

금정산 용천수의 물리화학적 성질의 공간적 분포 특성  
Spatial Distribution of the Physicochemical Characteristics of  
Spring Waters in Mt. Geumjung

김문수, 함세영, 김광성, 김성이, 성익환\*, 이병대\*

부산대학교 지구환경시스템학부  
\*한국자원연구소 지구환경연구부

(e-mail: hyd009@hyowon.pusan.ac.kr, hsy@hyowon.pusan.ac.kr, kksung@chollian.net,  
sy7052@daum.net, \*sih@rock25t.kigam.re.kr, \*blee@rock25t.kigam.re.kr)

ABSTRACT

In order to estimate spatial physicochemical properties of the spring waters in the study area, spring waters at 57 sites were investigated for measuring ten items (temperature, pH, Eh, EC, TDS, DO, salinity, alkalinity, discharge rate, and surface elevation). To compare each component with one another, regression analysis was carried out. Kriging was used to estimate the spatial characteristics and continuity of data in the study area. To solve kriging equation, the semivariogram was calculated using geostatistical software GS\*(version 3.1). As a result of semivariogram analysis, the data of nine components but surface elevation could be assumed as stationary random function, and ordinary kriging method was used for making contour maps.

**key words** : spring water, spatial distribution, Mt. Geumjung, regression analysis, semivariogram, kriging

I. 서론

연구지역의 용천수의 특성을 파악하기 위하여 모두 총 71 곳이 조사되었으나, 이들 중 6곳이 지하수이며 8곳은 조사당시 고갈되어 물이 흐르지 않았기 때문에, 조사된 용천수의 총 개수는 57지점이다. 조사 항목들은 모두 10가지로 온도, pH, Eh, EC, TDS, DO, 염도, 알카리도, 용출량, 그리고 고도이다. 고도는 1:25,000 지형도에서 판독되었으며, 나머지 항목들은 모두 현장에서 측정되었다.

연구지역의 지질은 하부로부터 이천리층, 유천층군, 불국사 화강암류, 맥암류, 그리

고 제 4기 충적층으로 구성되어 있다(손치무외, 1978). 이천리층에서 아직까지 화석이 발견된 것이 없기 때문에 그 지질시대를 정확히 알 수 없지만, 가장 오래된 지층으로 보인다. 유천층군은 하부로부터 안산암질암과 유문암질암으로 구성되어 있다. 이들을 관입한 불국사 화강암류는 하부로부터 섬록반암, 화강섬록암, 각섬석 화강암, 그리고 흑운모 화강암으로 구성되며, 또 다시 이들을 관입한 토날라이트, 아다멜라이트, 그리고 규장암으로 구성되어 있다. 그리고 이들을 관입한 맥암류가 나타나며 그 위는 제 4기 충적층으로 피복되어 있으며, 맥암류와 충적층 사이에는 부정합이 나타난다.

## II. 회귀분석

측정된 값들을 이용하여 각 항목별 회귀분석이 실시되었다. 고도와 다른 항목들 사이에는 뚜렷한 상관성을 보이지 않으나, 전체적으로 미약한 음의 상관관계를 보여준다. 온도에 대한 EC와 TDS의 관계는 양의 상관관계를 보여주며 이는 온도가 높아짐에 따라 EC와 TDS의 값 역시 증가함을 보여주는 것이다. pH와  $\text{HCO}_3^-$ 는 양의 상관관계를 그리고 pH와 DO는 음의 상관관계를 보여주고 있다. 측정된 Eh와 pH의 값을 이용하여 다이어그램에 도시해 본 결과 모두 자연수 안정영역에 속하는 것을 알 수 있다. EC와 TDS는 거의 완벽한 상관관계( $r = 0.997$ )를 보이며, EC와  $\text{HCO}_3^-$ 는 그 보다는 낮으나 양호한 양의 상관관계( $r = 0.663$ )를 보여준다.

## III. 크리깅 기법

크리깅은 지구통계학적 방법으로 원래는 남아공화국의 광산공학자인 Krige가 광상평가를 위해 통계적 기법으로 적용한 것인데, 이 후에 Matheron(1971)이 지구통계학적인 기법으로 발전시켰다. 본 연구는 크리깅 기법을 이용하여 금정산과 백양산 일대에 위치하는 용천수의 물리화학적 특성들의 공간적인 분포 특성을 파악하는 것이다. 크리깅도 조건에 따라 정규크리깅(ordinary kriging), 코크리깅(cokriging), 만능크리깅(universal kriging) 등이 있다.

크리깅을 이용하여 관심대상의 공간분포를 구하기 위해서는 먼저 반베리오그램(semivariogram)을 구하여야 한다. 반베리오그램을 구하는 모델에는 보통 구상형 모델, 지수형 모델, 가우스 모델, 그리고 선형모델을 이용한다(Davis, 1973). 본 연구지역에서는 지구통계 소프트웨어인 GS\*(Gamma Design Software Ver. 3.1)를 이용하여 반베리오그램을 구하였다. 용출량, 온도, DO, Eh, 그리고 pH는 구형모델이 그리고 염도, 고도, 알카리도, TDS, 그리고 EC는 지수형 모델이 선택되었다(Fig. 1). 반면, 가우스 모델과 선형모델은 적당하지 않은 것으로 나타났다.

본 연구지역에서는 EC와 TDS의 상관성을 제외한 나머지 요소들간의 상관성은 미약하여 코크리깅을 사용하기에 부적절하다. 따라서 반베리오그램 분석 결과에 의해서, 거의 모든 항목들이 정상확률함수를 따르며 안정적인(stationary) 경향을 보이므로 정규크리깅을 사용하였다.

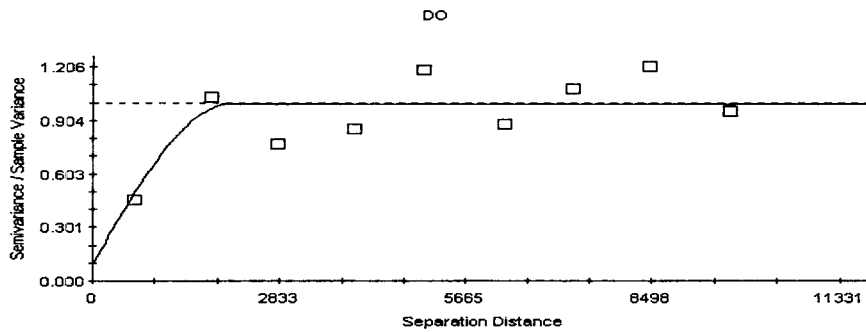


Figure 1. Semivariogram of DO fitted with spherical model.

#### IV. 크리깅을 이용한 용천수의 공간분포 특성

정규크리깅 기법을 이용하여 등치선도를 작성하였다(Fig. 2). DO의 최대값과 최소값은 각각 15.66mg/l와 6.67mg/l를 그리고 반베리오그램의 range는 2,070m를 가지며, 연구대상 지역의 서쪽편(덕포동, 덕천동, 그리고 모라동의 북쪽 부분)에서 이상대를 보인다. 높은 DO값은 산소를 소모하는 유기물 따위가 비포화대 내에 다른 지역에 비해 작음을 암시한다.

pH의 최대값과 최소값은 각각 7.89와 4.71이며 반베리오그램의 range는 1,020m이다. 구서동, 장전동, 온천동, 만덕동, 그리고 부암동의 pH값들이 다른 지역에 비해 높은 값을 보이고 있다. pH값이 상대적으로 높다는 것은 용천수의 지하 체재시간이 길거나 혹은 용천수의 유로의 길이가 길다는 것을 의미한다.

용출량의 최대값과 최소값은 각각 357.14ml/sec와 1.76ml/sec이며 반베리오그램의 range는 1,409m이다. 청룡동, 구서동, 온천동, 만덕동, 그리고 모라동의 용출량이 상대적으로 높으며 특히 금정산의 동쪽지역 청룡동, 구서동, 온천동이 상당히 높다.

EC의 최대값과 최소값은 220.00  $\mu$ S/cm와 37.80  $\mu$ S/cm이며 반베리오그램의 range는 440m이다. 청룡동, 온천동, 그리고 모라동의 남쪽부근의 EC값이 높다. 높은 EC의 값은 용천수 내에 용존 물질이 많다는 것을 지시하며, 또한 높은 DO값을 보이는 지역과 중복되지 않고 있음을 알 수 있다.

TDS와  $\text{HCO}_3^-$ 의 최대값과 최소값 그리고 반베리오그램의 range는 각각 106mg/l,

18.00mg/l, 440m, and 86.95mg/l, 6.10mg/l, 310m이다. TDS와  $\text{HCO}_3^-$ 의 등치선도는 EC의 그것과 매우 유사한 패턴을 보이는데 이는 그들 사이의 높은 상관성에 기인한다.

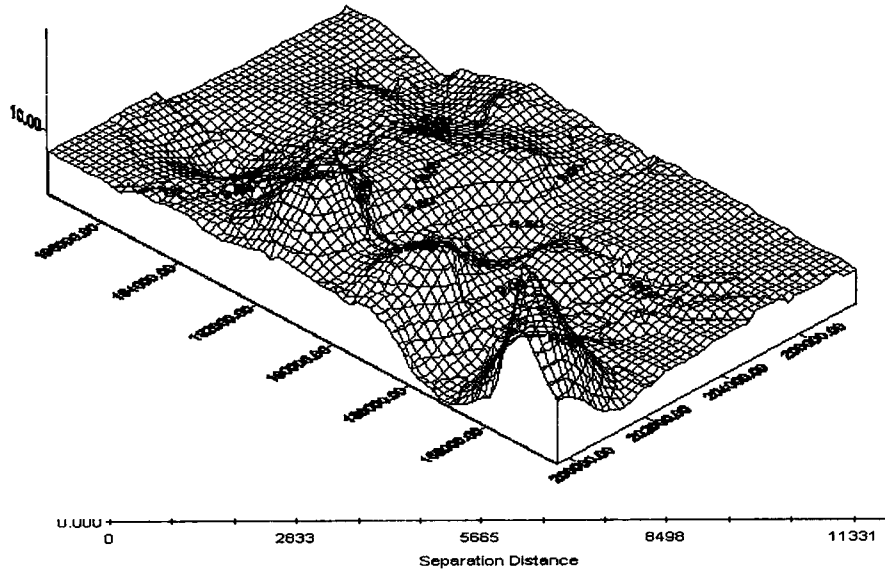


Figure 2. Contour map of kriged DO from spring waters in the study area.

#### 참 고 문 헌

- 손치무, 이상만, 김영기, 김상욱, 김형식, 1978. 동래월내도폭(1:50,000) 및 설명서, 자원 개발연구소. p.2-21.
- Matheron, G., 1971. The theory of regionalized variables and its applications, CGMM, Ecole des Mines, France, Report no. 5.
- Davis, J. C., 1973. Statistics Data and Analysis in Geology, John Wiley & Sons, New York, p.246-247.