

농촌지역 간이상수도 수질에 대한 수리지화학적 특성: 충남 금산군 일대

이진수, 고경석, 김용제

한국지질자원연구원 (kyungsok@kigam.re.kr)

<요약문>

This study presents the hydrogeochemical investigation to know the effect of geology and sources for water quality in small potable water supply system at rural area. The results of water quality in Geumsan area showed the 3.2% of water samples exceeded the limit of drinking water standard by bacteria. The hydrochemical investigation results indicated the high EC, Ca and HCO_3 in surface water and metasedimentary rocks and this is caused by the dissolution of calc-silicate minerals of metasedimentary rocks.

key word : small potable water supply system, water quality, drinking water, bacteria.

1. 서론

우리나라는 광역상수도 보급률이 7개 특수광역시가 98.5% 이상인데 비해, 농어촌은 31.1%에 불과한 실정이다. 따라서 대부분 농촌지역의 먹는 물은 도시지역과는 달리 계곡의 하천수나 지하수에 거의 전적으로 의존하고 있는 실정이다. 2003년 환경부가 전국의 2만 4천개 간이급수시설을 조사한 결과, 605 곳, 즉 약 2.5%가 먹는물 수질기준을 초과한 것으로 나타났다. 이러한 사실은 전국적으로 500만 명이 이용하는 간이 상수도의 수질관리가 위험수위에 있다는 것을 지시하는 것이다. 수질기준을 주로 초과한 주요 항목은 총대장균군, 질산성질소, 탁도가 대부분(82.4%)인 것으로 알려져 있다. 간이상수도로 사용되는 이들 하천수나 지하수 등 자연수의 수질 특성은 강수 성분, 지질특성, 토양-물, 암석-물 상호 반응 등의 자연적인 과정과 인간 활동으로 인한 오염물질의 유입에 의한 인위적 과정 여러 가지 요인에 영향을 받는다. 특히 농촌지역에서는 농약, 화학비료, 축산폐수, 생활하수 등 자연수의 수질에 영향을 미치는 다양한 오염원이 있음에도 불구하고 오염문제 해결에 거의 관심의 대상이 되지 못했다.

본 연구는 농촌지역인 충남 금산군에서 관리하고 있는 간이 상수도시설을 대상으로 자연수의 지화학적 수질 특성을 파악하기 위하여 수행하였으며, 이 연구는 앞으로 농촌지역의 간이상수도 수질개선과 보존 연구를 위한 기본 자료로 활용될 것이다.

2. 연구 결과

2.1. 연구지역 및 방법

연구지역은 행정구역상 충남 금산군은 면적이 약 576km²이며, 한반도 남단의 가장 내륙지역에 위치하고 있기 때문에 기후는 남부 내륙형 기후로 분류되며, 또 주변의 다른 지역보다 산악지대로 이루어진 까닭에 한서(寒暑)의 차가 크고 지형성 강우량이 비교적 많은 것이 특징이다. 금산지역의 연평균 기온은 11.8℃이며, 강수량은 연평균 약 1,300mm로 우리나라 평균 강수량인 1,159mm에 비해 높은 값을 가진다. 지질을 살펴보면 지질은 선캠브리아기의 편마암류를 비롯하여 고생대로 추정되는 변성퇴적암인 옥천층군, 중생대 쥐라기 화강암, 중생대 백악기 화산암이 다양하게 분포하고 있다. 선캠브리아기에 해당하는 화강편마암은 부리면 남부인 현내리일대에 소규모로 분포하며, 고생대의 지층인 옥천층군은 천매암질암과 석회암 등 크게 두 종류의 암석으로 구분되는데, 석회암은 추부-복수-진산면 경계부와 진산면 남부와 남이면에 천매암질암은 복수면과 진산면 대부분과 추부면 북부지역에 분포하고 있다. 중생대 쥐라기 화강암은 저반형태로 가장 넓은 지역인 군북면, 제원면, 부리면, 금성면, 금산읍의 대부분과 남이면의 일부지역에 광범위하게 분포하고 있다.

지하수 시료채취는 2004년 2월과 5월 2회에 걸쳐 각각 139개, 즉 간이상수도 61개와 소규모 급수 77개소의 시료를 채취하였으며, 수리지화학 연구를 위한 시료는 5월 1차례에 걸쳐 채취되었다. 간이급수 시설 먹는물 기준 검사를 위한 시료 분석은 총대장균, 분원성대장균, 일반세균, 색도, 맛, 냄새, 탁도, 암모니아성 질소, 질산성질소, 불소, 망간, 알루미늄의 12개 항목에 대하여 대전보건대학 환경문제연구소에서 분석을 실시하였다.

2.2. 간이상수도의 수리지화학 특성

연구지역인 금산군의 간이급수시설 수질검사 결과를 살펴보면 1/4분기에는 모든 시료에 대하여 기준치를 초과하는 항목이 나타나지 않았으나 5월의 경우 총 9개의 지점에서 수질초과항목이 검출되었으며 수질기준을 초과하는 항목은 모두 일반세균인 것으로 조사되었다. 따라서 수질기준 불합격이 5월에는 약 6.5%에 달하였으며, 2회평균 3.2% 정도로 2003년도 환경부 조사 전국 평균인 2.5%를 약간 상회하는 것으로 나타났다. 이러한 것은 5월이 농경활동이 시작되는 시기이므로 인간활동에 의한 오염이 지속적으로 증가하여 발생하는 것으로 사료된다. 질산성질소에 의한 수질기준 초과는 나타나지 않는데 이는 금산지역이 국내의 다른 농촌지역에 비해 산지가 많고 상대적으로 농경지가 적은 것과 대부분의 급수 시설이 산지쪽에 가깝게 설치되어 비교적 영향을 덜 받기 때문인 것으로 사료된다. 수질 초과기준으로 흔히 나타나는 탁도의 경우 조사가 되지 않아 향후 이에 대한 조사가 필요할 것이다.

지질 특성 및 식수 공급원의 차이에 따른 수리지화학 특성을 알아보기 위하여 각각 그룹별로 평균, 표준편차, 최대값, 최소값 및 관측수를 구하여 Table 1에 나타내었다. 전체적인 통계값을 살펴보면 총용존이온양을 지시하는 전기전도도는 평균 287 μ S/cm로 비교적 낮은 값을 나타내었으며, pH는 7.56, Cl, HCO₃, Na와 Ca는 각각 23.1, 95.3, 14.8, 34.4mg/L의 값을 가지는 것으로 조사되었다. 지질과 수원별 평균값을 비교하여 보면, 전기전도도는 지표수와 변성퇴적암에서 가장 높은 값을 나타내며 Ca와 HCO₃ 역시 유사한 결과를 보여주었다. Ca와 HCO₃가 변성퇴적암에서 높은 값을 보여주는 것은 석회규산질 광물이 변성퇴적암에 많이 포함되어 있기 때문인 것으로 사료되었다(Fig.2).

질산염의 농도는 수원이나 지질별로 큰 차이를 보여주지는 않으나 농경지가 많은 화강암이나 화산암 지대에서 비교적 높은 값을 가지며 지표수에서도 높은 값을 나타내는 것으로 조사되었다. 수원이나 지질에 따른 수질 유형을 알아보기 위하여 파이퍼도(Fig.3, 4)를 작성하였다. 수질유형은 Ca-HCO₃ 유형에서 Ca-(Cl+SO₄) 까지 넓게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 지질별로 약간 차이가 있으나 큰 차이는 보여

주고 있지 않음을 알 수 있었으며 지표수, 지하수 및 용천수에 의한 차이도 명확하게 나타나지 않음을 알 수 있었다.

Table 1. The results of statistical calculation. The concentration unit is mg/L except for Sr($\mu\text{g/L}$) and EC($\mu\text{S/cm}$).
(GW: groundwater, SW: surface water, Gr: granite, MS: metasedimentary rock, Vol: volcanics)

| Group | | EC | pH | HCO ₃ | Cl | NO ₃ | SO ₄ | Na | Ca | Mg | K | Si | Sr |
|--------|------|--------|-------|------------------|--------|-----------------|-----------------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| Total | mean | 286.78 | 7.56 | 95.29 | 23.13 | 20.46 | 11.80 | 14.84 | 34.36 | 3.97 | 2.36 | 9.65 | 211 |
| | Std | 160.28 | 0.66 | 48.11 | 28.41 | 20.76 | 8.47 | 8.31 | 23.06 | 2.62 | 3.61 | 3.81 | 288 |
| | max | 943.00 | 9.48 | 242.86 | 148.34 | 132.48 | 47.08 | 49.20 | 129.00 | 19.30 | 35.50 | 20.30 | 1990 |
| | min | 67.40 | 6.34 | 26.24 | 1.68 | 0.00 | 0.37 | 2.29 | 5.09 | 0.83 | 0.32 | 2.90 | 18 |
| | obs. | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 |
| GW | Mean | 279.84 | 7.58 | 96.49 | 20.10 | 20.36 | 11.38 | 15.24 | 32.74 | 3.87 | 2.11 | 10.27 | 230 |
| | STD | 154.13 | 0.55 | 48.03 | 23.72 | 22.71 | 8.88 | 8.15 | 21.16 | 2.71 | 3.97 | 3.86 | 285 |
| | Max | 943.00 | 8.90 | 242.86 | 148.34 | 132.48 | 47.08 | 49.20 | 129.00 | 19.30 | 35.50 | 20.30 | 1990 |
| | Min | 67.40 | 6.53 | 29.29 | 2.34 | 0.28 | 0.37 | 2.29 | 7.76 | 0.88 | 0.32 | 2.90 | 18 |
| | Obs. | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98.00 | 98 |
| Spring | Mean | 259.66 | 7.65 | 82.27 | 24.17 | 18.19 | 14.90 | 12.58 | 32.48 | 4.04 | 2.45 | 8.87 | 120 |
| | STD | 118.27 | 0.82 | 27.50 | 28.39 | 17.14 | 8.64 | 7.53 | 17.24 | 2.34 | 2.65 | 3.59 | 68 |
| | Max | 446.00 | 9.48 | 136.68 | 77.22 | 50.94 | 27.09 | 25.80 | 61.60 | 8.04 | 8.52 | 16.70 | 338 |
| | Min | 145.80 | 6.47 | 38.44 | 1.68 | 0.00 | 4.13 | 2.57 | 11.20 | 1.06 | 0.43 | 3.40 | 45 |
| | Obs. | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16 |
| SW | Mean | 331.33 | 7.42 | 98.93 | 34.35 | 22.28 | 11.49 | 14.74 | 41.92 | 4.32 | 3.25 | 7.75 | 194 |
| | STD | 200.52 | 0.92 | 58.11 | 41.17 | 14.30 | 6.33 | 9.43 | 31.46 | 2.48 | 2.45 | 3.06 | 372 |
| | Max | 873.00 | 9.42 | 239.20 | 143.76 | 50.91 | 26.03 | 46.00 | 120.00 | 10.60 | 8.74 | 15.40 | 1960 |
| | Min | 84.30 | 6.34 | 26.24 | 2.19 | 2.38 | 0.67 | 4.14 | 5.09 | 0.83 | 0.46 | 3.35 | 25 |
| | Obs. | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25 |
| Gr | Mean | 226.0 | 7.3 | 78.2 | 15.0 | 21.2 | 9.5 | 14.5 | 24.5 | 3.3 | 1.8 | 11.7 | 177 |
| | STD | 99.84 | 0.47 | 32.97 | 14.83 | 21.47 | 7.63 | 6.09 | 11.52 | 1.85 | 2.22 | 3.27 | 91 |
| | Max | 490.00 | 8.40 | 198.32 | 72.42 | 119.13 | 34.74 | 37.70 | 69.60 | 8.07 | 13.80 | 20.30 | 478 |
| | Min | 67.40 | 6.34 | 26.24 | 2.19 | 0.28 | 0.37 | 4.24 | 5.09 | 0.83 | 0.50 | 3.37 | 42 |
| | Obs. | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75.00 | 75 |
| MS | Mean | 429.85 | 8.19 | 136.06 | 44.55 | 16.27 | 15.15 | 17.59 | 58.37 | 4.66 | 2.32 | 7.01 | 267 |
| | STD | 189.49 | 0.53 | 50.72 | 43.38 | 12.19 | 8.02 | 12.03 | 27.48 | 2.35 | 2.15 | 3.18 | 448 |
| | Max | 943.00 | 9.48 | 242.86 | 148.34 | 46.92 | 33.92 | 49.20 | 129.00 | 10.60 | 9.37 | 14.30 | 1990 |
| | Min | 154.80 | 6.90 | 46.99 | 2.01 | 0.00 | 4.48 | 3.06 | 16.30 | 1.32 | 0.32 | 2.90 | 45 |
| | Obs. | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35 |
| Vol | Mean | 271.27 | 7.48 | 90.19 | 18.33 | 23.53 | 13.81 | 12.49 | 30.97 | 4.98 | 3.83 | 7.60 | 229 |
| | STD | 144.72 | 0.71 | 50.27 | 18.36 | 26.33 | 9.44 | 7.13 | 18.94 | 3.88 | 6.54 | 2.62 | 368 |
| | Max | 795.00 | 8.90 | 229.44 | 70.68 | 132.48 | 47.08 | 27.50 | 102.00 | 19.30 | 35.50 | 11.60 | 1470 |
| | Min | 93.60 | 6.48 | 30.51 | 1.68 | 0.69 | 3.35 | 2.29 | 10.40 | 1.56 | 0.43 | 3.65 | 18 |
| | Obs. | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29.00 | 29 |

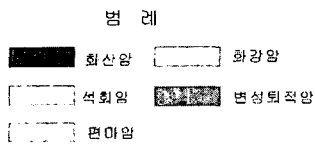


Fig. 1. Geologic map of Geumsan.

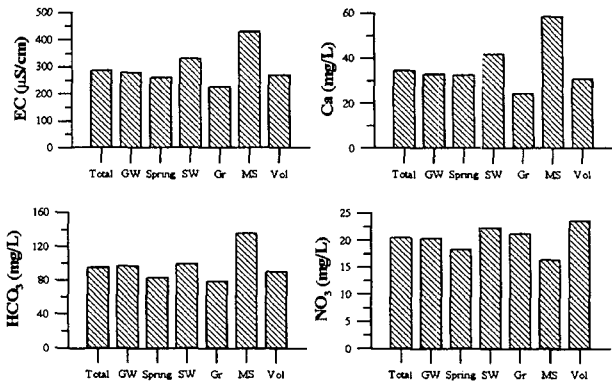


Fig. 2. Comparison of mean values of geology and water sources.

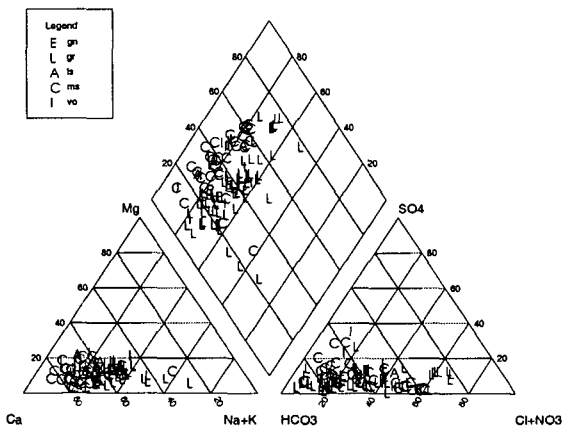


Fig. 3. Piper plot by geology.

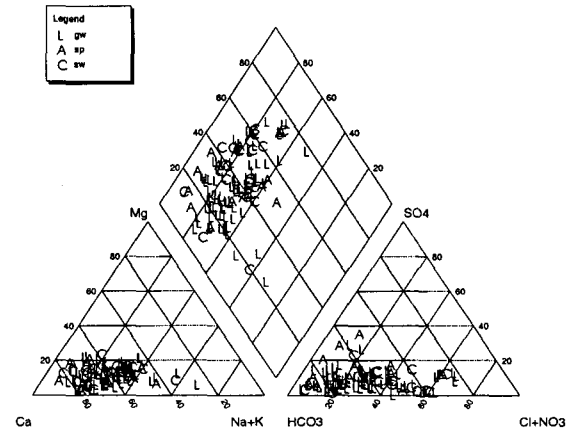


Fig. 4. Piper plot by water sources.

3. 요약 및 결론

간이상수도 시설의 수질에 대한 수리지화학 분석은 오염물질의 유입 방지와 효과적인 간이상수도의 추가 설치를 위한 중요한 정보를 제공한다. 연구지역인 금산지역 간이상수도 및 급수시설에 대한 수질 분석 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 농촌지역인 금산군의 간이상수도 수질을 분석한 결과 2회 평균 약 3.2% 정도의 수질초과 수준을 나타내었으며 대부분 일반세균에 의한 것으로 조사되었다.

2) 지질 특성 및 식수 공급원의 차이에 따른 수리지화학 특성 연구결과, 평균값에서 전기전도도는 지표수와 변성퇴적암에서 가장 높은 값을 나타내며 Ca와 HCO₃ 역시 유사한 결과를 보여주었다. 이는 변성퇴적암의 석회규산질 광물의 용해에 따른 것으로 사료되었다.