

무주지역 안정 동위원소 조성의 시공간적 분포

한원식 · 이병선 · 정성욱 · 우남철
연세대학교 지구시스템과학과
e-mail: eclipseh@hanmail.net

요약문

본 연구는 무주군 적상산 부근에 위치하는 소유역에서 지표수와 인접한 천층 지하수의 안정동위원소 조성의 시공간적 변화를 규명하기 위해서 시행되었다. 조사는 2001년 8월과 10월, 2002년 4월 세 차례에 걸쳐 수행되었다. 각 계절에 따라 지표수와 지하수의 안정동위원소 조성이 비슷하게 나타나는 것은 이 지역 지표수와 지하수사이에는 배수와 충전이 지속적으로 생기고 있음을 암시한다. 조사지역의 안정동위원소 조성은 북쪽에 위치하는 한강의 안정동위원소 조성보다는 무거우며, 남쪽에 위치하는 섬진강의 안정동위원소 조성보다는 가벼운 위도효과를 잘 나타내고 있다. 또한 시료를 채취한 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점의 고도차가 400 m인 작은 소유역에서도 계절의 변화와 관계없이 안정동위원소의 고도효과는 잘 나타나고 있다. 선행된 연구에서 우리나라 강우가 우량효과를 반영하는 결과를 나타내는 것과 같이 강우의 영향을 직접받는 8월 지표수의 안정동위원소 조성은 10월과 4월보다 더 가벼운 조성을 나타내고 있다.

주요어 : 안정동위원소, 무주, 우량효과, 고도효과, 위도효과

1. 서론

기존의 안정동위원소를 이용한 연구들은 광역적인 범위에서 강우와 지표수의 관계에 대한 연구에 국한되어왔다. 따라서 본 연구에서는 국지적인 규모에서 나타나는 지표수와 지하수의 안정동위원소 특성(위도효과, 고도효과, 우량효과)을 관찰하였으며, 광역적인 규모의 조사를 국지적인 규모에 적용하여 지표수와 지하수 안정동위원소의 공간적, 시간적 특성변화를 관찰하였다.

2. 연구지역 및 연구방법

무주 분지는 동서와 남쪽 방향으로 고도가 약 1000m인 산들로 둘러싸여 있으며 중앙에는 850m인 적상산이 위치한다(Fig. 1). 안정동위원소(18-Oxygen, Deuterium)분석을 위하여 2001년 8월과 10월, 2002년 4월, 3차례의 현장조사가 수행되었다. 8월과 10월의 조사에서 지표수는 22개의 지점, 지하수는 19개 지점에서 물 시료를 채취하였으며 2002년 4월 조사에서는 대표성 있는 지표수 시료 11개를 선택하여 분석하였다. 채취된 시료들은 분석전까지 밀폐하여 보관하였으며 기초과학지원연구소 대전분소에 분석을 의뢰

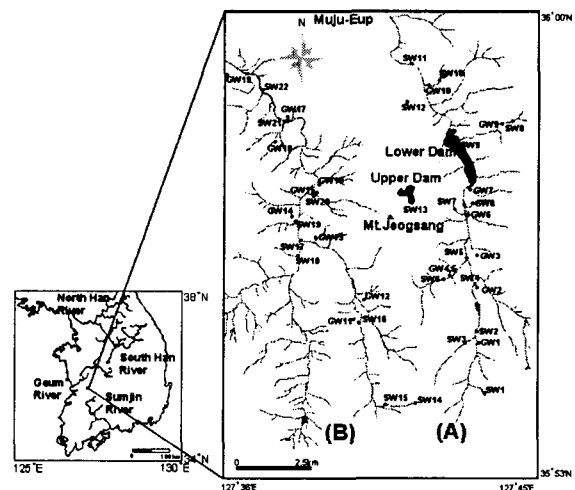


Fig. 1. Sampling locations of the study area: SW and GW denote surface water and ground water, respectively.

하였다. 분석 정밀도는 $\delta^{18}\text{O}$ 가 $\pm 0.1\%$, 그리고 δD 가 $\pm 1\%$ 이다.

3. 결과 및 토의

3.1. 동위원소 조성의 계절별 변화

8월, 10월, 4월 모두에 걸쳐 가장 가벼운 지표수의 산소동위원소 값과 가장 무거운 산소 동위원소 값의 범위는 $-8.0\sim-10.2\%$ (2.2%)이며 지하수는 $-8.3\sim-10.0\%$ (1.7%)로 지표수의 변화폭이 약간 크지만 비슷한 값을 보이고 있다. (Fig. 2). 계절에 따라 지표수와 지하수의 안정동위원소 값이 비슷한 범위를 나타내는 것은 연구지역의 지표수와 천층 지하수 사이에 배수와 충전이 지속적으로 발생하고 있음을 의미한다.

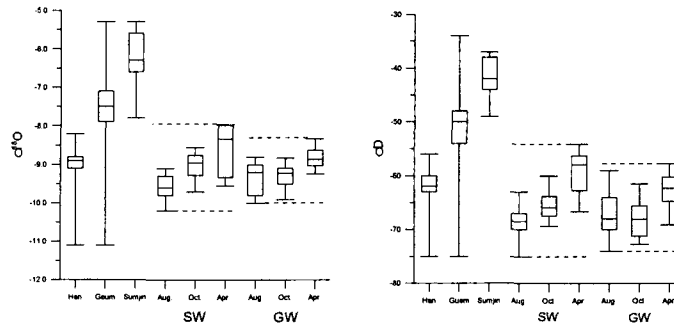


Fig. 2. Temporal variation of isotope in surface water and ground water (Lee and Lee , 1999).

동위원소 조성의 계절별 변화 해석하기 위해서 연중 강수량과 지하수의 수위 변화를 함께 비교하였다. Fig. 3은 연구지역에서 약 20 km 거리에 위치한 금산 지역의 강수량 자료와 충적층에 설치된 관측정에서 나타난 지하수위 변화를 함께 도시한 것이다.

8월과 10월 지하수의 산소동위원소의 조성변화가 유사한 범위를 나타내는 이유는 다음과 같이 가정되어질 수 있다(Fig. 2). 10월은 8월보다 강수량이 적지만 지하수위의 변화는 8월에서 10월로 갈수록 점진적으로 감소한다(Fig. 3). 이는 고도가 높은 지점에서 함양되어 원거리를 이동하는 지하수 순환이 있음을 암시한다.

무주분지는 지형적으로 높은 산이 장막처럼 둘러싸여 있는 지역이다. 그러므로 여름철에 고지대로 충전된 가벼운 조성의 강우가 지하에 유입되어 원거리를 이동하여 지하수의 배출지역인 충적층에 위치한 지하수로 유입될 수 있다. 여름철에 가벼운 안정동위원소 조성의 강우와 지표수가 10월에도 지속적으로 유입되어 8월과 10월의 지하수의 동위원소 조성은 차이를 나타내지 않을 수 있다.

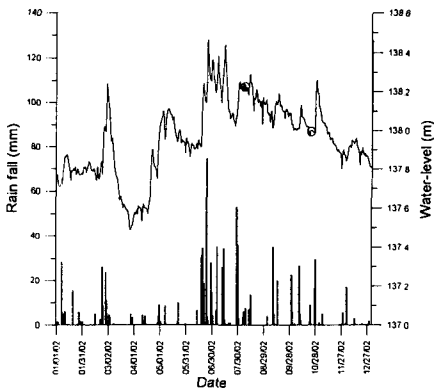


Fig.3. Variations of water-level and the amount of precipitation at the Geum-san monitoring station in 2001

Fig. 3은 4월 지하수의 산소와 수소동위원소 조성이 8월과 10월보다 더 무거워진 이유는 대기 온도증가에 의한 자연증발과 식물에 의한 물의 섭취 때문일 수 있다. 지표면하에서 대기온도의 상승으로 인해 발생하는 지속적 증발 현상에 의해 무거운 동위원소가 지하수체내에 남게 되는 것이다. 마지막으로 일반적인 생물학적 과정에서, 생물체는 신진대사에 이용하기 위해서 가벼운 안정동위원소 조성의 물을 흡수한다. 식물이 가벼운 안정동위원소 조성의 물을 선호하는 이유는 화학구조를 깨기 위해 필요한 에너지가 적기 때문이다. 그러므로 증발현상과 가벼운 안정동위

원소 조성의 물을 선호하는 식물의 활동에 의하여 남아있는 지하수의 안정동위원소 조성은 상대적으로 무거워지게 된다. 결론적으로 위에서 언급한 요인들에 의해 4월 지하수의 안정동위원소 조성은 8월과 10월보다 무겁게 되는 것이다.

3.2. 위도효과와 고도효과

이번 연구에서 얻은 자료를 이광식과 이창복(1999)이 연구한 한강, 섬진강, 금강 자료의 안정동위원소 조성과의 비교하여 위도효과를 분석한 결과와 대유역의 하천과 소유역 하천 사이에서 안정동위원소 조성변화를 Fig. 2에 함께 도시하였다. 조사지역은 금강과 비슷한 위도에 위치하고 있으며 전라남도과 경상남도 사이에 위치하고 있는 섬진강유역의 산소동위원소보다 가벼운 조성을 나타내며 북쪽에 위치한 한강보다는 무거운 조성으로 동위원소 위도효과를 잘 나타내고 있다. 이 연구지역은 가장 높은 시료채취 지점과 가장 낮은 시료채취지점사이의 고도차이가 400 m로서, 8월 자료와 10월 자료의 고도효과에 의한 변화는 $\delta^{18}\text{O}$ 는 0.45‰/100m이고, δD 는 자료의 분산으로 관계를 정량화 하기가 곤란하다(Fig. 4).

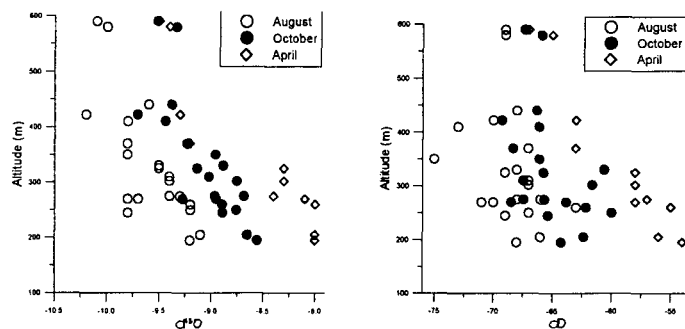


Fig. 4. Correlation of stable isotopes and elevation in surface water

3.3. 산소 동위원소의 공간적 분포

10월 지표수와 지하수의 산소동위원소 등고선도는 Fig. 5에 도시되어 있다. 8월과 10월의 산소동위원소 등고선도를 도시한 결과, 소유역일지라도 자연상태에서 산소동위원소의 분별 현상은 계절에 따라 일정하게 일어나고 있음을 알 수 있다. 8월, 10월과 4월의 지하수의 산소동위원소 등고선도 또한 지표수와 마찬가지로 비교적 일정한 값들을 나타내고 있다.

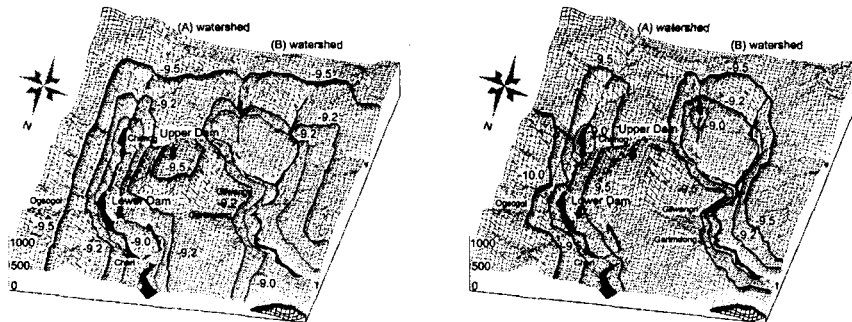


Fig. 5. Contours of $\delta^{18}\text{O}$ isotope of surface- and ground-water in October

4. 결론

1. 계절에 따라 지표수와 지하수의 안정동위원소 조성이 비슷하게 나타나는 결과는 이 지역 지표수와 지하수사이에는 충전과 함양이 지속적으로 생기고 있음을 암시한다.

2. 조사지역의 안정동위원소 조성은 북쪽에 위치하는 한강의 안정동위원소 조성보다는 무거우며, 남쪽에 위치하는 섬진강의 안정동위원소 조성보다는 가벼운 위도효과를 잘 나타내고 있다. 시료를 채취한 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점의 고도차가 400 m인 작은 소유역에서도 계절의 변화와 관계없이 안정동위원소의 고도효과는 잘 나타나고 있다.

3. 선행되었던 연구에서 우리나라 강우는 우량효과를 반영하는 결과를 보인것과 같이 강우의 영향을 직접받는 8월 지표수의 안정동위원소 조성은 10월과 4월보다 더 가벼운 조성을 나타내고 있다.

4. 소유역일지라도 자연상태에서 산소동위원소의 공간적 분포는 계절에 관계없이 일정하게 나타나고 있다.

5. 참고문헌

1. 건설교통부, 한국수자원공사, 2002, 지하수관측연보.
2. 기상청, 2001. 기상월보.
3. 이광식, 이창복, 1999. 남한의 강수와 하천수의 산소와 수소 동위원소 조성, 지질학회지 35권, 1호, p.73-84.
4. Carol K. and Jeffrey F.W., 1998. Isotope traces in catchment hydrology, Elsevier.