

논산지역 간이급수시설 수질특성에 대한 연구

고경석, 이진수, 김통권, 김재곤, 조성현, 석희준, 김형수

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

e-mail : kyungsok@kigam.re.kr

요 약 문

The purpose of the study for the development of the technologies of water quality monitoring and contamination protection at water resource aquifer is to secure the groundwater as potable water resources. The results of water analysis as a basis of potable water criteria showed that 30 groundwater samples among 138 samples of small water supply system (21.7%) were exceeded the water criteria. The concentrations of Cl, NO₃ and Na for granite area are higher than those of gneiss and metasedimentary rocks of Ogcheon belt area and they are caused by the high vulnerability of groundwater at granite region where the residential area and cultivated land are concentrated. The spatial distribution of components indicated the close relationships between water quality and geology, land use, and topography. The multivariate statistical results showed that the water samples are divided into three groups by geology.

Key words: small water supply, land use, geology, water quality

1. 서언

광역상수도가 확보되지 않은 농촌지역에서는 간이상수도 시설이 널리 사용되고 있으며 이중 약 70% 이상이 지하수 관정으로 알려져 있다. 그런데 지하수 관정의 간이상수도 시설은 관리 부실과 노후화에 의해 수질의 안정성이 확보되고 있지 못한 실정이며, 또한 오염된 지하수에 대한 수처리가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 약 500만 이상의 사람들이 생활용수나 식수로 이용되고 있는 간이상수도 수질의 안정성을 확보하기 위해서는 오염 요인에 따른 적절한 수처리 기술이 도입되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 특히 간이상수도를 오염시키는 주요 원인을 파악하여 저비용 고효율 수처리 기술을 개발 적용함으로써 지하수를 이용한 간이상수도 공급시스템의 수질에 대한 안정성을 지속적으로 확보하고자 하는 것이 목적이다.

2. 연구방법 및 결과

논산시의 지형적 특색은 분포하고 있는 지질과 지질구조에 크게 영향을 받아 지세가 형성되어 있다. 중생대 화강암이 분포하는 지역은 평야지대, 선캠브리아 변성암이 분포하는 지역은 구릉지대, 육천층군인 변성퇴적암이 분포하는 지역은 산지 지형을 이루고 백악기 화산암이 분포하는 지역은 산릉을 이루는 등 그 구분이 뚜렷하게 나타난다. 논산시의 가장 넓은 부분을 차지하는 화강암은 남한

중부지역에 북동-남서방향의 대상분포를 하고 있는 화강암류 저반의 일부로서 논산시의 반이상을 차지하고 있다. 이들은 선캠브리아기의 변성암과 옥천층군을 관입하고 있으며, 백악기의 화산암류에 의해 관입당하고 있다. 대부분 조립질 흑운모 화강암 내지 중립질 복운모 화강암으로 구성되어 있으며, 일부에서는 각섬석을 함유하며, 장석의 거정을 가지는 반상조질을 보이기도 한다(Fig. 1).

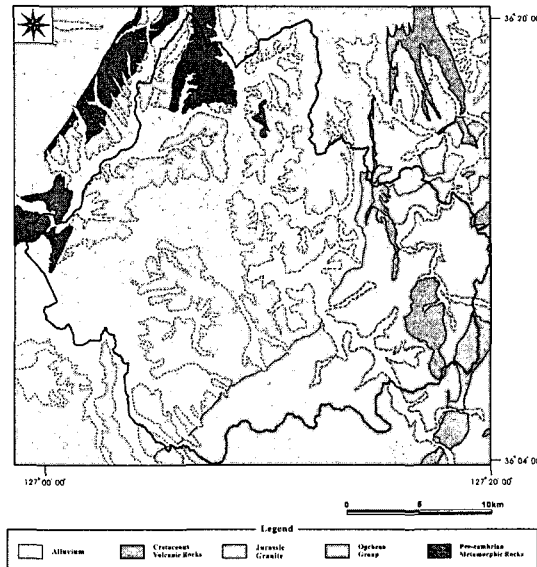


Fig. 1. 논산지역 지질도.

시범연구지역으로 선정된 논산시에 대하여 126개의 시료를 채취하여 분석을 실시하였다. 2004년 10월에서 12월에 걸쳐 126개소에서 현장조사와 시료채취를 실시하고 현황조사를 실시하였다. 채취되는 지하수 시료는 관측정의 수리지구화학적 대표성을 나타내기 위하여 양수를 하면서 온도, 수소이온농도(pH) 및 전기전도도를 측정하여 이들이 안정된 값을 나타낼 때까지 기다린 후 시료를 채취되었다. 먹는물 수질분석을 위한 시료는 채취한 즉시 냉장보관한 후 수자원공사 국제수돗물센터에 의뢰하여 분석을 실시하였다. 수질분석은 대장균, 일반세균 등 14개 항목에 대해 수행되었다.

3. 연구 결과 및 토의

3.1. 수리지화학적 특성

논산지역 소규모 급수시설의 수질에 대한 분석결과를 살펴보면 주요 성분중 Ca과 HCO₃가 주 성분을 이루고 있음을 알 수 있었으며, 화강암 지대의 지하수 시료가 Cl, NO₃, Na가 옥천대 변성암과 선캠브리아기 편마암에 비해 높은 비율을 가짐을 알 수 있었다. 이는 화강암이 위치하는 곳이 대부분 농경과 거주지가 집중되어 있어 오염에 취약한 특징을 가지기 때문인 것으로 사료된다. 이에 반해 옥천대 시료는 Ca과 HCO₃가 지배적인 특징을 보여주고 있는데 이는 옥천대 암석내 석회질광물 성분이 많고 부분적으로 석회암이 협재하여 탄산염광물의 용해가 지하수에 영향을 주기 때문으로 생각된다. 이러한 특징은 파이퍼다이아그램에서도 쉽게 알 수 있었다. 논산 지역 지하수는 대부분

[Ca]-[HCO₃] 유형에 속하지만 오염의 영향이 있는, 즉 Cl과 NO₃가 증가하는 경향을 보여주는 화강암 지역에서는 [Ca]-[Cl+NO₃] 유형으로 변화함을 알 수 있었다. 따라서 비교적 경작지가 많이 분포하고 인구거주가 밀집된 화강암 지역에서는 오염의 영향이 커짐을 확인할 수 있었다. 지질특성에 따라 시료를 분류하였으나 화강암지역에서는 지질특성에 의한 영향보다는 인위적인 요인에 의해 지하수 수질이 많이 좌우되는 것으로 판단된다.

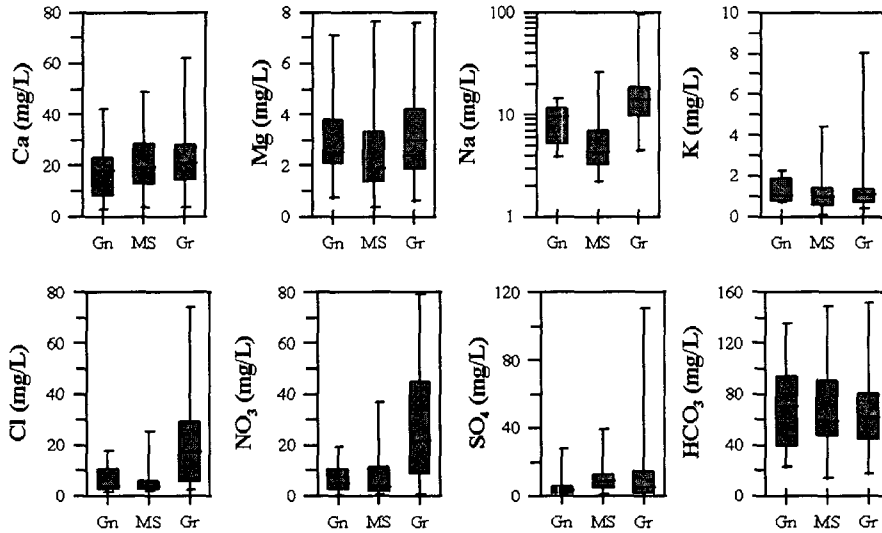


Fig. 1. 주요 양이온과 음이온에 대한 Box-whisker도.

지질특성에 따른 각 성분별 농도의 분포는 Fig. 1의 Box-whisker도에서도 명확하게 확인되어진다. 오염 성분인 Na, Cl, NO₃는 화강암 분포지역의 시료에서 높은 값을 보여주고 있음을 알 수 있었으며 용존성분의 총량을 나타내는 전기전도도(EC) 역시 가장 높은 값을 나타내었다. 이에 반해 pH와 비소(As)는 옥천대의 변성퇴적암에서 높은 값을 보여주고 있으며 이는 흑색세일과 석회암의 협재와 상관성이 있는 것으로 판단되었다.

시험연구지역인 논산시의 수질에 대한 공간적 분포를 알아보기 위하여 126개의 시료에 대하여 위치 정보를 얻은 후 크리깅 기법을 이용하여 공간분포도를 작성하였다. 크리깅 기법은 지구통계학에서 널리 사용되는 방법으로 본 연구에서는 일반 크리깅 기법을 이용하였다. 연구지역의 남서부 지역은 평야지대이고 광역상수도의 보급에 의하여 시료의 분포가 조밀하지 못하여 공간분포를 나타내는데 약간의 문제점이 따르기는 하나 공간분포 해석결과는 수질의 전체적인 양상을 파악하는데는 큰 문제를 야기하지는 않은 것으로 판단되었다. 성분별로 차이를 보여주는 하지만 대체적으로 수질은 지질과 지형에 밀접한 상관성을 가지는 것으로 사료되었다. 특히 남서쪽으로 분포하는 옥천대 변성퇴적암 지역은 논산 대부분이 속하는 수계 지역과는 다른 수계에 속하여 다른 특징을 나타냄을 알 수 있었다. 용존성분의 총량과 상관성이 있는 전기전도도의 공간분포도 (그림 31)을 살펴보면 지질과 지형 특히 고도와 밀접한 상관성이 있는 것으로 보인다. 남서부쪽에 화강암 지대와 분리가 되는 것은 옥천대와 상관성이 있으며 논산시 동부쪽의 낮은 값의 분포는 비교적 고도가 높은 지역에 위치하여 오염요인이 비교적 적은 소규모 수도공급시스템과 관련이 있는 것으로 사료된다. 중앙부와 서부 지역은

비교적 고도가 낮고 인구가 밀집되며 농경활동이 활발한 곳으로 이에 의한 용존 성분의 증가가 발생하여 높은 값을 보여준다. pH는 남서부 지역에서 높은 값을 보여주는데 이는 옥천대 변성퇴적암에 협재하는 탄산염층의 존재나 소량 분포하는 석회암에 의하여 증가되는 것으로 사료된다.

Ca, Na, Mg은 주요 양이온도 전기전도도와 유사한 양상을 보여주며(Fig. 2), 특히 오염 영향이 많은 Na는 연구지역 중앙부와 서부에서 높은 값을 보여줌을 알 수 있었다. 주요 음이온의 분포 역시 마찬가지로 양상을 보여주었는데 C과 NO₃는 Na와 거의 동일한 양상을 보여줌을 알 수 있었다. HCO₃는 그 분포가 명확하지 않으며 전체적으로 큰 차이를 보여주지 않으며 SO₄는 국부적으로 높은 곳이 존재함을 알 수 있었으나 이에 대한 뚜렷한 원인은 찾을 수 없었다.

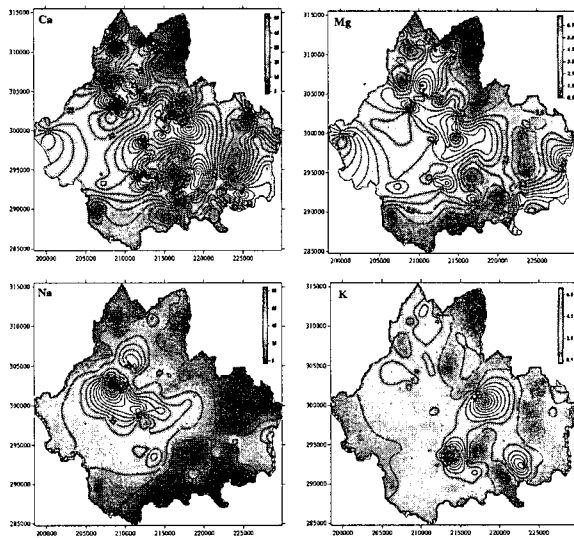


Fig. 2. 주요 양이온들의 공간분포도.

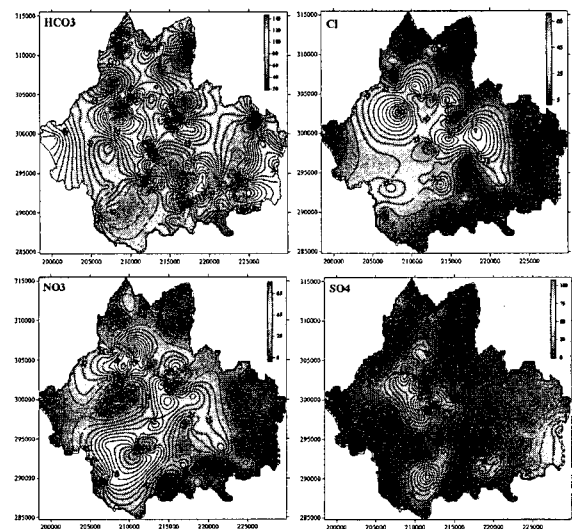


Fig. 3. 주요 음이온들의 공간분포도.

참고문헌

고경석, 이진수, 김용제, 2004, 농촌지역 간이상수도 수질에 대한 수리지화학적 특성: 충남 금산군 일대, 한국지하수토양환경학회 추계 학술발표회, 55-61.

김영규, 1992. 일부 농촌지역 간이상수도의 운영실태와 수질에 관한 조사연구. 한국환경위생학회지, 18(2), 39-51.

환경부, 1995. 비점오염원 조사연구.

Alemaw, B.F., Shemang, E.M. and Chaoka, T.R., 2004. Assessment of groundwater pollution vulnerability and modelling of the Kanye Wellfield in SE Botswana—a GIS approach. Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C, 29, 1125-1128.

Chae, G.-T., Kim, K., Yun, S.-T., Kim, K.-H., Kim, S.-O., Choi, B.-Y., Kim, H.-S., and Rhee C. W., 2003, Hydrogeochemistry of alluvial groundwaters in an agricultural area: an implication for groundwater contamination susceptibility. Chemosphere, 55, 369-378.