

남원지역 지하수 수위/수질 특성

조민조, 조성현*, 하규철

한국지질자원연구원, *충남대학교 (minjoe@kigam.re.kr)

<요약문>

남원에서 2002년 1월부터 2003년 12월까지 총 2년에 걸쳐 수행된 '남원지역 지하수 기초조사'는 '지하수법'과 '지하수관리 기본계획'에 의하여 추진하는 '정밀 지하수 기초조사'로서 주요 조사 내용 중 세부 지하수 조사에 속하는 장기적인 지하수 수위 변동 특성 및 지하수 수질 특성 규명을 위한 지하수 수위/수질 관측망 조사·분석이 실시되었으며 남원지역의 수위/수질 특성은 다음과 같다. 지하수 수위는 '02년 6월부터 9월 사이에 수위가 급격히 상승하고 이후 수위가 점차 하강하다가 '03년 6월부터는 다시 수위가 상승하는데, 이는 강수의 영향을 받아 수위가 변동하는 것으로 해석된다. 지역적으로 상승 및 하강 양상이 크게 나타나기도 하는데, 이는 주변 관정에서의 양수나 관개수로로부터의 영향이 반영되는 것으로 보인다. 지하수 수질을 살펴보면, pH는 5~8 범위에 분포하고 있으며 EC는 주로 500 μ S/cm 이하이다. 수질유형은 절반 이상의 시료가 Ca-HCO₃ 유형을 보이고 나머지는 농업활동에 의한 오염의 영향으로 대부분 Ca-Cl유형을 보인다. 암반지하수와 충적층/풍화대 지하수의 수질 특성 차이는 크지 않다.

key word: 지하수 기초조사, 암반지하수, 충적층/풍화대 지하수

1. 서론

지표수 개발 여건의 악화로 수자원 확보를 위해 대체용수원인 지하수 개발의 필요성이 날로 증가하고 있다. 그러나 지금까지 무계획적이고 산발적인 지하수 개발·관리에 의하여 지역적으로 지하수의 고갈과 수질오염 등이 발생되고 있어 체계적인 지하수 조사 및 개발과 정보관리가 시급한 실정이다. 따라서 이를 위해서는 지역별 지하수 부존 및 산출 특성, 수위 및 수질 현황 등을 지속적으로 규명하기 위한 '지하수 기초조사'가 필요하게 되었으며 '지하수 기초조사'는 '지하수법'과 '지하수관리 기본계획'에 의하여 추진하는 국가사업으로서, 4대강 권역별로 실시되는 '광역 지하수 기초조사'와 행정구역(시·군) 단위로 실시되는 '정밀 지하수 기초조사'로 구분, 시행된다.

'남원지역 지하수 기초조사'(한국지질자원연구원, 2003)는 '지하수법'과 '지하수관리 기본계획'에 의하여 추진하는 '정밀 지하수 기초조사'로서 '남원지역 지하수 기초조사'의 조사 대상 지역은 전라북도 남원시(그림 1)로서, 2002년 1월부터 2003년 12월까지 총 2년에 걸쳐 수행되었다. 주요 조사 내용은 기본 현황 조사, 세부 지하수 조사, 지하수자원 평가, 수문지질도 작성 등으로서 장기적인 지하수 수위 변동 특성 및 지하수 수질 특성 규명을 위한 지하수 수위/수질 관측망 조사·분석은 세부 지하수 조사에 속한다. 본 연구의 목적은 '남원지역의 지하수 기초조사'의 일환으로 남원지역의 지하수 수위/수질의 특성을 파악하는데 있다.

2. 본론

연구지역의 수위/수질 분석을 위해서 기존 지하수 관정을 이용한 기본 관측망, 건설교통부에서 설치한 국가 지하수 관측망, 그리고 본 연구원에서 설치한 장기 자동 지하수 수위 관측망을 구성하여 지하수 수위를 관측하였고(그림 2) 수질은 국가 지하수 관측망만 제외 되었다(그림 3). 지하수 수위와 수질 관측정은, 암반지하수와 충적층/풍화대를 구분하여 지역적으로 균일한 분포를 갖게 하였으며 기본관측망의 수위관측은 풍수기와 갈수기를 고려하여 암반지하수 175개, 충적층/풍화대 지하수 100개를 3회, 월별로 암반지하수 57개 충적층/풍화대 지하수 52개 공을 측정하였다. 남원시 도통동에 설치된 국가 지하수 관측망은 1996년 1월 15일부터 매 6시간 간격으로 현재까지 계속 측정되고 있으며, 이들 자료 중 2002년 12월 31일까지의 일평균 지하수 수위 자료를 이용하였다(건설교통부, 2002, 2003). 장기 자동 지하수 수위 관측망은 분포 암석과 수계를 고려하여 4개 지역에 각 1개 공씩 5-10m 간격으로 굴착한 후 짝을 이루거나, 충적층/풍화대 지하수를 대상으로 하는 3개의 관측정을 굴착하여, 자동 지하수 수위 측정 장비를 설치하였다. 지하수질은 풍수기에 1회 갈수기에 2회로 암반지하수는 각각 193개, 충적층/풍화대 지하수는 각각 177개의 시료를 채취하여 분석하였다.

2.1 남원지역 수위 특성

기본 관측망으로 구성된 암반지하수와 충적층/풍화대 관정의 수위변화를 특징은 강수가 내린 '02년 6월부터 9월 사이에 수위가 급격히 상승되었으며 이후 수위가 점차 하강하는 현상을 보인다. 또한 '03년 6월부터는 다시 수위가 상승하는 모습을 보이는데 대부분의 관정에서 강수의 영향을 받아 수위가 변동하는 것으로 해석된다. 강수량과는 별도로 상승 및 하강의 양상이 크게 나타나는 것들도 나타나고 있는데, 이는 지하수의 빈번한 양수가 이루어지는 관정이거나 주변지역에서의 지하수 사용에 의한 영향이 나타난 것이라고 할 수 있다. 모든 유역에서 이러한 양상의 수위 변화를 보이는 관정을 관찰할 수 있으며, 특히 NW-3 유역의 암반지하수의 경우는 수위 변화가 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

남원시 도통동에 설치된 국가 지하수 관측망은 1995년 설치되어 관측 중에 있는데, 강수량과 지하수 위와의 교차상관도에 의하면, 암반지하수 및 충적층지하수 각각 12%, 11%로 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 암반지하수가 충적층 지하수보다 상관계수가 조금 높게 나오지만 유의한 수준은 아니다. 전체적인 지하수위의 변화는 강수량에 따라 변동하고 있으며, 암반지하수와 충적층 지하수위가 서로 역전하는 현상이 관찰된다.

장기 자동 지하수 수위 관측망의 수위특성은 강수에 따른 지하수 수위의 변화가 뚜렷하고 비가 오지 않을 때 지하수위 강하곡선이 지수적으로 감소하는 등 인위적인 영향이 적은 곳도 있으나 관개수로로부터 물이 유입되어 완만히 하강하거나 주변의 양수에 의한 영향으로 수위의 급격한 하강이 발생하는 모습을 관찰할 수 있다. 또한 암반지하수가 피압을 받아서 충적층/풍화대 지하수 수위보다 높게 되는 곳도 관찰된다. 총 7개 지역에서의 강수와의 상관계수는 0.14에서 0.51를 보였다.

지하수 심도 분포를 보면 전체적으로 지하수 사용량이 많은 곳에서 지하수 수위가 낮게 나타난다. 암반지하수의 지하수 심도분포는 갈수기와 풍수기에 상관없이 지하수 심도가 깊은 곳은 여전히 깊고, 얇은 곳은 여전히 얇게 나타나고 있다. 지하수 심도가 깊은 곳은 지하수의 빈번한 사용이 반영된 것이라고 할 수 있다. 충적층/풍화대 지하수의 수위 관측공은 요천과 요천이 섬진강과 합류되는 곳에 주로 분포하고 있는데 금지면과 주생면 일대 지역의 비닐하우스에서의 지하수의 빈번한 사용으로 인하여, 이 일대의 지하수 심도분포는 지하수위 심도경사도가 심한 양상이 계속되면서 깊은 심도 분포가 나타난다.

2.2 남원지역 수질 특성

남원지역 암반지하수의 EC는 전체적으로 45~525 μ S/cm 범위의 값을 보이고 있으며 시료 채취 시기별 중간값은 각각 184, 185, 192 μ S/cm이다. 수질에 영향을 주는 주요인은 지하수와 암석과의 상호반응 및 농경지에 의한 오염이다. EC 분포는 특정 지역보다는 전반적으로 충적층 경작지 부근에서 대체로 높은 경향을 보여주고 있어 지하수 수질에 농업활동이나 주거지역의 영향이 큰 것으로 보인다. 남원지역 충적층/풍화대 지하수의 EC는 87~1,445 μ S/cm의 범위를 보여준다. 시료 채취 시기별 중간 값은 각각 191, 194, 209 μ S/cm이다. 지역적인 차이는 크지 않으나, 일부 관정에서는 매우 높은 EC값이 나타나서 국지적인 오염원의 영향을 크게 받고 있음을 보여준다. 온도는 각 시기의 중간값 기준으로 15.8, 17.8, 13.3 $^{\circ}$ C의 범위를 보이는데, 각 조사 시기의 기온 수준과 같은 변동을 보여주어 2002년 8월의 2차 조사시기에 가장 온도가 높고 2003년 2월의 3차 시기에 가장 온도가 낮다. pH는 5.00~10.08 범위의 값을 보여주고 있으며, 중간값으로 각 시기별로 6.48, 6.31, 6.33의 값을 보여주고 있다. 용존산소(DO)는 0.9~12.7mg/l의 범위를 보여주고 있어 호기성 환경이 지배적인 특징을 보여주고 있다. 총용존고형량(TDS)은 35~591mg/l의 범위이며 시기별 중간값은 147, 155, 172mg/l이다. 용존 성분들의 농도를 살펴보면 다음과 같다. 양이온에서는 Ca는 3.2~45.8mg/l 범위이고 중간값은 17mg/l이다. Mg는 0.5~16.4mg/l 범위이고 중간값은 3mg/l이다. Na는 2.2~40.6mg/l 범위이고 중간값은 13mg/l이다. K는 0.3~5.5mg/l로 중간 값은 1mg/l 범위이다. 음이온에서는 HCO₃가 3.3~485.8mg/l 범위에 중간 값은 60mg/l이다. Cl은 0.2~50.0mg/l 범위에 중간 값은 10mg/l이다. SO₄는 0.1~43.1mg/l의 범위에 5mg/l의 중간 값을 가진다. NO₃는 0.1~137.9mg/l의 범위로 중간 값은 11mg/l이다. F는 0.0~2.7mg/l의 범위에 0.1mg/l의 중간 값을 가진다. SiO₂는 0.6~37.5mg/l의 범위에 중간 값은 24mg/l이다.

남원지역의 충적층/풍화대 지하수의 온도는 14.2, 18.0, 12.3 $^{\circ}$ C의 범위로 계절적인 기온을 반영하고 있다. pH는 시료 채취 시기별 중간값 기준으로 6.16, 5.98, 6.04의 범위를 갖는다. 용존산소(DO)는 중간값 기준으로 5.1, 5.1, 4.7mg/l의 범위를 보여주어 호기성 환경을 지시한다. 총용존고형량(TDS)은 50~499mg/l의 범위이며, 시료 채취 시기별 중간값은 각각 144, 149, 162mg/l이다. 충적층/풍화대 지하수의 용존 성분들의 농도를 살펴보면 다음과 같다. 양이온에서는 Ca는 1.2~82.1mg/l 범위이고 중간값은 17mg/l이다. Mg는 0.2~25.1mg/l 범위이고 중간값은 3mg/l이다. Na는 3.6~74.7mg/l 범위이고, 중간값은 13mg/l이다. K는 0.4~7.6mg/l로 중간값은 2mg/l 범위이다. 음이온에서는 HCO₃는 11.7~183.8mg/l 범위에 중간값은 53mg/l이다. Cl은 3.5~137.7mg/l 범위에 중간값은 14mg/l이다. SO₄는 0.1~40.0mg/l의 범위에 6mg/l의 중간값을 가진다. NO₃는 0.1~122.5mg/l의 범위로 중간값은 11mg/l이다. F는 0.0~1.8mg/l의 범위에 0.1mg/l의 중간값을 가진다. SiO₂는 0.4~39.2mg/l의 범위에 중간값은 22mg/l이다.

암반지하수와 충적층/풍화대 지하수 비교하면, 충적층/풍화대 지하수는 암반지하수에 비해 평균적으로 EC, TDS, pH 면에서 큰 차이가 없다. 용존 성분에서는 대부분의 성분들이 충적층/풍화대 지하수와 암반지하수에서 큰 차이를 보이지 않는다. 음이온 중에서 HCO₃는 암반지하수가 약간 더 높고, Cl 및 SO₄는 충적층/풍화대 지하수가 약간 더 높다. 이것은 암반지하수가 충적층/풍화대 지하수보다 지질매체와 지하수와의 반응이 더 진행된 반면 지표의 오염원의 영향은 적게 받은 결과로 보인다. EC와 pH의 분포를 비교하여 보면, 암반지하수와 충적층/풍화대 지하수는 유사한 분포를 보이고 있다. pH는 5~8 범위에 분포하고 있으며, EC는 암반지하수와 충적층/풍화대 지하수가 모두 500 μ S/cm 이하에 주로 분포하고 있다. 그러나 높은 EC가 나타나는 범위는 충적층/풍화대 지하수에서 더 크다. EC와 TDS의 상관성을 살펴보면, TDS(mg/l)=A×EC(μ S/cm)의 관계식에서 A는 암반지하수의 경우 0.64이고, 충적층/풍화대 지하수의 경우는 0.60으로 별다른 차이를 보이지 않는다. 일반적으로 A값은 0.55~0.75의 범위를 갖는데, 전하가 큰 이온이 상대적으로 농도가 높을 경우에 이 값은 작다. 남원지역의 지하수는 이 범위의 중간 정도에 속한다.

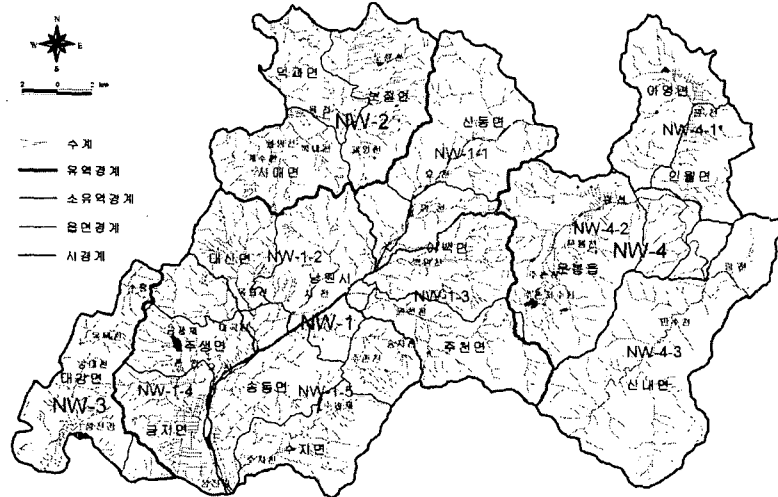


그림 1. 남원지역 유역도

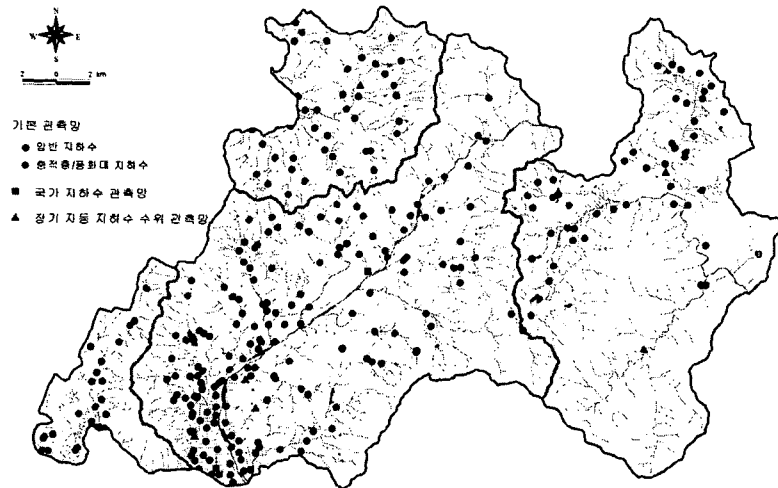


그림 2. 남원지역 수위 관측망

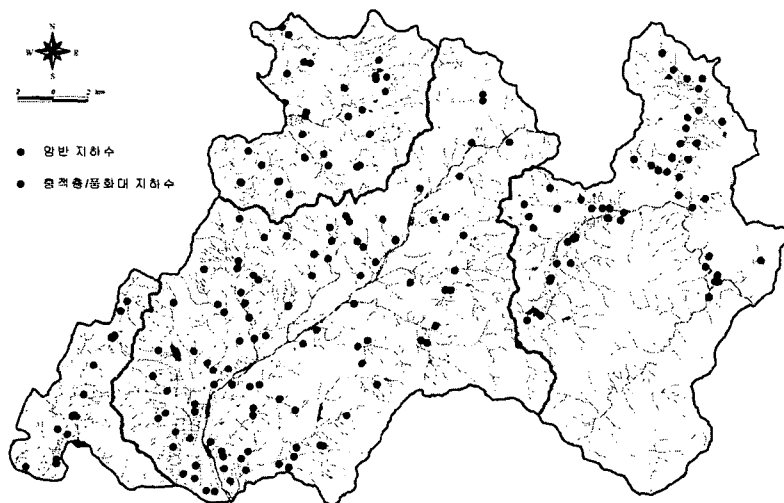


그림 3. 남원지역 수질 관측망

Piper diagram에 각 시료들을 도시하여 수질유형에 따라 지하수를 분류하고 그 특성을 살펴보면, 암반지하수는 Ca-HCO₃형이 절반 이상이며, 나머지를 Ca-Cl형이 차지하고 있다. Na-HCO₃형 및 Na-Cl형은 일부시료에만 나타난다. 따라서 남원지역의 암반지하수는 천부지하수의 특성을 보이며, 인위적인 오염원에 의해 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있다. 충적층/풍화대 지하수의 수질 유형을 살펴보면, Ca-HCO₃형이 가장 우세하고, Ca-Cl형이 나머지를 차지한다. Na-Cl형 및 Na-HCO₃형은 한두 시료에 국한된다. 따라서 남원지역의 충적층/풍화대 지하수도 천부지하수의 특성을 보이며, 인위적인 오염원에 의해 영향을 크게 영향 받고 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 남원의 각 지역에서 수질에 영향을 미치는 요인들의 차이가 크지 않음을 지시한다.

3. 결론

지하수 수위는 '02년 6월부터 9월 사이에 수위가 급격히 상승하고 이후 수위가 점차 하강하다가 '03년 6월부터는 다시 수위가 상승하는데, 이는 강수의 영향을 받아 수위가 변동하는 것으로 해석된다. 지역적으로 상승 및 하강 양상이 크게 나타나기도 하는데, 이는 주변 관정에서의 양수에 의한 영향이 반영되는 것으로 보인다.

지하수 수질을 살펴보면, pH는 5~8 범위에 분포하고 있으며 EC는 주로 500 μ S/cm 이하이다. 수질유형은 절반 이상의 시료가 Ca-HCO₃ 유형을 보이고 나머지는 농업활동에 의한 오염의 영향으로 대부분 Ca-Cl유형을 보인다. 암반지하수와 충적층/풍화대 지하수의 수질 특성 차이는 크지 않다.

4. 참고 문헌

- 건설교통부, 2002, 지하수 관측연보, 1131 p.
- 건설교통부, 2003, 지하수 관측연보, 1364 p.
- 한국지질자원연구원, 2003, 남원지역 지하수 기초조사 보고서, 221 p.