한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회
2004년 4월 16~17일 국립환경연구원

음성지역 지하수의 수리화학적 특성에 대한 심도, 모암 및 광화대의 영향

정찬호, 이병대*, 성익환*, 조병욱*

대전대학교 지구시스템공학과
*한국지질자원연구원
(e-mail : chjeong@dju.ac.kr)

<요 약 문>

The purpose of this study is to investigate the hydrochemical characteristics of groundwater in the Umsung area, and to elucidate the effect of host rock type, well depth and mineralization zone on the groundwater chemistry, We carried out chemical analysis, isotopic analysis, statistical analysis of Box-Whisker and krigging analysis for this study. The chemical and isotopic compositions of the groundwater is distinguished into two areas according to host rocks(Cretaceous sedimentary rocks and Jurassic granite) and recharge altitude, and is not greatly influenced by the mineralization zone of the mines.

Key word : groundwater, chemical composition, Box-Whisker, krigging analysis

1. 서 론

이 연구에서는 충북 음성군 금왕읍, 맹동면, 음성읍지역에서 사용되고 있는 지하수를 대상으로 지하수의 화학조성에 대한 모암의 영향, 광화대의 영향, 그리고 지하수공 심도의 영향을 알아보고자 하였다. 연구지역은 서쪽에 대보화강암류인 화강섬록암과 동쪽의 경상누층군의 백야리층의 단층 접촉을 하고 있다. 화강섬록암내에는 태극광산과 금봉광산 등의 금속광산이 개발되어 있다. 단층의 좌측편인 화강암 지역은 주로 농경지가 발달되어 있고 우측편의 퇴적암 지역에는 대규모 사회복지시설이 위치한다(Fig. 1). 농경지에는 농업용수와 생활용수를 위하여 많은 천부형 지하수가 개발되어 사용중이며, 사회복지시설에서 약 3000명의 상주 인구가 음용수와 생활용수로 심부 암반지하수를 개발하여 사용하고 있다.

2. 연구방법

연구지역 지하수의 수리화학적 및 동위원소적 특성을 알아보기 위하여 지하수 시료 43개를 채취하였고, 지표수는 5개 지점에서 그리고 광산 갱내배출수 2점을 채취하였다. 천부지하수는 대부분 농업용수로 개발되어 연구지역의 서쪽에 주로 편재되어 있고, 심부지하수는 장애인 복지시설 부지내 혹인 인근

에 개발되어 연구지역 동쪽에 편재되어 있다. 신규로 착정한 관측용 지하수공은 연구지역 서편 화강섬록암지역에 주로 분포한다. 광산갱내배출수는 태극광산(MD1), 금봉광산(MD2) 입구에서 각각 시료가 채취되었다.

지하수에 대한 현장수질 측정(pH, Eh, 전기전도도, 용존산소, 온도)에 대해서 휴대용 측정기로 직접 측정하였다. 그리고 HCO_3 농도는 0.05N 농도의 염산을 이용한 산중화적정법으로 현장에서 측정하였다. 지하수의 화학성분을 분석하기 위하여 현장에서 시료를 채취하여 여과후 분석전까지 냉장보관하였다. 화학성분은 원자흡광분광분석기(Unicam model 989 Flame AAS and Flameless AAS), 유도결합쌍 프라즈마 원자방출분광분석기 (Shimadzu 모델 ICPS-1000 III, ICP-AES)와 유도결합쌍 프라즈마 질량분석기 (Fison model PQ III, ICP-mass)로 양이온성분과 미량원소 성분을 분석하였다. 음이온 성분인 SO_4, Cl, NO_3, F 등은 이온크로마토그래피 (Dionex 120i)로 분석하였다.

천부 및 심부지하수의 함양특성 등을 알아보기 위하여 지하수 시료에 대한 산소 및 수소동위원소 분석을 실시하였다.

지하수의 화학분석 자료에 대해서 S-plot 프로그램을 이용하여 성분별 평균값, 25% 분위수, 75% 분위수, 상하의 수염(lower and upper inner fences)등의 분포를 제시하는 박스-휘스커(Box-Whisker) 다이아그램을 작도하였다. 그리고 지하수 성분중 pH, 전기전도도, $EpCO_2$, 질산염, 황산염의 농도에 대한 등치선도(Krigging map)를 Surfer 8.0 프로그램을 이용하여 작성하였다.

3. 연구결과 및 토의

연구지역 지하수, 지표수, 광산갱내 유출수의 수리화학적 유형을 알아보기 위해 화학성분을 당량비로 환산하여 파이퍼도에 도시하였다. 지하수의 화학적 유형으로 보면 심부지하수는 Ca-HCO_3 형으로 분류되며, 천부지하수는 Ca-HCO_3 형에서 Ca-Cl(SO_4, NO_3)형의 영역까지 넓은 분포를 보인다. 관측용 지하수공은 Ca-HCO_3 형, Ca-Cl(SO_4, NO_3)형 그리고 1개공은 Na-HCO_3 형의 화학적 유형을 보인다. 광산갱내 배출수는 태극광산의 경우 Ca-HCO_3 형으로 금봉광산의 경우 Ca-SO_4 형으로 분류된다. 앞에서도 언급된바와 같이 태극광산의 갱내배출수는 광화대와의 반응이 매우 미미한 특성을 보이는 반면 금봉광산수의 경우에는 비록 전기전도도가 낮고 이온 함량이 높지는 않지만 물의 화학적 유형은 광산수로 분류된다. 지표수의 경우에는 대부분 Ca-HCO_3 형에 도시된다.

천부 및 심부지하수, 광산갱내수와 지표수, 신규 관측용 지하수에 대한 수리화학성분을 비교분석하기 위하여 박스-휘스커 다이아그램을 작성하였다. pH 특성을 보면 천부지하수, 심부지하수, 관측용 심부지하수의 순으로 알카리성의 증가한다. 관측용 지하수의 경우에는 화강암과 충분한 물-암석 상호반응으로 지하수가 알카리성으로 진화된 것으로 보인다. 전기전도도는 심부지하수, 천부지하수, 관측용 심부 지하수, 지표수의 순서로 낮아지는 경향을 보인다. 양이온 성분중 Na+K의 농도 평균은 천부지하수, 관측용 심부지하수, 심부지하수, 지표수의 순서로 낮아지는 경향을 보인다. Ca+Mg의 함량은 심부지하수의 농도가 천부지하수와 관측용 심부지하수에 비해 크게 높은 경향을 보인다. 심부지하수의 경우 경상누층군의 백야리 퇴적암층을 모암으로 한다. 경상누층군의 퇴적암의 광물학적인 특성은 사암과 세일이 속성변질작용을 거치면서 사장석이 알바이트화 되면서 주변에 탄산염광물을 침전시켜 체적비로 15%정도의 탄산염광물을 함유한다.

광산개발에 따른 기존 개발된 지하수의 수질에 미칠 영향을 알아보기 위하여 일차적으로 지하수의 수질성분에 대한 공간적 분포특성을 파악하였다. 분석된 지하수 자료를 이용하여 크리깅(Krigging) 작업을 실시하여 지하수 심도를 고려하지 않은 수질분포특성을 파악하였다. 우선 pH의 분포특성을 보면 북

지시설 입구를 중심으로 동편 시설지역은 중성에서 알카리성의 분포를 보인다. 반면 서편의 인곡리 부근으로는 pH가 점차적으로 낮아져 약산성을 보인다. 그리고 태극광산입구와 인곡리 일부지역 지하수는 알카리성의 분포를 보인다.

전기전도도의 분포특성을 보면 복지시설주변 지하수는 높은 전기전도도 분포특성을 보이고, 인곡리와 태극광산 및 금봉광산부근으로 점차적으로 낮아지는 경향을 보인다. 전기전도도와 pH의 분포특성은 복지시설입구를 중심으로 동서로 뚜렷한 대비가 되는 것은 일차적으로는 퇴적암지역과 화강암지역으로 구분되는 지질특성을 반영하고, 그리고 지하수의 심도인 천부지하수와 심부지하수의 특성을 반영한다고 볼 수 있다. 따라서 현재까지의 채취된 지하수 시료의 pH와 전기전도도의 분포특성을 보면 태극광산 광화대의 영향을 뚜렷하게 반영하지는 않는다.

지하수의 성분중 광화대의 황화광물의 영향을 알아보기 위하여 지하수의 황산염의 농도 분포에 대해서 등치선도를 작성하였다. 일부 지하수에서 다소 높은 값을 보여주고, 대부분 지역은 낮은 함량분포를 보인다. 높은 함량을 보이는 지역은 3곳으로 금봉광산 아래, 태극광산의 좌측부, 연구지역 하단부 등이다. 대부분의 지하수가 모암의 지질특성의 영향을 보이는 것으로 판단되며, 일부지하수에서 광화대의 영향이 반영되는 것으로 추정된다. 지하수의 오염상태를 알아보기 위하여 질산염 성분의 분포를 보면, 인곡리 일부와 맹동초교 지역의 지하수에서 높은 질산염 농도분포를 보인다. 꽃동네 시설주변과 태극광산주변 지하수는 비교적 낮은 농도 분포를 보인다.

광맥 형성시 황화광물과 다량의 중금속이 수반된다. 지하수 수질에 대한 광맥에 영향을 알아보기 위하여 지하수의 중금속 성분 분포를 등치선도를 작성하였다. 망간(Mn)의 분포를 보면 인곡리 지역 일부 지하수와 금봉광산 아래 지하수에서 높은 농도분포를 보인다. 지하수내 아연(Zn)의 분포를 보면 인곡리 부근과 금봉관산 하부의 지하수에서 높은 농도를 보인다. 지하수내 철(Fe)의 함량도 인곡리 부근에서 높은 농도를 보인다. 인곡리 지역은 태극광산이 금맥을 따라서 채굴하고자하는 지역이다. 따라서 지하수내 철, 망간, 아연의 높은 농도 함량은 광맥의 영향이 있는 것으로 보인다.

동위원소 조성에서는 인곡리 지역에 비해 꽃동네 심부지하수가 보다 결핍된 수준을 보인다. 이와 같은 수리화학적 특성 차이는 꽃동네를 중심으로 동편의 화강암, 서편의 퇴적암으로 구성되는 지질의 차이, 지하수공의 심도차이, 농업활동의 유무, 광화대의 영향으로 해석된다.

4. 결 론

결론적으로 인곡리 일대 천부지하수는 중금속등의 함량이 일부에서 높게 검출되므로 광화대의 영향이 어느 정도 있는 것으로 판단되며, 꽃동네 시설지역의 심부지하는 광화대의 영향이 거의 없는 것으로 보인다. 이는 연구지역 지하수의 흐름과 수질화학 환경이 꽃동네 시설입구를 중심으로 남북방향으로 발달된 단층선이 경계조건을 형성함으로서 좌우가 격리된 수리지질체계를 형성하기 때문인 것으로 판단된다.