지속가능한 수자원 확보를 위한 지하수의 역할과 중요성

한국지질자원연구원
성 익 환

1. 서 언

1999년 12월 31일 현재 개정된 지하수법(97.1.13)에 의한 허가시설, 신고시설, 경미 및 기타시설에 대한 전국 지하수 이용현황은 총 989,649개공에서 총이용량이 39.6억㎥/년에 해당되고 있다.

환경부에서 실시하고 있는 수질측정망 운영결과 우심지역 지하수 수질분석 결과 기준을 초과한 지점이 우심지역인 경우는 총 1,522개 지점중 6.8%에 해당되고, 일반지역인 경우 총 2,368개 지점중 3.4%인 것으로 나타나고 있으나 실제 대도시 지역 지하수 수질 조사결과 음용수 기준으로 식수적합율이 서울인 경우 15%수준이며 부산, 대구, 광주지역 등도 30%미만으로 나타내고 있어, 국가 수질측정망 운영상의 문제점이 있음을 시사하고 있다.

대도시의 일부지역(매립지, 공장지대 등)을 제외하고는 그 오염상태가 일반세균, 대장균, 질산성질소 등이 음용수 수질기준을 초과할 뿐, 이는 낙동강이나 한강물의 오염상태와는 크게 차이가 있다. 이와 같이 간단한 수처리 기술만 적용하여도 음용화할 수 있는 지하수 자원을 보존하고 치유하기 위해서는 우선 과학적인 방법에 의한 수질불량 원인을 규명, 하수누출 및 폐공을 통한 오염원 유입경로 차단, 오염원별 수질개선을 위한 치유방안 강구 등을 통해 수질불량한 지하수 자원을 음용화하고 재활용하여야겠다. 현재 방치된 폐공들은 지하수의 오염을 유발시

키고 있다. 이러한 폐공들은 지하수법에 의거 환경오염 처리기준에 맞게 원상복구 시키거나 혹은 주변 시추공의 정보 및 상태를 파악하기 위해 오염방지 시설을 수반하여 관측정으로 개선하여 지하수의 오염상태 및 수량, 수위 변화 등을 관측하는데 이용하여야 할 것이다. 이를 위하여 1997년 7월 15일부터 시행된 지하수법 개정안에는 폐공 폐기처분의 의무화 규정을 개정하여, 관측정으로 재활용할 수 있는 법적 근거를 마련한 상태에 있다.

선진국에서 음용수로서의 지하수 의존도는 60~90%로서 그 의존도가 날로 증가하고 있는 실정이다. 그 이유는 지표오염원의 증가, 엘니뇨 현상에 수반된 지구환경변화 및 각종 비상사태를 대비하여 항구적인 식수원 공급체계를 지하수에 의존하여 보다 안정적이고, 국민건강에 보다 적극적으로 대처하기 위한 것이다. 그러나 국내의 경우 음용수로서 지하수 의존도가 5%선 미만에 머무르고 있는 현 상황에 지하수를 효율적으로 활용하기 위해서는 지하수 자원을 허드렛물 또는 보조용수로 인식하고 있는 기존 물관리 정책에 획기적인 사고의 전환이 시급하다. 이를 위해서는 국민의식 전환과 법적 체제구축을 수반한 지하수 전문 인력양성을 위해 전문연구기관에 대한 적극적인 지원이 뒤따라야 한다.

금번 연구사업은 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 “폐공을 이용한 도심지역 지하수 환경성 복원 기술개발” 사업이다. 이 사업을 위하여 상수원으로 지하수의 비율이 높고, 지하수 행정에 대한 관심도가 높은 충청북도 보은군을 사업대상 지역으로 선정하였다.

2. 지하수의 이용현황

2.1 지하수의 중요성

지하수는 가뭄, 홍수, 수질사고, 핵사고 및 테러 등 비상사태에 대비

한 비상용수이며, 양질의 음용수로서 국민의 건강과 삶의 질을 높이는 생명수로서 석유, 석탄 자원과 다른 적절한 개발 및 상시 이용관리를 필요로 하는 순환형 전략 자원이다.

2.2 지하수의 역할

* 지하수 = 식수 = 고부가가치가 있는 전략 자원
  - 비상용수, 대체용수, 생명수
  - 석탄, 석유와 다른 순환형 전략자원임.
* 지하수의 종류
  - 충적지하수 :
    · 하천수에 영향을 받아 수량과 수질이 불안정하여 정수처리과정이 필요
    · 주로 농업용수 및 공업용수로 활용가능
  - 암반지하수 :
    · 지표수의 영향을 거의 받지않는 청정암반수
    · 특별한 정수처리 과정없이 식수로 사용할수 있는 물
    · 경제적으로 고부가가치를 갖인 수자원으로서 국민 삶의 질 향상과 건강증대에 큰 역할
    · 정부차원에서 상시 음용할 수 있는 관리체계 구축이 필요

* 지하수의 가치

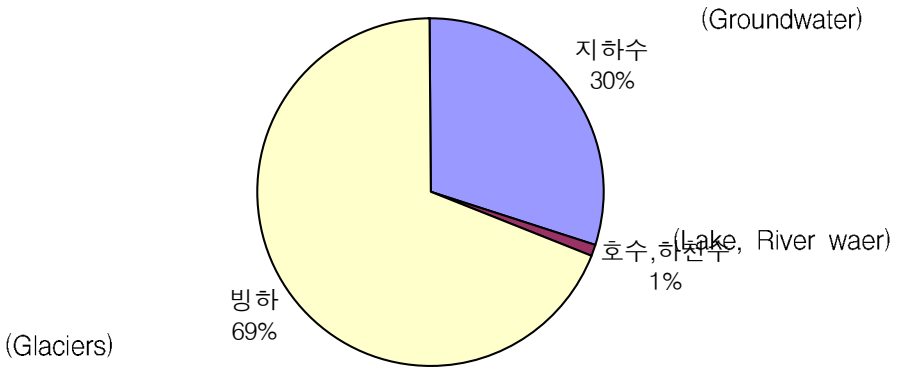
○ 지하수 = 에너지 = US $

(AEPC 회원국 수자원 관리전문위원회 : 21세기 지하수의 역할과 가치)

  - 지하수개발비 : 10조원(100만개공 개발비)
    30조원(방치, 폐공 포함개발비)

- 전력비, 유지관리비 : 년간 2천억원
- 지하수 = 먹는샘물 : 기름값보다 비싸다
  - 먹는샘물기준 : 300원/1ℓ × 31억㎥/년 × 1000ℓ = 910조원/년
  - 수돗물기준 : 수도요금(톤당:396.9원) × 31억㎥/년 = 1.23조원
    생산원가(톤당:535.3원) × 31억㎥/년 = 1.66조원
  - 하천수이용 기준 : 150원/㎥ × 31억㎥/년 = 4,650억원/년

※ 수십조에서 수백조에 달하는 고부가가치를 갖인 지하수자원이 현재 국가적인 관리부재와 국민들의 공짜라는 인식으로 말미암아 하수도로 버려지는 허드렛물로 전락되고 있음.



2.3 현 황

○ The present condition of groundwater utilization ratio in Korea

용도		이용량(억㎥/년)	비율(%)	비고
생활용수	먹는샘물	0.07	0.22	
	음용수	0.15	0.48	
	잡용수	9.18	29.61	
농업용수		19.4	61.6	
공업용수		1.9	6.2	
기 타		0.6	1.9	
총 계		31.0	100.0	

○ 지하수가 먹는물, 생명수에서 허드렛물로 전락

< 20~30년전 > 지하수 = 먹는물(샘물) = 생명수

< 현재 >

- 수량위주의 무분별한 개발로 인해 지표로부터 생활하수 및 토양 오염원들이 시추공속으로 유입되고, 관리부재에 따른 시설 노후화로 인해 수질악화
- 식수로 가능했던 지하수가 음용수 부적합 판정을 받고 세차, 세척용등 허드렛물로 전락하여 하수도로 버려지고, 버려진 지하수는 생활하수와 섞여 하수종말처리장으로 유입되어 하수처리비의 상승요인을 만드는 악순환이 되고 있다.
- 이러한 이유로 도심지역 지하수관리가 하수세징수를 이유로 하수행정계에서 관리하는 기현상을 낳고 있다.

○ The present condition of groundwater utilization in countries

< 외국의 예 (수자원 총 이용량중 지하수 이용율) >

구분	한국 ('99말)	일 본	미 국	대 만	프랑스
수자원총량 (A)	1,276	6,600	63,980	900	4,400
물이용량 (B)	331	907	4,705	191	370
지하수이용량 (C)	39	128	1,055	42	70
지하수의존도 (C/B%)	11.8	14.1	22.4	22.0	18.9

○ Dependence of groundwater for drinking water in countries

국 가	년 도	음용수(%)
호 주	1980	97
캐 나 다	1975	72
덴마아크	1970	98
프 랑 스	1977	70
서 독	1975	60
헝 가 리	1972	78
이 태 리	1975	91
스 위 스	1975	70
미 국	1980	75
한 국	2000	1미만

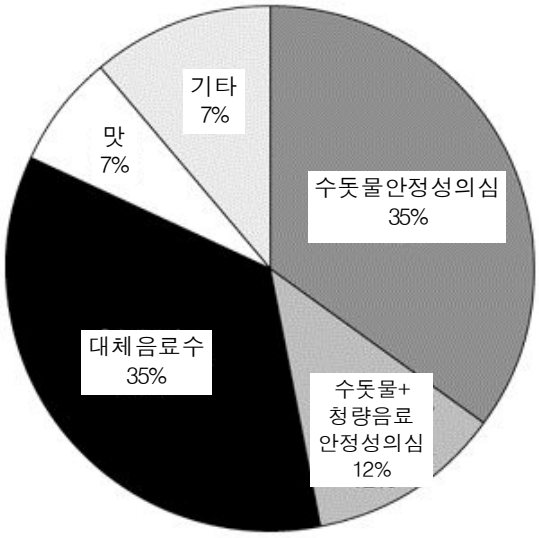
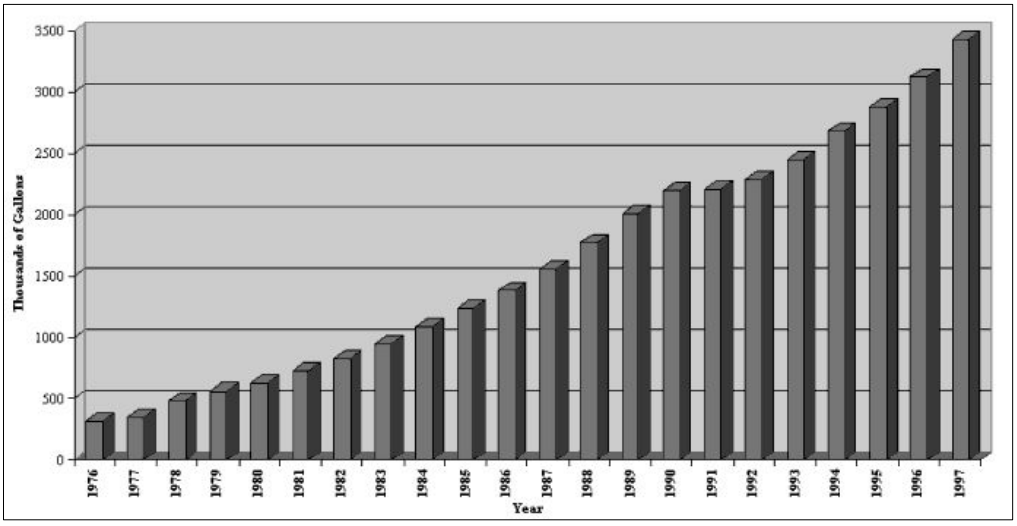


Fig. 2-2. Resons of choice for the bottled water in U.S.
Source: American Water Works Association Research Foundation Consumer Attitudes Survey on Water Quality Issues, p.19(1993)



○ 선진국 지하수 관리현황

- 국내 : 관측망 현황

구분	설 치 내 용	소관 부서	근거
국가 지하수 관측소	· 계획 310개소, 설치 169개소	건교부	지하수법 제17조
보조 지하수 관측소	· 계획 10,000개소, 설치 439개소	지자체	지하수법 제17조
수질 측정망	· 지방환경청 781개소, 지자체1,184개소	환경부	지하수법 제18조
해수침투조사 관측망	· 계획 192개소, 설치 73개소	농림부	-
먹는샘물 감시정	· 설치개소 80사업장, 사업장당 3개소	기타	먹는물 관련법

* 기존폐공 재활용 실적 없음.

- 외국 : 지하수 관측망 현황 및 관리 기관

국명	관측공 개수(공)	관리기관
미국	187,000	미국지질조사소 (USGS)
프랑스	280,000	국립지질광물연구소 (BRGM)
호주	120,000	호주지질조사소 (AGS)
캐나다	-	캐나다 지질조사소 (CGS)

○ 국내 및 외국의 지하수 소유권 관련 제도

< 국내 >

- 현행 지하수법에는 지하수의 소유권에 대한 명확한 개념 규정이 없이 국가와 국민의 선언적인 책무만 규정되어 있음.

○ 현행 지하수법상 국가와 국민의 책무(제3조)

- 국가의 책무 : 국민이 양질의 지하수를 이용할 수 있도록 지하수에 대한 종합적인 계획을 수립하고 합리적인 시책을 강구
- 국민의 책무 : 국가의 지하수보전·관리시책에 협력하고, 지하수보전과 오염방지를 위하여 노력

< 국외 >

국가별	관련법	소유권의 성격
오스트리아	연방수법	토지소유권에 포함
이탈리아	민법, 통일수법	공수와 비공수 분류
스위스	민법, 물이용법	공수
터키	연방물관리법	공수
독일	연방물관리법	공수
이스라엘	수자원법	공수
구 소련	(구)연방수법	공수

○ 국내 및 선진국 지하수 관련 예산

- 건교부 : 97~99 : 151억원(계획대비 8%)

(단위 : 억원)

년도	'98	'99	2000	2001
예산	48	44	40	67

- 환경부 : 1.37억원
- 농림부 : 991억원(기초조사 142억원, 지하수개발 849억원)

○ 지표수 대비 지하수관련예산 : 지표수 대비 2.4%수준

(단위 : 억원)

년도	지표수	지하수
1999년도	1조 5,683	381

< 외국 >

국가	예산	기관
미 국	2.5조원/년	USGS
프랑스	1.2조원/년	BRGM
독 일	2.0조원/년	독일연방 지질조사소

2.4 문제점

가. 지하수의 공수개념 도입을 위한 법개정

나. 종합적이고 체계적인 관리체계 부족

(1) 지하수관련법의 난립

(2) 지하수전담부서의 부재

(3) 지하수관리 기본계획 부실

(4) 소규모 지하수개발 관리 곤란

(5) 지하수 과잉개발에 따른 통제수단 미흡

(6) 실효성 있는 준공검사 미흡

(7) 비상용 지하수시설 방지

(8) 개발된 지하수의 비효율적 이용

다. 기초자료 부족 및 자료관리 부적정

(1) 기초자료 부족

(2) 기초조사의 이원화 및 수문지질도 활용에 한계

(3) 지하수변동상황 파악 곤란

(4) 지하수개발·이용실태 현황자료 신뢰성 미흡

라. 폐공관리 부적정

(1) 정확한 폐공현황 파악 곤란

(2) 제도적인 요인에 의한 폐공방치 사례 속출

(3) 기존폐공의 원상복구에만 국한

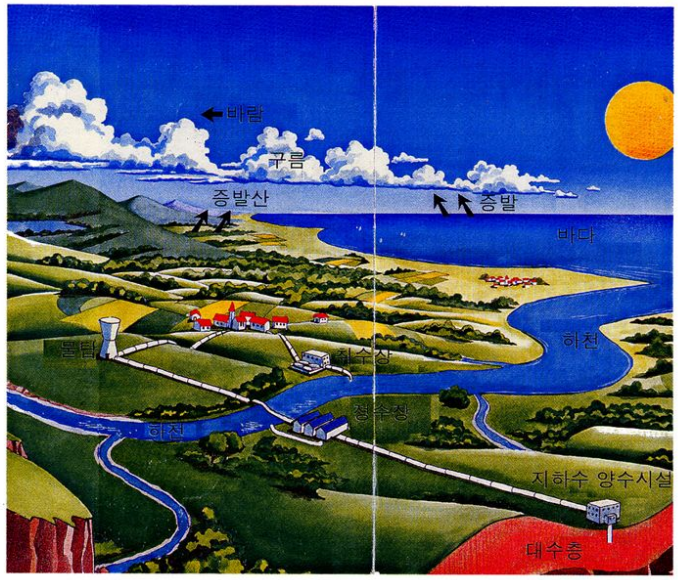
마. 지하수오염방지 제도적 장치 미흡

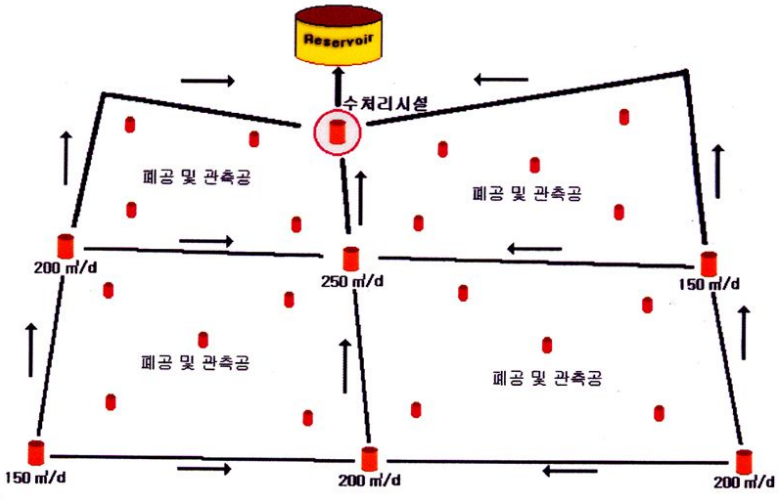
바. 지하수 개발·이용관련 세금 등 징수체계 다원화 및 징수 목적외 사용

사. 일선지방자치단체장의 지하수 보존·관리의식 부족

아. 지하수보존·관리 중요성에 대한 홍보 부족

프랑스 오를레앙지방내 지역별 지하수공급을 위한 물탑 전경





지하수 음용화를 위한 지하수 공급체계

○ 개선방안

가. 맑고 깨끗한 지하수보전 방안 강구

(1) 기존 폐공의 일제 조사 및 정비

(2) 폐공양산제도 개선

(3) 수질오염원에 대한 규제 강화

(4) 수질검사주기 강화 및 수질변화시 원인분석 의무화

(5) 폐공·방치공의 재활용 의무화

(6) 비상용지하수 상시시설 관리강화

나. 지하수기초자료 관리체계 조기구축

(1) 지하수기초자료 조기완료

(2) 지하수관측망 조속 구축 및 운영체계 지방이양

다. 체계적인 지하수관리방안 구축

(1) 지하수의 국유 개념 도입 및 지하수이용량 상시 관리체계구축

(2) 지하수 관리체계 일원화

(3) 지하수관리기본계획 일원화

(4) 모든 지하수개발시 사전 신고제 도입

(5) 개발된 지하수이용 효율성 제고

라. 수질개선부담금 등 징수체계 일원화 및 지하수보전·관리특별회계 도입

마. 지하수 전담 조직 및 지하수정보·자료(D/B자료)수집, 연구분석 기구 신설

3. 폐공의 환경성복원 사례 연구

3.1 오염방지시설 개요

금번 사업에 적용된 오염방지시설은 지하수오염을 방지하고 양수량을 증대하기 위하여, 신기술, 신공법의 패커 그라우팅 공사와 지하수 진공양수장치인 파워맥을 제작, 설치한 것이다(Fig. 3-1). 지하수의 오염원인 지표수가 공내로 유입되는 통로는 주로 케이싱과 공벽사이의 공간을 통해서이다. 지하수 개발시 완벽한 그라우팅으로 이 공간을 밀폐시켜야하나, 기존의 지하수 개발은 그릇된 공법과 기술적인 한계로 인하여 그라우팅이 미비하여 오염된 지표수 유입을 제대로 차단하지 못하여 지하수 오염을 한층 악화시켜 폐공이 발생하고 있다. 따라서, 방치된 폐공이나 오염된 지하수공에 차폐판을 이용한 신기술, 신공법으로 불투수층까지 그라우팅을 실시하여 지하수를 완벽하게 보존하는 공사로서 기존에 사용 중인 지하수 우물이나 방치된 폐공, 신규 개발한 지하수 우물에 공용할 수 있는 구조로 설계되었다. 종래의 지하수 오염방지 시설의 미비로 지하수가 오염되던 것과 장시간 사용에 따른 지하수맥의 막힘 현상으로 양수량이 감소하여 지하수 우물이 폐공화 되는 것을 방지하기 위한 공사이다.

3.2 환경성복원 시설 개발

금번 사업에서 오염된 지하수의 환경성 복원을 위한 연구목표는 다음과 같다.

○ 폐공의 감시정 전환으로 인한 환경성 복원 : 10개공
○ 오염된 양수정의 오염방지 시설설치로 인한 환경성 복원 : 12개공
○ 오염 지시인자(질산성질소, 일반세균, 대장균 등)의 초기 오염치 기

준 대비 50% 이상 저감화 하는 것이다.

이를 위하여 금번 사업에서는 기존에 일반적으로 사용되고 있는 환경성복원 시설들을 금번 사업의 목적에 맞게 새로이 설계하고 개발하였다. 이를 위하여 먼저 오염 지하수 환경성 복원과 관련된 시작품을 1 Set 제작하였으며, 계속 보완중에 있다. 이번에 새로이 개발된 내용은 다음과 같다.

가. 오염방지시설

기존에 일반적으로 많이 사용되고 있는 오염방지시설은 관정 상부만을 밀폐하거나, 관정을 밀폐하는 플랜지에 심정내부의 진공도를 조절하는 흡기체크밸브 부착 또는 덮개에 공기필터만 설치하여 공기여과기능만 있었다. 그러나 금번 사업에서 오염 지하수의 환경성복원을 위하여 새로이 개발된 부분은 국내 실정에 맞게 공기여과기를 덮개와 분리하여 설치할 수 있도록 설계, 개발하였다. 또한 공내 진공 상태에 따라 자동으로 조절할 수 있도록 하여 진공 과다 발생으로 시추공이 붕괴되는 것을 방지할 수 있도록 진공도를 시추공에 맞게 개발하였고, 공 내 세척기능 등을 개선하였으며, 계속 개발중에 있다.

나. 차폐판 개발

일반적으로 많이 이용되고 있는 차폐 기능은 일반 튜브 등을 사용하여 이를 통한 이차적인 오염을 유발할 수 있었다. 튜브 조임 방식은 일반 밴드 조임 방식으로 튜브 팽창 시 벗겨져 공사 수행 시 어려움이 있었다. 이로 인하여 그라우팅이 제대로 되지 않아 오히려 오염을 가중시킬 가능성이 높았다.

그리하여 금번 사업에서는 다음과 같은 부분에 대해서 새로이 설계, 개발하였다.

○ 인체에 무해한 P.E 및 실리콘 튜브를 사용하도록 개발하였음

○ 링에 나사를 조임으로 인하여 제작이 용이하고 조임력이 강하도록 설계, 개발하였다.
○ 튜브의 조이는 부분을 가운데 부분보다 두껍게 하여 튜브가 팽창되면 될수록 더욱 강력하게 조일 수 있게 하였다.

3.3 오염방지시설 설치 과정

오염된 지하수에 대하여 오염방지시설을 설치하고 환경성을 복원시키기 위해서는 다음과 같은 조사가 선행되어야 한다.

- 대수층의 분포 및 특성파악
- 지하수공내 지표수의 유입구간 규명
- 지하수의 이용량, 지하수위, 수질의 정기관측 및 해석
- 지하수 오염원, 오염실태, 오염경로, 오염심도 분석
- 현재의 지하수 오염정도 및 음용 부적합 원인규명

등을 분석한 후 상부 오염원을 완전히 차단한 다음 양수시설 개선 및 간단한 처리 기술에 의해 일차 오염된 지하수의 환경성을 복원시킬 수 있는 제도적 장치 및 시설을 갖추어야 한다. 이와 같은 조사사항이 선행된 후 오염된 지하수를 치유 개선하기 위한 과정은 다음과 같다.

(1) 수중모터 인양

그라우팅 공사, 공내촬영 등을 바탕으로 치유 개선시설을 설치하기 위해서는 먼저 지하수공내의 수중모터를 인양하여야 한다.

(2) 공내촬영

지하수 공내의 지질상태를 파악하기 위하여 공내촬영, 텔레뷰어 탐사 등을 실시하여야 한다. 이와 같은 탐사를 실시함으로써 암석내에 발달되어 있는 절리 및 단층의 크기, 방향, 경사, 암질변화 내지 암석의

역학상태를 규명할 수 있다. 공내 촬영 및 텔레뷰어 탐사로 지하수공내의 지하 지질상태를 파악함으로써 그라우팅 구간을 선정할 수 있다.

(3) 그라우팅

과거의 그라우팅 방법은 공내촬영 및 텔레뷰어 탐사 등의 정확한 조사 없이 그라우팅이 실시되었다. 그러므로 그라우팅 작업시 충전되는 층별 두께와 조성비를 결정하는데 어려움이 있었고, 충전물이 제대로 충전되었는지 확인하기도 어려웠다. 또한 모르타르나 콘크리트를 충전하는 과정에서 지하수가 오염될 우려가 있었다.

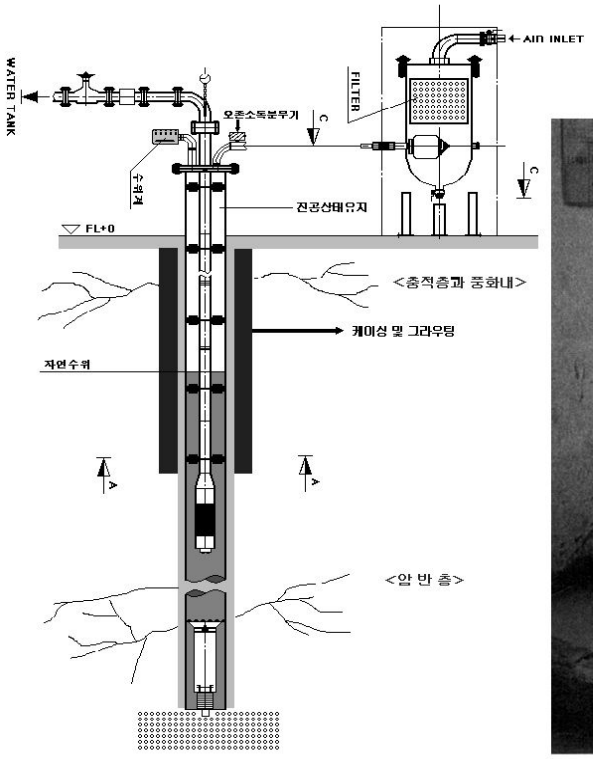
금번 그라우팅 시공 방법은 공내촬영을 이용하여, 지하 지질상태를 파악한 후 그라우팅 심도를 파악하였다. 그리고 그라우팅할 지점에 상기한 튜브를 가진 차폐판을 삽입하고 압축공기를 주입하여 튜브의 외주면을 팽창시켜 심정 벽면에 밀착시킨다. 그리고 차폐판을 기준으로 지하수공의 상·하부를 완전히 격리한 다음, 차폐판 상부에 콘크리트를 주입하여 양생시킴으로써 모르타르나 콘크리트 등이 충전 과정에서 지하공내로 유입되는 것을 방지할 수 있고, 또한 차폐판에 의하여 오염된 지표수가 차단되어 심정 내부로 유입되지 않는다.

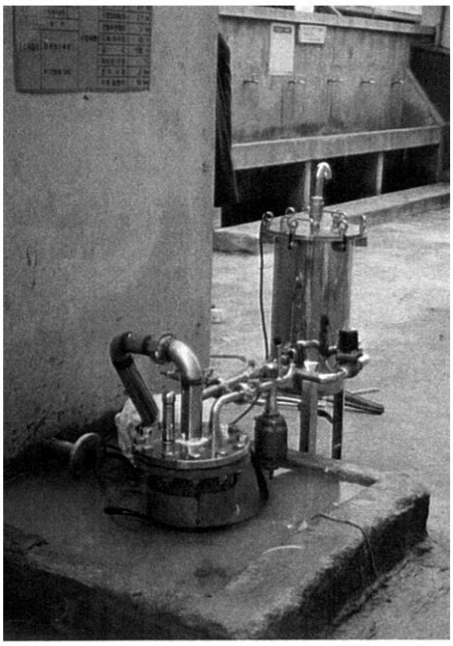
(4) 치유 개선시설 설치(Fig. 3-1)

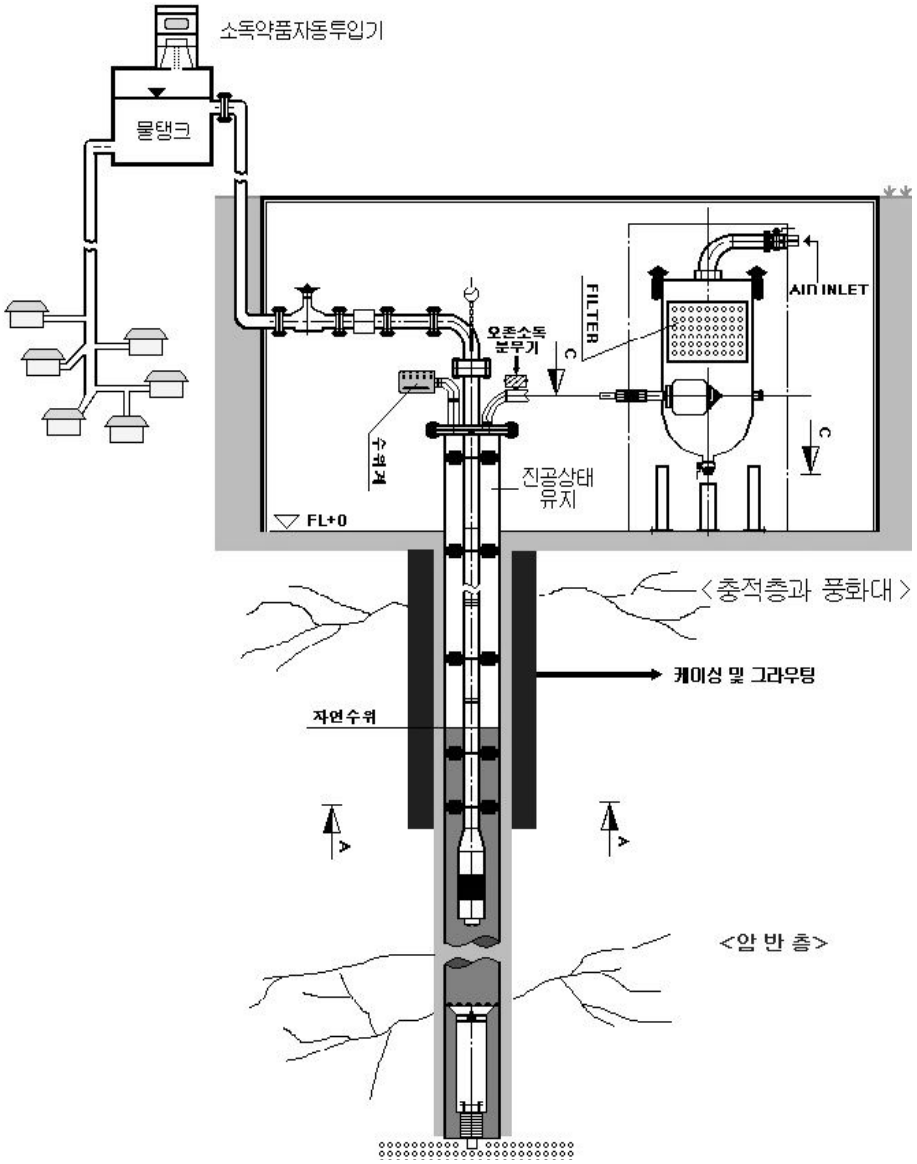
기존의 지하수공 시설은 대부분 과거 우리나라의 지하수 개발공법에 의해 개발된 지하수공으로서, 지하수 자원의 오염 및 수질환경 등에 무방비 상태에 놓여 있는 지하수공들이 대다수이다. 기존 지하수공에 대한 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

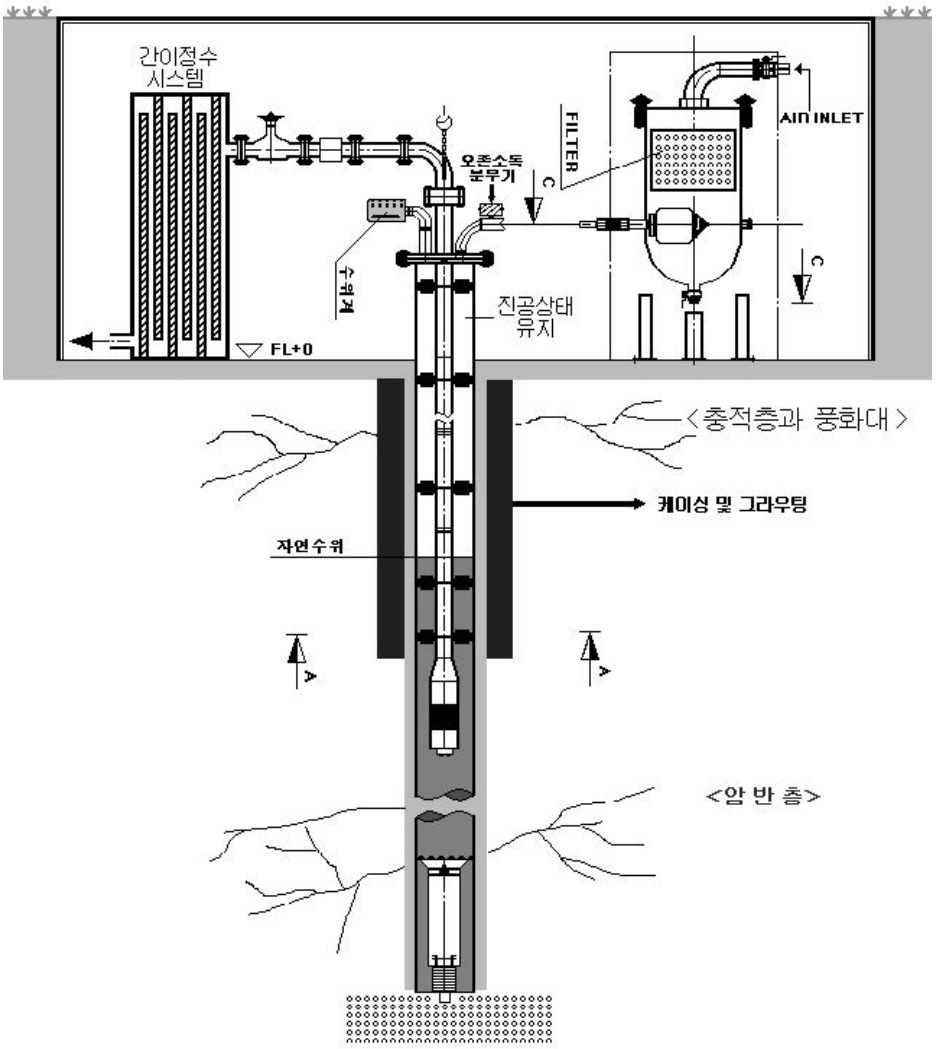
- 그릇된 시공으로 오염된 지표수 유입
- 대기 중의 오염물질이 여과 없이 바로 유입됨으로 수질 오염 악화
- 염소 등을 사용하여 원시적인 방법으로 살균, 소독
- 공기의 유입에 의한 지하수공 내부의 세균번식 등이 있다.

이에 대한 대책으로 금번 연구에서 오염된 지하수를 치유 개선하기 위한 시설은 진공 양수장치로 종래 개방상태에 있던 지하수 시추공의 덮개를 내외부가 완전 밀폐시켜 오염된 지표수와 대기중의 오염물질이 지하수공 내부로 유입되지 않도록 새로이 개발하였다. 이 치유 개선시설에 대한 개요는 다음과 같다.






소독약품자동투입기
물탱크
AIR INLET
FILTER
오존소독
분무기
수위계
진공상태
유지
FL+0
<충적층과 풍화대>
케이싱 및 그라우팅
자연수위
<암 반 층>


간이정수
시스템
오존소독
분무기
FILTER
AIR INLET
C
C
수위계
진공상태
유지
FL+0
<충적층과 풍화대>
케이싱 및 그라우팅
자연수위
A
A
<암 반 층>

① 지하수 우물 커버

·지표수 유입 방지

·대기 중 오염물질 여과 기능

·정호 세척 및 살균, 소독 기능

·정호내 세균번식 억제 기능

② 지하수 우물바닥 탱크

·서징 기능

·주기적인 서징으로 인한 정호 붕괴 및 파손방지

③ 흡입체크 밸브 및 진공 자동조절 장치

·지하수 심정의 진공도를 선택적으로 조절

·위생적인 우물 상태 유지

④ 필터 및 여과제

·공기중의 일반세균, 대장균, 대기중의 매연, 중금속 등의 유입방지

3.4 사업지역내 설치 현황

금번 사업지역내 설치된 오염방지시설과 감시정전환 현황은 Table 3-1과 같다.

가. 오염방지시설

○ 보은군 보은읍 상판리

보은군 보은읍 상판리의 지하수는 음용수로 이용하기에 부적합하게 오염되었는데 그 오염원인은 다음과 같다.

첫째, 정호 덮개가 단순히 정호 내부에 설치된 배관과 모터펌프를 지탱해주는 역할만 하고 있어 오염된 지표수가 지하수공 내부로 쉽게

유입될 수 있다.

둘째, 개발당시 지표수의 유입을 차단시킬 그라우팅을 실시하여야 하나 수량확보를 위하여 그라우팅을 하지 않았기 때문에 지표수가 유입되었다.

세째, 지하수공 내부에 설치된 수중펌프를 가동하면 수위가 내려가게 되고 수중펌프가 정지하게 되면 다시 수위가 올라오게 되는 상황이 반복되면서 지하수는 외부 공기를 흡입, 토출하는 호흡작용을 하게 되는데, 이때 오염물질을 함유한 대기가 장시간 지속적으로 지하수공 내부로 유입되어 지하수공 상층부에 이끼류나 세균의 서식으로 수질오염을 유발시켜 음용수로 적합치 못하게 되었다.

그래서 금번 연구사업에서는 상기와 같이 오염된 불량지하수를 치유하기 위하여 오염원과 지하수를 격리시켜 오염물질의 지하수내 유입을 방지할 수 있도록 그라우팅 공사를 실시하고 불량지하수를 치유 개선할 수 있는 오염방지시설을 설치하였다.

① 기초조사

심정깊이 : 108m
외부케이싱 : 직경 8″, 깊이 4m, 재질은 백관
내부케이싱 : 직경 6″, 재질은 PVC
모타설치심도 : 90m
모타용량 : 3마력
토출배관 : 직경 2″, 재질은 백관
오염원위치 : 지하수공과 10m 이내에 정화조가 위치하며, 지하수공 옆으로 하수관로가 지나가고 있다.
기 타 : 보호구 미비

② 공내촬영 (CCTV)

공내촬영한 결과 지하수 오염원인은 다음과 같다.

첫째, 내부 케이싱을 설치하였으나 유공관(찢어짐)으로 설치하여 오염된 지표수가 유입되었고, 찢어진 유공관 사이로 외부 케이싱에서 발생하는 녹물 등이 오염을 더욱 가중시켰다.

둘째, 개방상태인 지하수공 덮개를 통하여 오염된 대기가 장시간 지속적으로 내부로 유입되어 세균이 번식하는 등의 수질오염을 유발시켰다.

③ 그라우팅 및 지하수 진공양수장치 설치

보은읍 상판리와 같이 질산성질소로 오염된 지하수를 치유하기 위하여 그라우팅 공사, 공내 케이싱 교체 및 지하수 진공양수 장치를 병행하여 설치하였다.

i) 설치방법

㉠ 그라우팅 : 오염물질의 유입을 방지하기 위하여 그라우팅을 실시하였다.

㉡ 지하수 진공양수장치 : 지표수 유입방지, 대기중의 오염물질여과, 공내 세척 및 살균소독, 양수량증대, 세균번식 억제를 우하여 오염방지시설인 지하수 진공양수장 치를 설치하였다.

ii) 진행과정

- 파이프 및 펌프 인양 : 90m
- 공내촬영 : 108m
- 인케이싱 인발
- 그라우팅 차폐판 및 케이싱 설치 : 25m
- 그라우팅 : 25m

- 파이프 및 펌프 설치 : 90m
- 지하수 진공양수장치 설치 : 8″× 2″ 1 SET
- 보호구 설치 : 조립식 (1500mm×2000mm×2000mm)

iii) 설치후 지하수공 사양
- 심정깊이 : 108m
- 모타설치심도 : 90m
- 모타용량 : 3마력
- 토출배관 : 재질은 SUS, 직경 2″, 설치심도 90m
- 그라우팅심도 : 25m
- 지하수진공양수장치 : 8″×2″
- 보호구 : 조립식(1500mm×2000mm×2000mm)

나. 감시정 전환

○ 보은군 보은읍 하장리

감시정 전환 공법은 심정내부로 오염된 지표수가 유입되지 않도록 안전하게 밀폐시키고, 향후 관측이 용이하도록 반영구적인 관측시설의 설치를 목적으로 한다. 또한 본 감시정은 지하의 수질상태를 쉽게 파악할 수 있게 함으로서 폐공이 재활용될 수 있도록 함과 동시에 폐공의 재개발 작업도 손쉽게 할 수 있도록 하는 것이다.

시공에 따른 폐공을 감시정으로 전환시키는 작업은 오염원이 유입될 수 있는 부분을 차단하는 차폐판과 이 차폐판을 지지하는 지지수단을 포함한다. 차폐판은 시추공의 형태와 같은 일반적인 판 형태로 이루어질 수 있고, 시추공내에 설치되어 지지수단으로서 로우프에 의하여 지지되는 것이 바람직하다. 차폐판의 중앙에는 지지관이 설치되고, 지지관에는 지지수단으로서 관측파이프가 결합됨으로써 이 관측 파이프에 의하여 지지될 수 있다. 이 관측 파이프가 설치될 경우에는 로우프가

배제되어도 무방하지만 로우프와 함께 관측 파이프에 의하여 차폐판이 지지되어도 무방하다.

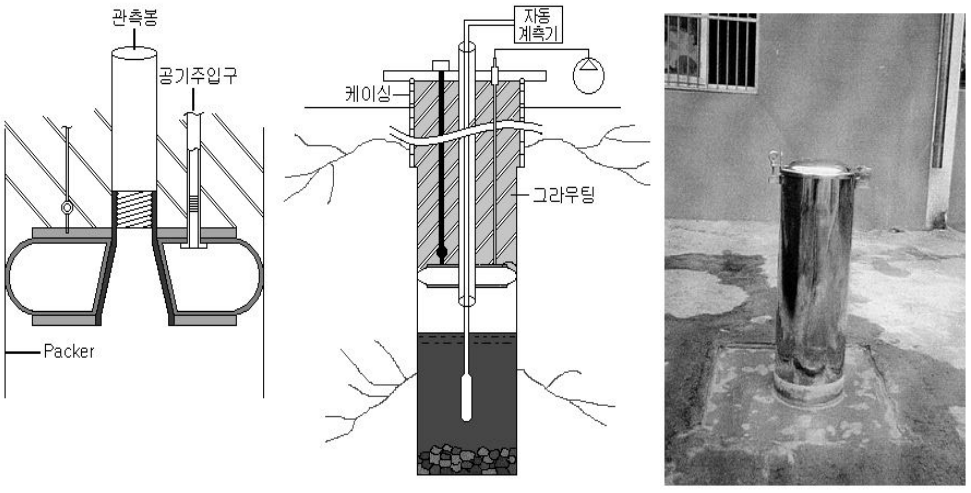
기존에 이용되던 고무튜브는 금번 사업에서 실리콘 튜브로 설계하여 새로이 개발하였다. 실리콘 튜브는 지지관의 주변 둘레로 삽입된 상부판 및 하부판과의 사이에 삽입되어 손상되지 않도록 설치되는 것이 바람직하며, 상부판을 관통하여 위로 돌출된 주입구를 통하여 압축공기, 기체 또는 액체가 주입됨으로서 팽창되도록 되어 있다. 또한, 차폐판은 상부판에 로우프가 연결됨으로써 지지되도록 이루어지는 것이 바람직하다. 지지관에 관측 파이프가 연결됨으로써 지지되어도 좋으며, 로우프 및 관측 파이프에 의하여 동시에 지지되도록 이루어질 수도 있다. 지지관에는 이것을 개폐하는 마개가 더 결합될 수 있다.

Fig. 3-4는 폐공을 관측공으로 전환한 모식도이다. 처리장치는, 실리콘 튜브(24)를 가지는 차폐판(2)을 시추공에 삽입하여 로우프(5)로 지지시킴으로서 시추공을 막도록 이루어진다. 상기 차폐판(2)은, 지지관(21)과 상기 지지관(21)의 상단부 및 하단부 둘레에 삽입되는 상부판(22) 및 하부판(23), 상기 상, 하부판에 삽입된 실리콘 튜브(24)를 포함하여 이루어진다.

금번 사업지역에 위치하고 있는 보은읍 하장리의 지하수공은 현재 사용하지 않고 방치되어 있는 공이다. 이 공은 지하수 오염을 가중시킬 우려가 있음에 따라 오염된 지표수의 유입을 방지하고, 감시정 전환을 통해 지하수 수질 상태를 정기적으로 관측함으로써, 지하수 관리에 대한 전체적인 체계 구축을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 보은읍 하장리의 지하수공을 감시정으로 전환하였다.

Table 3-1. The present condition of constructions for the vaccum pumping system and observation well transformation system prevent surface polluted water inflow using abandoned or unused groundwater wells

시설명	장소	공사명	개소	비고
오염방지 시설	보은읍 상판리	오염방지 시설 공사	1개소	기업참여
오염방지 시설	보은읍 하장리	감시정 시설공사	1개소	〃
시험시추	보은읍 수문리	시추기 콤프레샤	1대 1대	〃
시제품	한국지질자원연구원	오염방지 시설	1 SET	〃



4.5 오염방지시설 설치후 수질변화

차세대 핵심환경개발사업의 일환으로 수행된 “폐공을 이용한 도심

지역 지하수 환경성 복원 및 음용화 기술개발" 사업을 위하여 사업지역의 지하수공에 대한 오염 정도를 조사한 결과 보은읍 상판리의 지하수공이 질산성질소로 오염되었다. 오염원은 지하수공 개발시 수량 확보를 위하여 찢어놓은 케이싱 및 그라우팅을 제대로 하지 않은 불량시공으로 인한 오염된 지표수의 유입으로 기인되었다.

금번 연구사업은 질산성질소로 오염된 지하수의 환경성 복원을 위한 것으로, 오염원과 지하수를 격리시켜 오염물질의 지하수내 유입을 방지할 수 있도록 그라우팅을 완벽하게 다시 실시하였으며, 금번 사업을 위하여 앞에서 언급한 부분을 새로이 개발한 지하수 오염방지시설인 진공양수장치를 설치하였다

이 사업을 위하여 먼저 대수층의 분포 및 특성파악, 지하수공내 지표수의 유입구간 규명, 지하수 오염원, 오염실태, 오염경로 등을 파악하였다. 진공양수장치를 설치한 후, 설치 전,후의 질산성질소 함량을 비교하기 위하여 수질 분석을 실시하였다. 설치전의 질산성질소 함량은 보은읍 상판리 경우는 13mg/L로서 먹는물 수질기준을 초과하였다. 오염방지시설 설치후 계속 양수후 수질 분석을 실시한 결과, 음용수 기준에 해당되는 8.4mg/L로서 설치전에 비하여 2배 가까이 감소되었고, 앞으로 계속적인 양수와 지표 오염물질의 차단으로 인하여 점차 치유될 것으로 판단된다. 이 연구사업을 통하여 지하수 오염방지시설을 이용한 신기술, 신공법은 질산성질소로 오염된 지하수를 치유하기 위한 새로운 기법 개발로 규명되었으며, 그리고 진공양수장치를 설치할 경우는 우선 기존 지하수공에 대한 제원, 수량, 수질오염 정도, 지하수공 주변의 오염원 상태 및 오염경로, 지하수공내의 파쇄대 발달상태 등을 정확히 파악한 후, 치유 개선시설 여부를 결정해야 한다.

참고문헌

기상청, 서울, 인천, 수언, 양평, 철원 기상관측소의 일강수량 (1995.1.1-1996.5.31)

김중열외, 1993, 지오토모그래피에 의한 암반구조 연구(Ⅲ), 과학기술처, p.266.

김중열외, 1995, 지오토모그래피에 의한 암반구조 연구(Ⅳ), 과학기술처, p.392.

김중열외, 1996, 물리탐사 병합기술에 의한 지반조사 매개변수 산출법 연구(Ⅰ), 과학기술처, p.153.

김중열, 1995, 지반침하 조사를 위한 물리탐사 사례연구, 한국자원공학회 논문집 p,97-132.

김중열외, 1996, 고분해능 텔레뷰어 검층기법의 기능, 대한지질공학회지, v.5, p.277-288.

박승기, 1995. 한국하천의 일 유출량 모형, 충남대학교 대학원 박사학위 논문

박창근, 1993, 비포화 비균질 다공성 매질에서 이력현상 모형의 개발과 적용, 서울대학교 토목공학과 수공학연구실

성익환외, 1996, 대구지역 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구, 과학기술처, p.459.

성익환외, 1997, 서울지역 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구, 과학기술처, p.550.

성익환, 1997, 21세기 지하수와 환경국제학술 심포지움, pp.71.84.

서울시정개발연구원 a, 서울시 지하수 오염방지 및 관리방안 연구, p.307, 1995.

서울시정개발연구원 b, 우수유출률 저감대책, p.327, 1995.

서울시정 개발연구원, 한강 수질관리 효율화 방안 연구, p.271, 1994.

서울특별시, 지하수관련 질의외신사례 및 업무지침, p.183, 1996.
이동율, 1995, 지하수 감수곡석을 이용한 지하수함양량 추정과 장기 갈수량 예측, 고려대학교 대학원 박사학위 논문
국무총리실, 수질개선기획단, 지하수 오염방지 및 수질개선치유를 위한 R&D 기능의 중요성, pp.79-197.