

## 부산시 동래 온천지역의 양수량, 온천수위, 강수량의 관련성 연구

차용훈, 함세영, 정재열, 장성, 손건태\*

부산대학교 지질학과, \*부산대학교 통계학과 (e-mail : hsy@pusan.ac.kr)

### <요약문>

This study uses time series analyses to evaluate fluctuation of water levels in a geothermal water well due to pumping, in relation to rainfall at Dongrae hot-spring site on the southeastern coast of the Korean peninsula. The volume of water pumped from the public study wells ranges from 542 to 993 m<sup>3</sup>/month, and the minimum water level ranged from 35 to 144.7 m during the measured period. Autocorrelation analysis was conducted for the withdrawal rate at the public wells, water levels and rainfall. The autocorrelation of the withdrawal rate shows distinct periodicity with 3 months of lag time, the autocorrelation of rainfall shows weak linearity and short memory with 1 months of lag time, and the autocorrelation of water levels shows weak linearity and short memory with 2 months of lag time. The cross-correlation between the pumping volume and the minimum water level shows a maximum value 1 at a delayed time of 34 months. The cross-correlation between rainfall and the minimum water level shows a maximum value of 0.39 at a delayed time of 32 months.

**key word** : Dongrae hot spring, geothermal water, pumping volume, time series analysis.

### 1. 서론

동래 온천은 우리나라에서 유명한 온천 관광단지 중의 하나로서 부산의 북부지역에 위치한다(Fig. 1). 동래 온천은 신라시대 (BC 57-AC 936)부터 알려져 왔으며, 본격적으로 온천지역으로 개발된 기간은 일제시대부터 이다.

이번 연구에서는 동래 온천지역에서 강수량과 양수량과의 관계에 의해 온천수위 변동을 시계열 분석으로 해석하고자 한다. 동래 온천지역에는 시유공 6개 공과 사유공 29개 공의 총 35개 온천공이 개발되어 있다. 이를 위하여 1998년 9월부터 2002년 2월까지 매월별 최고 수위, 최저 수위와 총 양수량 자료를 이용하였다. 동래 온천지역에서의 측정기간 중 월별 총 양수량은 542~993 m<sup>3</sup>를 보이고, 최저수위는 35~144.7 m를 보인다.

## 2. 본 론

### 온천수의 양수량과 온천수위의 상관관계

시유 온천공의 양수량과 온천수위의 상관관계를 보면, 양수량과 최저 수위의 상관성은 상관계수 0.66으로 높은 편이며, 양수량과 최고 수위와의 상관계수는 0.49로서 이보다 낮다(Fig. 2). 강수량과 최저수위의 상관계수는 0.66으로 최고 수위와의 상관계수 0.51보다 높은 것으로 나타났다(Fig. 3). 양수량과 강수량과의 상관성은 상관계수 -0.70으로 음의 상관성을 가진다(Fig. 4).

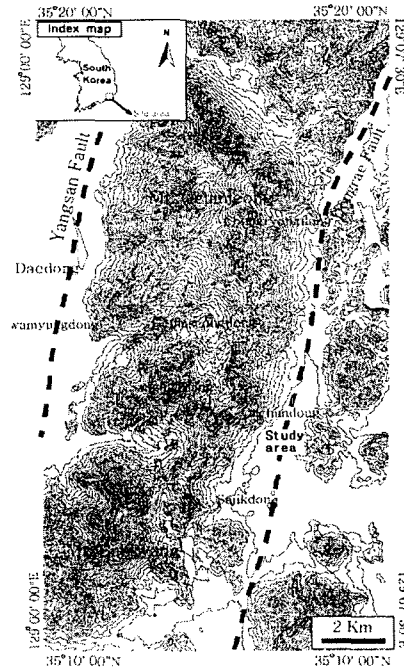


Fig. 1. Location of the study area.

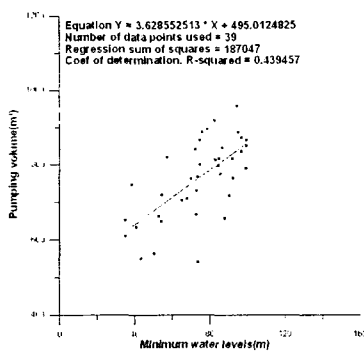


Fig. 2. Correlation between pumping volume and minimum water levels.

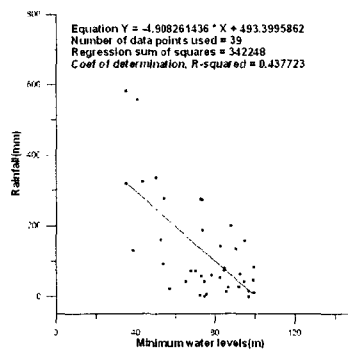


Fig. 3. Correlation between rainfall and minimum water levels.

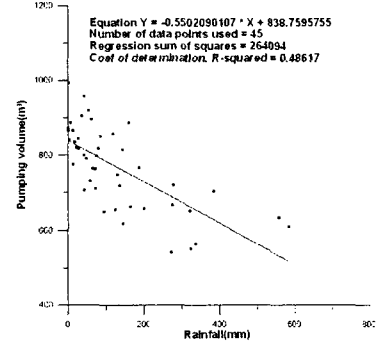


Fig. 4. Correlation between pumping volume and rainfall

## 시계열 분석

자기상관함수는 주어진 기간에 대하여 자기값의 선형성(Larocque et al., 1998)과 기억효과(Angelini, 1997)를 가진다. 자기상관분석은 자료의 자기 유사성을 계산함으로써 반복성이나 그 외 특별한 성질을 알아낼 수 있다. 온천공 중 시유공에 대하여 양수량, 수위, 강수량의 자기상관함수를 살펴보면, 양수량은 지연시간이 약 3개월 후 자기상관함수가 0에 도달한다. 이것은 양수량의 계절적 변동을 가리키는 것으로 판단된다(Fig. 5). 강수량에 대한 자기상관분석 결과 지연시간이 약 1개월 후 자기상관함수는 0에 도달하는 약한 선형성과 짧은 기억효과를 보이며 이것은 강수가 불규칙적이기 발생하기 때문이다(Fig. 6). 또한 온천수위의 자기상관함수를 보면 지연시간 2개월 후 자기상관함수가 0에 도달한다. 즉 약한 선형성과 짧은 기억효과를 가리킨다. 이것은 불규칙한 강수와 짧은 기간에 불규칙한 양수량으로 인한 영향으로 보인다(Fig. 7).

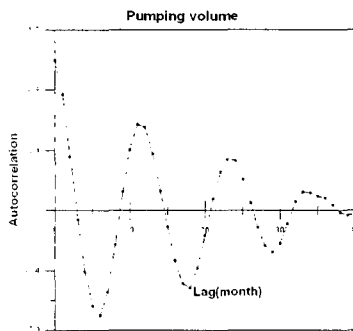


Fig. 5. Autocorrelation of pumping volume.

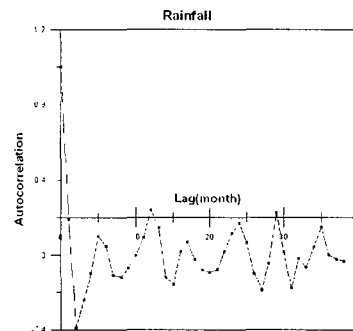


Fig. 6. Autocorrelation of pumping volume.

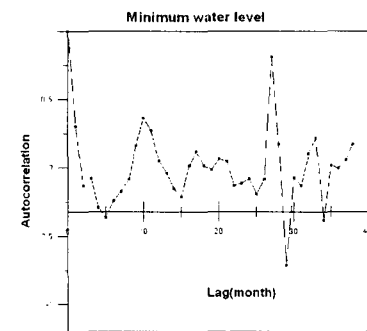


Fig. 7. Autocorrelation of minimum water levels.

양수량과 최저수위와 강우의 상관관계의 특성을 알기위해 교차상관분석을 실행하였다. 양수량을 입력인자로 하고 최저수위 자료를 출력인자로 하여 교차상관분석을 실시한 결과 지연시간 34개월에서 최대값 1에 도달하였다(Fig. 8). 이는 지열수가 지하 심부기원임을 나타낸다. 강우를 입력인자로 하고 최저수위를 출력인자로 하여 교차상관분석을 하며 지연시간 37개월에서 최대값 0.69에 도달하였다. 이는 강우의 효과가 수위에 영향을 주는 시간이 1년 보다 더 길다는 것을 나타낸다(Fig. 9). 교차상관분석 결과 양수량이 강우보다 수위에 더큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 강우의 경우는 강우 후 대수층까지 침투하는 동안 그 효과가 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

## 3. 결론

부산 동래 온천지역의 양수량, 강우, 온천수위 사이의 관련성에 대해 연구하였다. 양수량과 최저수위와의 상관계수는 0.66으로 높았고 강우와 최저수위의 상관계수 또한 0.66으로 높았다. 이와 같은 결과로 볼 때 지열수는 기상수 기원으로 판단된다. 양수량의 자기상관분석 결과, 양수량은 지연시간이 약 3개월 후 자기상관함수가 0에 도달한다. 강수량에 대한 자기상관분석 결과, 지연시간이 약 1개월 후 자기상관함수는 0에 도달한다. 온천수위의 자기상관함수를 보면 지연시간 2개월 후 자기상관함수가 0에 도달한다. 양수량을 입력인자로 하고 최저수위 자료를 출력인자로 하여 교차상관분석을 실시한 결과 지연시간 34개월에서 최대값 1에 도달하였다. 이는 지열수가 지하 심부기원임을 나타낸다. 강우를 입력인자로 하고 최저수위를 출력인자로 하여 교차상관분석을 실시한 결과, 지연시간 37개월에서 최대값 0.69

에 도달하였다. 이는 강우의 효과가 운천수위에 영향을 미치는 지연시간이 1년 이상이라는 것을 나타낸다. 교차상관분석 결과, 양수량이 강우보다 수위에 더 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 강우의 경우는 강우가 대수층까지 침투해야 하는 동안 그 효과가 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

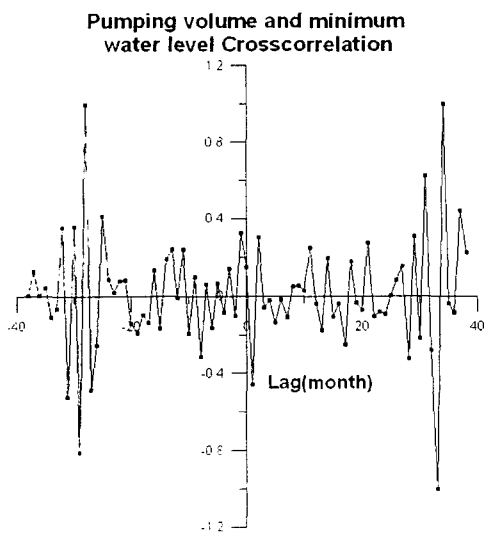


Fig. 8. Cross-correlation between the pumping volume and minimum water levels.

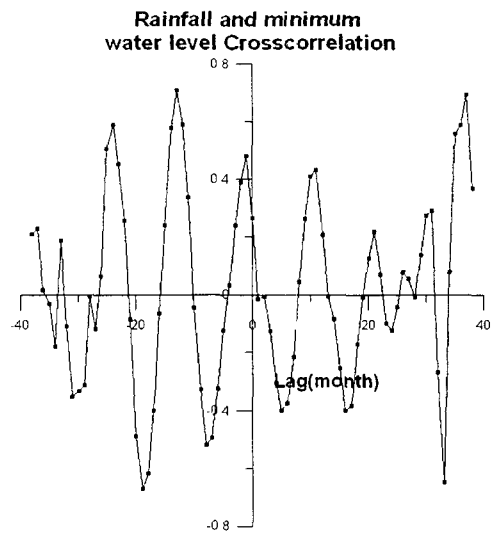


Fig. 9. Cross-correlation between the rainfall and minimum water levels.

## 참고문헌

- Angelini, P., 1997. Correlation and spectral analysis of two hydrogeological system in Central Italy, *Hydro. Sci. J.*, 42(3), p. 425-439.
- 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). *J. Hydrol.*, 205, 217-231.