

동위원소( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ )를 이용한 유성지구에서의 증발산량 추정  
Estimation of evapotranspiration of groundwater  
using isotope tracer( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ) in Yuseong spar district, Daejeon.

조성현<sup>1</sup>, 문상호<sup>2</sup>, 윤옥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충남대학교

<sup>2</sup>한국지질자원연구원

e-mail : sh-cho@daum.net

요 약 문

물수지 분석을 통해서 유역의 수문순환 체계를 이해하기 위해서는 무엇보다 필요한 인자가 증발산량이다. 장기간에 걸쳐 연구유역에서 수소와 산소 동위원소를 이용하여 증발산량을 산정하였다. 물 분자를 이루는 이상적인 추적자인 수소와 산소 강우를 풍수기(4~10월)와 갈수기(11월~3월)로 나누어 수소와 산소 동위원소 조성을 강수량 가중 평균치를 구하고 이 값을 지하수의 수소와 산소 동위원소 조성 값과 비교하여 증발산량을 산정한 것이다. 이러한 시도는 증발산량의 산정이 단순한 경험식이나 열전도 가정식이 아닌 실측했다는 데 의의가 있다.

**key word** : 수문순환, 지하수 함양, 동위원소, 증발산

1. 서론

수소와 산소 동위원소는 물을 구성하는 원소로 물과 같이 이동하기 때문에 이상적인 추적자로서 활용되어 왔다. 지역적으로 장기간에 걸친 이들 자료의 누적은 조사유역 일대에 대한 수문순환에 대한 여러 단서를 제공해 주며 이들로부터 지하수 함양에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있다.

증발산은 증발과 식물의 광합성 작용으로 물 분자를 대기 중으로 발산하는 것인데 이러한 증발산량의 추정에도 수소와 산소 동위원소를 이용할 수 있다. 산소동위원소가 수소동위원소보다 더 많이 분별되기 때문에 강수의 수소와 산소 동위원소 조성이 GMWL보다 오른쪽에 치우친다. 그러나 발산에 의해서는 수소와 산소동위원소 조성에 분별현상이 일어나지 않는다(Clark and Fritz, 1997).

본 연구의 목적은 수소와 산소 동위원소 조성( $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )을 이용하여 증발산량을 추정하고 물수지 방법을 이용하여 지하수 함양율을 추정하는데 있다.

## 2.본론

연구유역은 한반도 중심의 대전지역으로 갑천하류지역 서편에 해당되며, 집수구역내에는 유성천, 반석천, 진잠천, 성전천, 화산천이 있다(그림 1). 연구유역에서 일정고도 간격으로 적산강수계를 설치하고(그림 1 참조), 2001년부터 2004년까지 강수 시료를 채취하였다. 또, 같은 기간 동안 유성온천지구내의 관정으로부터 지하수 시료를 채취하였다. 채취된 시료로부터 수소와 산소 동위원소를 분석하였다. 그림 2는 각 적산강수계에서의 산소와 수소 동위원소 조성값이다.

연구유역에서 과거 30년(1975년~2004년)의 강수량 자료를 볼 때, 조사지역은 우기(4월~9월)에 연평균 강수량이 81%가 집중되어 있다. 연구유역의 평년 강수량(30년 평균강수량)은 1363.21mm이다. 적산강수계의 동위원소자료를 우기(4월~9월)와 건기(10월~3월)로 나누고 우기와 건기의 모든 동위원소자료의 가중평균값을 구하여 함께 도시하면 그림 3과 같다. 가중평균값은 다음 식에 의해 구해진다.

$$AV_{4-9} = \left[ \sum_{i=1}^{\infty} \delta(m)_i \times P(m)_i \right] / P \quad (1)$$

$$AV_{10-3} = \left[ \sum_{i=1}^{\infty} \delta(m)_i \times P(m)_i \right] / P \quad (2)$$

여기서,  $AV_{4-9}$ 와  $AV_{10-3}$ 는 우기와 건기의 가중평균값이고,  $\delta$ 와  $P$ 는 우기와 건기에서의 동위원소 조성값과 강수량이다(그림 3). 온천지구내 존재하는 지하수공과 온천수의 산소와 수소 동위원소의 조성을 나타낸 것이 표 1이다. 표에서 HOT는 온천수, GW는 지하수를 의미한다. 이들 조성들을 Y축을 수소, X축을 산소동위원소로 하여 도시하면 우기와 건기 가중평균값 사이에 도시됨을 알 수 있다. 조사유역의 내린 강우가 증발산(ET)의 영향을 받지 않고 대수층에 함양되었다면 증발산이 0(제로)인 지점에 도시될 것이다(그림 4). 이것은 우기와 건기강수가 81 : 19의 비율을 보이며 연중 강수량에 비례하여 지하수 함양이 일어나기 때문이다. 온천지구내에서 지하수(온천수 포함)의 평균동위원소 조성은 증발산(ET)이 약 24.8%인 지점에 도시된다(그림 4). 이러한 점은 온천지구에서 이용되는 지하수가 약 24.8%정도의 증발산을 겪었음을 의미한다. 따라서 연평균 증발산량은  $1363.21 \times 0.248 = 338.08\text{mm}$ 가 된다.

## 3.결론

연구지역에서 수소와 산소 동위원소 조성을 이용하여 증발산량을 산정하였다. 장기간에 걸쳐 연구유역에서 강우와 지하수 시료를 채취하여 수소와 산소 동위원소를 분석하였다. 물 분자를 이루는 이상적인 추적자인 수소와 산소 강우를 풍수기(4~10월)와 갈수기(11월~3월)로 나누어 수

소와 산소 동위원소 조성을 강수량 가중 평균치를 구하고 이 값을 지하수의 수소와 산소 동위원소 조성 값과 비교하여 증발산량을 산정한 것이다. 이러한 시도는 증발산량의 산정이 단순한 경험식이나 열전도 가정식이 아닌 실측했다는데 의의가 있다.

#### 4. 참고문헌

김용제 외 18명, 2004, 21세기 프론티어 연구개발사업 수자원의 지속적 확보기술개발사업, 한국지질자원연구원, p.137~141.

Cook and Herczeg, 2001, Environmental tracers in subsurface hydrology, Kluwer Academic Publishers, 529p.

#### 5. 사사

이 연구는 한국지질자원연구원 지하수연구부의 기본사업인 '지하수 시스템 통합 해석 기술 개발(I)' 의 일환으로 수행되었습니다.

표 1. 온천지구내에서의 지하수와 온천수의 산소와 수소 동위원소 조성

채취 날짜	공번	구분	δD	δ18O
2001-10-28	24	HOT	-60	-8.5
2001-10-29	25	HOT	-58	-8.4
2001-10-30	29	HOT	-52	-7.9
2001-11-01	구3	HOT	-56	-8.3
2001-11-01	10	HOT	-59	-8.6
2001-11-02	14	HOT	-54	-7.9
2001-11-27	5	HOT	-58	-8.1
2003-03-18	5	HOT	-58.6	-8.1
2003-03-18	7	HOT	-57	-7.9
2003-03-18	14	HOT	-58	-8
2003-03-18	30	HOT	-58.6	-8
2003-03-18	구3	HOT	-58.1	-8.3
2003-03-18	구1	HOT	-59.5	-8.4
2003-03-19	4	HOT	-55.6	-7.9
2003-03-19	10	HOT	-59.8	-8.6
2003-03-19	16	HOT	-58.1	-8
2003-03-19	24	HOT	-59.9	-8.4
2003-03-19	29	HOT	-56.1	-8
2003-03-19	G4	HOT	-56.9	-8.3
2003-03-21	6	HOT	-56	-8
2003-03-21	9	HOT	-60.7	-8.5
2003-03-21	신2	HOT	-57	-8
2002-08-27	구3	HOT	-55	-8.3
2002-08-27	5	HOT	-59	-8.2
2002-08-27	10	HOT	-58	-8.6
2002-08-27	14	HOT	-54	-8
2002-08-27	24	HOT	-56	-8.5
2002-08-27	25	HOT	-57	-8.4
2002-09-06	16	HOT	-59	-8
2002-09-06	30	HOT	-54	-8.1
2003-03-19	19	GW	-55.4	-8.1
2003-03-19	G1	GW	-57.2	-7.9
2003-03-19	G9	GW	-59.9	-8.2
2003-03-19	G5	GW	-58.8	-8.3
2001-10-31	19	GW	-54	-8
2001-11-01	G1	GW	-55	-8.1
2001-11-01	G5	GW	-61	-8.5
2001-11-02	G9	GW	-57	-8.4
2001-11-02	G11	GW	-54	-8.1
2002-08-27	19	GW	-55	-7.9
2002-08-29	G5	GW	-60	-8.4
2002-08-27	G9	GW	-59	-8.2
2002-08-27	G11	GW	-55	-8
	평균		-57	-8.2

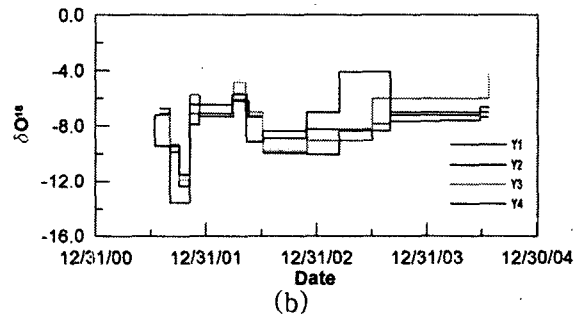
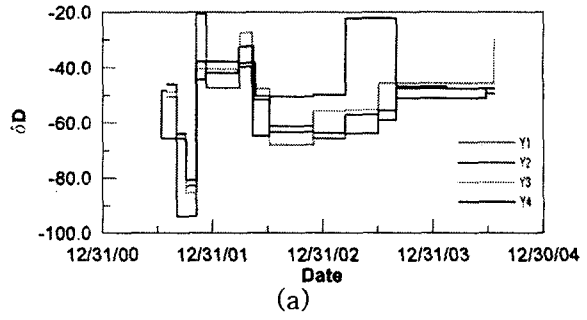
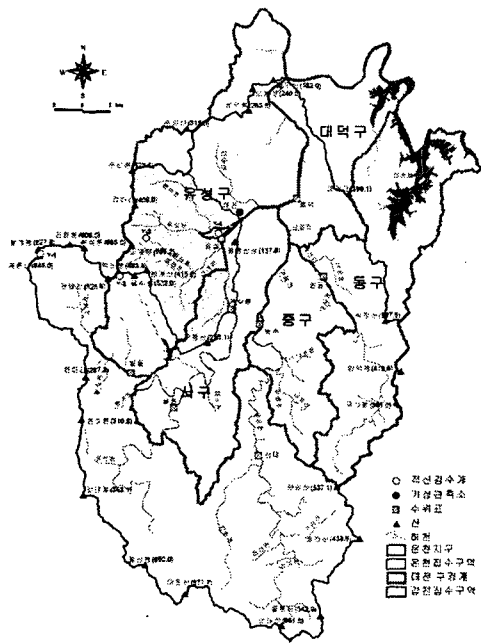


그림 1 연구지역(온천집수구역)과 적산강수 그림 2 연구기간동안 수소(a)와 산소(b)의 동위원소 조성.

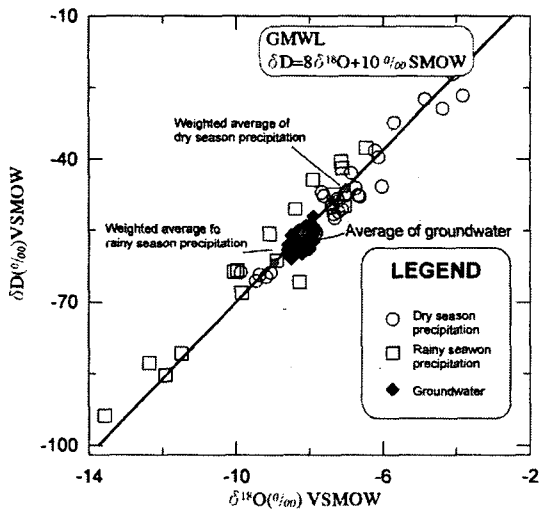


그림 3. 조사지역의 갈수기와 풍수기에 수소 산소동위원소 조성.

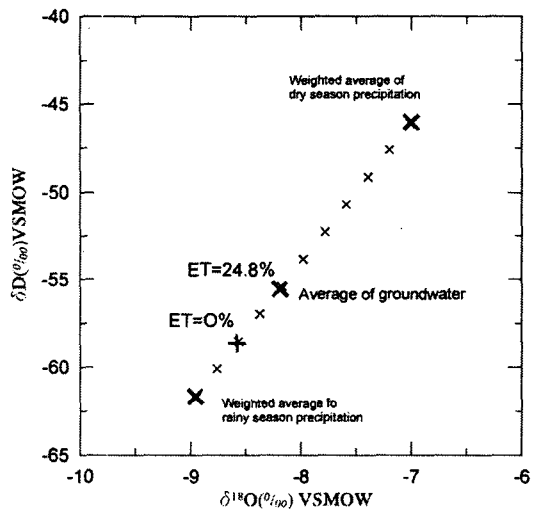


그림 4. 조사지역의 증발산량 추정.