

오염방지 시설을 이용한 지하수 환경성 복원 연구

이병대 조병욱, 성익환, 함세영*, 정상용**, 윤성택***

한국지질자원연구원

* 부산대학교 지질학과

** 부경대학교 환경지질학과

*** 고려대학교 지구환경과학과

blee@kigam.re.kr, cbw@kigam.re.kr, sih@kigam.re.kr

* hsy@hyowon.cc.pusan.ac.kr

** chungsy@pknu.ac.kr

*** styun@mail.korea.ac.kr

요약문

질산성질소 및 탁도로 오염된 지하수공에 대하여 환경성 복원을 위한 오염방지 시설을 시범 설치하였다. 지하수공에 대한 오염 정도를 조사한 결과 PS-1, CW-1, 그리고 CW-2 공이 질산성질소로 오염되어 먹는물 수질기준을 초과하였고, CW-3 공은 탁도가 먹는물 수질기준을 초과하였다. 오염원은 지하수공 개발시 수량 확보를 위하여 그라우팅을 제대로 하지 않은 불량시공으로 인한 오염된 지표수의 유입으로 기인되었다. 금번 연구는 오염된 지하수의 환경성 복원을 위한 것으로, 오염원과 지하수를 격리시켜 오염물질의 지하수 내 유입을 방지할 수 있도록 패커 그라우팅을 완벽하게 다시 실시하였으며, 오염방지사설을 설치 하였다. 이 연구를 위하여 먼저 대수층의 분포 및 특성과, 지하수공내 지표수의 유입 구간 규명, 지하수 오염원, 오염실태, 오염경로 등을 파악하였다. 오염방지사설을 설치한 후, 설치 전,후의 질산성질소와 탁도의 함량을 비교하기 위하여 수질 분석을 실시하였다. PS-1의 경우, 오염방지사설 설치전의 질산성질소 함량은 16.1mg/L 이었으나, 설치후에는 8.1mg/L, 7.9mg/L로써 설치전에 비하여 51% 감소되었으며, CW-1은 10.3mg/L에서 6.3mg/L으로 39%, 그리고 CW-2는 14.9mg/L에서 9.0mg/L으로 40% 감소되었다. CW-3 공의 탁도는 157 NTU에서 0.97 NTU로 완벽하게 복원되었다.

주요어 : 질산성질소, 먹는물 수질기준, 패커 그라우팅, 오염원, 오염방지사설

1. 서론

최근 산업활동의 급성장에 따라 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 이러한 환경오염의 주요한 원인중의 하나인 도시하수 및 공장폐수 등은 하천이나 호수의 저질, 토양 및 지하수에 축적되어 자연을 오염시키고 인간생활에도 적지않은 피해를 입히고 있다(Wilson, 1983). 지하수는 대장균 등의 세균 오염이 없고 다량의 미네랄을 함유하고 있을 뿐만 아니라 수량과 수질이 급격한 변동없이 일정하여 항구적인 음용수원이 될 수 있다. 우리나라에서도 불과 십 수년 전까지만 해도 시골 웅덩이나 지하수를 마음껏 마시고 살아

왔다. 그러나 지금은 도심지내 지하수는 오염이 심해 음용수로서 부적합하다는 생각과 함께 세차나 화장실 세척수 등의 허드렛물로 이용되는 경우가 많이 있다. 이는 그동안 정부와 국민들의 지하수에 대한 인식 부족과 자원의 중요성을 실감하지 못하고 무분별한 개발과 관리 부재가 그 원인이다. 대부분 사람들은 지하수가 한번 오염되면 치유가 불가능한 것으로 인식하고 있으나, 이는 지하수를 부존하고 있는 지질매체와 지하수 유동체계의 특성을 잘못 이해한 결과라 하겠다. 지하수 자원을 보존하고 오염된 지하수의 환경성 복원을 위해서는 우선 과학적인 방법에 의한 수질불량 원인을 규명하고 하수누출 및 폐공을 통한 오염원 유입경로 차단, 오염원별 수질개선을 통해 수질 불량한 지하수 자원의 환경성을 복원시키고 재활용하여야겠다.

금번 연구는 부산과 창원 지역에 위치한 질산성질소 및 탁도로 오염된 4개의 지하수공에 대하여 오염된 지하수공 및 그 주변의 지하수공에 대한 실태조사를 실시하여, 그 결과를 토대로 환경성 복원을 위한 오염방지 시설을 시범 설치하고, 개선 여부를 관측함으로써 향후, 오염된 지하수공에 대한 관리방안 수립의 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 오염방지시설 설치

2.1 오염방지시설

금번 연구에 적용된 오염방지시설은 지하수오염을 방지하고 양수량을 증대하기 위하여, 패커 그라우팅 실시와 지하수 오염방지시설인 진공양수장치를 설치하였다(그림 1). 지하수의 오염원인 지표수가 공내로 유입되는 통로는 주로 케이싱과 공벽 사이의 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 악화시켰다. 따라서, 오염된 지하수공에 차폐판을 이용한 패커 그라우팅 공법을 이용하여 불투수층까지 그라우팅을 실시하고, 오염방지시설을 설치함으로써 오염된 지하수를 복원시키는 것이 가능하다.

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 연구에 이용된 오염방지시설은 국내 실정에 맞게 공기여과기를 덮개와 분리하여 설치할 수 있도록 설계되었다. 또한 공내 진공 상태에 따라 자동으로 조절할 수 있도록 하여 진공 과다 발생으로 지하수공이 붕괴되는 것을 방지할 수 있도록 진공도를 조절하였다.

2.2 오염방지시설 설치 과정

오염된 지하수에 대하여 오염방지시설을 설치하고 환경성을 복원시키기 위해서는 대수층의 분포 및 특성 파악, 지하수공내 지표수의 유입구간 규명, 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

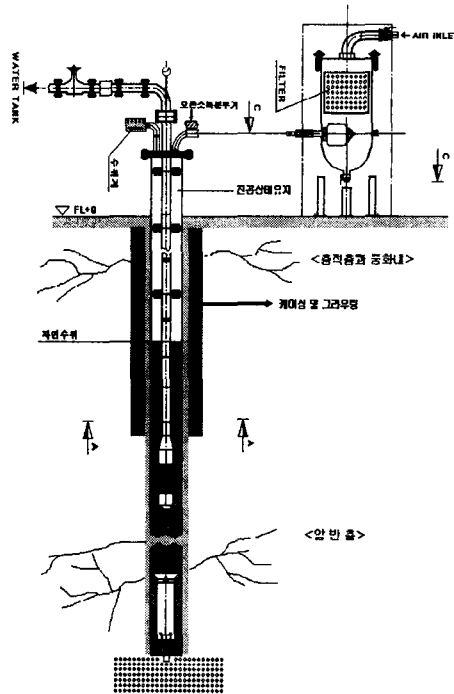


그림 1. 오염된 지하수의 환경성 복원을 위한 오염방지시설

간단한 처리 기술에 의해 일차 오염된 지하수의 환경성을 복원시켜야 한다(성익환 등, 2001). 이와 같은 조사사항이 선행된 후 오염된 지하수를 복원시키기 위하여 첫째, 지하수공 내의 수중모터를 인양하였으며, 둘째, 지하수 공내의 단열상태 및 오염원 유입구간 등을 파악하기 위하여 전체 공에 대하여 공내촬영을 실시하였고, PS-1 공에 대해서 공내촬영과 텔레뷰어 탐사를 동시에 실시하여였다. 공내 촬영 및 텔레뷰어 탐사로 지하수공내의 지하 지질상태를 파악함으로써 그라우팅 구간을 선정할 수 있다. 셋째, 공내촬영 자료를 바탕으로 그라우팅 심도를 파악하였다. 그리고 그라우팅할 지점에 튜브를 가진 차폐판을 삽입하고 압축공기를 주입하여 튜브의 외주면을 팽창시켜 심정 벽면에 밀착시킨다. 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. 넷째, 금번 연구에서 오염된 지하수를 복원시키기 오염방지시설은 진공 양수장치로 종래 개방상태에 있던 지하수공의 덮개를 완전 밀폐시켜 오염된 지표수와 대기중의 오염물질이 지하수공 내부로 유입되지 않도록 설치되었다.

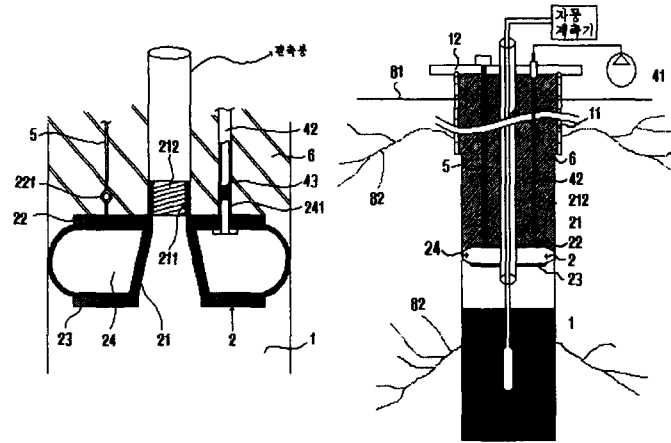


그림 2. 차폐판을 이용한 패커 그라우팅 공법

3. 결론

금번 연구는 질산성질소 및 탁도로 오염된 지하수의 환경성 복원을 위한 것으로, 오염원과 지하수를 격리시켜 오염물질의 지하수내 유입을 방지할 수 있도록 그라우팅을 완벽하게 다시 실시하였으며, 지하수 오염방지시설인 진공양수장치를 설치하였다. 오염방지시설을 설치한 후, 설치 전,후의 질산성질소와 탁도의 함량을 비교하기 위하여 수질 분석을 실시하였다. PS-1의 경우, 오염방지시설 설치전의 질산성질소 함량은 16.1mg/L 이었으나, 설치후에는 8.1mg/L, 7.9mg/L로써 설치전에 비하여 51% 감소되었으며, CW-1은 10.3mg/L에서 6.3mg/L으로 39%, 그리고 CW-2는 14.9mg/L에서 9.0mg/L으로 40% 감소되었다. CW-3 공의 탁도는 157 NTU에서 0.97 NTU로 완벽하게 복원되었다. 또한 앞으로 PS-1, CW-1, 그리고 CW-2공은 계속적인 양수를 함으로써 질산성질소 함량은 더욱더 감소될 것으로 예측된다. 이 연구를 통하여 오염방지시설 설치는 질산성질소, 탁도등 외부의 오염물질의 유입에 의해 오염된 지하수를 치유하기 위한 새로운 기법으로 규명되었다.

4. 참고문헌

- 성익환 등, “광주지역 지하수 오염방지 및 치유 개선 기술 연구”, 한국지질자원연구원(2001).
 Wilson, L. G., “Monitoring in the vadose zone: Part II”, Groundwater Monitoring Review, 3(1), pp155-166(1983).