

부산 금정산 지역 암반지하수의 장기적인 변동특성

김태원^{1)*} · 함세영¹⁾ · 정재열¹⁾ · 김남훈¹⁾ · 안정훈¹⁾

1. 서론

부산 금정산 지역은 대부분 화강암으로 구성된 남북 방향의 산악 지형을 형성하고 있다. 금정산의 중앙부이며 정상에 가까운 금성동 산성 마을 일원은 북북동방향으로 길쭉한 지형적으로 뚜렷한 분지를 형성하는데 이곳은 자연 습지와 농지가 분포하며 정상부의 지표수는 대부분 이곳으로 이동, 수렴하는 경향을 보인다. 금정산의 동쪽에는 동래단층 그리고 서쪽으로는 양산 단층이 북동-남서방향으로 발달되어 있다. 이 지역의 지하수는 화강암 내 균열대를 따라서 흐르고 있다. 이번 연구에서는 함양지역인 금정산 화강암의 지하수위와 강수량과의 관련성을 살펴보기 위해 시계열 분석을 실시하였다.

이 지역에는 1999년 5월에 19개의 관측공이 설치되어 15일 간격으로 수동으로 지하수위를 관측하고 있으며, 2001년 3월부터는 5개의 관측공에 자동수위 측정센서(Eijkelkamp사의 Diver와 OTT사의 Orphimedes)를 설치하여 1시간 간격으로 지하수위를 측정하고 있다. 2004년에는 3개의 관측공(KJ7, SJ1, SJ2)에 자동수위 측정센서(Diver)를 추가로 설치하였다. 시계열 분석을 위하여 1일 평균 지하수위 자료와 부산지방의 일일 누적 강수량 자료를 이용하였다. KJ2와 KJ7, KJ8은 암반대수층이고 SJ1과 SJ2는 습지에 위치한 관측공이다 (Fig. 1.).

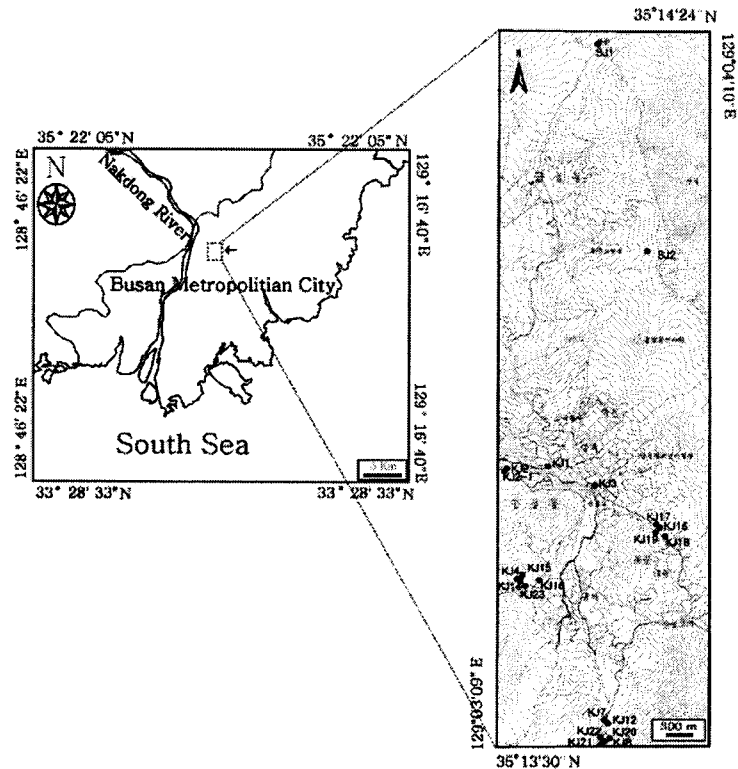


Fig. 1. Site of the study area

주요어 : 자기상관분석, 교차상관분석, 지하수위, 암반지하수

1) 부산대학교 지구환경시스템학부 (hsy@pusan.ac.kr).

2. 시계열 분석

1) 자기상관분석

자기상관분석(autocorrelation analysis)은 시간별 자료나 거리에 따른 자료의 자기 유사성을 계산함으로써 반복성이나 그 외 특별한 성질을 알아낼 수 있다. 자기상관분석을 실시하기 위해서는 시간 등의 순서적인 자료가 필요하며, 자료들은 일정한 간격으로 배열되어 있어야 한다. 자기상관함수는 주어진 시간에 대하여 자기값의 선형성과 기억효과를 가진다 (이진용과 이강근, 2002; Padilla and Pulido-Bosch, 1995; Larocque et al., 1998).

이번 연구에는 2004년 1월부터 2006년 11월까지 1일 간격으로 측정된 지하수위 자료를 이용하였다. 기반암에 위치하는 KJ2의 평균 지하수위는 264.33m이고, 최고수위는 265.33m, 최저수위는 264.34m이다. KJ7의 평균 지하수위는 446.83m이고 최고수위는 448.72m, 최저수위는 446.84m이다. KJ8의 평균 지하수위는 454.23m이고 최고수위는 455.93m, 최저수위는 452m이다. 한편 습지에 위치하는 SJ1의 평균 지하수위는 585.63m이고, 최고수위와 최저수위는 각각 586.11m, 584.92m이다. 역시 습지의 SJ2의 평균 지하수위는 573.16m이고, 최고수위는 574.19m, 최저수위는 572.41m이다. 측정기간 중 수위 변동폭은 기반암에 위치한 KJ2, KJ7, KJ8에서는 각각 1.82m, 1.88m, 3.9m이고, 습지에 위치한 SJ1과 SJ2의 수위 변동폭은 각각 1.19m, 1.78m이다. 지하수위 변동을 보면 기반암에 있는 관측공의 지하수위는 건기와 우기시의 계절적 변동 특성이 잘 나타나지만 습지에 있는 관측공들은 계절적 변동이 미약하게 나타난다. 그리고 강수 발생 시 지하수위는 상승하지만 강수량에 따른 지하수위 변동폭은 다소 불규칙한 양상을 보인다(Fig. 2).

지하수위의 자기상관함수를 보면, 지하수위의 변동이 강한 선형성과 기억효과를 가질수록 긴 지연시간동안 자기상관함수가 0이상의 값을 가지며, 약한 선형성과 기억효과를 가질수록 짧은 지연시간에 0에 수렴하게 된다. 자기상관 분석 결과 5곳 모두 약한 자기상관성을 나타내었다. KJ2, KJ7, KJ8에서 지연시간이 2일 이내에 0으로 수렴하였고, SJ1과 SJ2에서는 1일 이내에 0으로 수렴하였다 (Fig. 2). 이러한 결과는 정재열 외(2003)의 시계열 분석 결과와 유사하다. KJ2, KJ7, KJ8은 암반대수층에 있는 관측공으로서 지하수위가 안정되어 강한 자기상관성을 나타내는 것이 정상적인데 반해서, 실제로는 약한 자기상관성을 나타내고 있다. 이의 정확한 원인 규명을 위해서는 더 많은 연구가 필요하다. 한편 습지에 위치한 SJ1과 SJ2는 낮은 자기상관성을 나타내었다.

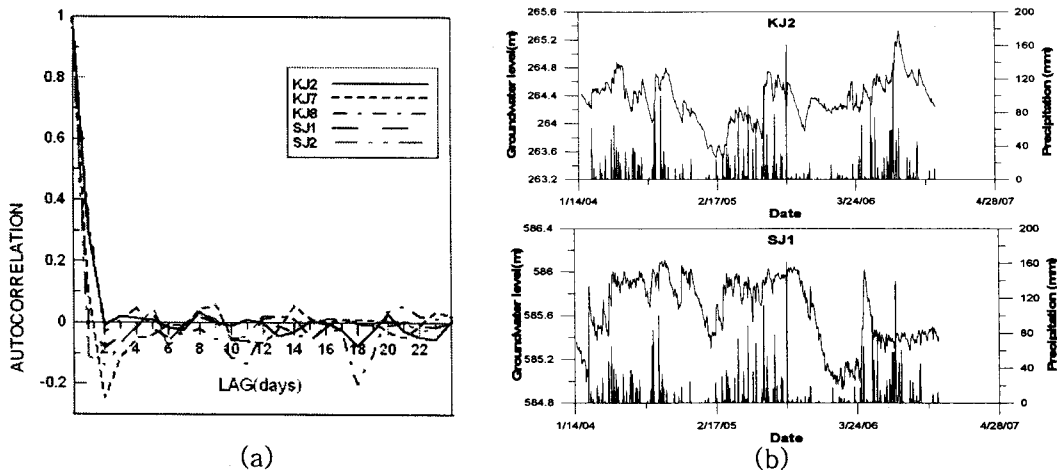


Fig. 2. Autocorrelation function of daily groundwater levels (a) and daily groundwater level at KJ2 and SJ1 (b).

2) 교차상관분석

지하수위와 강수량과의 상호연관성을 알아보기 위해 교차상관분석(cross correlation analysis)을 실시하였다. 교차상관분석 결과 지연시간이 0일 때 KJ2는 0.15, KJ7은 0.09, KJ8은 0.19, SJ1은 0.02 그리고 SJ2에서는 0.17로 매우 낮은 교차상관성을 보인다. 또한 지연시간은 약간의 시간적 차이는 있으나 KJ8 (2일 이내)을 제외한 나머지 공에서 모두 1일 이내에 교차상관함수가 0으로 수렴된다 (Fig. 3). SJ1과 SJ2는 천층대수층에 위치하므로 직접적인 강우에 의해서 지연시간이 짧은 것으로 사료된다. 그러나 KJ2와 KJ7은 암반대수층에 위치하므로 지하수 함양시간이 길므로 지연 시간이 크게 나타나는 것이 정상적이지만, 실제로는 짧은 지연시간이 나타나는 것으로 보아 관측공으로 강우가 직접 유입되기 때문으로 판단된다. 따라서 기반암의 지하수 함양을 해석하기 위해서는 자료의 간격을 더 넓게 잡아야 할 것으로 사료된다.

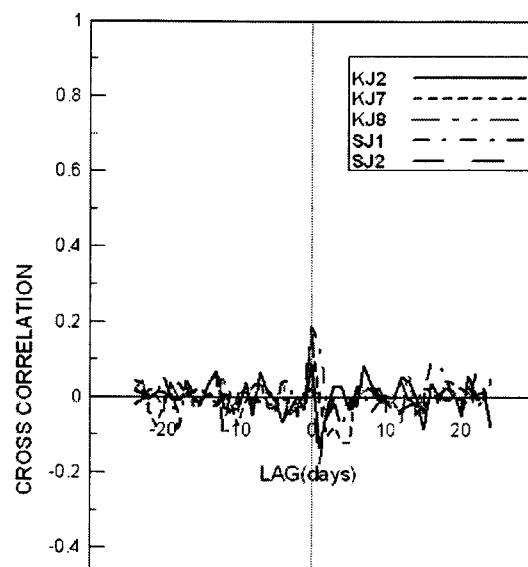


Fig. 3. Cross correlation functions of daily groundwater level fluctuations as output and daily rainfall as input

3. 결론

금정산에 위치한 19개의 관측공 중에 암반대수층에 위치한 KJ2, KJ7, KJ8과 습지에 위치한 SJ1과 SJ2의 1일 평균 지하수위 자료를 이용하여 자기상관분석을 실시한 결과, KJ2, KJ7, KJ8에서는 지연시간이 2일 이내에 0으로 수렴하고, SJ1과 SJ2에서는 1일 이내에 0으로 수렴하며 모두 약한 자기상관성이 나타난다.

1일 평균 지하수위와 1일 누적 강수량의 교차상관분석결과, 지연시간 0일 때 KJ2는 0.15, KJ7은 0.09, KJ8은 0.19, SJ1은 0.02 그리고 SJ2는 0.17로 매우 낮은 교차상관성을 지시한다. 그리고 5개의 관측공에서 모두 짧은 지연시간에 0으로 수렴한다. 이처럼 지연시간이 짧은 이유는 KJ2, KJ7, KJ8 관측공이 강우의 직접적인 유입의 영향을 받고, 습지에 위치한 SJ1과 SJ2의 경우는 증발산과 수평적인 흐름에 영향을 받기 때문으로 생각된다.

4. 참고문헌

- 이진용, 이강근, 2002, 강우에 대한 지하수위 반응양상 비교분석: 강원도 원주지역과 경기도 의왕지역, 한국지하수토양환경학회지, 7권, 1호, 3-14.
- 정재열, 함세영, 손건태, 이병대, 류상민, 차용훈, 류수휘, 2003, 함양지역 지하수위 변동자료의 시계열 분석, 한국지하수 토양환경학회 추계학술발표회, 548-551.
- Padilla, A. and Pulido-Boshch, A., 1995, Study of hydrographs of karstic aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis, Journal of Hydrology, 168, 73-89.
- Lacocque, M., Mangin, A., Razack, M., and Banton, O., 1998, Contribution of correlation and spectral analysis to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France), Journal of Hydrology, 205, 217-231.