

## 용인시 백암정수장 지역 지하수의 지화학적 특성

김건영, 김천수, 배대석, 강재기, 김형수\*

한국원자력연구소  
\*한국수자원공사  
kingy@kaeri.re.kr

### <요약문>

용인시 백암취수장 주변 지역의 지하수에 대해 기초적인 지화학적 조사를 수행하였다. 현장측정자료에서는 취수정의 pH와 EC값이 주변지하수보다 지표수와 유사한 값을 보이며, 취수정의 용존산소(DO) 함량이 천층지하수보다 높은 값을 보인다. 더구나 취수정의 경우  $\text{NO}_3$  함량이 10.5-12.1 mg/L이며 주변 지하수는 7.2-25.3 mg/L, 지표수는 13.1-14.9 mg/L로서 취수정의 설치심도가 70~180m로서 상대적으로 깊은 암반층에 설치되어 있다 하더라도 주변지하수 및 인접 지표수의 혼입에 의해 영향을 받아 오염이 진행되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 연구 지역은 현재 취수정이 모두 청미천변에 위치하고 있어서, 현재 암반 지하수로 개발하고 있는 취수정 지하수가 주변 천부지하수 및 지표수에 의한 혼입 및 오염가능성이 높기 때문에, 앞으로 장기적인 모니터링 및 지화학적 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

주요어 : 백암취수장, 지구화학, 지하수 오염, 지표수-지하수 혼입

### 1. 서론

경기도 용인시 백암정수장은 1982년 준공되었으며 용인시 백암1리 청미천변 심정 6곳에서 원수를 취수하여 정수장에서 완속여과 및 소독공정을 거쳐 인근 백암리 일원에 1,000 m<sup>3</sup>/일을 공급하고 있는 소규모 지역 정수장이다 (용인시, 2003). 최근에 와서 수자원의 안정적 확보를 위해서 기존 관정의 효율적 이용방법 개발 이외에 강변여과수 개발이나 지하댐 건설 등과 같이 돌발적인 수질오염 사고 위험이 낮으면서 안정적으로 수자원을 확보할 수 있는 인공함양기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 이와 관련하여 백암취수장 지역은 비록 직접적인 인공함양지역은 아니며 현재 수질이 양호하지만, 6곳의 취수정들이 모두 청미천변에 인접하여 위치하고 있어 지표수 및 천층지하수의 유입가능성이 높다. 또한 주변이 농업지역이며 가축 축사 또한 다수 존재하고 있을 뿐 아니라 근래에 와서 용인시의 급속한 개발에 의해 인근에 다수의 골프장 및 상업시설이 건설되면서 오염가능성이 높아지고 있기 때문에 지표수-지하수 혼입관계의 정량적 평가 등이 필요시 되는 지역이다.

## 2. 지질개요

연구지역의 지질은 주로 쥐라기의 편마암상 각섬석-흑운모화강암과 중립질 흑운모화강암으로 이루어져 있어서 비교적 단순한 지질특성을 보인다 (이상만 외, 1989) (Fig. 1). 편마암상 각섬석-흑운모화강암은 백암지역에서 가장 넓은 분포를 차지하는 암종으로 중립질 내지 조립질이고 정장석의 반정이 발달하여 반상 조직을 나타낸다. 흑운모, 각섬석 등 유색광물의 평행배열로 현저한 엽리구조를 보인다. 그러나 흑운모화강암과의 접촉부인 백암리 일대에선 편마구조가 미약하고 유색광물의 함량도 감소하여 흑운모화강암으로 전이되는 경향을 나타낸다. 현미경하에서는 자형 내지 반자형의 사장석과 타형의 석영과 미사장석으로 구성된 전형적인 화강암질 조직을 보인다. 중립질 흑운모화강암은 중립질 내지 조립질이며 반정의 발달은 미약한 편이다. 연구지역 전반에 걸쳐 심하게 풍화되어 신선한 노두의 관찰이 어렵다. 현미경하에서는 대체로 등립질의 화강암질 조직을 보인다. 이밖에 연구지역 북부에 소규모로 선캄브리아기 변성퇴적암류인 호상편마암이 분포한다. 백암정수장 및 취수장은 편마암상 각섬석-흑운모화강암 지역내에 위치한다.

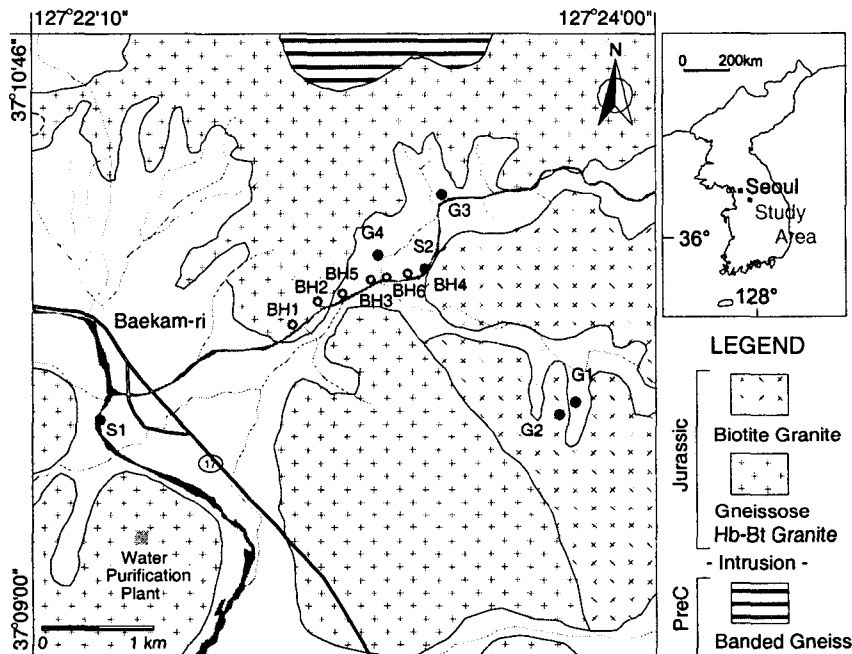


Fig. 1. Geologic map of the Baekam area.

## 3. 연구방법

모든 시료에 대하여 온도, pH, Eh, EC, DO, 알칼리도 등의 물리화학적 특성자료가 현장에서 측정되었다. 화학분석을 위하여 모든 시료는 0.45  $\mu\text{m}$  이하로 여과하였으며, 이 중 양이온 분석을 위한 시료에는 농질산을 첨가하여 pH를 2 이하로 유지하였다. 시료의 주요 양이온 및 미량원소 함량은 한국기초과학지원연구원에서 유도결합플라즈마 방출분석기 (ICP-AES, Shimadzu ICPS-11000 III)와 유도결합플라즈마질량분석기 (ICP-MS, FISON'S PlasmaTrace)로 분석하였고 음이온은 한국원자력연구소내 이온크로마토그래피 (Dyonex 500)를 이용하여 분석하였다.

#### 4. 연구결과 및 토의

현장에서 직접 측정된 현장측정자료를 살펴보면 6곳의 취수정이 모두 매우 일정하고 양호한 수질상태를 보이고 있는 것으로 판단된다. 또한 주변 지하수 시료들 역시 지표수와 구별이 힘들 정도로 매우 낮은 전기전도도와 알칼리도를 보이고 있다. pH의 경우 취수정이 7.1-7.3, 주변지하수가 6.5-6.7, 지표수가 7.1-7.2의 범위를 보여 취수정과 지표수가 유사하게 중성값을 보이고 주변지하수들은 약산성을 보이고 있다. 전기전도도값은 취수정이 191-221, 주변지하수가 130-148, 지표수가 150-158 $\mu$ S/cm로서 취수정의 EC값이 가장 높으며 주변지하수가 지표수보다 오히려 낮은 특성을 보이거나 전체적으로 낮은 값을 보이고 있기 때문에 그 차이는 매우 미약하다. 그러나 pH와 EC값에서 주변지하수보다 지표수가 오히려 취수정과 유사한 현장측정값을 보인다는 점은 취수정이 청미천변에 인접하여 설치되어 있어서, 실제로 인접한 지표수의 혼입 가능성을 뒷받침 해준다. 이는 지하수의 용존이온 중 인위적 오염의 지시자인 NO<sub>3</sub> 함량을 살펴보면 더욱 명확해진다. 취수정의 경우 NO<sub>3</sub>함량이 10.5-12.1 mg/L이며 주변지하수는 7.2-25.3 mg/L, 지표수는 13.1-14.9 mg/L로서 취수정의 설치심도가 70-180m로서 비교적 깊은 암반층에 설치되어 있다 하더라도 주변지하수 및 인접 지표수의 혼입에 의해 영향을 받아 오염이 진행되고 있음을 알 수 있다. 더구나 pH와 용존산소(DO)와의 관계를 살펴보면 오히려 천층지하수보다 취수정에서 높은 용존산소함량을 보이고 있다. 일반적으로 심부지하수일수록 용존산소함량이 줄어들음을 감안하였을 때, 이 역시 취수정의 지표수 혼입영향을 뒷받침하고 있다.

화학분석값들을 일반적인 지하수의 진화정도를 나타내주는 총용존이온함량 (TDS)에 대하여 도시해보면(Fig. 2), 취수정과 주변지하수, 지표수들이 각각 고유영역에 도시됨을 알 수 있다. 전반적으로 이온함량이 낮지만 Na, Ca, HCO<sub>3</sub> 와의 관계에 있어서 정의 비례관계를 보이고 있으며, 대부분 이온들에 대해 지표수와 주변지하수들이 유사한 영역 또는 일련의 관계를 갖고 도시되는 반면 취수정의 경우는 6곳 모두 지표수나 지하수와 뚜렷이 구별되어 매우 일정한 위치에 도시된다. 이는 6곳의 취수정이 모두 매우 인접한 위치에 일렬로 천변에 위치하여 있기 때문인 것으로 사료된다. 이처럼 앞서 설명된 현장측정자료에 있어서는 취수정이 주변 지표수의 영향을 받고 있는 것으로 나타난 반면, 화학조성에 있어서는 주변 지하수와 지표수와의 상관관계가 더 명확한 뿐 취수정의 화학특성은 매우 구별되어 나타나고 있다. 따라서 각 취수정의 설치 심도가 70에서 180m로 다양한 심도임을 감안할 때, 좀더 시기를 달리하는 시료채취 및 장기적으로 모니터링을 통해서 각 취수정의 지화학적 특성이 보다 명확히 해석될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 연구지역이 이미 지하 심부까지 오염이 심하게 진행되지 않았다면, 취수정 지하수의 높은 NO<sub>3</sub>함량은 이들이 주변의 오염된 지표수나 지하수의 영향을 받고 있음을 지시하기 때문에 이들에 대한 보다 명확한 혼입관계를 밝히기 위해서는 다양한 동위원소기술이 적용되어야 할 것으로 사료된다. 자연수 시료들을 Piper diagram에 도시한 결과는 (Fig. 3) 앞서 총용존고체함량(TDS)와 여러 이온들과의 관계에서 나타난 결과와는 달리 취수정 지하수, 주변 일반지하수, 지표수들이 모두 Ca(Na)-HCO<sub>3</sub>형에 속하면서 좁은 영역에 도시되어 구별이 어렵다. 전체적으로 취수정의 용존이온 함량이 매우 낮기 때문에 일반적으로 다른 지역의 취수정에서 흔히 나타나는 철이나 망간 혹은 탄산염 광물 등의 침전에 의한 정호막힘현상의 가능성은 적

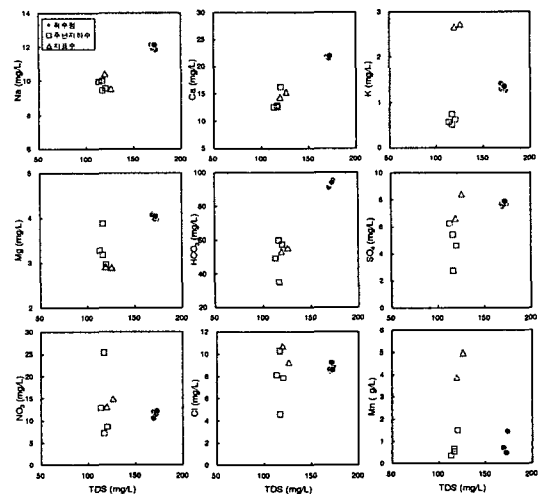


Fig. 2. Plots of TDS versus various dissolved ion concentrations of water samples from the Yongin area.

을 것으로 판단되나 자연수시료에 대해 각 광물들의 포화지수를 계산하여 보면, 탄산염광물은 불포화상태이지만 철이나 망간광물의 경우는 과포화상태로 침전가능하기 때문에 장기적인 측면에서는 이들의 침전 및 이에 따른 철, 망간에 의한 지하수 오염에 대한 대비책을 마련해야 할 것으로 사료된다.

## 5. 사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었으며, 부분적으로는 과학기술부의 원자력 중장기 연구개발과제에 의하여 수행되었다.

## 6. 참고문헌

- 용인시 백암·원삼정수장 기술진단 보고서. 용인시, pp. 233  
 이상만, 김형식, 송용선, 1989, 안성도폭 지질보고서 (1:50,000). pp. 18.

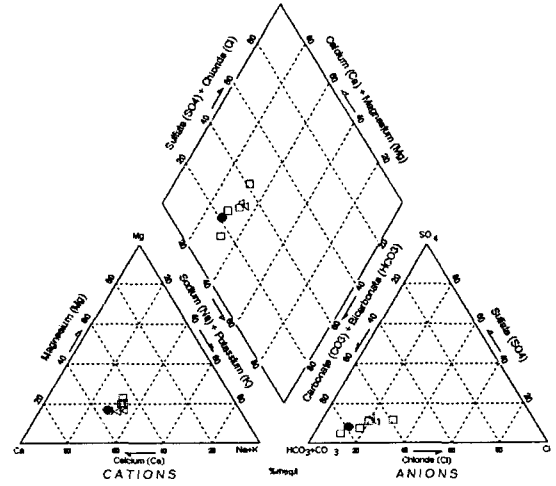


Fig. 3. Piper diagram for the water samples from the Yongin area. Symbols are the same as in Fig. 2.