

## 지하수에 나타난 과거 환경의 기록과 미래에 주는 경고

서울대학교 지구환경과학부 교수 이 강 근

지구상에 있는 물을 다 모으면 그 부피는 약 14억  $\text{km}^3$  정도 되고 고체 지구의 부피에 비하면 약 0.1%이고 질량 비율로 하면 0.02%에 불과하다. 지구 전체의 비율로 볼 때 차지하는 부피나 질량이 미미하기는 하지만 그래도 지구 표면을 평평하게 해 놓고 둘러치면 두께가 약 2.7 km나 되는 물의 층을 만들 정도는 된다. 일년에 약 48만  $\text{km}^3$  정도의 물이 바다나 육상에서 증발해서 비나 눈으로 내려오는데 많은 양이 바다에 내리고, 약 11만  $\text{km}^3$  정도의 강수량이 육상으로 내려서 땅위와 땅속을 흐르는 순환과정을 거친다. 오염된 물은 강이나 땅속을 흘러가면서 자연적인 자정작용에 의해 먹고 마실만한 물로 정화되는 경우가 많다. 우리가 전기에너지와 필터를 이용하여 정수기를 돌려 물을 정화시키듯, 자연적인 물 순환은 태양열과 지열을 에너지원으로 하고 땅을 필터로 하는 거대한 정수기를 돌리는 과정과 같다. 그래서 과거로부터 적절한 지표수나 지하수를 찾으면 그 물을 그냥 마시고 사용할 수 있었다. 그런데 시간이 갈수록 이런 지표수와 지하수를 찾기 어려워지는 이유는 무엇일까? 아무래도 자연이 만든 이 정수기가 과부하가 걸린 이유일 것이다. 과부하란 자연적인 정수기가 처리하기 어려울 정도로 처리해야 할 내용물이 많아졌기 때문일 것이다. 그런데 우리는 이것을 느끼기 어렵다. 아무리 흙탕물이라도 몇일만 지나면 바다로 흘러가 버리고 다시 맑아 보이는 강물로 인한 착시효과는 눈에 보이지 않는 곳에서 소리 없이 나빠지고 있는 지하수를 쉽게 느끼지 못한다. 이미 자연적 자정작용의 한계를 넘고 있다면 시간이 간다고 해결될 문제는 아닐 것이며 지금이라도 좀 더 적극적인 대응이 필요하지 않을까 생각한다.

환경의 경각심을 완화시키는 시간이란 참 묘한 것이다. 현대인은 시간에 허덕이며 살고 있지만 시간은 새해가 되면 작년에 지키지 못했던 여러 다짐들을 사면해주고 또 새로운 일 년을 마련해 준다. 해야 할 일의 시간에 관한 우리는 부분적인 부활을 얻는다. 그래서 너무 빨리 가버리는 시간이 원망스럽기도 하지만 지키지 못했던 나의 약속들을 새해가 오면 다시 꺼내들게 해주는 시간이란 것이 참으로 고맙기만 하다. 물도 어찌면 시간과 같아서 흐름을 타고 '물 흐르듯' 오래된 앞선 물을 밀어내고 새롭게 물갈이를 한다. 폭풍우가 험할수록 물갈이는 더 빨리 일어난다. 그래서 지금 좀 맑지 않더라도 비가 오

고 물이 많아지면 물에도 시간의 부활 효과가 나타날 것이라 기대하게 된다. 지난여름 우리 하천에 녹조가 대단한 기세로 밀려들 때에도 우리 마음속에는 은근히 시간이 가서 온도가 내려가고 비가 와서 녹조를 걷어가 버릴 것이라는 희망을 가졌다. 그런데 세상에는 뒤끝이 커서 당시에는 아무렇지도 않은 듯 보이지만 지난날의 잘못된 행위에 대한 반응을 차곡차곡 쌓았다가 한 참 뒤에 돌이킬 수 없는 결과로 나타내는 것이 있다. 지하수가 그렇다. 그래서 지하수의 오염은 종종 ‘화학적 시한폭탄’에 비유된다. 우리 눈에 보이는 지표수와는 아주 다른 특성을 가진 지하수가 전지구적으로 빙하를 제외한 민물의 95% 이상을 차지한다. 세계 백과사전이나 지구상의 물의 분포에 관한 교과서의 서론에 꼭 등장하는 내용이지만 바닷물과 빙하를 제외한 거의 대부분의 물이 땅속에 있다는 사실이 아직도 일반인들에게는 실감나게 알려져 있지 않다. 특별히 정수하지 않거나 간이 처리만으로 사용할 수 있는 물이 대부분 지하수로 존재한다는 사실과 잘못 관리하면 언젠가는 우리에게 화학적 시한폭탄으로 다가온다는 우려는 우리가 왜 지하수를 살려야 하는가에 대한 큰 대답이자 당위성이다. 우리나라 ‘지하수보전관리계획’상에 나온 통계를 보면 2010년 기준으로 우리나라 지하수 관정시설이 138만 여개, 이용량이 연간 약 38억 m<sup>3</sup> 정도이다. 이용량에 비해 관정수는 좀 많은 편이지만 아직 전국적으로 지하수 개발가능량에 비해 이용율이 30%정도여서 지하수의 건전하고 효율적인 활용을 통한 미래가치 창출이 향후 지하수 관리의 중요한 과제일 것이다.

지하수는 땅속에서의 체류시간이 몇일에서부터 수천 년, 길게는 수만 년까지 되기 때문에 모니터링 자료를 분석해 보면 과거 환경 변화의 기록과 인위적인 오염의 영향이 남아 있다는 것을 알게 된다. 기후변화의 기록도 지하수에서 찾을 수 있다. 서울과 포천, 포항 등 일부 지역의 대심도 관측정에서 수백미터 이상 심도의 지하수 관정의 수직적인 온도 분포를 측정해서 지구 내부의 열전도도와 지표면 온도 변화를 역산해서 분석해 보면 과거 100년간 기온이 1.6도 내외로 상승했다는 정보를 지하수에서 얻을 수 있다. 2011년 3월 동일본 대지진때에는 진앙에서 1,100 km나 떨어진 제주도의 지하수 관측정 10곳 이상에서 지하수위가 최대 1.8m 진폭으로 변동한 것도 관측할 수 있었다. 집중호우가 오면 지하수 함양이 어떻게 될까라는 의문에 대해서는 집중호수에 지하수 국가관측망의 지하수위 변동 자료를 이용해 분석해 보면 집중호우는 강수량을 크게 하지만 오히려 지하수 함양에는 도움이 안된다는 것도 알게 되었다. 우리 눈에는 보이지 않지만 지하수는 여러 자연환경에 반응하고 또 그 정보를 기록하고 있는 것이다.

그런데 무엇보다도 신경이 쓰이는 부분은 지하수의 수질이 어떻게 되고 있으며, 지하수 활용이 지속가능한 수준으로 보전되고 있는냐의 문제이다. 필자는 수년전 구제역으로 인해 전국적으로 조성된 4600여개의 가축 매몰지 주변의 지하수 사용관정 수질 조사를 2011년 봄부터 수행하였다. 매년 1,500개에서 3,000개 정도의 관정을 대상으로 수질을 조사하였다. 가축 매몰지 지역이 축산 활동이 많은 지역이라 자연스럽게 축산 및 농업 활동이 지하수 수질에 미치는 영향을 볼 수 있는 계기가 되었다. 질산염과 염소 이온 등 몇 개의 수질 항목만을 분석하였는데 분석 시기에 따라 농도의 변동을 보이면서 높을 경우 30%에 이르는 지하수 용도별 수질기준 초과 관정이 나타났다. 물론 많은 관정이 제대로 오염 방지 시설을 갖추지 않은 간이 시설이기 때문에 수질기준 초과율이 높다고 볼 수 있지만 오히려 이런 관정이기 때문에 지하수에의 영향을 더 잘 파악할 수 있었다. 강우기를 전후로 수질기준 초과율이 큰 차이를 보인다는 것은 자연적인 오염물질 보다는 축산이나 농업 활동으로 인한 인위적 오염물질의 영향이 확실해 보인다. 이러한 오염물질의 유입이 자연정화로 감당할 수 있을 정도인지는 이미 조사된 것으로 판단이 내려졌다고 본다. 즉, 축사가 밀집된 지역의 지하수 수질기준 초과율이 다른 지역에 비해 현저히 높다는 것은 그 영향이 누적된다는 판단을 갖게 해 준다. 우리나라에서 가장 상세한 지하수 모니터링 자료가 있는 제주도의 1990년대 중반부터의 수질 변화를 보면 농업활동 지역의 대표적 오염물질인 질산염의 농도 경향성을 수백 개 이상의 관정을 분석하여 통계적으로 보면 농도가 상승한 곳이 상대적으로 우세하다. 여기에 더해서 토지이용 형태의 변화와 상관성을 보면, 제주도 중산간 지역에서 농지 개발이 확대되면서 질산염 오염이 증가되는 상관성도 보인다. 연도별 모니터링 자료가 축적되지 않아 우리나라 전역에 대해 일반화하여 단정하긴 어렵지만 과거 청정한 농촌지역에 들어선 축산 시설 면적의 증가, 비닐하우스 재배 면적 증가 등이 그 지역이나 주변의 지하수 수질을 악화시키고 있음은 거의 확실하다고 보겠다.

단편적이지만 지하수 모니터링 자료에 나타나는 내용들은 자연적인 자정작용을 초과하는 오염물 부하가 지하수에 가해지고 있다는 것이며, 적어도 축산단지나 비닐하우스 재배지 등지에서는 그 경향성이 모니터링에서 나타났다는 것이다. 그런데 이런 문제에 대처함에 있어서 그 근원적 해결이 미흡했다고 보인다. 즉, 지하수 오염에 관한 민원이나 문제가 있으면 그것의 근원을 찾아 해결하기 보다는 우회하여 해결하는 방식이 주로 채택되어 왔다. 구제역 때

물지 문제가 전국적 논란이 될 때 지하수 관련 민원이 발생하는 작은 마을에도 상수도를 설치해 준 것으로 일단락하고 그 원인이 된 지하수 오염에 관해서는 근원적 해결을 추구하지 못했다. 구체적 매몰지 문제로 지하수 관련 조사와 분석 등에 들어간 예산의 10배 또는 그 이상이 상수도 설치 사업에 쓰였던 것으로 기억한다. 정작 지하수 수질 개선을 위한 사업은 거의 없는 것과 같았다. 이런 방법으로 앞으로도 지하수가 오염되면 다른 대체 수자원을 찾아 공급하는 방법으로 해결해 나가면 되는 것일까? 그러나 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 원전 부지의 지하수 오염 문제로 도쿄전력회사와 일본 정부가 궁지에 몰리면서 문제 해결을 위한 필사적인 노력을 하는 이유를 생각해 보면 위의 질문에 대한 답을 찾을 수 있다. 후쿠시마 원전 부지의 지하수는 먹는 물 용도로 이용되지도 않고 앞으로 그럴 계획도 없다. 그러면서도 왜 지하수 오염을 막대한 예산으로 처리하려고 할까? 그것은 바로 오염된 지하수가 흘러나와 생태계와 바다를 오염시키기 때문이다. 그렇다. 비록 우리가 상수도나 다른 방법으로 먹는 물 문제를 해결하더라도 오염된 지하수를 방치한다면 그 물이 하천으로 흘러들 것이고 흘러가는 과정에 토양을 오염시킬 것이고 습지와 호수를 오염시킬 것이다. 그래서 우리는 지하수를 살려야만 한다. 우리 주변의 소중한 습지와 하천과 토양과 생태계를 보호하기 위해서라도 지하수를 살려야 한다.

마지막으로 지하수를 살려야 하는 이유를 하나만 더 보태라고 한다면 2008년 중국 사천성 대지진과 2011년 일본 대지진 때 길게 줄을 서서 물을 공급받고 있는 주민들의 모습에서 찾을 수 있다. 천재지변이나 위기적 상황에서 물의 안보를 확보하는데 지하수보다 더 경쟁력이 있는 물이 있을까? 큰 강의 상수원과 길게 연결되는 수송관망에 의존하는 우리의 물 공급 체계는 효율적일 수는 있으나 천재지변이나 상수원 오염 사고에는 취약하게 보인다. 뿐만 아니라 수시로 밀려드는 미세 먼지속에 혹시 지독한 오염물질이라도 붙어서 낙하한다면? 혹시 우리 주변국의 원전에서 뭔가 누출되었다는 루머라도 돈다면? 물의 안보 차원에서 적어도 우리 국민들이 먹고 마실 정도의 물은 좀 더 안전한 곳으로부터 공급 받을 수 있는 기반은 갖추고 있어야 하지 않을까? 그런데 지하수에 나타나는 기록은 점점 인위적 오염의 그림자가 짙어지고 있다. 지하수에 영향을 주는 오염 물질 유입량을 자연적인 정화의 능력 범위 이내로 관리하는 계기를 지금이라도 하루빨리 만들어야 한다고 생각한다.