

## 제주도 조간대 내 용천수에서의 조석의 영향에 관한 연구

김태희<sup>1</sup> · 김구영<sup>1</sup> · 전철민<sup>1</sup> · 문덕철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 지하수지열연구부

<sup>2</sup>제주광역수자원본부

katzura@kigam.re.kr

### 요 약 문

조간대내 위치한 용천수에 해양의 조석이 미치는 영향을 검토하기 위하여 제주도 북제주군 조천읍 내 4개의 용천수에 대해 장·단기 모니터링 및 현장 관측 조사를 수행하였다. 이는 만조 시 해수가 용천수의 유출구를 통해 역류하거나, 혹은 다른 경로를 통해 어느정도의 영향을 받는지를 검토하기 위한 것이었다. 조사 결과 용천수의 유출은 조석에 영향을 받고 있으나 - 용천수의 유출량은 해양의 조석에 따른 수위변화에 반비례 관계 (신홍큰물 제외) - 용천수로의 역류를 통한 영향은 없는 것으로 확인되었다. 다만, 이러한 영향에 대해 정량적인 규명을 위해서는 추가적인 엄밀한 조사가 요구된다.

**key word** : 용천수, 유출량, 조석효과, EC

### 1. 서론

2004년 한국지질자원연구원에서는 제주도 광역수자원본부와 함께 제주도 내 산재한 170개 용천수의 유출량 및 pH, EC, 온도 등에 대해 분기별로 조사를 수행하였다. 이는 2002~2003년에 걸쳐 제주도 광역수자원본부와 한국수자원공사가 122개 용천수에 대해 월별 특성을 조사한 이후 두 번째로 수행된 조사이다. 김태희 외 (2005), Kim et. al. (2006)는 1차 조사와 2차 조사결과를 종합하여, 중복되는 122개 용천수의 유출량 및 EC의 시간적 변화 특성을 clustering analysis를 통해 검토, 분류하여 제주도의 지하수 순환 시스템의 관리 모델로서 개념 모형에 대해 검토한 바 있다. Kim et. al (2006)은 검토 결과를 바탕으로 조간대 내 해안변 용천수의 유출 특성을 바탕으로 중산간에서 해안에 이르는 지하수의 순환 과정을 다층적 지하수 유로 분포를 통해 설명하고자 하였다. 하지만 해당 조사에서는 조간대 내 용천수에서 만조 시 해수의 역류에 의한 영향의 가능성을 고려하지 않았기에 이에 대한 별도의 조사를 수행한 바는 없다. 김태희 외 (2005)와 Kim et. al (2006) 논거를 검증하기 위해서는 만조 시 해수의 역류에 의한 용천수에 미치는 영향은 존재하지 않거나, 미미하여야 한다. 따라서 본 연구는 조간대 내 용천수의 유출 특성에 조석이 미치는 영향을 검토하고자 하는 것이다. 이를 위해 제주도 북제주군 조천읍 내 5개의 해안변 용천수를 선정하여 장·단기 모니터링 및 현장 조사를 실시하여 조간대 내 용천수의 유출 특성에 조석의 영향에 대해 조사하였다.

## 2.본론

각 용천수에서는 신천서편물, 조천억물, 조천큰물, 신흥큰물 등에서 용천수의 유출구에 최 대한 가까이 CTD Diver를 설치하여 각 용천수에서 유출되는 용천수의 수위, 온도, EC 등에 대 해 장기모니터링을 수행하였다. 이에 대한 결과는 그림 1, 2, 3에 제시된 바와 같다. 이와 함께, 조석의 변화에 따른 용천수의 유출량 변화 및 EC, pH 등의 변화를 검토하기 위하여 2005년 8 월 11일 오후 10시 25분부터 2시간 간격으로 각 용천수에서의 유출량, EC, pH, 온도의 변화를 현장에서 관측하였으며, 관측된 각 결과간의 상호 연관성을 검토하기 위하여, 상호 상관성 분석 을 실시하였다. 각 결과간의 상호상관성 분석 결과는 표 1 ~ 5에 제시된 바와 같다.

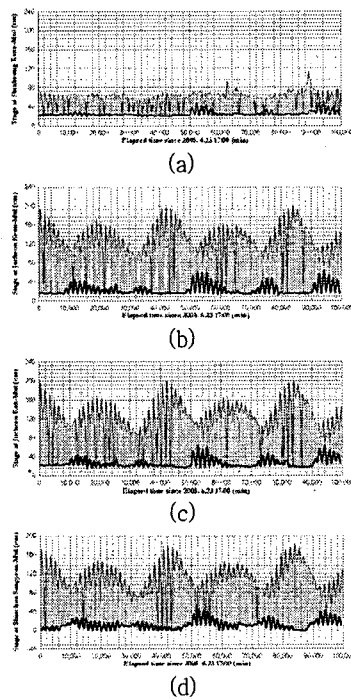


그림 1 조천지역 용천수의 수위 상·하한 (a) 신흥큰물, (b) 조천큰물, (c) 조천억물, (d) 신천서편물

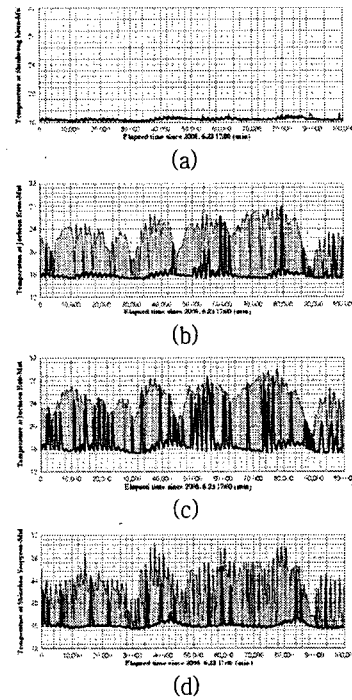


그림 2 조천지역 용천수의 온도 상·하한 (a) 신흥큰물, (b) 조천큰물, (c) 조천억물, (d) 신천서편물

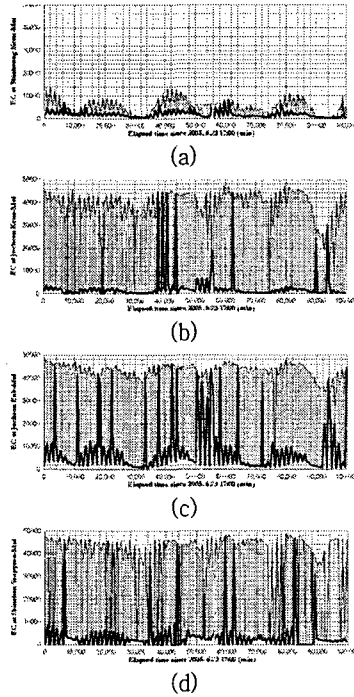


그림 3 조천지역 용천수의 EC(mS/cm)  
 상·하한 : (a) 신흥큰물, (b) 조천큰물, (c) 조천억물, (d) 신촌서편물

표1 신흥큰물1에서 조사인자간의 상호상관 표2 신흥큰물2에서 조사인자간의 상호상관

	EC	pH	온도	유출량
EC	1			
pH	-0.73	1		
온도	-0.30	0.28	1	
유출량	0.53	-0.59	-0.21	1

	EC	pH	온도	유출량
EC	1			
pH	0.01	1		
온도	0.41	-0.05	1	
유출량	-0.66	0.45	-0.30	1

표3 조천큰물에서 조사 인자간의 상호상관

	EC	pH	온도	유출량
EC	1			
pH	0.50	1		
온도	0.72	0.74	1	
유출량	-0.76	-0.76	-0.52	1

표4 조천억물에서 조사 인자간의 상호 상관

	EC	pH	온도	유출량
EC	1			
pH	0.68	1		
온도	0.96	0.81	1	
유출량	-0.78	-0.41	-0.69	1

표5 신촌서편물에서 조사인자간의 상호상관성

	EC	pH	온도	유출량
EC	1			-
pH	0.54	1		-
온도	0.29	0.47	1	-
유출량	-	-	-	-

이와 함께, CTD Diver를 이용한 장기모니터링 자료를 이용하여 조석과의 관계를 검토하기 위하여 선형시계열 분석법인 상호상관함수를 계산하여 검토하였다. 상호상관함수에 대한 계산 결과는 아래 표 5~8에 나타난 바와 같다. 단, 조천 지역에서 직접 조석관측을 위한 관측소가 존재하지 않아 지형적으로 가장 가까운 제주 station의 관측 자료를 이용하였다. 주목할 점은 신흥큰물의 경우 해양의 조석과 수위에서는 약 60분, EC에서는 약 300분의 최대 상관의 시차를 가진다는 점이다. 이에 관해서는 추가적인 검토가 요구된다.

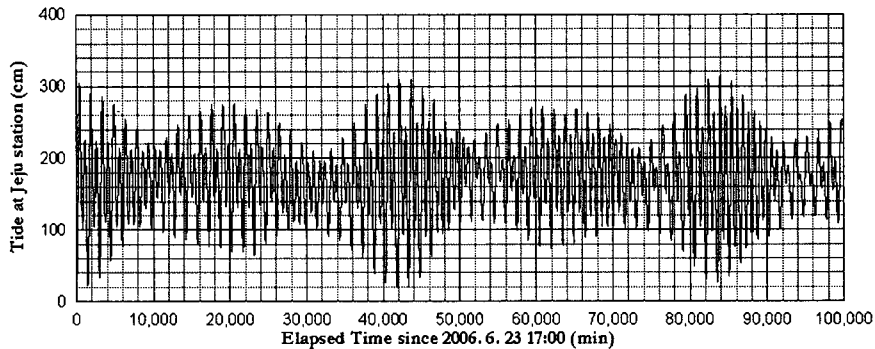


그림 4 제주도 북서부 조석변동 (제주 station)

표5 제주 station 조석 관측 자료와 각 용천수별 관측 수위 간 상호상관성

	Max. LT (min)	Max. Corr.
Shinheung Keun-Mul	60	8.23E-01
Jocheon Keun-Mul	0	9.67E-01
Jocheon Eok-Mul	0	9.54E-01
Shinchon Seopyeon-Mul	0	9.64E-01

표6 제주 station 조석 관측 자료와 각 용천수별 관측 온도 간 상호상관성

	Max. LT (min)	Max. Corr.
Shinheung Keun-Mul	120	8.26E-01
Jocheon Keun-Mul	0	8.16E-01
Jocheon Eok-Mul	0	7.68E-01
Shinchon Seopyeon-Mul	0	3.69E-01

표7 대기온도자료와 각 용천수별 관측 온도 간 상호상관성

	Max. LT (min)	Max. Corr.
Shinheung Keun-Mul	1020	1.96E-01
Jocheon Keun-Mul	600	3.27E-01
Jocheon Eok-Mul	600	3.28E-01
Shinchon Seopyeon-Mul	300	2.91E-01

표8 제주 station 조석 관측 자료와 각 용천수별 관측 EC 간 상호상관성

	Max. LT. (min)	Max. Corr.
Shinheung Keun-Mul	300	6.19E-01
Jocheon Keun-Mul	0	8.64E-01
Jocheon Eok-Mul	0	8.58E-01
Shinchon Seopyeon-Mul	0	8.17E-01

### 3. 결론

현재까지의 조사 자료만을 두고 판단한다면, 조간대 내 위치한 용천수는 조석에 의해 많은 영향을 받는 것으로 보여 진다. 실제 만조시 조사 대상인 용천수의 유출구는 해수면 하 1 ~ 2m에 이르는 하부에 위치하고 있기도 하다. 하지만 즉각적으로 이러한 결론을 내리는 것은 타당하지 않다. 장기모니터링의 경우 센서를 용천수 유출구에 최대한 가깝게 설치한 것은 사실이지만 (신천 서편물 제외), 앞서 언급한 바와 같이 만조시 용천수의 유출구는 바닷물에 완전히

잠기게 되며, 이에 따라 관측 센서는 해수의 영향력이 우세한 조건에 놓이게 된다. 24시간 단기 관측에서 알 수 있듯이 용천수의 유출은 비록 조석에 따른 수위에 반비례하는 경향이 있지만 (신홍큰물 1 제외), 지속적으로 바다로의 유출이 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 또 단기 모니터링 시 EC 관측의 경우 해수면 하로 완전히 잠긴 용천수의 유출구를 통해 유출되는 지하수를 구분하여 관측한다는 것은 별도의 장비를 활용하지 않는 한 불가능하다. 다만, 단기 관측 시 확인된 바에 의하면 만조시 해수면의 표면과 하부의 유향이 반대로 확인된 용천수가 3개이며 (조천큰물, 조천억물, 신천서편물), 표면에서는 바다 쪽으로 비교적 빠른 흐름 (용천수로부터의 유출)이 나타나나, 하부에서는 용천수 쪽으로의 약한 흐름 (만조에 따른 바다물의 유입)이 관측되었다 (신촌 서편물의 용천수 유출량에 대한 해석 결과가 누락된 것이 이 때문에 만조시 유출량에 대한 신뢰도가 현저히 떨어지기 때문이다). 조석에 의한 영향을 보다 정량적으로 명확히 하기 위해서는 용천수로부터 유출되는 지하수를 바닷물로부터 확연히 분리 조사할 수 있는 방법이 요구된다.

#### 4. 참고문헌

- 김태희, 문덕철, 박원배, 박기화, 고기원, 용천수 유출량 클러스터링 해석을 이용한 제주도 지하수 순환 해석, 2005, 2005년 지하수토양환경학회 봄정기학술발표회
- Kim Taehee, Moon Deok-Cheol, Park Won-Bae, Park Ki-Hwa, Ko Gi-Won, Classification of Springs in Jeju Island with Clustering Analysis on Annual Fluctuations of Discharge Data : Investigation of Regional Groundwater System, 2006, Geoscience Journal, in submit