

지속가능한 지하수개발의 기본방향

최 무 웅 (건국대학교 자연과학부 교수/한국지하수학회 회장)

1. 머리말

우리 나라는 세계적 규모로 볼 때 14번째로 물이 곤란한 나라로 분류되었다는 사실이 그리 귀에 익숙하지 못할 것이다. 물은 언제 어디서나 얻을 수 있는 것이라는 인식과 물은 자꾸 나온다는 풍부한 개념 즉 무한론 때문일 것이다. 그러나 물은 일정한 양이 순환하기 때문에 그렇게 느낄 뿐이다. 그러므로 순환속도의 불균형과 수요공급의 문제로 지구촌 곳곳에서 먹는 물조차 얻기 어려워 10억 이상의 인구가 물 때문에 고통을 겪고 있어 지구의 생태계는 크게 변화하고 있다고 예측하고 있다.

물론 우리 나라도 예외는 아니어서 여름철에서 겨울철까지 물 전쟁을 몇 번씩 겪어야 하는 물 기근 시대를 맞고 있다. 이제 21세기는 물의 전쟁이 치열하게 전개될 조짐이다. 지구촌의 복잡한 자연환경적 급변의 문제점 누적으로 물의 위기를 맞이할 것이라고 수문학자들은 너나 할 것 없이 예측하고 있다.

특히 「Earth faces H₂O Crisis」라고 하여 21세기는 정치, 경제, 종교, 인종문제도 아닌 물 문제가 제일 큰 이슈로 부상될 것이다.

현재 세계는 약 80여개 국가들이 물 부족현상으로 경제적 충격은 물론 건강 즉 생명을 위협받고 있다. 이런 관계로 세계인구의 40%가 물 때문에 극심한 고통을 받고 있다.

최근 들어 지표수 이용에 관한 관할권분쟁과 지하수 영항에 대한 분쟁이 심화되어가고 있는 반면 지방화시대에는 더욱더 심각해지고 있는 추세이다. 우리는 생명을 유지하자는 차원에서 쉽게 물을 얻을 수 있

는 방법으로 지하수를 개발해 오고 있다.

지하수의 이용과 개발이라는 측면에서 초점을 맞추어 보면 수요와 공급의 불균형이 지하수 수질 오염과 이로 인한 환경적 피해를 들 수 있다. 오늘의 이와 같은 것은 모두의 책임이긴 하나 더욱 분명히 한다면 지표수이용에 중점을 두어 지하수 이용을 경시한 문제점의 결과가 정책에 반영되어 문제가 심각해진 후 수습에 나섰기 때문이다. 정책 입안과정에서 물 순환 개념이 충분히 고려되지 않은 관계로 제도적 대응이 사후약방문이 된 것이다. 그러므로 이런 문제점을 줄이기 위해서는 제도개선이 요구된다. 관련법의 문제로 지하수에 관한 문제점을 충족시키지 못하였기 때문에 지하수법 개정안이 나오게 되었다고 본다. 또한 지하수에 관한 기초자료를 갖고 있지 못하므로 자신 있는 정책 대안을 펼 수 없었다. 그러므로 물 즉, 지하수 이용관리에 관한 일관성이 결여된 정책으로 오늘과 같은 심각한 양적 문제와 더불어 오염을 초래하게 되었다고 사료된다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 지하수의 지속적개발이 절실히 요구된다.

2. 21세기는 물의 전쟁

우리는 대부분 얻기 쉬운 보이는 물 즉, 지표수를 이용하여 왔다. 그러나 세계의 주요하천의 물 흐름 상태를 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

한강은 지금까지 관할권에 대한 문제는 별로 없었으나 지방 자치시대를 맞이하여 물 분쟁이 급격히 일어남으로 한강에 평상시 흐르는 물은 아마 바닥이 날 것이다. 이런 문제는 남한강 상류에서 양수리에 이르

기까지 분쟁의 복병이 많은 것은 물론 북한강 상류에서는 더 큰 문제가 발생되어 수원확보에 초비상이 걸릴 것이다.

인더스강에서는 파키스탄이 많은 양의 물을 요구하는가 하면 인도에서는 펀잡 지방의 농업용수 확보로 강물이 점차 줄어들어 하류에서는 물을 볼 수 없는 상태로 직면하게 될 것이다.

요단강유역에는 이스라엘, 시리아, 요르단 등의 국가로 이루어졌으나 이미 40%는 이스라엘이 1967년 전쟁에서 차지하고 있어 기타 나라들에 많은 영향을 주고 있기 때문에 중동 평화 회담이 잘 성사되지 못하는 이유가 바로 요단강 유역의 물 사용권 때문이며 회담에서 물을 고수하고 있기에 서로 잘 이루어지지 않는 것이다.

티그라강과 유프라테스강 상류는 터키가 관리하고 있으며 GAP프로젝트에 의해 33개의 댐을 만들고 있다. 하류쪽 나라인 시리아와 이라크이나 시리아가 대수로 관계 계획을 하고 있어 앞으로 이라크와 큰 충돌이 예상되어 물이 바짝 마를 것으로 예상된다.

메콩강은 라오스, 베트남, 태일랜드 등의 급진적 경제 개발로 강물이 점점 줄어드는 것은 물론 수질도 나빠져 가고 있다. 그러면서도 태일랜드와 라오스는 댐을 건설하려는 계획을 하고 있어 이들 나라들은 물 분쟁이 서서히 일어나고 있다고 예측된다.

잠베지강은 잠비아와 짐바부아가 서로 서로 공유하고 있는 유역이나 유출량이 점점 감소하고 있는 현상은 아프리카의 기타 강에서도 마찬가지로 물 양이 줄어들어 만성적 가뭄, 아니 물 부족을 일으키고 있다.

겐지스강 유역에는 3억의 인도사람들이 농사를 짓고 있거나 물을 이용하는 산업에 종사하고 있어 하천수량이 점차 줄어들고 있다. 물론 이 강 상류는 히말라야 산으로부터 흐르고 있지만 네팔, 방글라데시 등의 물 사용권 관계로 서로 이익을 제기하고 있는 사실만 보아도 세계적으로 여러 군데에서 물 전쟁이 시작되고 있다고 보아야 타당할 것이다.

이런 문제는 우리들이 지구를 못살게 군 결과로 지구가 우리에게 주는 21세기의 환경 형벌이 되는 셈이다. 그러므로 세계의 80개 국가가 물 문제 때문에 골

치를 앓고 있으며 40%의 세계인구가 먹는 물을 얻지 못해 죽어 가는 충격적 사실을 우리는 깊이 인식해야 한다.

일반적으로 한 사람이 하루 생명을 유지하기 위해 2.5l의 물이 요구된다고 알려졌다. 그러나 비상시에는 며칠씩이나 물을 한 모금 마시지 않고도 살았다는 예가 삼풍백화점 붕괴현장에서 우리는 목격했다. 이러한 물을 우리들은 늘 낭비하고 있지 않은가 잘 살펴 보아야 한다.

서울시는 수도물 절약 운동으로 물이 15%절약되어 세수에 많은 지장을 주었다는 신문보도는 정말 아이러니한 이야기였다고 말할 수 있다.

어쨌든 21세기의 전쟁 전리품을 지금부터 확보하기 위해서는 평상시부터 절약하고 물을 잘 관리하는 습관을 가진 지역 주민만이 물 전쟁에서 살아남을 것이라고 본다.

물은 1일 1인에게 얼마나 공급하느냐에 따라서 선, 후진국을 구분하는 척도가 되기도 한다. 물 값이 매년 두 단위(두 자리 숫자)씩 올리는 나라가 있는가 하면 물은 국민의 생명의 기본이므로 공기와 더불어 누구나 자유롭게 얻어야 한다는 기본적 개념으로 아예 물 값을 받지 않는 나라도 있다.

이러한 나라는 우리보다 더 물을 절약하고 철저히 관리하고 있다. 우리가 얼마나 물을 절약할 수 있는지 현재 쓰고 있는 물의 양을 보고 생각해 보아야 할 것이다. 일반적으로 목욕탕에서 샤워하기 위해 쓰는 물 양은 약 225l이다. 시판되고 있는 말통물 18.8l가 3,500원이라면 샤워 한 번 하는 데 물 값을 4만원이나 내야한다는 생각을 하고 샤워시간을 짧게 하거나 샤워 꼭지를 조절하여 물이 조금씩 나오게 해야 한다.

우리는 생리적으로 하루라도 화장실을 안가면 안되게 되어 있다. 마음의 안정을 위해 일일 몇번이라도 화장실을 출입해야 한다. 이때 한번 가서 물을 쓰는 양이 약 31l의 깨끗한 물을 버리게 된다. 이런 양을 1년 계산하면 11,250l로 18.8l 말통물 625통으로 가격으로는 2,187,500원의 물 값이 되는 셈이다. 이런 많은 돈을 절약하기 위해 화장실 적벽돌 1~2개를 넣으면 물 20%의 절약효과를 얻는다.

부엌에서 그릇을 닦는다든지 요리를 하기 위해 많은 양의 물을 사용한다. 그릇 세척기로 그릇을 닦을 경우 36~72l가 드는가 하면 손으로 닦을 때는 13~67l밖에 쓰지 않는다. 요리하기 위해서는 20~30l밖에 쓰고 있지 않다. 그러므로 사용자의 의식에 따라 얼마든지 물을 줄일 수 있다.

그외 청소, 세탁등은 물을 많이 쓰고 있다. 이렇게 꼭 써야 하는 물, 이것을 확보하기 위해서 지구촌 곳곳에서 나름대로 선전포고가 된 셈이다. 아니 지구촌에 사는 우리들이 지구환경을 파괴하면서부터 물 전쟁은 시작된 것이라고 생각된다.

우리나라도 언제나 문제되고 있는 것은 상수원지역 내에서 경제활동 때문에 음용수의 수질이 악화되어 모든 사람들이 물 스트레스가 걸려 있는 것이다. 이런 문제의 해결을 상수원 지역을 자연그대로 보호 관리하여야 한다는 것은 기존 상식이지만 이것을 안 지키는 사람들이 문제가 되고 있다.

물은 이제부터 언제 어디서나 얻을 수 있는 물이 아닌 전략적 물이 되어 21세기에는 심각하게 물 때문에 전쟁할 것이며 물을 전리품으로 얻게 될 것이다.

우리 모두 그 동안 지구환경을 무차별하게 파괴한 결과로 또 하나의 전쟁 이슈인 물 전쟁의 선전포고가 지구촌 구석구석에서 행해지고 있다. 이제 21세기는 물을 어떻게 양적으로 확보 관리하느냐에 따라 민족과 국가를 유지할 것이다. 다시 한번 물을 돌이켜 보아야 할 지금 좋은 기회를 맞고 있다.

3. 지하수 이용현황

1998년 건설교통부에서 발행한 지하수 조사연보 및 1999년

4월 국무총리실 수질 개선기획단의 물 관리 업무자료에 의하면 3,382,780,146톤으로, 1970년대에 비하면 약 10배로 증가하였다. 용도별 지하수 이용은 47.2%에 해당하는 생활용수가 제일 많으며 두 번째 농업용수로는 43.9%, 공업용수로는 6.5%, 기타 이용 비로 2.4%이다. 지역별 지하수 이용 현황은 충청남도, 전라남도, 경상남도, 경기도, 경상북도, 제주도, 충청북도, 강원도의 순이다.

지하수 이용량은 지형적 특색을 잘 반영하고 있다. 태백산맥을 중심으로 동쪽으로는 이용량이 작은 반면 서쪽은 대단히 많이 이용하고 있다. 이런 지역은 인구가 밀집된 이유도 있지만 농업용수 및 공업용수 등 이용이 많기 때문이다. 이와 같은 지하수 이용 추세로 볼 때 21세기는 지하수 이용량이 전 수자원 이용량 중

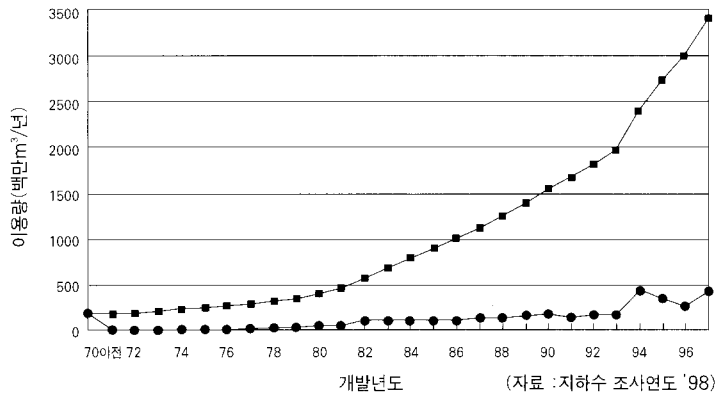


그림 1. 연도별 지하수 이용량

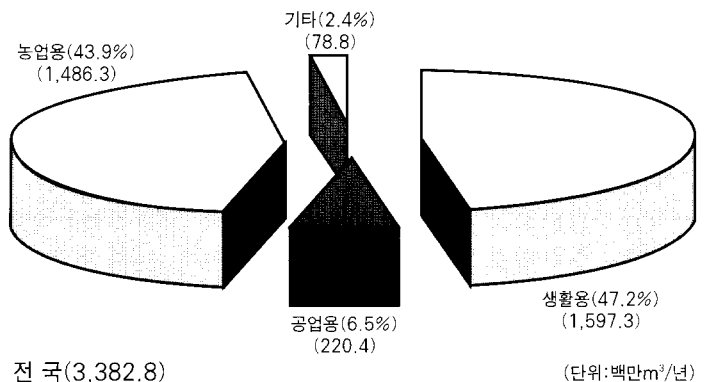


그림 2. 용도별 지하수 이용비율

큰 비율을 차지할 것으로 예측된다. 지하수는 질적으로 양질이면 수온수량이 안정적으로 공급 할 수 있는

장점이 있기 때문이다.

4. 물 소비예측

일인당 물 소비량을 생각해보면 60년대까지는 물을 얻는 것이 취직해서 돈버는 것보다 어려운 시대였다. 그러므로 이 시대의 일인당 물 소비량은 인간이 살아가는 필요량에도 못 미치는 양이었다. '80, '90년대에 들어와서 경제성장과 더불어 물소비가 폭발적으로 증가하였다. 이런 원인은 여러 가지가 있지만 여하간 물 때문에 어려움을 받지는 않고 있다. 지역별 시도별 일인당 공급량은 차이가 있으나 충분하게 공급하고 있지만 미래 사회는 현재보다 물 사용량이 급증하게 될 것으로 예측하고 있다.

1993년 총 용수 수요량은 290억톤 96년 302억톤, 2006년 349억톤, 2011년에는 370억톤의 물 수요가 예측되고 있으나 이와 같은 추세로 본다면 2001년에는 여유량이 19억톤, 2011년 6억 톤으로 물 공급에 적신호가 예상된다.

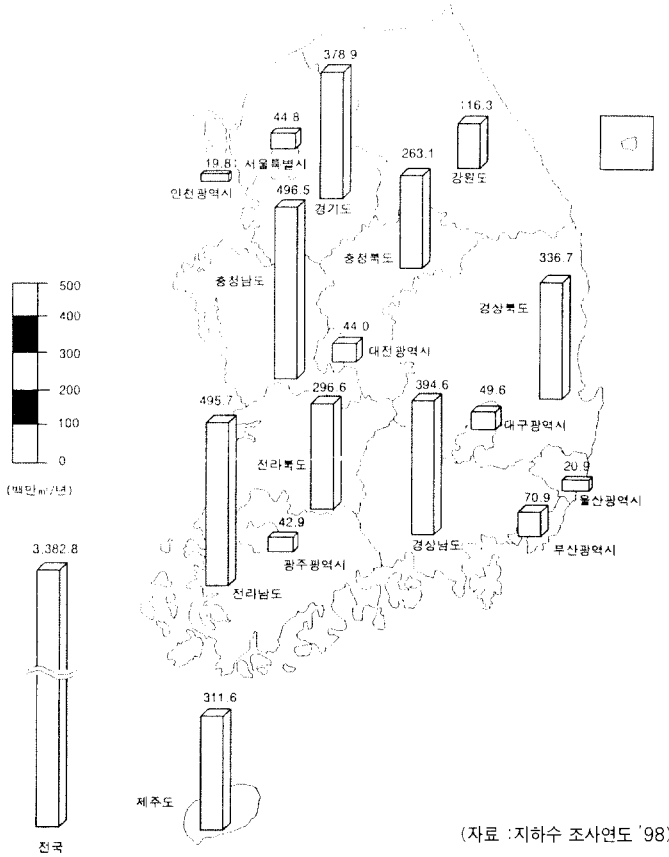


그림 3. 1998년도 지역별 지하수 이용현황

표 1. 장기 용수수요량추정

(단위 : 억m³)

구분	1993	1996	2001	2006	2011	외견
총용수수요량	290	302	330	349	370	370
생활용수	53	59	71	77	82	82
공업용수	26	28	31	34	36	36
농업용수	154	158	164	171	178	178
유지용수	57	57	64	67	74	74
총용수공급량	310	325	3149	355	376	396
하천수	164	165	171	174	173	164
지하수	20	21	24	27	30	30
댐원수	126	139	154	154	173	202
여유량	20	23	19	6	6	26
예비율(%)	6.5	7.1	5.1	1.7	1.6	7.0

5. 지속 가능한 개발방향

깨끗한 물을 찾으려는 인간의 노력을 아주 오래 전부터 행해져 왔다. 왜냐하면 물은 우리의 생명수이며 지구 환경 그 자체이기 때문이다. 그러나 최근 들어 지표수는 말할 수 없을 정도로 오염되어 어떻게 해야할지 분간하기 어려운 실정이다. 그러나 지하수는 아직도 그 양과 집적문제에서 양호한 실정이다.

지하수 이용은 과거에는 개발 대상

이 주로 10~20m이내의 충적층이기에 무강수 일수가 20일만 되면 고갈되는 현상이 일어났다. 이를 극복하기 위해 심층 지하 1000m까지 이용가능 층으로 고려한다면 지하수량은 1조 5억 톤으로 추정된다. 그러나 현재는 총수자원 공급량 중에 약 6.5%를 지하수로 충당하고 있다.

총 수자원 양 중 45%(570억 톤)가 지하수로 침투 또는 증발량에서 고려한다면 지하수에 기여하는 양을 52%로 보면 약 300억 톤이 이용가능한 량 즉 순환량이 되는 셈이다.

그러므로 순환 양은 이용가능한 양이므로 물 공급량의 10%정도에 지나지 않는 양이다. 그러나 외국에 비하면 지하수 개발 이용량은 적은 편이다. 그러므로 약 300억 톤의 순환 양이 지하수로 유동하고 있으므로 지하수 순환계에 장애를 주지 않는 범위 내에서 시대가 요구하는 물량 중 지하수가 크게 기여하려면 다음과 같은 방향을 제시한다.

지하수를 지속적으로 이용하기 위해서는 자연함양량에 의존하지 말고 인공함양을 적극적으로 행하여야 한다. 지하수의 순환속도에 따라 지하수 개발과 지역별 총량제 규제장치를 마련해야한다.

지하수의 수질을 위하여 오염된 지표수를 처리하여 환경기준에 맞는 물을 인공 함양원으로 이용하고, 기타 수물자료 확보를 위해 모니터링시스템을 확대하고 자료를 DB화하여 지하수 정보(GIS)를 공개하여야 한다.

6. 지속 가능한 개발방법

지하수 이용을 위한 지속 가능한 개발은 여러 가지 방법이 분분하겠지만 우선, 지하수 순환량을 상회하지 않는 양을 개발하여야 한다는 전제로 다음과 같은 방법을 제시할 수 있다.

① 지하 댐 설치

하천유역의 일정한 간격으로 지하에 트랜치형 댐을 만들어 지하수 유출을 방지하므로 지하수를 오랫동안 저류 시킬 수 있다. 필요할 때 양수하여 이용한다.

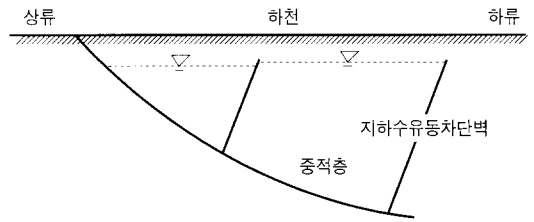


그림 4. 지하댐개념도

② 폐공을 이용한 인공함양

숫자를 알 수 없을 정도로 많이 방치된 폐공 때문에 오염된 지표수가 이곳을 통해 유입되어 지하수계의 지하수 수질을 오염시키고 있다고 문제가 되고있다. 물론 그러하다. 그렇지만 폐공을 이용하여 인공함양을 실시한다면 지하수 함양이 작은 지역에서도 충분히 지하수를 얻을 수 있게된다. 역설적으로 말한다면 각 폐공마다 수리지질적 특성을 파악하여 순환속도를 규명한다면 문제가 있는 지표수도 충분히 저장할 수 있는 장점도 있다. 자료에 의하면 폐공은 228,579 공이다. 이런 우물이 평균 100m, 우물 직경이 10-20cm라면 많은 물을 함양시킬 수 있다. 물론 폐공의

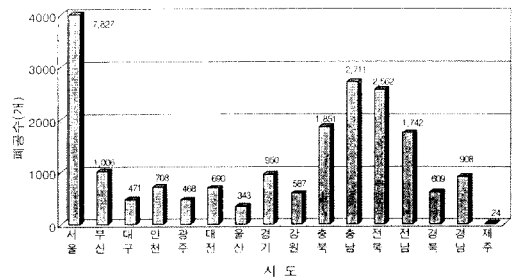


그림 5. 시도별 폐공 현황

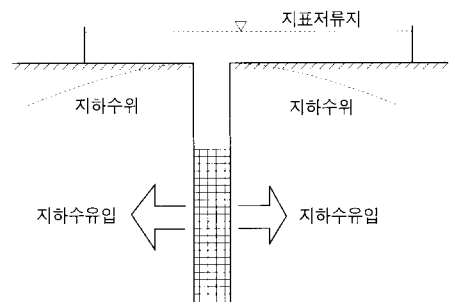


그림 6. 폐공을 이용한 함양

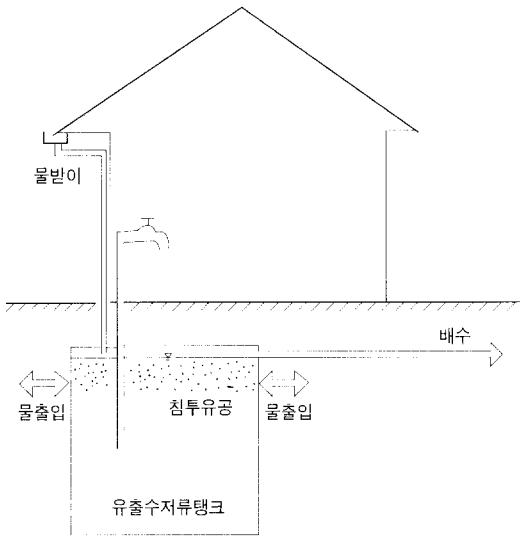


그림 7. 강우시 지붕 및 정원의 유출수를 지하에 함양

지하 지질구조에 의하지만 비교적 폐공은 인공함양 우물로 이용에 별 문제가 없다.

③ 침단우물

도시화 및 산업화로 인하여 강수 발생시 지하로 침투하기 점점 어려워지고 있다. 이런 관계로 도시지역에서는 급격한 유출현상으로 도시홍수가 발생하고 지하수 수위 저하로 인한 생태계 및 구조물의 장애가 발생하고 있다. 침단우물은 이런 문제점을 일시에 해결하고 지속적 지하수 개발이용에 기여할 수 있다.

단독주택 및 공동주택의 지붕 및 마당에서 모여지는 양은 강우의 DAD에 따라 다르기는 하지만 많은 양이라고 보고되고 있다. 지붕 물받이와 집 주변 배수로에서 나오는 빗물을 정원 지하에 탱크를 매설하고 그 곳으로 유입시켜 지표유출 시간을 지체시키는 효과와 지하수로 유입하는 인공함양을 겸할 수 있다. 평상시는 탱크에 저장된 물을 이용하여 정원수, 청소용, 세차, 화장실 등으로 이용한다면 물 이용의 효율성을 가져오게 된다.

④ 도로 및 배수로의 인공함양

도시 포장도로의 비율은 25-30% 정도로 확대되고

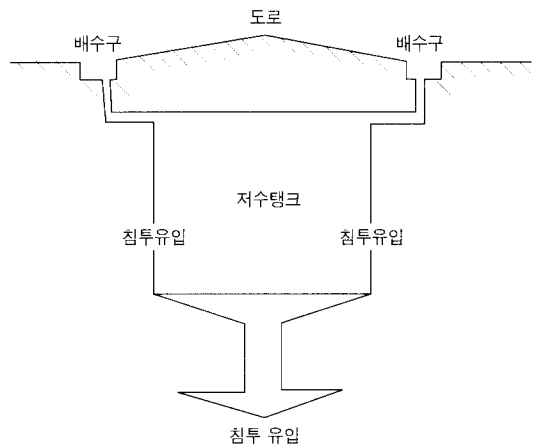


그림 8. 도로와 배수구의 인공함양

있다. 이런 부분은 강우의 침투가 이루어지지 않고 있기 때문에 지하수계에 충격을 주고 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 도로를 따라 큰 지하 저수 콘크리트 탱크를 설치하고 병행하여 도로 배수로의 바닥을 콘크리트로 마감하지 말고 자갈로 마감하여 우수 침투를 원활히 하도록 하는 장치가 인공 지하수 함양이다.

이렇게 저수탱크에 저수된 물은 비상용수, 즉 방화용수, 위기가 발생하였을 경우 수도물과 전기가 단전됐을 때 식수 등 생활용수로 이용할 수 있다. 그러므로 도시에서 지하수의 자연적 수위가 유지되어 지하수개발 이용을 지속적으로 할 수 있다.

⑤ 경작지를 이용한 인공함양

경작 중 일 때는 밭고랑에 주기적으로 물을 저류시켜야하며 휴경 시기는 저수지와 같이 만들어 지하로 함양되도록 하여야 한다.

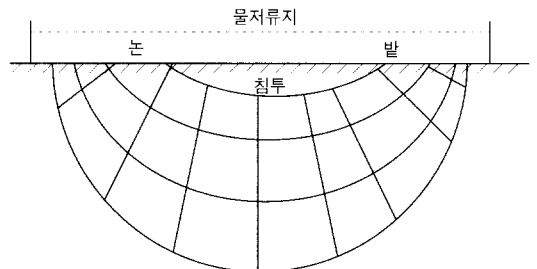


그림 9. 논·밭을 이용한 침투지

⑥ 이의 지하수 양수시 적정 양수량 및 안정 수위를 유지하여야 하며 우물 개발시 영향권이 중복되지 않는 지역에 우물을 개발 이용하여야 한다.

7. 맺는말

우리 나라의 장기적 물 수요 예측에서 2006 년부터 총 물 수요량의 1.7%의 예비율로서 겨우 6억 톤에 이르고 있다. 이런 추세라면 물 부족으로 중대한 문제가 발생가능하다고 추정된다. 그러므로 전국 어디서나 깨끗하고 풍부한 물을 공급하여 삶의 질을 높여야 한다. 이르기 위해서는 1조 5억 톤의 풍부한 양의 지하수를 지속적으로 개발하여 이용한다면 2006 년부터 문제되는 물 부족 문제를 해결할 수 있다. 지하수

의 지속적 개발을 위해서는 水循環량을 증대시키는 지하수 인공함양 및 관리체계를 정비하여야 한다. 지하수 수질오염을 방지하기 위해 지하수 보전구역을 지정 및 관리의 강화는 물론 방치된 폐공을 이용하여 지하수 함양을 활성화하는 것은 물론 건축법으로 정하여 첨단우물설치로 도시지역에서 도시홍수피해방지 및 지하수 인공함양증진으로 수리지질적으로 지반 안정을 시키는 효과를 가져온다. 물 순환 개념으로 접근하여 지하수관련법 정비는 물론 지하수 기사, 지하수 산업 기사 자격 취득자들이 업무를 담당 할 수 있게 하는 제도화가 급선무이다. 이와 같은 방법으로 2006년 부터 물 부족을 충족시키기 위해서 지하수의 지속적 개발만이 우리 나라의 물 문제를 해결 할 수 있는 방안이라고 사료된다. ●

<참고 문헌>

최무용, "21세기 물전쟁은 시작되었다." 월간 리더스 코리아, 1995년 9월호, 1074-76.
 "무분별한 개발로 지하수가 죽어간다." 현정 19, 100-101.
 "우리나라 지하수 정착의 문제점과 방향" 한국수자원학회지, Vol.29 No 6, p55-57, 1996.12.
 "물에도 나이가 있다". 과학동아 9월, p72-76, 1993.
 "21세기 식수원은 지하수", 휴먼 저널, p32-33, 1995 5월.
 "물순환 속도 무시한 개발이 최대 문제", 월간 세계와 나, p272-275.
 "좋은 물, 맛있는 물", 월간 세계와 나, p376-381, 1994 11월.
 "물에도 나이가 있다", 세계일보 [세계시평], 1994 3월
 "인공 지하수 시대", 세계일보 [세계시평], 1994 5월 19일.
 "첨단 우물", 세계일보 [세계시평], 1994 6월 2일.
 "비상시 식수는 있는 가", 세계일보 [세계시평], 1994 6월 16일.
 "물의 고품질화 시대", 세계일보 [세계시평], 1994 7월 5일.
 "21세기 식수원" 세계일보 [세계시평], 1994 7월 27일.
 "물을 닦아 쓰자", 세계일보 [세계시평], 1994 8월 21일.
 "지하수맥을 살리자", 세계일보 [세계시평], 1994 8월 28일.
 "지하수 채수는 소심스럽게", 월간 휴먼 저널, p24-25, 1994 9월.
 "생명의 물 이렇게 아끼자", 한국지하수 협회지, p93,1996.
 "물과 건강", 자유출판사, 1992, p231.
 "지구촌의 물과 땅을 지키는 노하우 하이텍", 자유출판사, p174, 1992.
 "물수지", 반도 출판사,1987.
 "韓國における 地下水開發と 保全", 日本 地下水學會, 1997 6월 12일.
 "Groundwater development in Korea", 국제 미네랄심포지움, 세인트 피터스버그, 러시아
 "지하수기능사", 구미서관, p238, 1998.
 배상근, "지하수 개발과 보전의 문제점 사례", 한국수자원학회지, Vol.29, No.6, p20-27, 1996 12월
 이순탁, "제주도 지하수 심포지움 소개", 한국수자원학회지, Vol.29, No.6, p28-36, 1996 12월.
 이상일, "지하수 폐공의 효율적 관리 방안", 한국수자원학회지, Vol.29, No.6, p37-41, 1996 12월.
 박창근, "지하수법 주요 개정내용과 향후 과제",

- 한국수자원학회지, Vol.29, No.6, p42-48, 1996
12월.
- 김영한, "지하수 허가제의 효율적인 시행방안",
한국수자원학회지, Vol.29, No.6, p49-54, 1996
12월.
- 선우중호, "지하수개발 이용에 따른 바람직한 지하수 기초
조사와 영향평가 방안", 한국수자원학회지, Vol.29,
No.6, p58-61, 1996 12월.
- 농어촌공사, "한국지하수 총람", p1087, 1996.
- 건설교통부, "지하수조사연보", p590, 1998.
- 과학기술처, "지하수 오염 방지 및 음용화 기술 연구",
p415, 1997.
- 조원창, "지하수 오염과 수자원 행정의 문제점",
한국수자원 학회지, Vol.29 No 6, p12-19, 1996.12.
- 환경부, "환경백서", p562, 1995.
- 국무총리실 수질개선 기획단, "물 관리 업무자료", p380,
1999.
- 99년도 물관리 종합대책", p267, 1999.
- 지구환경연구소, "지하수오염방지기술", 경희대, p144,
1997.
- "한국지하수 이용의 현재와 미래기술", p133, 1992.