

장기관측자료 시계열분석을 통한 대수층 특성 평가

원이정, 김형수, 구민호*, 서형기

한국수자원공사 수자원연구소, *공주대학교 지질환경과학과

e-mail : won2j@kowaco.or.kr

요 약 문

경상북도 고령군 다산면, 천안시 풍세면 삼태리 및 부여 정동·자왕 지역의 장기수위관측 데이터 및 강수, 대기압 자료의 시계열 분석을 통하여 대수층의 함양특성 및 특히, 대기압에 대한 지하수 위 변화 특성을 통한 대수층의 특성(properties) 유추 가능 여부를 보고자 하였다. 하천에 인접한 자왕지구의 경우 자기상관분석에 의하면 다른 세 지역에 비해 데이터 값이 안정적이지 못하며, 대기압 변화에 대한 상관분석에서도 낮은 상관성을 나타낸다. 강수에 대한 함양 특성을 상호상관분석을 통해 해 보았으나, 강설에 의한 영향인지 대체적인 자연시간이 길게 나타났다. 차 후 장기적인 데이터 수집 및 분석을 통해 좀 더 정확한 대수층 특성을 밝히고자 한다.

key word : 시계열분석, 대수층, 지하수위, 하천수위, 자동수위관측기, 대기압, 강수

1. 서론

시계열 분석(time series)은 일반적으로 온도, 유출, 강수 등의 시간적 자료에 대해 특정적으로 감소하거나 증가하는 경향(trend), 년변화와 일변화 등과 같은 주기적 변화(Periodicity), 그의 예측하기 힘든 불규칙적인 변화(Cycle), 허리케인 등과 같은 하나의 큰 이벤트에 대한 변화(Episodic variation)에 대한 해석 기법 등으로 널리 사용되어지고 있다. 최근 시계열 분석법을 통한 지하수위 변동분석의 시도가 국내외로 활발하며, 이러한 시도는 지하수위 시계열 분석법이 대수층 자체의 수리지질학적 혹은 물리적 수리상수에 대한 정밀한 정보 없이 장기관측 자료들만 가지고 대상체에 대한 특성을 유추할 수 있다는 장점에서 출발한다.

본 연구에서는 자동수위관측기(Diver)에 의해 관측된 연속 장기수위관측자료의 자기상관 분석에 의한 대수층 수위 자료의 자기 기억력(memory) 검토, 강수량과의 상호상관 분석을 통한 강수 이벤트에 대한 지체 시간(lag time) 분석과 대기압 변화에 대한 정호내의 수위변화에 대한 상관분석을 실시하였다.

2. 본론

2.1 수문자료 수집 및 자료 보정

수집된 수위 자료의 기간은 2001년 12월5일부터 2002년 6월 10일이며, 이번 분석에서는 우선, 특별한 강우 이벤트가 없는 건기에 대한 분석을 하기 위해 최종적 선정 기간은 2001년 12월 6일부터 2002년 4월 22로 결정하였다. 수집된 수위 자료 간격은 30분이며 강우는 1시간, 대기압 자료는 3시간 간격이다.

수위 계측은 Diver라는 자동수위계측기를 사용하였으며, 이 장비는 압력센서의 원리로, 장비 위에 놓인 압력을 물기둥의 높이로 산정 하여 나타내도록 되어있다. 이러한 압력센서 장비로 장기적 수위를 계측할 경우 대기압의 변화에 의해 실제 움직이지 않는 수위가 최고 약 20-30cm까

지도 변동한 것으로 계측되므로 이런 대기변화에 대한 압력센서 변화를 보정해 주어야 한다. 가장 정확한 방법은 관측 우물 상부에 기압계를 설치하는 것이나, 본 연구에서는 부여, 천안, 대구의 기상청 해면기압 자료를 이용하였다.

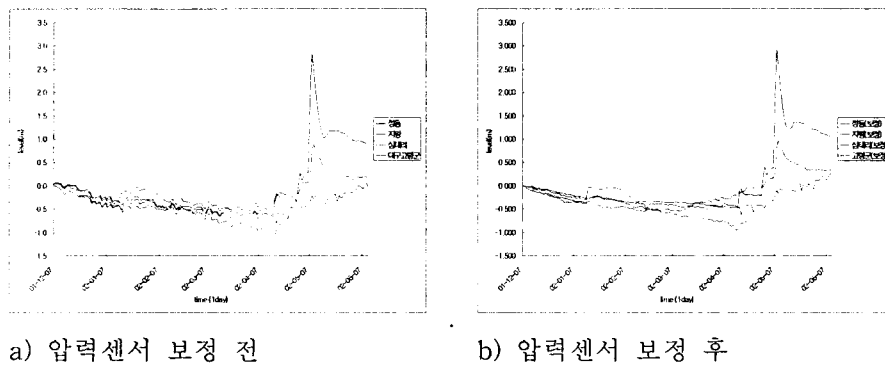


그림 1. 수위 변동 그래프

2.2 지형 및 수문지질학적 정보

본 연구지역의 대수층에 대한 정보는 다음의 표 1과 같으며, 지형적으로는 다산면의 경우 하천과 배후 산지의 중간 정도의 충적층에 위치하며, 정동우물은 충적층보다 고도가 약 5-10 정도 높은 충적층 바로 옆의 마을에 위치하며, 자왕은 하천에서 약 100m 이내의 하상에 위치하며, 삼태리의 경우 산을 바로 배후로 하는 골에 위치하고 있다.

표 10. 시추단면 및 우물 정보

	경북 고령군 다산면	부여 정동	부여 자왕	천안 풍세면 삼태리
관측정 시추 단면 및 관측정 정보	매립층(1m)	?	실트질 모래(3.1m)	?
	실트질 모래(3m)	?	모래(6.1m)	?
	모래질 실트(5.5m)	?	자갈(9.3m)	* 공의 깊이 및 시추정보 없음
	실트질 모래(10m)	약 7-10m	모래(1m)	* 단, 가정용 우물로 사용하려 하였으나 흙이 나오고 물의 양이 적어 사용하지 않음
	10.5m	* 사용하지 않는 마을 우물	풍화대(6.2m)	
			약 26m	

2.3 분석결과

수위의 자기상관분석 : 각 정호의 수위에 대한 자기상관분석 결과는 그림 2와 같으며, 삼태리가 가장 안정적인 데이터 값을 가지며, 하천에 아주 근접한 자왕의 경우는 다른 관측정에 비해 자기상관계수가 급하게 떨어지는 것이 확인된다. 이는 자기데이터에 대한 기억력(memory)이 상대적으로 낮다는 것, 즉 데이터가 안정적이지 않은 것을 말한다.

강수량과의 상호상관분석 : 건기의 강수량, 즉, 12월에서 2월까지는 지역적 편차는 있으나 강우보다는 강

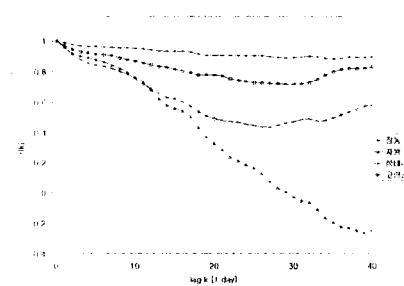


그림 2. 수위 자기상관분석

설에 영향을 받았을 가망성이 많으므로 강수의 함양에 의한 수위 변동이 강우에 의한 수위 변동보다 지체시간이 더 길어질 것으로 예상하며 상관분석을 실시하였다. 분석 결과, 정동 10일, 자왕 5일, 고령군 3일, 삼태리 7일로 지체시간이 예상보다 훨씬 길고, 최대 상호상관계수는 각각 0.2, 0.14, 0.06, 0.02로 그 값이 아주 낮은 상호 상관성을 지시하였다.

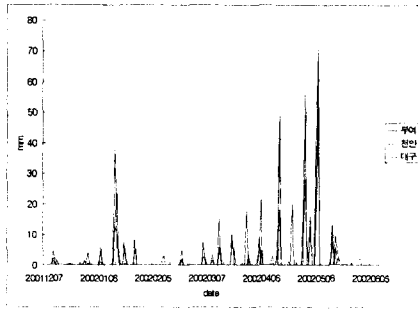


그림 3. 대상지역 강수량 데이터

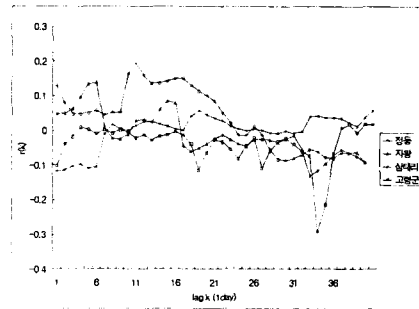


그림 4. 강수,수위 상호상관분석

대기압 효과(Barometric efficiency) : 관측정에 미치는 대기압 효과는 피압대수층의 storage coefficient를 평가하거나(Jacob, 1940), bulk elastic properties를 평가하는데 (Domenico, 1983)에 사용되어질 수 있다. 대부분의 연구에서 이러한 대기압 효과는 피압대수층에서만 중요한 것으로 발표되어졌으나, Weeks(1979)은 이론적인 설명과 함께 자유면 대수층에서도 대기압의 효과가 나타난다고 발표하였다. 단, 자유면대수층과 피압대수층의 차이는 자유면 대수층의 경우, 대기압이 시간이 지남에 따라 지하수면으로 점차적으로 전달되는 동안 우물에서의 수위강하는 인접 수위와의 균형을 맞추기 위해 서서히 복구가 된다는 것이며, 피압대수층의 경우, 대기압의 변화에서 대수층의 특성에 의해 버틸수 있는 압력의 차이만큼 감소된 수위강하가 시간이 지나도 계속 유지된다는 것이다(Batu, 1998). 이러한 이론은 대기압이 변화한 후 일정하게 유지 될 때 성립되나 실제 대기압은 시간적으로 계속해서 변화하고, 대부분의 관정은 완전한 자유면 대수층 혹은 피압대수층이 아니므로 이러한 현상은 혼재해서 나타난다. 이러한 연유로 본 연구에서는 기압이 올라가면 관측정의 수위는 내려간다는 현상에만 초점을 맞추었다. 그림 5.는 대상 관측정에 대한 대기압 변화와 수위변화의 표본회귀선 평가를 해 본 것으로 전체적으로 적합도가 매우 낮은 편이나 대기압과 수위의 역비례 관계를 나타내 주고 있다. 대기압과 수위와의 선형적 관련도를 판단하기 위해 모상관계수 분석을 해 보았으며, 그 결과 정동 (-0.20), 자왕(-0.14), 삼태리 (-0.32), 다산면(-0.18)로 상관성이 매우 낮게 나타났으나, 대기압의 변화와 수위변화간의 역비례

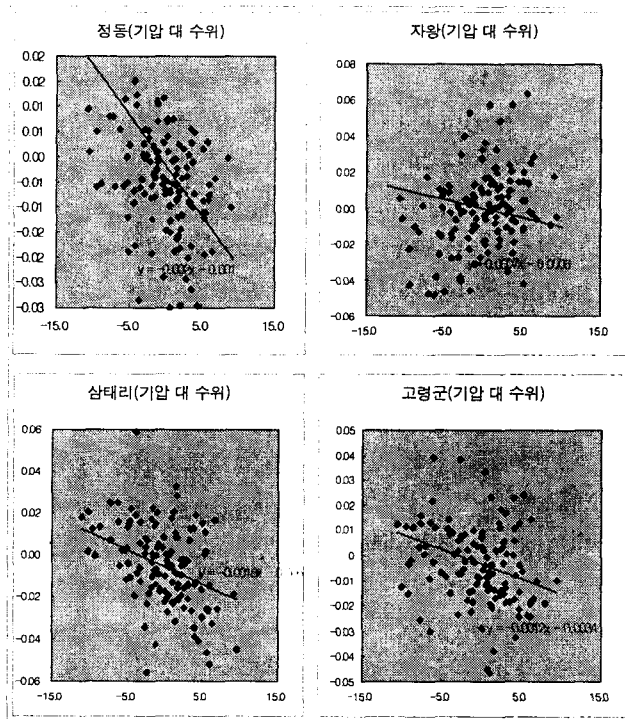


그림 5. 기압변화($\Delta P, x$ 축)와 수위변화($\Delta H, y$ 축)의 표본회귀선 평가(최소자승법)

관계를 확인할 수 있었다. 자왕이 특히 그 상관도가 낮게 나타는 데, 이러한 결과는 하천에 인접해 있어 하천과의 상호 연관에 의한 것으로 사료되나, 이 부분에 대해서는 차 후 검토가 필요하다.

하천 vs. 지하수위 : 우리나라의 대부분의 하천은 이득하천이라고 하며, 이러한 설에 대해 본 연구 지역의 하나인 자왕지구에 대한 하천수위와 지하수위의 절대 고도 비교를 실시하였으며, 그 결과 그림 6에서 처럼 큰 강우 이벤트 이외의 상시 수위에서는 지하수의 수위가 항상 더 높은 것으로 나타난다.

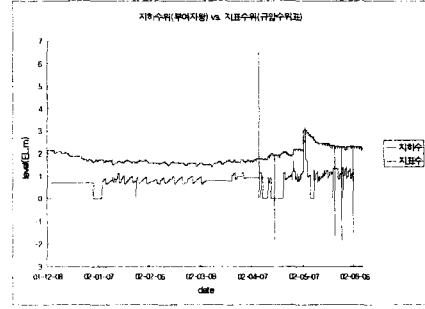


그림 6. 하천수위 vs. 지하수위

3. 결론 및 토론

본 연구는 4개의 연구 사이트의 장기수위, 강수, 대기압자료의 시계열 분석 및 통계분석 등을 통한 대수층 특성 평가를 목적으로 하였다. 자료의 데이터 기간이 건기에 해당하는 12월에서 4월 중순까지의 데이터로 강수에 대한 상호상관계수는 전체적으로 최대 0.2 미만의 낮은 상관관계를 보이며, 겨울의 강설에 의해서 인지 강수 이벤트에 대한 지연시간도 3일에서 10일 정도로 길게 나타난다. 강수에 대한 지연시간 및 함양 특성 분석은 다년간의 데이터 축적과 이에 대한 시계열 분석을 통해 가능 할 것으로 사료된다. 각 지역의 자기상관분석 결과를 보면, 자왕의 경우 다른 세 지역에 비해 데이터의 일관성이 떨어지며, 대기압 효과를 보기 위한 기압변화와 수위변화 간의 상호상관 분석에서도 자왕에서의 상관성이 세 지역에 비해 낮게 나타난다. 이러한 결과는 자왕 지역이 하천에 100M 이내로 인접하여 하천과의 수리적인 어떤 상호작용에 의해 야기된 것으로 사료된다.

최종 목적인 대수층 특성 평가에 대해 이번 연구는 그 데이터 기간이 길지 않아 정확한 평가가 어려웠으나, 지속적인 데이터 축적과 여러 가지 상관 분석을 통해 직접적 시추와 양수시험 등의 정밀 조사를 하지 않고도 장기 관측 자료를 이용하여, 해당 대수층의 수리적 특성을 유출할 수 있는 가능성을 시사하였다.

4. 사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다.

5. 참고문헌

이진용, 이강근, 2002, 강우에 대한 지하수위 반응양상 비교분석, 지하수토양환경, vol.7, No.1-14, pp.3-13
 Zhuoheng Chen, Stephen E. Grasby, Kirk G. Osadetz, 2002, "Predicting average annual groundwater levels from climatic variables", J. Hydrol. 260, pp.102-117
 Vedat Batu, 1998, Aquifer Hydraulics, JHON WILEY & SONS, INC.