

## 효율적인 지하수 수질 관리를 위한 수리지구화학 자료의 활용성 증대 방안 - 지하수 장애우려지역 조사연구 사례

홍소영<sup>1</sup>·윤성택<sup>1</sup>·최병영<sup>1</sup>·김경호<sup>1</sup>·김덕민<sup>1</sup>·문상호<sup>2</sup>·안경환<sup>3</sup>·원종호<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 고려대학교 지구환경과학과 및 천부지권환경연구소(e-mail: styun@korea.ac.kr),

<sup>2</sup> 한국지질자원연구원

<sup>3</sup> 한국수자원공사

### 요 약 문

지하수 장애를 사전에 방지하고 지하수의 유동특성과 배경수질을 파악하기 위해 설치된 국가 지하수관측망에서는 지하수위, 전기전도도, 수온 항목을 주기적으로 측정하고 있으며 아울러 연 2회 생활용수 기준의 수질검사를 실시하고 있다. 이들 측정항목의 시간적 변화를 고찰함으로써 해당 지하수계의 이상 징후를 효과적으로 감지할 수 있다. 하지만, 이들 측정항목 만으로는 지하수의 수리지구학적 환경을 제대로 파악하기가 어려우며, 따라서 지하수 수질 장애가 인지되었을 경우 그 원인을 효과적으로 규명하기가 쉽지 않다. 지하수 수질 장애는 인위적인 오염 외에도 지질 조건과 관련한 자연적 과정에 의해서도 빈번히 일어난다. 지하수 수질 장애의 원인과 지하수의 수질 변화 경향을 파악하기 위해서는 관측 항목에 추가하여 양/음이온 분석자료의 주기적 취득과 수리지구화학적 해석이 필요하다. 금번 발표에서는 국가 지하수 관측망의 장기 관측 결과 지하수 수질 장애 우려지역으로 제안된 5개 지역의 수리지구화학 조사연구 사례를 소개한다. 관측망 관정 외에 주변 지역 지하수에 대한 양/음이온 분석을 수행하고 수리지구화학 해석을 수행함으로써 지하수 수질장애의 원인을 규명할 수 있었다.

**key word** : 지하수 수질장애, 국가지하수관측망, 수리지구화학 분석

### 1. 서론

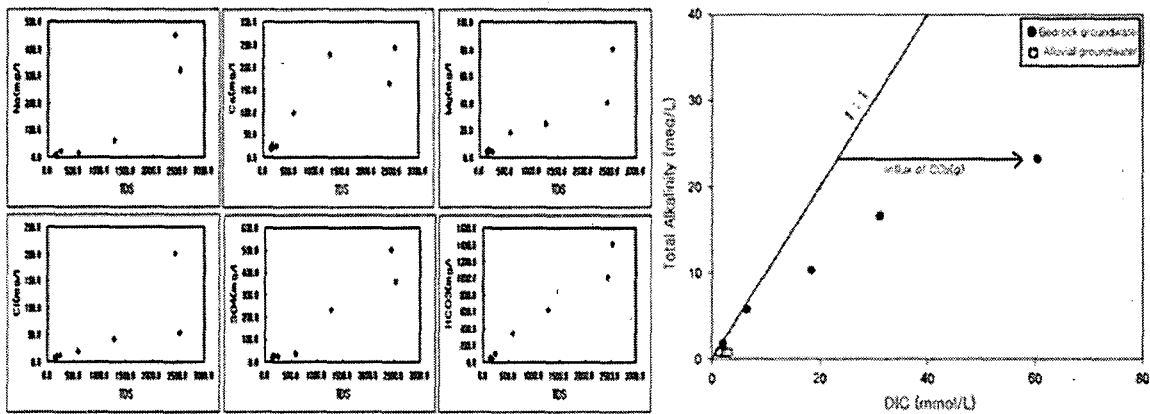
최근 지하수는 도시화, 공업 및 농업 활동, 광업활동 등에 의해 오염이 가속화되고 있다. 아울러, 과도한 지하수 개발은 대수층의 수리 및 지구화학적 환경을 변화시킴으로써 자연 기원을 갖는 오염물질의 농도를 증가시키기도 한다. 따라서 지하수를 효율적으로 보존 및 관리하는 한편 수질 변화를 예측하기 위해서는 오염물질 자체의 농도 변화 뿐 아니라 대수층의 수리지구화학적 환경을 이해함은 물론 오염원을 규명함이 중요하며, 이러한 목적을 달성하기 위한 지하수 관리 정책의 수립 및 시행이 요구된다.

국가지하수관측망은 지하수의 합리적인 개발, 이용과 체계적인 관리 정책의 기초자료를 제공하기 위해 건설교통부에서 설치 및 관리하고 있는 지하수 관측시설이며, 장기적, 주기적으로 지하수 수위 및 수질변동을 감시, 관측하고 있다. 현재 지하수 관측소에서는 지하수위, 전기전도도, 수온 항목을 1일 4회 자동측정하고 있으며, 아울러 연 2회 생활용수 기준의 수질검사를 실시하고 있다. 하지만 이와 같은 제한된 지하수 관측 방식과 수질검사 항목만으로는 대수층의 수리지구화학적 환경에 대한 정보를 정확히 파악하기가 쉽지 않다. 따라서 지하수 수질장애가 발생했을 때 그

원인을 규명하고 수질변화를 예측하기 위해서는 관측항목을 보완하는 수리지구화학 조사연구가 요구된다. 본 발표에서는 2005년 한국지질자원연구원과 한국수자원공사, 고려대학교가 함께 실시한 지하수 수질장해 우려지역 조사연구 사례를 소개함으로써, 수리지구화학 자료 취득과 해석이 지하수 장해의 인지와 원인 파악 및 대책 수립에 있어 효율적인 대안임을 보여주하고자 한다.

## 2. 조사연구 결과 요약

### 가. 안동 길안 관측소 지역



a) TDS와 주요 양/음이온간의 상관관계

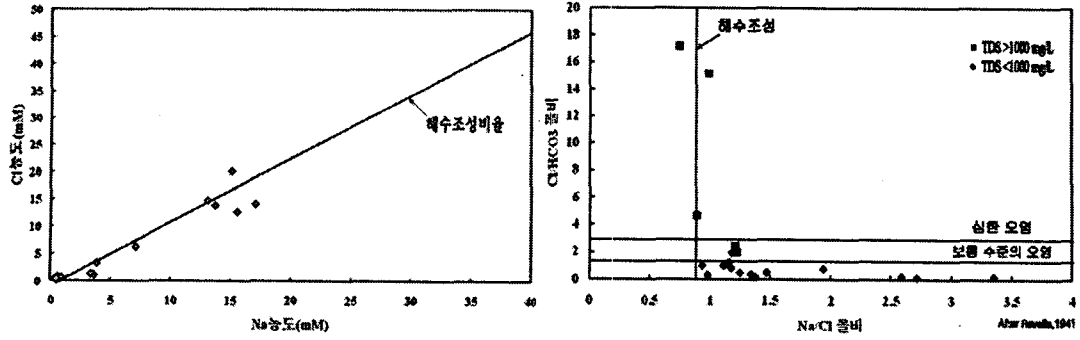
b) PHREEQC로 계산한 DIC의 농도

그림 1. 안동 길안 관측소의 양/음이온 분석을 통한 연구 결과

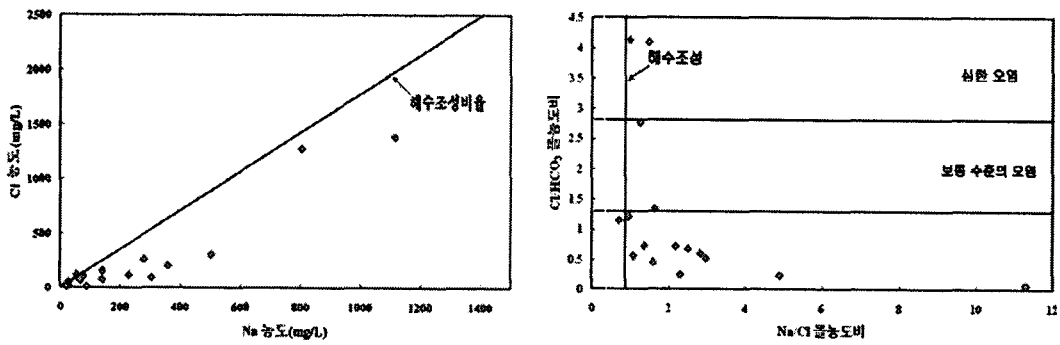
안동 길안 관측소의 경우, 암반관정에서의 높은 전기전도도 값과 생활용수 수질분석 결과에서의 높은 Cl 함량으로 인해 지하수 수질장해가 인지되었다. 아울러, 수리지구화학 분석을 통해 HCO<sub>3</sub>의 농도가 매우 높았으며, 양/음이온과 TDS와의 상관관계를 고찰한 결과 거의 모든 이온종과 TDS 간에 좋은 상관관계가 나타났다. 지구화학적 기법(PHREEQC)을 통해 DIC 농도를 계산하고 주변 지질 특성과 결부지어 해석한 결과, 본 지역에서는 심부로부터 CO<sub>2</sub> 가스가 지역적으로 상승 유입됨이 제안되었다. 즉, 안동 길안 관측소의 암반관정에서 인지된 지하수 장해는 자연 기원, 즉 탄산수의 유입 영향으로 해석되었다.

### 나. 양양 손양 관측소 및 포항 연일 관측소 지역

두 관측소의 경우, 높은 EC값과 생활용수 수질분석 결과에서의 높은 Cl 이온 함량으로 인한 수질장해가 인지되었다. 주요 양/음이온의 분석결과를 수리지질 및 지리적 특성과 결부지어 해석함으로써, 본 지역의 지하수 장해는 농업 및 산업활동과 관련한 과도한 양수에 수반된 해수침투의 결과로 해석되었다. 이때, 주요 이온종 간의 상관관계 분석 및 지화학 해석은 해수침투를 규명하고 그 정도를 평가하는데 있어 결정적인 근거가 되었다.



a) Na-Cl ratio      b) Na/Cl, Cl/HCO<sub>3</sub> 농도비를 이용한 해수침투 정도의 평가  
그림 2. 양양 관측소의 양/음이온 분석을 통한 연구 결과



a) Na-Cl ratio      b) Na/Cl, Cl/HCO<sub>3</sub> 농도비를 이용한 해수침투 정도의 평가  
그림 3. 포항 연일 관측소의 양/음이온 분석을 통한 연구 결과

다. 울산 온양 관측소

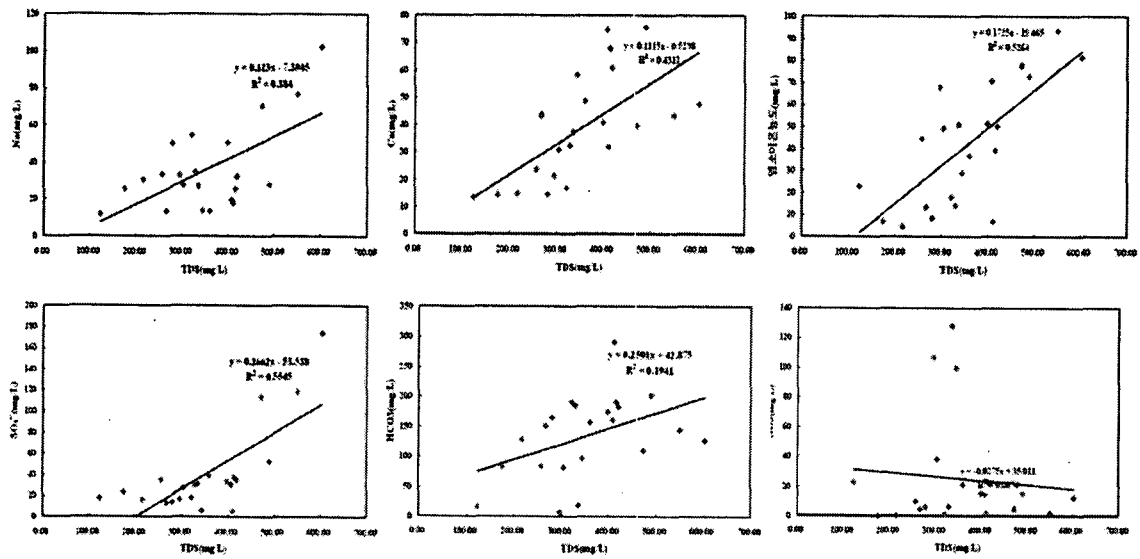


그림 4. TDS와 주요 양/음이온간의 상관관계 (울산 온양 관측소)

울산 온양 관측소 지역의 경우, 역시 관측정에서의 높은 EC값과 함께 생활용수 기준을 초과하는 Cl 이온 함량에 의한 지하수 장애가 인지되었다. 그러나 본 조사 연구를 통하여 지하수 장애가 아닌 것으로 결론지었다. 그 이유는, 첫째 TDS와 주요 양/음이온과의 상관성이 좋지 않았고, 둘째 TDS 및 EC 값, Cl이온 함량을 비교해 보아도 주변 지하수 중 우려할 만한 수질을 나타낸 관정을 찾을 수 없었고, 셋째 장기관측자료를 보았을 때 Cl의 농도가 생활용수질기준을 초과한 빈도는 소수이고 단속적이었기 때문이다.

### 3. 결과 토의

본 조사연구는 지하수 수질장애 지역 판정 및 관리에 있어 수리지구화학적 자료가 매우 효율적으로 사용될 수 있음을 명확히 보여주고 있다. 즉, 수리지구화학적 자료는 지하수 오염이 인위적 기원인지 자연적 기원인지를 구별하고 오염 정도를 평가하는데 필수적으로 활용되며, 나아가 효율적인 지하수 사용과 관리/보존 대책의 수립에 있어 중요한 정보를 제공해 준다. 예를 들어, 안동 길안 관측소 지역의 경우, '높은 Cl을 함유한 심부 탄산수의 영향이 주로 암반 지하수에 미치고 있으며 천층 지하수에는 영향이 거의 없음'을 보여주고 있는바, 이 사실은 해당 지역의 지하수 개발 심도에 대한 지침으로 활용될 수 있다. 또한, 해수침투에 영향을 받는 장애 지역의 경우에는 해수침투의 영향 범위 산정 및 적정한 관정 개발(심도 및 위치) 방안 및 양수량 조절에 대한 지침을 제공할 수 있다.

결국, 수리지구화학 자료의 취득과 해석은 지하수 수질 관리 및 보존을 위해 반드시 수행되어야 한다. 지하수에 대해서는 현행 수질기준 항목에 추가하여 주요 양/음이온 분석을 주기적으로 수행토록 하는 제도적 보완이 필요한 것으로 판단된다.

### 4. 참고문헌

한국수자원공사, 한국지질자원연구원, 2005, 지하수 장애우려지역 대책방안 연구 보고서