점에 지하댐이 설치되어 있기 때문에 갈수시 염수침입 문제가 상존한다. 속초시는 염수침입에 대한 대책으로 가장 하류에 위치한 집수정내의 염도를 측정하여 기준치 이상의 염도가 존재하면 취수를 중단하고, 강우가 발생하면 염분으로 오염된 집수정내의 물을 직접 펌핑하여 하천으로 방류시켜 집수정내 염도가 적정치 이하로 떨어지면 그 집수정을 취수정으로 다시 이용하는 방법을 채택하고 있다. 이와같이 극히 소극적인 방법에 의하여 염수침입에 대처하고 있다. 따라서 보다 적극적인 방법에 의한 대책이 요구된다고 할 수 있다. 그 방법중 하나는 지하댐 하류부에 자동 염도 측정기기를 설치하여 하천의 유량과 취수량에 따른 염도변화를 관측하고 또한 그것을 예측할 수 있는 기법을 개발하여 갈수시 방사성 집수정으로부터 적절히 취수할 수 있는 수량을 산출하여 염분이 집수정으

로 침입하여 집수정의 기능이 마비되지 않도록 사전에 예방하는 방안을 강구하는 것이다.

둘째, 쌍천유역에 대한 기초적인 수문조사 조차도 이루어져 있지 않은 상태이다. 속초시 필요수량의 80% 정도를 공급하고 있는 속초시의 젖줄인 쌍천유역은 속초시의 입장에서는 중요한 하천이지만, 유량, 하천수위, 지하수위 등과 같은 수문자료의 확보가 전무한 상태이다. 이러한 상태에서 효율적인 수자원 개발이 어려울뿐 아니라 취수과정도 비과학적인 방법으로 이루어 질 수 밖에 없을 것이다.

셋째, 차수벽 설치시 기반암의 요철이 심하기 때문에 기반암과 차수벽사이에 공간이 존재하는 문제점을 안고 있다. 쌍천 지하댐의 경우 벤토나이트와 시멘트의 혼합재를 이용하여 차수벽을 설치하였기 때문에 차수벽을 기준으로 물의 이동을 완전히 차단하는 상태가 아니다. 이미 설치된 차수벽의 투수계수는 약 10-4cm/sec로 추정되기 때문에 특히 갈수시 염수침입문제는 상존하고 있다.

**4. 수자원 개발에 있어 새로운 모형**

우리나라의 수자원 계획은 1960년대 이전에는 이수위주의 수자원 개발이 주축이 되었고, 주요 사업으로는 농업용수의 확보와 수력발전을 위한 단일목적댐의 건설을 들 수 있다. 1962년에 시작된 제1차 경제개발 5개년 계획의 추진과 더불어 우리나라에서도 다목적댐의 개발이 시작되었으며, 1967년 다목적댐의 건설사업을 입안, 집행, 관리할 수 있는 한국수자원개발공사의 창립과 더불어 다목적댐 개발을 본격적으로 추진할 수 있게 되었다. 즉 이러한 다목적댐 개발은 국토종합개발계획과 수자원장기종합계획 등 정부계획에 의하여 추진되어 왔다. 표 6.은 그동안의

수자원개발계획의 추진경위와 주요대상 수원을 보여 주고 있다.

표 6.에서 알 수 있듯이 우리나라 수자원개발의 기본방향은 다목적댐의 건설에 의해 지표수를 개발하는데 있었다고 할 수 있다. 우리나라 주요 하천의 하상계수가 300 이상임을 감안하면 우리나라와 같이 강수의 시간적 분포가 매우 불균일한 지역에서 수자원개발을 위한 대상은 댐건설에 의한 지표수임을 누구도 부인할 수 없다. 또한 홍수기(6월21일~9월20일)에 전체 강수량의 2/3가 집중되기 때문에 홍수피해 절감방안에 대한 대안으로 다목적댐 건설이 필수적이다.

그러나 영월댐 건설의 백지화에서 알 수 있듯이 이제는 지상댐 건설에 의한 수자원 개발은 다음과 같은 이유로 거의 한계에 이르렀다고 볼 수 있다. 첫째, 지역주민의 반대이다. 댐을 건설하게 되면 대규모 수몰지의 발생으로 인한 생활기반 상실, 댐 인근 지역의 생태계 변화, 많은 이주민의 발생, 주변지역의 개발제한 등이 동반되기 때문에 지역주민의 반대가 지속적으로 발생하고 있다. 둘째, 보상비의 증가이다. 물가 및 지가의 상승과 주민의식의 민주화로 인한 댐 보상비의 급격한 상승으로 최근 댐 개발에 소요되는 예산의 70% 이상이 보상비로 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 수자원 개발단가가 급등하여 표 7.에서 알 수 있듯이 형성댐의 경우 소양강댐보다 개발단가가 약 30배 증가하는 등 투자재원을 원활히 조달하는 것도 당면과제로 대두되고 있다. 셋째, 댐 개발 적지의 감소이다. 많은 댐의 건설로 인하여 댐 개발의 적지가 감소되고 있고, 또한 일부 댐 개발의 적지는 농업용 댐 등 단일목적으로 축조 또는 계획되고 있어 확보 가능한 수자원을 더 이상 개발하지 못하는 경우도 발생하고 있다. 넷째, 시민단체의 반대이다. 최근

**표 6. 수자원개발계획의 추진경위와 대상수위**

구분	계획기간	계획기준	대상수원
수자원종합개발 10개년 계획	1966~1975	다목적댐 개발	지표수
4대강 유역 종합개발계획	1971~1981	다목적댐 개발	지표수
수자원 장기 종합개발기본계획	1981~2001	댐개발 및 치수사업	지표수
수자원 장기 종합계획	1991~2011	수자원 개발 및 관리	지표수
수자원 장기 종합계획(수정·보완)	1997~2011	환경친화적 수자원개발 및 관리	수자원개발의 다변화

2~3년간 영월댐을 둘러싼 논쟁은 언론의 주요 관심사가 되어왔다. 시민단체(환경운동연합 등)의 강력한 댐 건설 반대가 제기되었고 결국 백지화되었다.

이러한 상황은 우리나라 수자원정책의 기조를 바꿀만하다고 할 수 있다. 혹자는 수자원의 수요관리에 의하여 예견되는 용수부족 사태를 해결하고자 하는 소극적인(소프트웨어적인) 대안을 제시하고 있다. 그러나 지하수에 의한 수자원 개발이라는 보다 적극적인(하드웨어적인) 방법으로의 전환이 필요한 시점이다. 즉 기존의 수자원정책이 지상댐 건설에 의한 지표수 개발이라는 것에서 탈피하여 지하댐 건설에 의한 수원확보라는 새로운 패러다임이 필요한 시점이다(여기서 지상댐 건설에 의한 수원개발을 완전히 포기하라는 것은 아니고, 대규모의 수원개발은 여전히 기존의 방법에 의존하는 것이 바람직하다).

상기 표 8.은 지하댐의 장단점을 기술하고 있는데, 지하댐의 장점은 지상댐의 단점이 된다고 할 수 있다. 여기서 주목할 점은 지하댐에 의한 수원개발은 비교적 소규모로 이루어지지만 댐건설에 의한 환경파괴는 거의 없기 때문에 지하댐 건설시 환경단체 등에 그 타당성을 충분히 설명할 수 있을 것이다. 따라서 수자원 부족이 예견되는 지역에서는 소극적 자세에서 벗어나 새로운 패러다임인 지하댐에 의한 수자원 개발이라는 적극적인 자세가 필요한 시점이다.

표 7. 댐별 수자원 개발단가

구 분	소양강댐 (1973)	임하댐 (1992)	횡성댐 (1996)
개발단가(원/m <sup>3</sup> )	3.3	40.3	101.3

표 8. 지하댐의 장단점 비교

지하댐 장점	지하댐 단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체로 하천 하류부에 설치 → 관료가 짧음</li> <li>• 수몰면적 없음</li> <li>• 구조물의 붕괴 위험 적음</li> <li>• 공사비 저렴</li> <li>• 증발산에 의한 손실이 적음</li> <li>• 일정수온 및 양질의 수질 유지</li> <li>• 환경파괴가 거의 없음</li> <li>• 유지관리 용이</li> <li>• 유사시 비상용수로 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별도의 양수시설 필요</li> <li>• 추가 유지관리비 소모</li> <li>• 홍수조절기능없음 → 다목적 기능 없음</li> <li>• 조사 및 평가 어려움</li> <li>• 비교적 소규모</li> </ul>

우리나라 지하수관리기본계획(건교부, 1996)에 의하면 지하수유출에 의하여 유지되고 있는 이루고 있는 하천유량(기저유출)을 지하수 개발가능량으로 정의하고, 우리나라의 경우 연간 약 133억m<sup>3</sup>로 추정되고 있다. 또한 지하수조사연보(건교부, 1999)에 의하면 1998년 말 현재 지하수 이용량이 연간 약 37억m<sup>3</sup>으로 조사되었고, 그것은 지하수 개발가능량의 약 28%를 점하고 있다. 따라서 적절한 지하수 추가 개발량은 하천유지유량과의 관계 등을 고려하여 설정하여야 하지만, 지하수의 추가 개발 여지는 충분히 있다고 판단된다.

쌍천의 경우 유역면적이 약 65km<sup>2</sup>에 불과하지만 하루 약 3만m<sup>3</sup> 이상의 수자원을 공급하고 있다. 유역면적당 용수공급량을 볼 때 적은 유역면적에서도 상당한 용수를 확보할 수 있음을 알 수 있다. 그것은 무효로 바다로 배출되는 수자원을 하류지역에서 지하댐에 의하여 그 흐름의 일부를 차단하여 이용하기 때문이다. 따라서 지하댐에 의한 수자원의 확보는 상당히 효율적이라 할 수 있다.

동해안 지역에는 기반암의 심도가 30~60m에 이르러 지하수 개발시 필수적인 충분한 대수층이 확보되는 지역이 상당수 존재하는 것으로 나타나고 있다. 앞의 그림 4.는 양양남대천 하류부에 위치하는 낙산대교 건설지점의 기반암 심도를 보여주는 그림이다. 이러한 지역에서 지하댐에 의하여 수자원을 개발하는 것은 환경적 및 경제적으로 충분히 고려할 가치가 있다고 판단된다.

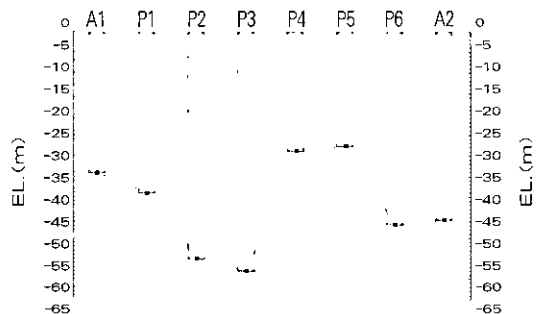



그림 4. 양양남대천 하류부 기반암 심도

## 5. 결론

속초시의 자연적 여건 즉 하천의 규모가 작을 뿐만 아니라 동고서저의 지형 특성에 기인하는 급격한 하상경사로 인하여 수자원 관리 및 개발에 상당한 어려움이 내재하고 있다.

속초시의 경우 수자원 개발을 위하여 쌍천 하류부에 지하담을 설치하여 소기의 목적을 달성하였고, 쌍천 지하담은 바다로 무효방류되는 수자원을 이용하는 하나의 대안으로 충분하다고 판단된다. 그러나 지하담 설계시 쌍천에 대한 기초적인 수문조사도 이루어지지 않아 효율적인 지하담 운영을 하지 못하고 있는 실정이다. 또한 균일하지 않는 기반암 분포 상태, 차수벽이 완전 방수형태가 아닌 공법으로 설치되었다는 점, 그리고 바다에 인접하여 지하담이 건설되었다는 점 등은 갈수시 방사성 집수정에 염수침입의 여지가 상존하고 있다는 것을 시사하고 있다. 이러한 점은 향후 지하담 계획시 반드시 고려해야 할 사항으

로 판단된다.

동강댐의 백지화가 시사하는 점은 사전에 치밀하고도 공개적인 준비를 하지 않은 댐건설에 의한 수자원개발은 거의 불가능하다는 것이다. 특히 환경단체를 설득하지 않고는 더 어려울 것이라 판단된다. 그러나 물부족이 충분히 예견되는 현시점에서 수자원 개발을 위한 다른 방안을 강구하는 것은 지극히 당연할 것이다. 이를 위해 하천 하구부근에 지하담을 설치하여 무효방류되는 수자원을 확보하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다. 이러한 점은 쌍천 지하담의 예에서 그 가능성이 입증되었다고 할 수 있고, 적어도 동해안 유역은 지질구조상 지하담의 입지조건이 충분하다고 할 수 있다. 부족한 수자원의 확보를 위하여 지상댐 건설에만 의존하는 기존의 수자원 정책을 이제는 재고할 필요가 있고, 수자원의 일부인 지하수를 지하담에 의하여 개발·이용 할 수 있는 새로운 패러다임이 절실히 요구된다. 

## 〈참고 문헌〉

1. 속초시(1999), 속초시 통계연보
2. 속초시(1988), 쌍천 하천정비 기본계획 보고서
3. 속초시(2000), 속초시 학사평 식수 저수지 기본설계
4. 건설교통부(1996), 지하수관리 기본계획
5. 건설교통부(1999), 지하수조사연보
6. 건설교통부(1999), 지하수관측연보
7. 건설교통부(1996), 수자원 장기 합계획(1997~2011)
8. 건설교통부(1996), 전국 중·소규모 광역상수도 조사계획수립 타당성조사 및 기본계획 고서(동해북권)
9. 양양군(1999), 양양 남대천 수질환경 관리계획 보고서
10. 한국수자원공사(1995), 하천 유지유량 결정방법의 개발 및 적용
11. 한국수자원공사(1996), 수자원개발 가능지점 및 광역배분계획 기본조사 보고서
12. 한국수자원공사(1997), 미래 수자원 전망에 관한 연구
13. 한국수자원공사(1998), 다목적댐 운영 실무편람
14. 환경부(1997), 상수도통계