



지하수는 미래의 성장동력이다 유한한 지하수, 지속가능한 수자원으로 관리해야

천연자원이 풍부하지 않은 우리나라에 천혜의 자원이 있다면 그것은 바로 물이다. 우리나라의 연평균 강수량은 약 1,283mm로 세계 평균인 973mm보다 30퍼센트 정도 많다. 비록 인구대비 수자원량을 계산하면 물 스트레스 국으로 분류되지만, 수자원관리를 어떻게 하느냐에 따라 물강국으로 자리 잡기에 충분한 잠재력이 있다.

경제성장의 원동력인 물

1960년대 이후 비약적인 산업발전을 이룬 우리나라에서 숨은 견인차 역할을 한 것이 바로 수자원이다. 강수의 70%가 여름철에 집중되는 몬순기후 특성상 우리나라에서는 여름에 물을 대규모로 저장한 후, 겨울과 봄에 진행되는 갈수기를 극복하는 것이 수자원 관리의 핵심이라고 할 수 있다.

다목적댐의 건설로 홍수를 막고 가뭄을 극복하는 동시에 관로를 통해 피같은 물공급이 이뤄지면서 우리 경제는 도약할 수 있었다. 하지만 최근 산업발전이 고도화되고 생활수준이 높아지면서 물의 수요는 점점 더 많아졌지만 신규 수자원을 개발하기 위한 적지는 줄어들고 있어 이에 대한 대안마련이 절실하다. 한편, 부족한 지표수를 지하수로 해결하려는 노력은 전 세계적으로 경주되어 왔다. 그런데 지표수와 지하수는 그 특성이 매우 달라서 지하수를 관리하기 위해서는 보다 특별한 주의가 필요하다.



글_정일문
한국건설기술연구원
수자원연구실 연구위원
imchung@kict.re.kr

글쓴이는 연세대학교 토목공학과 졸업 후 동대학원에서 석사, 박사학위를 받았다. 2012년 미국 캔자스지질조사소에서 첨단 지하수자원 관리방안 연구를 수행한 바 있으며 현재 국토교통부 지하수 기초조사사업 팀장과 다수의 지하수 관련 국가연구개발사업책임임을 겸임하고 있다.

지표수 대 지하수

물은 지구의 표면과 지하에 존재하며 연속적인 순환을 통해 이동한다. 자연히 지표수와 지하수는 서로 연결되어 있으나 그 연결이 쉽게 보이지 않아 지하수의 존재는 물관리에서 간과되기 쉽다. 하지만, 강수가 지표에 도달한

후, 토양 속으로 침투(浸透)되고, 침투된 물은 더 아래로 이동하여 대수층이라고 불리는 지하수 부존 층에 도달하게 된다.

이처럼 강수로부터 지하수면까지 도달하는 수문성분을 지하수 함양(涵養, recharge)이라고 정의한다. 함양은 강수에 의한 함양과 하천이나 호소로부터 지하수로 유입되는 함양으로 구분할 수 있다. 결국 물은 부존위치에 따라 지표수로도 불리고 지하수로도 불린다. 결국 흘러가는 것은 다른 물이 아니라 같은 물임에도 우리 눈에 보이는 위치에 따라 이름을 붙인 것이다. 따라서 지표수와 지하수는 서로 다른 자원으로 평가할 수 없는 불가분의 관계에 있다. 그렇다면 두 수자원의 가장 큰 차이는 무엇일까. 가장 먼저 체류시간의 차이를 생각할 수 있다. 하늘로부터 내려온 물이 땅에 내려와 온갖 여정을 거친 후 다시 하늘로 올라가는 물순환 과정에서 하천과 호소에 머무는 지표수 체류시간에 비해 땅속을 거치는 지하수의 체류시간은 비교할 수 없을 정도로 길다.

다음으로 물의 신선도 차이를 들 수 있다. 지표수는 수면이 공기에 노출되어 있고, 바닥은 땅에 닿아있어 오염원에 노출되기 쉬운 반면, 지하수는 땅속의 청정지역에 부존하는 동안에는 매우 높은 신선도를 유지하는 자원이다. 생활수준이 높아지고 수돗물의 불신이 깊어지면서 청정 지하수는 음용수로 각광을 받고 있다. 한편, 지하수는 오염에 있어서 절대적으로 취약한 자원이다. 오염된 지하수는 눈에 보이지 않기에 처리가 어렵고 정화하기가 거의 불가능하다. 특히 도시 쓰레기에 의한 지하수 오염, 해안에 있는 대수층(帶水層)으로의 염수침입 등은 지하수자원의 지속적인 이용을 점차 줄어들게 만드는 원인이 된다.

글로벌 지하수의 위기

미국의 지구정책연구소는 지하수가 전 세계적으로 빠르게 줄어들면서 식량위기가 닥칠지 모른다고 경고했다. 레스터 브라운 지구정책연구소장은 특히 세계 인구의 절반을 차지하고 있는 미국, 중국, 인도 등에서 과도하게 지하수가 이용됨으로써 지하수 고갈의 위험이 있다고 경고했다.

인도인 1억7천500만 명과 중국인 1억3천만 명은 지하로 들어오는 물보다 더 많은 지하수를 펴내 농사를 짓고 있다. 이로 인해 중국과 인도의 지하수면이 급격히 낮아지고 있다. 따라서 지하수 고갈로 인한 농업용수 부족으로 식량위기에 직면할 수 있다. 지하수를 활용해 농사를



▶ 캔자스 주 위치토시에 위치한 대규모 지하수 인공함양시설(좌: 하천으로부터의 취수장면, 우:수처리 후 급수과정)

짓는 중동지역에서도 지하수 부족으로 식량생산이 심각하게 감소했다. 예멘의 경우 지난 35년간 곡물생산량이 50%나 줄었다. 이란의 경우 지하수 감소로 인한 관개용수 고갈로 2007년과 2012년 사이에 곡물생산량이 10%나 감소했다.

지하수의 고갈은 바로 사람의 생존에 필요한 식수의 부족으로도 연결된다. 현재 지구 상에서 사람들이 마실 수 있는 물은 1%에 불과하다. 급격한 산업화로 인해 하천과 호수 등의 물 오염이 세계적으로 심각해지고 있다. 따라서 오염되지 않은 지하수를 식수로 사용하고자 하는 수요가 늘고 있다. 지하수가 고갈되면 인류는 심각한 식량위기와 식수부족 사태에 직면하게 된다.

최적 지하수 관리 필요

지하수의 최적관리란 '지속가능한 개발의 원칙을 침해하지 않으면서, 지하수자원을 얼마만큼 이용할 수 있는가?'에 대한 답이다. 한 지역에서 개발이 가능한 최대 지하수량을 정하고 허가된 지하수량을 사용하면서 일어나는 물리적, 법적, 사회적 조건 및 경제성을 고려하여 현재뿐만 아니라 미래에 벌어질 지하수 문제를 미연에 방지하는 것이 최선의 방책이라고 할 수 있다.

대표적으로 벌어질 수 있는 지하수 장애는 지하수량의 고갈, 지하수질의 악화, 지하수에 의한 지반침하를 들 수 있다. 이러한 문제들은 공통적으로 부작용을 예상하지 못한 채 인간의 욕망에 맞도록 과다한 수요를 충족시키다가 발생한다. 따라서 미국에서는 지난 수십년간 지하수 관리의 시행착오를 겪어 왔고, 기존에 행해온 관리방식의 문제점을 정확히 인식하여 미래 지향적인 지하수 관리방식을 채택하였다. 우리나라도 선진국의 전철을 되풀이하지 않기 위해 더 늦기 전에 효율적인 지하수관리를 수행해야 한다.

90년간의 급격한 지하수 이용

지하수의 이용을 위해서는 땅속 물의 유무 조사가 급선무. 이 헤드라인은 1925년 5월 16일 동아일보에 실린 신문기사의 제목이다. 지표수와 달리 지하수를 이용하려면 땅속의 물을 찾는 조사가 선행되어야 한다는 내용이었다. 대규모 양수가 불가능했던 당시의 지하수는 거의 원형을 유지하고 있었을 것이다. 그로부터 90년이 지난 지금 우리나라는 많은 지하수 개발을 해 왔고, 현재 연간 39억 m^3 의 지하수가 사용되고 있다. 이는 우리나라 전체 가용수자원량의 3%에 해당하고, 전체 지하수 개발가능량의 30%에 해당한다.

하지만 최근 십여 년 동안 눈부신 경제발전 및 삶의 질 향상으로 국민 일인당 물 소비 및 공업·농업용수를 위한 물 수요가 급격히 증가했다. 이로 인해 지하수 이용량은 약 30%, 지하수를 퍼낼 수 있는 우물의 수는 약 50% 증가했다. 따라서 지하수 고갈 문제가 생각보다 빨리 현실로 다가올 수 있다.

미래지향적 지하수 관리

우리나라에 비해 지하수자원이 더 긴요한 미국 캔자스 주의 사례를 타산지석으로 삼아 미래의 성장동력인 지하수를 지속가능한 자원으로 이용하기 위한 몇 가지 사항을 제안코자 한다. 첫째, 정확한 계측에 의한 지하수 이용량 파악이 중요하다. 캔자스 주는 미국에서 유일하게 가정용 관정을 제외한 대형관정에 대해 유량계 설치를 법적으로 의무화했다. 따라서 정확

한 지하수 이용자료가 수집됨으로써 계획수립의 정확성이 제고되었다. 지하수 이용량의 정확한 통계를 위해 일정규모 이상의 지하수 양수정에 대해서는 반드시 유량계를 설치해야 한다. 우리나라에서도 현재 허가시설의 경우 양수계를 달도록 되어 있으나, 점차 전체 지하수 이용량을 파악할 수 있도록 정량화가 이뤄져야 한다.

둘째, 지속가능한 지하수 관리를 위한 지하수 보전 구역의 재평가가 수행되어야 한다. 캔자스에는 5개의 지하수 관리 구역이 존재한다. 이 중에서 3개 지역은 이미 지하수 고갈이 상당히 진행된 지역이며, 2개 지역만이 지속적으로 이용 가능한 상태이다. 따라서

고갈 정도에 따라 다른 정책을 수립, 이에 대한 평가를 매년 주 정부에 보고하고 있다. 전문가 그룹에 의한 정확한 물수지 분석이 주기적으로 수행되며 이를 정책에 반영하고 있는 것이다.

셋째, 본격적으로 지표수와 연계한 지하수 관리가 이루어져야 한다. 지난 40여년에 걸쳐 서부 캔자스 지역 일부에서는 급증한 지하수이용에 의해 인근 하천이 고갈되어 자취를 감추었다. 하천수와 지하수는 상호 연결되어 있어 연간 땅속으로 보충되는 지하수량을 전부 이용할 경우 장기적으로 하천과 샘, 습지의 고갈을 초래할 수 있다. 지표수-지하수 연계 분석을 통한 지하수 개발가능량 산정 등 제도정비가 지속적으로 수행되어야 한다. 우리나라에서 하천변 지하수 이용 허가시 지하수 양수에 따른 영향을 보다 정밀하게 다룰 제도적 개선이 필요하다.

넷째, 지하수의 인공함양과 같은 미래형 관리전략이 필요하다. 캔자스주의 위치토에서는 인근 하천을 흐르는 수량의 일부를 취수하여 지하로 저장하는 대규모 인공함양시설을 설치하여 지하수량을 지속적으로 확보하고 있다. 다행히 최근 국토교통부가 제시한 지하수 관리 기본 계획에는 도서 및 해안지역 가뭄 대비용 지하댐 건설과 지하수 인공함양을 포함한 미래형 전략이 포함되어 있어 그 구체적인 실천이 기대된다.

후손에게 물려줄 수자원 '지하수'

2013년 5월, 먼지가 폴폴 일어나는 메마른 캔자스 대지의 모습을 담은 뉴욕타임즈의 신문 기사를 본 적이 있다. 서부 캔자스 지역은 연간 강수량 대비 땅속으로 함양되는 양이 매우 부족하여 관련 과학자들은 한 방울의 지하수라도 찾아내려고 안간힘을 쓰고 있다. 그에 비해 우리나라의 지하수 함양량은 연평균 강수량 대비 약 14.9% 정도인 188억 톤으로 매우 풍부하다. 여기에 10년빈도 갈수시의 함양량을 고려하면 지하수 개발가능량은 129억 톤에 달한다. 하지만 전술했듯이 오염에 취약하고 채워지는데 오랜 시간이 걸리는 지하수를 관리하기 위해서는 미래를 내다보는 혜안이 필요하다. 깨끗하고 넉넉한 지하수로 물걱정이 없는 미래를 후손에게 물려줄 수 있다면, 산업화 시대의 수자원 이상으로 지하수는 큰 역할을 하게 될 것이다. 지하수는 미래성장의 핵심 동력이기 때문이다. (ST)



▶ 지하수가 메마른 서부캔자스의 모습 - 뉴욕타임즈 2013.5.19.