

## 지하수 조사와 개발

김명수 (HTO 개발)

### 1. 서론

최근 몇 년 사이 수자원 부족에 대한 문제를 사회전반에서 심각하게 인식하고 있다. 환경에 대한 전 국민적인 관심과 함께 댐을 건설해 수자원을 확보하는 방식에는 많은 어려움이 있고, 대체 수자원에 대한 개발이 쉽지 않을 것으로 예상되기 있기 때문이다. 그러나, 수자원에 대한 문제는 이미 오래 전부터 대두되어 왔다고 볼 수 있다. 전국을 돌아다니며 만난 시장과 군수 그리고 관료들은 “물 문제만 해결되면 살 것 같다”는 말을 자주 한다. 실제, 그다지 많지 않은 지방재정에서 30%이상 심한 경우에는 60%선을 물 공급에 쓰고 있고, 4조가 넘는 지방 시, 군의 빚은 대부분 물을 공급하기 위하여 사용되어졌다고 해도 과언은 아닐 것이다.

이런 의미에서 지금까지 행정당국 여러 관료, 지방단체, 학자들과의 대화를 토대로 지하수 조사의 필요성과 개발의 활성화 방안에 대하여 살펴보고 지하수 수자원을 확보하여 이용하므로써 우리 나라 물 문제를 해결하는데 도움이 되는 방안을 마련하고자 한다.

### 2. 지하수 이용

옛부터 우리의 조상들은 거의 모든 음료를 지하수로부터 얻어왔다. 마을의 중심부에는 항상 우물이 있어 그 마을의 생활중심이 되었으며 음용수의 대부분은 이 우물로부터 공급을 받아왔다. 개울이나 하천의 주변에서도 허드렛 물은 개울물을 사용하였으나 음용수 만큼은 지하수를 이용하였다. 이러한 생활 습

관은 사회기반시설이 확충되어 중앙 공급식으로 바뀌면서 서서히 줄어들었고 또한 환경의 관리 소홀로 인하여 지하수가 오염되면서 그 사용비율은 점점 감소되어 갔다(선우중호). 그러나, 현대사회로 들어와 시민의식의 변화, 고도로 발달된 사회구조와 인구의 증가로 기존의 방식으로만 물을 공급하는 것에는 한계가 있다는 것을 인식함에 따라 관심은 다시 오래 전부터 사용하여 오던 지하수와 그 특성에 관심을 가지게 되었다. 그렇다면 미래에 수자원이 될 지하수의 특징은 무엇인가?

첫째, 수질이 양호하다. 이것은 오염되지 않은 대부분의 국토에서 개발된 지하수를 피부로 느끼고 관찰한 결과이며 전 국토의 토양과 암반이 지하수 함양에 적합해서 양질의 지하수를 생성하는 것은 주지의 사실이다.

둘째, 지하수는 지표하 모든 곳에서 존재한다. 이 말은 결국 물이 필요로 하는 지역에서 가장 가까운 곳에서 개발할 수 있으며, 적정량을 개발할 경우 각 시, 군의 읍, 면 지역에 자체 개발해 사용할 수 있으며 이 경우 지하수를 사용하는데 드는 비용이 지표수를 사용하는 데 소요되는 비용보다 훨씬 경제적이다(선우중호 1992, 건설 기술 연구원 1993, 배상근 1999). (참고로 지표수나 지하수는 높은 곳에서 낮은 곳으로 흘러가는 특성에 의하여 개발해 보면 지하수를 개발할 수 있는 양이 유역지역, 하천, 강의 크기에 비례한다)

셋째, 증발로 인한 손실이 거의 없다.

넷째, 일정 깊이 이상에서 존재하는 지하수는 수온이 일정하다. 예를들면, 방학동(중량천유역)미원공장은 연암과 경암 즉 1차 불투수층 직전에서 방사상 특

수 집수정 공법으로 개발된 7개의 우물을 온도가 일정하다는 이유로(2만 7천톤/일) 냉각수로 쓴 뒤 중량천에 하천 유지용수로 사용하고 있다.

다섯째, 물을 운반할 특정한 시설이 필요하지 않다. 저류를 위한 특별한 시설이 필요하지 않고 단지 양수를 위한 펌프와 관이 필요로 할 뿐이다. 이는 집수지, 정수시설, 배수지 시설비의 획기적 절약이 가능하며 특수약품처리가 필요치 않아 여러 가지 용도의 용수로 사용하기에 적합하다.

여섯째, 오염물질이 침투하기 어렵다.

일곱째, 직접적인 방사능 물질의 낙진으로부터 안전하다.

여덟째, 안전(가용)채수량 내에서 사용할 시 가장 안정적이다.

아홉째, 유입 및 유동속도가 느리기 때문에 저류성이 크다.

이 밖에도 근래 토지 가격이 상승함으로 인해 지표수 개발에 따르는 비용상승과 재산권 문제, 환경문제, 민원 발생의 최소화와 함께 국토를 효율적으로 활용할 수 있는 장점도 있다.

그렇다면, 어떤 이유로 지금까지 지하수의 사용이 제한되어 왔는가? 이는 지하수가 가진 여러 가지 이점에도 불구하고 안전 채수량 산정을 위한 조사의 어려움과 지하수 재해의 발생으로 인한 피해등의 이유로 지하수는 이용하기 보다 보존해야 할 수자원으로 규정지어져 왔기 때문이다.

이는 지하수 자원의 이용에 대한 지극히 소극적인 시책으로 여겨진다. '지하수를 개발할 것인가, 말아야 할 것인가' 하는 논쟁은 지금까지 시행해 온 지하수 관리의 문제점, 지표수 위주의 개발과 지하수조사의 불확실성으로 야기된 결과이다. 그러나 이러한 논쟁은 아무런 의미가 없는 것이다. 양질의 지하수는 하천과 강을 통해 바다로 흘러 보내며 물 부족으로 고심한다는 것은 앞 뒤가 맞지 않는다.

지하수의 연간 가용 개발량은 130여억 톤으로 추정하고 있는데 유입속도도 느리고 유동속도도 느리기 때문에 저류성을 활용하면 우리 국토의 안전 채수량의 대부분을 개발 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

유역별, 지역별로 국가에서 조사하여 설계, 개발함으로써 물 문제의 어려운 분야; 가뭄 상습지역, 물 부족 지역, 상수시설이 되지 않은 시, 군의 읍, 면, 등의 문제가 대부분 해소될 수 있을 것으로 추정된다. 또, 연간 상수원으로 사용되는 60여억톤의 2~3 배가 되는 양질의 지하수 자원을 조사, 이용 및 보전에 대한 모든 측면을 고려하여 현재 개발되어 있는 지표수와 같이 효율적으로 활용하면 물 공급의 일익을 담당하는 보조수원이 아니라 주 수자원으로 이용될 수 있을 것이다(선우중호 1992, 배상근 1999).

### 3 지하수 조사

개발과 이용 측면에서 지하수 조사가 반드시 이루어져야 하고 조사는 유역 또는 해당 지역의 지하수 부존량, 연간유입량, 안전채수량, 지하수 유동로가 조사되어야 한다. 특히 안전채수량과 지하수 유동로는 설계 개발을 위해서 필수적인 자료인데 이는 상수원의 안전성 확보와 지하수 재해를 방지할 수 있어야 하기 때문이다.

지하수 개발을 위한 조사항목을 구분해 설명해보면,

첫째, 개발에 가장 필요한 안전채수량이다.

안전성을 확보하기 위해 개발해야 될 지점에서 안전채수량이 조사되어야 하고 이를 토대로 기존 개발되어 사용되고 있는 양을 제외한 범위 내에서 개발되어야 하며 국가 정부기관에서는 안전채수량 이상을 개발하여 사용하지 못하게 통제를 하여야 한다.

1960년 중반부터 지하수를 개발(주로 관정)하여 왔지만 조사능력이 부족한 상태에서 개발함에 따라 불신임이 누적되어왔던 것이 사실이다. 그러나, 지하수의 대량 개발공법이 개발되어 있고 활성화 되어야 할 상황이 도래하고 있는 시점에 정확한 가용(안전)채수량을 조사하는 것은 필수적이다.

둘째, 지하수 유동로가 조사되어야 한다.

지하수 유동로가 조사되어 설계, 개발하면 정확한 개발이 되어 공사량, 공사기간, 공사비도 절약할 수 있으며 무엇보다 개발의 신뢰도도 증진시킬 수 있다.

셋째, 유역지역 또는 개발할 장소의 지하수 부존량 조사

넷째, 유역지역 또는 개발할 장소의 지하수 연간 유입량 조사

불과 15 여 년 전 미국이나 일본에서 조차 정밀한 조사가 어려워 개발 후 지하수장애가 있었지만 현재는 우리나라도 외국 현지 조사경험으로 실무능력을 보유한 학자들이 있다. 조사능력도 가지고 있고 암반 지하수를 환경 친화적으로 대량개발 할 수 있는 공법도 개발되어 있는 지가 10 여 년이 되었다.

## 4. 지하수 개발

### 4.1 지하수 개발의 경제적, 효율적 관점

지하수를 개발하여야 하는가 하지 말아야 하는가에 대한 논쟁은 자원의 효율적 이용 관점과 경제적 관점으로 대별할 수 있다.

자원의 효율적 이용면에서의 지하수 개발은 후세들에게 남겨줌으로써 후세들이 긴급한 상황에서 지금보다 더 높은 가치로서 이용할 수 있지 않겠느냐는 이론이다. 많은 사람들은 지하수를 석유처럼 매장되어 한번 개발하면 다시는 사용할 수 없는 자원으로 생각하는 경향이 있다. 그러나, 지하수의 경우에는 다른 일반 자원과 달리 지표로부터 보충되는 것이기 때문에 가용(안전)채수량 범위 내에서 적절히 개발 사용하면 아무런 영향을 주지 않는다(선우중호 1992). 지하수는 연 강우량의 일부가 지표하로 유입되어 자연정화를 거치며 일부는 암반층 깊숙히 들어가 암반의 공극을 매우고 대부분은 지하수면을 따라 바다로 유출되는 것이다. 다시 말해 지하수를 개발한다는 것은 지하수 부존량(1.5조억톤)을 사용하지는 것이라기보다 매년 땅속으로 스며드는 물을 개발, 사용하지는 것이다. 따라서, 자원의 효율적 이용이라는 점에서도 안전채수량 내에서 가급적 많이 개발되어야 하고 사용되어야 한다.

경제적인 관점에서든 지하수 개발이 현 시점에서 이루어져야 하는가 아니면 후대를 위해 남겨놓아야 하는 가는 점점 명확해져 가고 있다. 지표수와 지하수

개발에서 사용에 들어가는 전 과정을 원가 분석하면 개발비는 지하수가 지표수의 10~20%이고 정수비는 원수비를 포함하여 13~35% 수준이다. 이는 확연히 지하수 개발활용이 획기적으로 저렴하다는 것이 입증하는 것이다. 지하수가 획기적으로 유리하다는 것은 세계각국의 지하수를 활용하고 있는 지역에서 입증되고 있고 우리나라도 이러한 추세에 편승하고 있는 상태이다. 댐 건설 반대는 뒤로 하더라도 경제성이 희박한 지표수 개발에만 의존하는 시기는 지났다.

### 4.2 지하수 개발공법

지하수 개발에 효율과 경제성과 함께 문제가 되는 것은 개발공법이다. 지하수 개발은 지금까지 여러 가지 공법이 사용되고 있으며 충적층에서 개발하느냐 암반층에서 개발하느냐에 따라 그 공법의 차이가 있고 암반층에서는 소량으로 개발하는 관정 공법과 지하수 유동로를 연결하는 암반 방사상 공법으로 대량 지하수를 개발하는 2 가지 공법이 있다.

충적층에서 개발하는 방법은 대부분 만주식 방사상 공법이 주로 사용되는데 이는 하천 복류수를 취수하는 방법이며, 지표가 오염되지 않고 강우가 일정한 지역에서 사용하기 적당하다. 그러나, 우리나라의 토양 특성은 미국의 경우와 달리 충적층이 충분히 두텁지 않고 강우가 일정하지 않기 때문에 물을 안전하게 공급받기 어려운 공법이며 생활하는 지표와 접해 있기 때문에 오염에 취약한 것이 단점이다.

암반에서 개발되는 방법은 위에서 언급한 것과 같이 2 가지가 있는데 하나는 관정 공법이며 다른 하나는 암반 방사상 공법이다.

관정 공법은 지하 대개 100~150m 깊이까지 드릴로 땅을 파서 지하수를 개발하는 방식이다. 적은 양을 개발할 때 효과적인 방법이다. 그러나, 이 공법은 심각한 문제를 가지고 있는데, 첫째는 성공확률이 25~30%에 밖에 미치지 못하기 때문에 폐공을 많이 발생하고, 둘째로 적은 양을 개발하기 때문에 정부의 관리, 감시가 어렵다는 것이다. 이와 같은 이유는 결국 환경오염으로 이어지기 때문에 앞으로 지양되어야 할 공법이다.

또 다른 하나는 암반 방사상 공법인데 지하수가 유통하고 있는 곳까지 수직으로 파고 들어가 수평으로 다시 싸이드 보링하여 지하수 유통로를 연결하는 방법이며 지하수를 암반층에서 대량으로 개발 때 사용하는 공법이다. 즉, 파쇄대가 발달한 1차 불투수층 전에서 유통되고 있는 지하수를 대량으로 취수하는 공법이다. 이는 우물공법→만주식 공법→암반방사상공법 단계로 발전된 형태이며 지하수면 또는 가까운 곳에서 개발되기 때문에 폐공을 전혀 만들지 않으며(지금까지 100% 성공) 가용취수량을 조사한 뒤 개발할 경우 안전성이 뛰어나며 대량개발에 적합한 특징이다.

다목적댐에서 공급하는 공급량이 연간 100 억 톤 전후이고 지하수 채수해 공급할 수 있는 양이 130 여 톤이므로 물 부족문제를 해결할 수 있는 가장 효과적인 방법이 지하수라고 할 때 우리는 앞으로 지하수 개발에 적용할 공법도 깊이 고려해 보아야 할 것이다.

### 5. 지하수 이용과 관리

하천이나 호수 이외의 개발 및 관리가 가능한 수자원 중 가장 현실적인 대안은 지하수의 개발과 이용이며(최영박 1998), 도시민이 아닌 경우 세계인구의 80%가 지하수가 지표오염으로부터 안전하다는 이유에서 상수원으로 공급받고 있다(김우구 1998). 이러한 사실에도 불구하고 환경부(전국 수도종합계획 1998자료)에 의하면 상수원을 50%이상 지하수로 사용하고 있는 나라는 네덜란드를 포함하여 10여개 이상 국가(대부분 선진국)이고 덴마크의 경우는 99%의 상수원을 지하수로 사용하는데 반해 한국은 지하수의 상수도 점유율은 1.7%에 불과하다. 수 자원의 균형있는 발전이 잘 이루어 졌다고 말하기는 어렵다. 그 이유는 앞에서 언급한 것과 같이 지하수의 무절제한 이용으로 국토를 오염시키고 일부 수원을 고갈시켰기 때문에 더 이상의 개발을 자제하기 때문이다. 그러나, 지하수를 적극적으로 이용할 때 연간 수 조원이 절약될 것이며 부가가치까지 따진다면 수십 조원이 될 것으로 추산된다. 그러므로, 개발되는 것을 제한하는 것은 이제는 타당성이 부족하다. 결과적으로, 지하수는

이용되어야 할 핵심자원이고 물 분야 어려움 해결을 위한 최선의 방법인 것이다.

지하수의 이용과 함께 고려해야 될 사항이 '지하수의 관리'이다. 지하수의 관리는 기술적 관리와 제도적인 관리가 있는데 여기서는 제도적인 문제를 언급하고자 한다.

지하수 관리는 전문지식과 책임이 있는 조직이 있어야 한다. 이 조직은 정부의 단일 조직이 될 수 있기도 하나 중앙, 지방정부를 포함한 조직도 될 수 있다. 법원에서 위임한 권한 아래 적극적으로 오,남용되는 지하수를 통제하여야 하며 개인 또는 단체의 이익에 우선하여 공동의 이익을 추구할 수 있도록 방향을 설정해야 한다(선우중호 1992).

### 6. 결론

우리사회가 산업화 과정을 걸어오면서 물 수요가 급증하여 왔으며, 이로 인해 정부의 끈임없는 노력에도 불구하고 물부족 현상은 심화되고 지표수오염, 지표수 위주개발, 지하수 개발의 소홀 등으로 인하여 물 부족 해결 측면에서 많은 어려움과 경제적 손실을 가져왔다.

미래의 물 부족 문제 해결은 지표수와 지하수의 균형있는 발전과 함께 필요한 지역에서 목적에 따라 지표수를 사용할 것인가 지하수를 개발할 것인가 또는 지표수와 지하수를 연계 개발할 것인가를 비교 요소에 의거 선택 결정하여야 하며 1990년대 이후 갖추어진 조사, 대량 지하수 개발 능력을 정부 차원에서 발전시켜 물 해결의 방향을 잡아야 하고 상수원은 지하수를 주 수원으로 하는 정책도 심도있게 고려해 보아야 한다.

구태의연한 주장만 하고 있을 때는 지났다. 세계 각국의 매년 지하수 점유율이 높아지고 있고 국가 용수의 30% 이상을 지하수가 점유하고 있는 나라 중 물을 걱정하고 있는 나라는 드물다. 범 정부적 차원의 정확한 지하수 조사와 함께 지표수와 지하수의 균형있는 개발과 발전이며 국가 물 문제 해결의 열쇠가 될 것이다. ●●

---

**〈참 고 문 헌〉**

건설기술연구원(1993), 지하수 이용 및 보전방안.  
김우구(1998), "세계 물의 날에 즈음한 우리의 과제"  
수자원학회지 Vol.31.

선우중호(1992), 우리나라 지하수 개발의 필요성.  
배상근(1999), 수자원 확보를 위한 지하수 이용방안.