

보로노이지도에 의한 돌연시료설정방법

황광철, 김명선

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《탐사지역에서의 탐사결과를 과학적으로 분석하고 지하자원매장량과 채굴조건 그리고 탄상, 광상개발의 경제적효과성에 대한 평가를 바로하여 산업적의의가 큰 탄광, 광상개발 후보지들을 마련하여야 합니다.》

탐사결과를 과학적으로 분석하는데서 돌연시료를 정확히 설정하고 처리하는것은 자료보간의 효과성과 매장량계산의 믿음성을 높이는데서 중요한 문제로 나선다.

돌연시료설정과 처리방법에는 크게 경험적방법(영향결수법, 변동결수법, 린접자료비교법 등), 수리통계적방법(3 σ 법, 분포함수법 등), 프락탈모형을 리용하는 방법 등이 있다.[1, 2] 이 방법들은 자료의 구체적인 위치, 3차원공간에서의 자료변화특성을 고려하지 않는것으로 하여 일련의 부족점을 가지고있다.

본문에서는 ArcGIS 지질통계분석도구(Geostatistical Analyst)의 보로노이지도(Voronoi Map)를 리용하여 돌연시료설정방법을 확립하고 그 효과성을 검증한 결과에 대하여 서술하였다.

1. 원리와 방법

경험적방법과 수리통계적방법에서는 자료의 구체적인 위치를 고려하지 않고 평균값보다 상대적으로 매우 높거나 낮으면 돌연시료로 보고 그것을 제거하거나 다른 값으로 치환한다. 그러나 초기값이 상대적으로 높거나 낮다고 다 돌연시료로 되는것은 아니다. 실제로 고품위구역에서 품위가 상대적으로 높다고 돌연시료로 볼 근거는 없으며 품위가 높지 않아도 국부적인 구역에서는 돌연시료로 될수 있기때문이다. 여기서 명백한것은 돌연시료점의 값이 국부적인 구역들에서 린접점들보다 이상하게 높거나 낮다는 것이다.

국부적인 구역들에서 위치에 따르는 시료점들의 값은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 가운데에 위치한 시료점의 값은 국부적인 구역들에서 이상하게 높으므로 이 시료가 돌연시료라고 볼수 있다. 이러한 현상이 나타나는 원인은 크게 2가지로 볼수 있는데 하나는 덩이금효과와 같이 실제한 변화가 있는 경우와 측정이나 분석, 기록을 잘못하여 생기는 경우이다. 만일 실수에 의한것이라면 보간이나 계산을 진행하기 전에 제거하거나 수정하여야 한다.

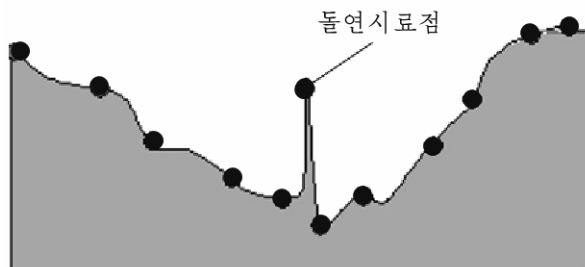


그림 1. 국부적인 구역들에서 위치에 따르는 시료점값

보로노이지도는 시료점들을 둘러싼 보로노이다각형들에 의하여 작성된다.(그림 2)

주어진 점들을 꼭 하나씩 포함하는 불록다각형들로 분할된 평면을 보로노이지도라고 한다.

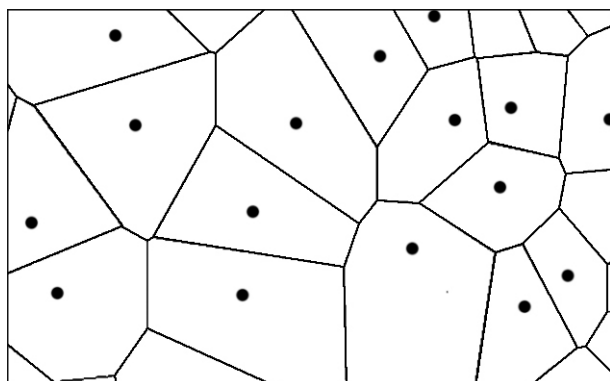


그림 2. 보로노이지도

의 초기값평균을 나타낸다.

최빈값(Mode) 매 다각형구역의 값은 초기값들을 5개의 급으로 구분하였을 때 다각형안에 포함된 시료점과 린접점초기값들의 최빈급을 나타낸다.

클러스터(Cluster) 매 다각형구역의 값은 다각형안에 포함된 시료점과 린접점들의 초기값이 들어가는 급이 같은 경우가 있으면 최빈급을, 없는 경우에는 -1을 나타낸다.

엔트로피(Entropy) 매 다각형구역의 값은 다각형안에 포함된 시료점과 린접점들의 초기값들의 최빈급에 의하여 계산되는 엔트로피를 나타낸다.

중위수(Median) 매 다각형구역의 값은 다각형안에 포함된 시료점과 린접점들의 초기값들의 중위수를 나타낸다.

표준편차(Standard Deviation) 매 다각형구역의 값은 다각형안에 포함된 시료점과 린접점들의 초기값들의 표준편차를 나타낸다.

이러한 값들을 각이한 자료처리에 리용할수 있는데 구체적으로 평균, 최빈값, 중위수는 자료의 평활화에, 엔트로피, 표준편차는 자료의 변화특성연구에, 클러스터는 돌연시료 설정에 리용할수 있다.

보로노이지도의 클러스터에 의한 돌연시료설정과 처리방법은 다음과 같다.

- ① 위치에 따르는 추공 또는 분석자료를 점자료로 불러들인다.
- ② Geostatistical Analyst/Explore/Voronoi Map를 선택한다.
- ③ Layer를 점자료로, Attribute를 자료의 속성마당으로 설정한다.
- ④ Type를 Cluster로 선택한다.
- ⑤ Cluster가 -1인 다각형구역의 시료들은 국부적인 구역에서 돌연시료이므로 그 초기값을 중위수로 치환한다.
- ⑥ 돌연시료를 처리한 자료를 가지고 보간, 계산을 진행한다.

2. 적용효과

어느 한 금광상에서 광체들은 신시생대 랑림층군 변성암으로부터 중원생대 직현군층과 사당우군층 하부층군에 이르는 각이한 암석들에 분포되어있다.

관입암으로서는 신시생대 련화산암군의 편마상화강암과 중생대 유라기 단천암군인 양덕관입암체 그리고 백악기 압록강암군 회창관입암체와 신홍관입암체가 있으며 구역의 서남쪽에 오봉산주층의 고회암을 자른 북서-남동방향의 단렬대들을 따라 주입된 휘장암,

휘장회록암과 같은 암맥들이 있다. 광체의 품위는 그것이 놓인 층서적위치와 배태암에 따라 심히 변한다. 이 지역에서 금품위의 변화특성은 매우 복잡하다.

광상의 3호광체에 대한 추공분석자료 166개를 가지고 효과성을 검증하였다.

금품위의 통계적특성량은 표 1과 같다.

표 1. 금품위의 통계적특성량

최소값/(g·t ⁻¹)	최대값/(g·t ⁻¹)	평균값/(g·t ⁻¹)	중위수/(g·t ⁻¹)	표준편차	변동계수/%	비대칭 계수	뿔족 계수
0.1	60	6.93	2.18	10.86	156.75	2.5	9.55

표 1에서 보는바와 같이 금품위는 0.1~60g/t으로서 변화특성이 매우 심하다.

금품위자료에 의한 보로노이지도의 클라스터값은 그림 3과 같다.

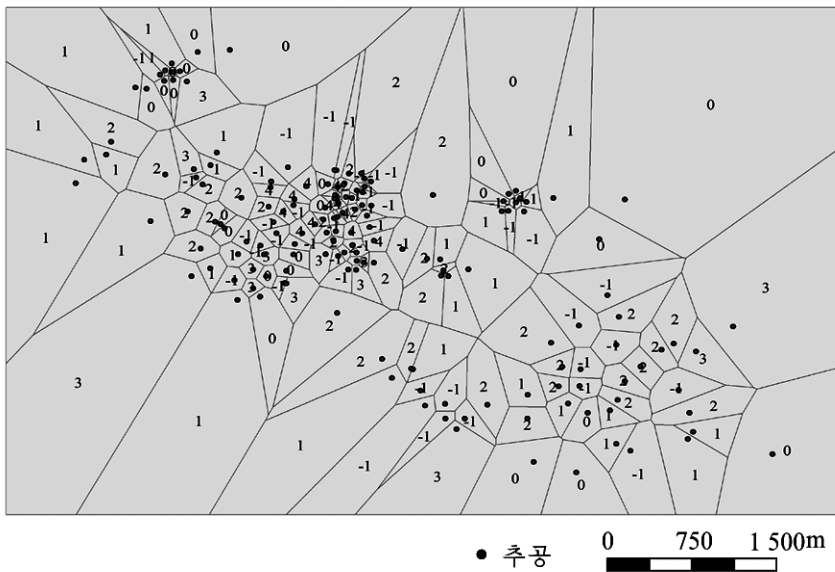


그림 3. 금품위자료에 의한 보로노이지도의 클라스터값

클라스터가 -1인 다각형구역의 초기값을 각이한 보간방법으로 처리하여 얻은 평균 품위는 표 2와 같다.

표 2. 각이한 방법에 의한 평균품위

방법	평균품위/(g·t ⁻¹)
산수평균법	6.93
변동계수법	6.9
3σ법	6.65
역거리무계법	7.4
지질통계적방법	7.36
국부적인 경향면보간법	6.39
전구간 경향면보간법	6.96
돌연시료를 제거한 경우	6.25
보로노이지도에 의한 방법	돌연시료의 값을 평균값으로 치환한 경우 7.13
	돌연시료의 값을 중위수로 치환한 경우 5.98

변동결수법이나 3σ 법은 산수평균법으로 평균품위를 계산하면 실제의 평균품위보다 높아지기때문에 돌연시료를 제거하여 계산하는 방법들이다.

이 방법들은 시료점들의 위치를 고려하지 않고 순수 시료값에 의하여 돌연시료를 설정하고 상대적으로 높은 값들만을 처리하며 정규분포나 로그정규분포에 따르는것을 전제로 하고있다.

그러나 연구지역에서의 금품위값들은 이러한 분포조건을 만족시키지 못한다. 따라서 위의 방법들은 정확하다고 볼수 없으며 탐사에 부정적인 영향을 미칠수 있다.

표 2에서 보는바와 같이 역거리무계법, 지질통계적방법, 전구간 경향면보간법, 보로노이지도에 의한 방법(돌연시료의 값을 평균값으로 치환한 경우)에서의 평균품위는 산수평균품위보다 높다. 이것은 돌연시료의 값을 처리하지 않고 보간하여 평균품위를 계산하기때문이다.

보로노이지도에 의한 방법은 국부적인 구역에서 시료점들사이의 구체적인 분포상태를 고려하여 돌연시료들을 찾아내므로 지난 시기의 방법들보다 정확하다고 볼수 있다.

돌연시료를 제거하여 계산하는 방법은 자료개수를 적게 하므로 과학성이 보장되지 않으며 돌연시료의 값을 평균값으로 치환하는 방법은 국부적인 구역들에서 돌연시료를 제거하지 않고 계산한 평균값을 리용하므로 전체 구역에서의 평균품위는 높아진다.

그러나 돌연시료의 값을 중위수로 치환하는 방법은 돌연시료를 제거하면서도 자료개수를 줄이지 않으므로 보다 효과적이라고 볼수 있다.

돌연시료를 중위수로 처리한 후 각이한 보간방법에 의한 평균품위는 표 3과 같다.

표 3. 돌연시료를 중위수로 처리한 후
각이한 보간방법에 의한 평균품위

방법	평균품위/(g·t ⁻¹)
산수평균법	5.98
역거리무계법	6.25
지질통계적방법	6.43
국부적인 경향면보간법	5.89
전구간 경향면보간법	6.01

표 3에서 보는바와 같이 돌연시료를 중위수로 처리한 후 각이한 보간방법으로 계산한 평균품위들이 현저히 낮아졌으며 특히 경향면보간법으로 계산한 평균품위들이 산수평균법으로 계산한 평균품위와 제일 비슷하다.

따라서 돌연시료의 값을 중위수로 치환하는 보로노이지도에 의한 방법이 제일 효과적이라고 볼수 있다.

맺 는 말

보로노이지도에 의하여 돌연시료를 설정하고 중위수로 처리하는 방법은 자료보간의 효과성과 매장량계산의 믿음성을 높이는데 효과적으로 리용할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 田玉川; 中国矿业, 27, 1, 353, 2018.
- [2] 陈建均 等; 中国矿业, 24, 5, 133, 2015.

Method of Setting the Storm Samples by Voronoi Map

Hwang Kwang Chol, Kim Myong Son

The method of setting the storm samples by Voronoi map and processing them by the median can be effectively used in enhancing the effectiveness of data interpolation and the reliability of reserves calculation.

Keywords: Voronoi map, storm sample