

## 제주도 용천수의 지구화학적 특징

이광식\* · 박원배\*\* · 김용제\*\*\* · 현승규\*\*\*\* · 문덕철\*\* · 우남철\*\*\*\*

\*한국기초과학지원연구원 · \*\*제주발전연구원 · \*\*\*한국지질자원연구원 · \*\*\*\*연세대학교

e-mail : kslee@kbsi.re.kr

국내 최대의 화산섬인 제주도에는 900개 이상의 용천수가 분포하고 있는데 (제주도, 1999), 고지대와 중산간 지대에는 극히 일부의 용천수가 분포하고 있으며, 대부분의 용천수는 해안지대에 밀집되어 분포하고 있다. 이는 지하수 함양이 용이한 제주도의 지질 특성과, 섬의 중앙부의 고도가 높고 해안 부근이 낮은 지리적인 특성과 밀접한 관련이 있다. 제주도는 투수성이 대단히 양호한 화산암과 일부 퇴적암으로 구성되어 있기 때문에 강수는 지상에 내리자마자 대부분 지하수로 함양되거나 증발산작용에 의하여 대기중으로 되돌아간다. 이러한 이유로 집중호우가 내릴 때를 제외하고는 제주도에 하천수가 흐르지 않는다. 지하수로 함양된 물은 경사구배를 따라 땅속을 흐르다가 해안가나 바다속에서 용출하고 있다. 제주도 남측 서귀포 부근에 분포하는 몇몇 상시하천도 이러한 용천수로부터 기원하고 있다. 이러한 해안 지역을 제외하고는 1960년대 초까지 만해도 봉천수(빗물을 모은 것)를 생활용수로 이용하여 왔기 때문에 제주도는 과거부터 물이 없는 섬으로 알려져 왔다. 특히 서부와 동부의 중산간 지역에는 하천수와 용천수가 거의 없기 때문에 봉천수나 멀리서 길어온 용천수 외에는 이용할 수 있는 수자원이 없었다.

제주도 (1999)에 의하면 1999년 7월과 10월에 제주도 북부지역에서 채취된 지하수의 산소 동위원소 조성이 같은 고도의 다른 지역 지하수에 비하여 가벼운 것이 보고되었다. 이 보고서에서는 이러한 현상이 다른 지역에 비하여 북부지역에서 지하수의 유동속도가 상대적으로 빠르기 때문에 일어나는 것으로 추정하였다. 그러나 이광식 외 (2002)는 한라산 남북측 사면에서 1년 동안 월별로 채취한 강수의 동위원소 자료를 이용하여 이와 같은 현상이 일어나는 이유가 남북측 사면에서 지하수 이동속도가 달라서 일어나는 현상이 아니고 비가림효과 (rain shadow effect)에 의하여 동일고도에서 남측사면과 북측사면에 내리는 강수의 동위원소 조성에 차이가 나서 일어나는 현상임을 밝힌 바 있다. 하지만 이러한 결과를 보다 과학적으로 증명하기 위해서는 남북측사면에 분포하는 용천수들의 연대측정 자료가 필요하고 수리지구화학적 특징 규명이 필요하다.

제주도의 용천수에 대한 수리지화학적 특성은 최근 몇몇 연구자들에 의해 연구된바 있다 (윤정수와 박상운, 1998; 이봉주 외, 2002). 이봉주 외 (2002)는 제주도 (1999)에서 보고한 300개 이상의 용천수 양음이온 분석 자료를 고도별로 분석하여 600 m 이상의 고지대에는 오염의 영향이 별로 보이지 않는 배경수질 특성을 보이는 반하여 해안에 가까워질수록 인위적인 오염에 의한 특성과 해수에 의한 영향을 뚜렷이 보임을 보고하였다. 이 연구에서는 한라산 남북측사면에 분포하는 용천수들이 남북측사면에서 관찰되는 강수의 동위원소 조성의 차를 어떻게 반영하고 있는지 그리고 수리지구화학적 특징에 어떤 차이가 있는지를 밝히기 위하여 시작되었다.

한라산 남북측 사면에서 고도를 고려하여 약 20개의 용천수를 선택하였으며 (그림

1), 계절변화를 관찰하기 위하여 1월(겨울), 4월(봄), 7월(여름), 10월(가을)에 걸쳐 시료 채취를 하였다. 수온, 수소이온 농도, 전기전도도는 현장에서 측정하였고, 알칼리도는 염산을 이용한 적정법으로 현장에서 측정하였다. 냉장 보관된 시료를 실험실로 옮겨 동위원소, 양음이온 농도 분석을 실시하였다.

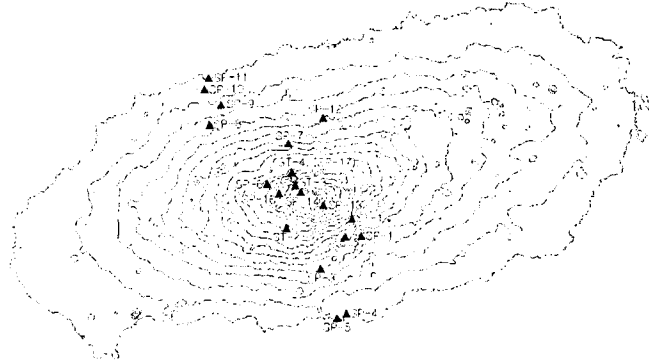


그림 1. 한라산 남북측 사면에서 채취한 용천수의 위치도

양음이온 분석 자료를 통계분석해보니 1,000 m 이상의 고지대에서는 전기전도도와 양음이온 함량이 강수의 값과 비슷할 정도로 낮은 특징을 보인다. 아울러 남북측사면 모두 고지대에서 저지대로 내려가면서 용존이온들의 함량이 점진적으로 증가하는 특징이 관찰된다. 이것은 강수에 의하여 고지대에서 함양된 지하수가 저지대로 흘러가면서 물암석반응에 의하여 용존물질의 함량이 점진적으로 증가하는 것을 의미한다. 용존물질의 함량을 계절별로 관찰해보니 남북측사면 모두 계절변화가 크게 관찰되지는 않았다. 북측사면의 중산간 및 해안가에 분포하는 일부 용천수는 질산염의 농도가 허용치의 두 배 이상되는 것이 관찰되었는데 사계절 모두에서 이러한 특징을 보이는 것으로 보아 농업활동보다는 가축분뇨나 생활오수에 의하여 오염된 것으로 판단된다. 동일고도의 남북측사면 용천수의 전기전도도 및 양음이온 농도를 비교하여 보면 북측사면의 것들이 2-3배 높은 특징을 보인다. 이 점은 북측사면 지하수의 유동속도가 남측사면에 빠르다는 제주도 (1999)의 해석과는 배치되는 특징이라 할 수 있다. 즉 제주도는 남북측사면 모두 유사한 지질특성을 보이기 때문에 순환속도가 느린 지역에서 용존물질의 농도가 높을 것으로 예상되기 때문이다.

현재까지 분석된 자료로 볼 때 가을 시료에서 고도효과가 가장 뚜렷하게 관찰된다. 겨울철 용천수는 추위 때문에 얼어있거나 눈이 많이 와서 채취를 하지 못하였기 때문에 경향을 뚜렷이 알기는 어렵다. 그러나 제주도 고산지대 용천수가 전적으로 강수 기원임이고 순환이 매우 빠를 것임을 고려할 때 고도효과가 크지는 않을 것으로 판단된다. 그 이유는 강우와 비교할 때 강설의 산소동위원소 고도효과가 크지 않기 때문이다 (Cunningham et al., 1998; Winograd et al., 1998). 다른 계절 시료에 비하여 여름철 시료는 고도효과가 크게 보이지는 않는데 이것은 제주도에서 여름철 강수가 우량효과에 의해 크게 좌우되는 것과 관계가 있다 (이광식 외, 2002; Lee et al., 2003).

아직 수소동위원소 분석이 완료되지 않아서 중수소과잉값(d-값)의 계절적인 특성을

파악할 수는 없지만 분석된 4월 시료의 d-값은 고도가 높아지면서 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이것은 용천수도 강수에서 발견된 d-값의 고도효과를 그대로 있음을 나타내는 것이다 (이광식 외, 2002). 이에 대한 추가적인 연구를 수행 중에 있다.

#### 감사의 글

이 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-2-1)에 의해 수행되었다.

#### 참고문헌

- 이광식, 박원배, 이대하, 고동찬, 2002, 강수의 중수소과잉값에 영향을 주는 요인들 한국지하수토양환경학회 추계학술대회, 2002년 9월 13-14일, 부산대학교
- 이광식, 고동찬, 이대하, 박원배, 2002, 제주도 강수의 동위원소 조성의 시공간적 분포 : 지하수 함양에의 응용. 지질학회지 38, 151-161.
- 제주도, 1999, 제주의 물, 용천수, 392 p.
- Cunningham EEB, Long A, Eastoe C, Bassett RL (1998) Migration of recharge waters downgradient from the Santa Catalina Mountains into the Tucson basin aquifer, Arizona, USA. Hydrogeol. J. 6, 94-103.
- Lee, K.S., Grundstein, A.J., Wenner, D.B., Choi, M.S., Woo, N.C., Lee, D.H., 2003, Climatic controls on the stable isotopic composition of precipitation in Northeast Asia, Climate Research 23, 137-148.
- Winograd IJ, Riggs AC, Coplen TB (1998) The relative contributions of summer and cool-season precipitation to groundwater recharge, Spring Mountains, NV, USA. Hydrogeol. J. 6, 77-93.