

# 제주도 동부지역의 지하수 염수화에 대한 이화학적 특성

오윤근, 김경훈\*, 류성필, 송영철<sup>1</sup>  
제주대학교 환경공학과, <sup>1</sup>제주도보건환경연구원

## 1. 서론

제주도의 지질은 주로 화산암으로 구성되어 있어 투수성이 매우 커서 다우(多雨) 지역임에도 불구하고 지표수의 유출이 제한되어 있으며, 제주도 지하수는 제주도 전체 주민의 생활과 산업을 뒷받침하는 유일한 수자원이다. 그런데 지난 20여년간 제주도에서는 원예농가의 증가와 대형화, 가축사육두수의 증가, 골프장 등 휴양시설의 증가로 지하수 오염이 확대되어 왔지만, 제주도의 지하수를 가장 위협하는 요인은 지하수 염수화 문제이다. 제주도 동부지역인 경우 염수화 문제는 오래 전부터 심각한 문제로 대두되고 있다.

일반적인 염수화의 잠재 요인으로서는 1) 자연적인 염지하수(natural saline groundwater), 2) 암염의 용해(halite solution), 3) 해수침입(sea-water intrusion), 4) 가스나 유정에 의한 고염화(oil-and gas-field brine), 5) 농업에 의한 유출(agricultural effluents), 6) 염화확산(saline seep), 7) 도로에 의한 염화(road salt)가 있다. 현재까지 수행된 연구결과에 의하면 제주도 동부지역의 지하수 염수화 원인을 제주도 형성 당시부터 염지하수가 부존할 수 있는 지질구조로 인한 자연적인 형태의 염지하수, 토양 및 사구층내의 염분의 용해·침투에 의한 현상, 과잉양수에 의한 해수침투라고 보고되고 있다.

본 연구에서는 제주도 동부지역 염지하수 수질의 이화학적 특성을 월별, 시간별로 심도에 따라 그 조성을 분석하여 염수화의 원인과 조석의 영향에 의한 수질의 변화특성을 고찰하였다.

## 2. 재료 및 분석방법

지하수 분석시료는 제주도 동부지역에서 염수화가 많이 진행된 지역과 그 상위지역의 지하수 관정 15개소, 용출수 2개소, 우물 1개소를 선정하여 98. 4월부터 8월까지 5회에 걸쳐 조사·분석하였다. 이 중 6개의 관정은 심도별로 채수하였고, 조석에 따른 수질의 변화를 관찰하기 위하여 2개 관정에서 24시간 동안

2시간 간격으로 심도별로 연속 채수하였다.

분석항목중 수온, pH, 전기전도도는 현장에서 측정하였으며, 음이온인  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$  은 Ion chromatography(Dionex-500, USA)을 사용하여 분석하였고,  $\text{HCO}_3^-$  는 중화적정법,  $\text{I}^-$  는 Catalytic Reduction Method(Standard Method)로 분석하였다. 양이온인  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Sr}^{+2}$ 은 원자흡광광도계(GBC904AA)를 이용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 지하수와 해수의 조성비

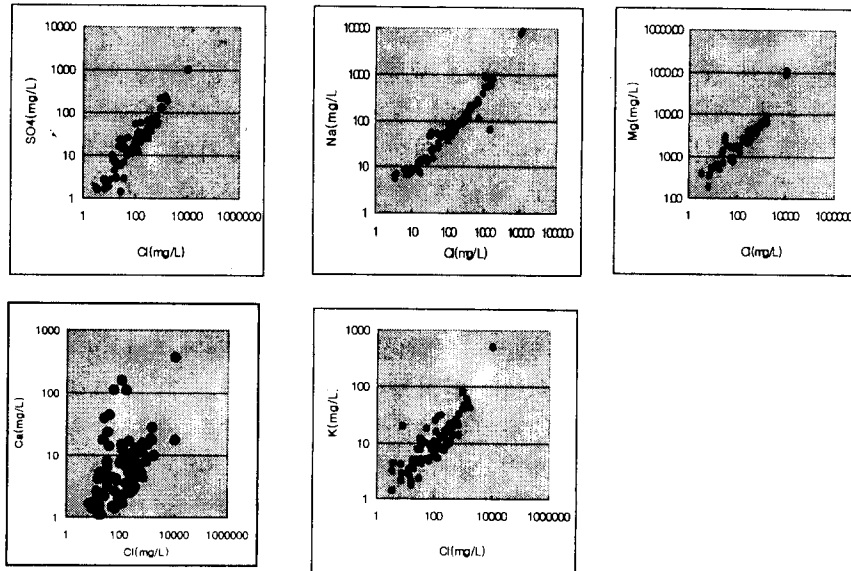


Fig. 1. Bivariate plots of major ions versus chloride for groundwater from eastern area of cheju-do.

Fig. 1은 주요이온의 성분비를 나타낸 것으로 각 그래프상의 오른쪽 상부 점은 연안해수의 성분비를 나타낸 것이며, 그 외의 점들은 지하수 성분비를 나타낸 것이다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 동부지역 대부분 지하수는 해수의 조성 성분비율과 유사하게 나타나고 있다. 따라서 이 지역의 지하수의 염수화 요인은 지질구조로 인한 자연적인 현상이거나 해수침투에 의한 것으로 사료된다.

### 3.2 Iodide의 농도를 이용한 염수화의 발생기원 추정

요오드와 염소이온은 보존성 물질로서 평균체류기간이 각각  $4 \times 10^8$ 년,  $3 \times 10^{11}$ 년이다. Howard 등은 I/Cl과 Cl과의 관계를 이용하여 염수화의 발생기원을 추정하였다.

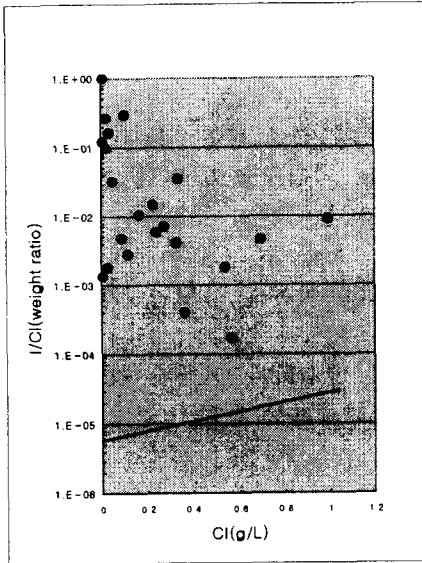


Fig. 2는 I/Cl과 Cl과의 관계를 나타낸 것으로서 동부지역 지하수 염수화의 발생기원은 최근에 염수화가 진행된 것이 아니라 오래 전에 진행된 것으로 추정된다.

Fig.2. Iodide concentration as indicator of residence time.

### 3.3 조석의 영향에 따른 시간별 수질변화 특성

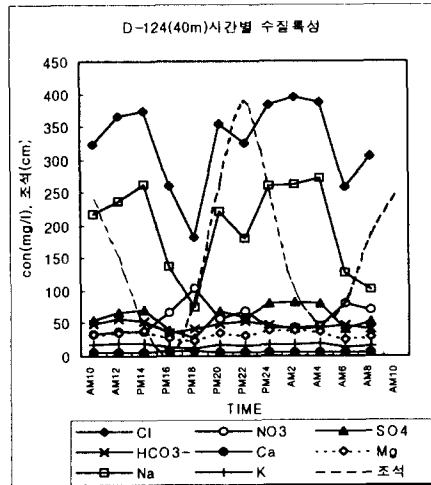
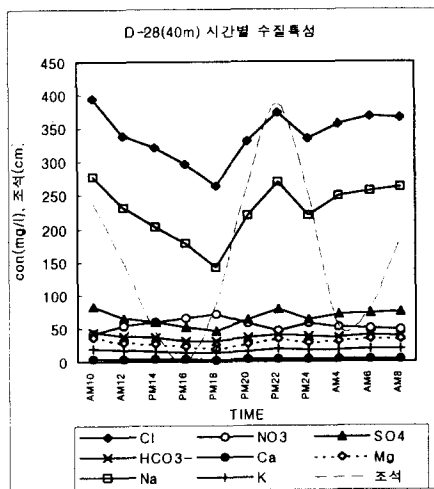


Fig. 3. Variation of Groundwater quality and tide during 24hr

Fig. 3은 D-28(해안까지 거리 1.8Km), D-124(해안까지 거리 2.4Km) 관정에서 조석에 따른 수질변화를 나타낸 것으로 Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Mg, Na, K, Ca 이온의 농도는 조석의 고저에 따라 정의 상관성을 나타냈으며, NO<sub>3</sub> 이온의 농도는 부의 상관성을 나타내었다.

#### 4. 결론

제주도 동부지역의 지하수는 수질특성이 해수의 조성 성분비율과 유사하게 나타내고 있어 이 지역 지하수의 염수화요인은 지질구조로 인한 자연적인 현상, 해수침투에 의한 것으로 사료된다.

조석에 따른 수질변화는 Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Mg, Na, K, Ca 이온의 농도는 조석의 고저에 따라 정의 상관성을 나타냈으며, NO<sub>3</sub> 이온의 농도는 부의 상관성을 나타내었다.

동부지역 지하수 염수화의 발생기원은 근래에 염수화가 진행된 것이 아니라 오래 전에 진행된 것으로 추정되며, 이 점에 대해서는 동위원소 등을 분석·비교하여 규명되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- Bernd C. Richter and Charles W. Bledsoe, 1993, Geochemical Techniques for Identifying sources of ground-water salinization  
고기원, 1997, 제주도 지하수의 부존특성과 서귀포층의 수문지질학적 연구, 부산대학교 박사학위논문  
한정상, 1998, 지하수 환경과 오염, 박영사  
Soki Yamamoto(오윤근, 김남형 공역), 1997, 지하수조사법, 동화기술