

지층살창모형을 리용한 광체품위의 3차원평가방법

김연호, 최광우

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 품위가 높은 광석뿐아니라 품위가 낮은 광석까지 다 캐내야 하며 다량채굴하고 다량처리하는 방법으로 더 많은 광석을 생산하여야 합니다.》(《김일성전집》 제54권 41페이지)

광체품위의 공간적분포상태를 정량적으로 평가하는것은 탐사와 채굴, 매장량계산 등에서 작업량을 줄이고 정확도를 높일뿐아니라 선광실수률을 높이기 위한 중요한 방도의 하나로 된다.

지난 시기 광체품위를 정량적으로 평가하기 위한 연구에서는 주로 2차원평가가 기본으로 되였지만 최근에는 인공지능을 리용한 새로운 방법들을 받아들여 3차원공간에서 광체품위를 평가하기 위한 연구[1-5]가 기본으로 되고있다.

본문에서는 각이한 지질대상모형화에 널리 리용되고있는 지질대상컴퓨터지원설계체계(GOCAD)에서 제공하는 지층살창모형을 리용하여 광체품위의 공간적분포상태를 3차원적으로 평가하기 위한 방법(간단히 광체품위평가방법)을 제기하고 그 적용결과를 서술하였다.

1. 광체품위평가방법의 적용절차

지층살창모형(Stratigraphic Grid 간단히 SGrid)은 저유층과 같은 지질대상을 모형화하기 위하여 2개의 경계면들을 정합시킨 3차원살창모형이다. 이 모형은 이방성을 고려하여야 하는 저유층모형화와 같은 지질대상모형화에서 널리 리용된다. 광체품위가 공간상에서 이방성을 가지므로 우리는 지층살창모형을 리용하여 모형화를 진행하였다.

지층살창모형을 리용하여 추공자료기지와 광체공간자료기지에서부터 광체품위평가방법의 적용절차는 그림 1과 같다.

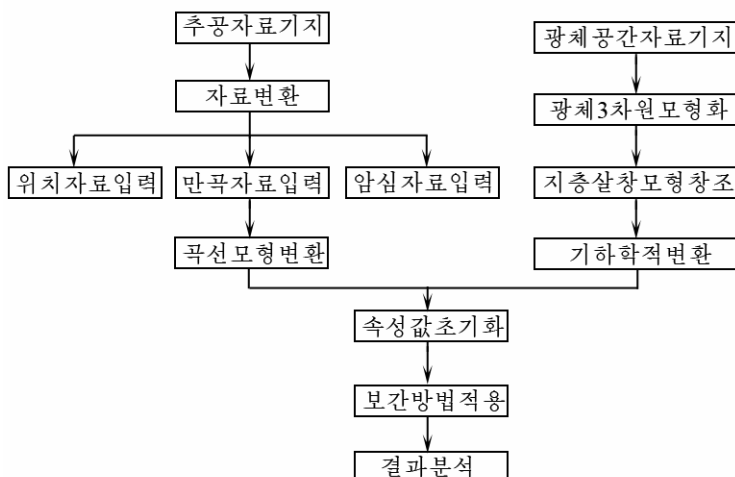


그림 1. 광체품위평가방법의 적용절차

먼저 GIS에서 구축한 추공자료기지를 GOCAD에 입력하기 위하여 자료변환을 진행한다.

GOCAD에서 제공하는 추공위치자료, 만곡측정자료, 추공암심자료를 입력하는 기능을 리용하여 해당 자료들을 입력한다. 처음에 입력된 추공위치자료속성표의 추공번호마당을 통하여 만곡측정자료와 추공암심자료사이의 련관이 보장된다.

다음 곡선창조기능을 리용하여 추공위치자료를 곡선모형으로 변환한다.

한편 GIS에서 구축한 광체공간자료기지에서부터 광체에 대한 3차원모형화를 진행하고 그것에 기초하여 지층살창모형을 창조한다.

GOCAD의 지층살창모형을 리용하여 광체품위평가를 위한 계산구역을 정의한다.

지층살창모형은 기준점, 3개의 축, 매 축을 따르는 점들의 수와 매 세포의 3개의 방향 벡토르 등에 의하여 규정된다.(그림 2)

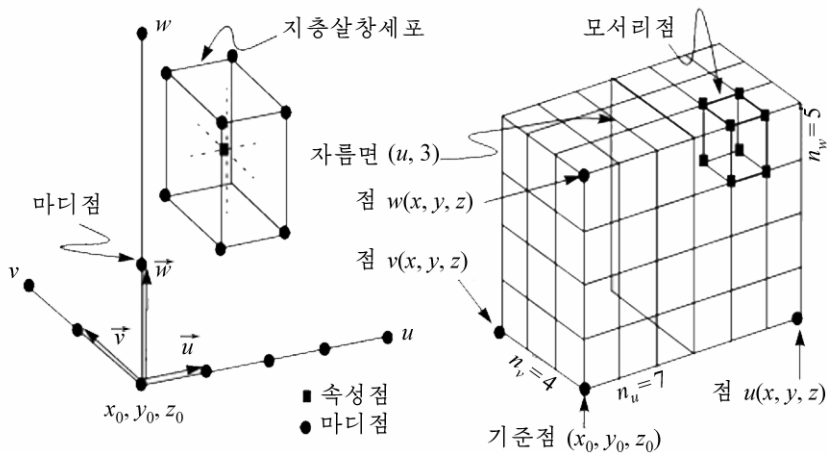


그림 2. 지층살창모형의 요소

지층살창모형의 기준점은 자리표계의 기준점과 비슷하다. 기준점은 공간자리표 (x_0, y_0, z_0) 에 의하여 정의된다. u, v, w 는 지층살창모형의 3개의 축이며 n_u, n_v, n_w 는 3개의 축에 놓이는 점들의 수이다. $\vec{u}, \vec{v}, \vec{w}$ 는 매 축을 따르는 방향벡토르들이다. 이와 같은 파라메터들을 리용하여 변형되지 않은 지층살창모형에서 주어진 살창점의 자리표 (u, v, w) 에 의하여 공간자리표계에서의 자리표 (x, y, z) 를 계산할수 있다. 지층살창모형에서 속성점은 마디점과 일치할수도 있고 세포의 중심점일수도 있다. 지층살창모형의 세포들은 여러개의 속성(품위, 두께 등)을 가질수 있다.

지층살창모형을 창조할 때 지층살창모형의 3차원공간범위와 구역분할을 광체3차원모형자료에 기초하여 진행한다. 따라서 지층살창모형은 3차원적으로 모형화된 광체의 기하학적형태와 일치하게 된다. 광체의 기하학적형태와 일치하는 지층살창모형을 창조하기 위하여 GOCAD에서 제공하는 곡면에 의한 지층살창모형의 자르기기능과 구역의 편집기능을 리용한다.

다음 지층살창모형의 매 세포에 광체품위의 초기속성값을 설정한다. 이때 속성초기화기능을 리용하여 추공자료기지의 광체품위를 지층살창모형의 초기속성값으로 설정한다.

다음 광체품위평가에 가장 널리 리용되는 지질통계학적수법인 크리그법과 리상평활보간방법 등 각이한 보간방법을 적용한다.

얻어진 결과에 대한 지질학적해석을 진행한다.

2. 광체품위평가방법의 적용결과

어느 한 광상구역에서 각이한 시기에 얻은 자름면도자료와 시료채취 및 화학분석결과표, 추공위치자료, 탐사선자료, 시추굴진표 등을 리용하여 광체품위를 평가하기 위한 추공자료기지를 구축하였다.

추공자료기지는 추공위치자료, 만곡측정자료, 추공암심자료로 나누어 표형식으로 구축하였다. 추공위치자료속성표의 마당이름은 추공번호, X축자리표, Y축자리표, 해발높이 등으로 설정하고 만곡측정자료속성표의 마당이름은 추공번호, 방위각, 경사각, 추공길이 등으로 설정하였다. 추공암심자료속성표의 마당이름은 추공번호, 광체번호, 시작깊이, 마감깊이, 추공길이, 품위 등으로 설정하였다. 매 속성표에서 마당값은 모두 수값형식으로 설정하였으며 속성표들사이의 련관은 추공번호마당을 통하여 실현하였다.

광체에 대한 자름면도자료를 리용하여 공간자료기지를 구축하고 광체3차원모형화를 진행하였다.

표형식으로 구축한 추공자료기지와 광체에 대한 3차원모형화결과를 리용하여 GOCAD에서 광체품위의 공간적분포상태를 평가하였다.

연구지역에서 시추탐사를 진행할 때 설정된 탐사선의 수는 25개, 탐사선사이간격은 100m이다. 그리고 광체품위평가에 리용한 추공의 수는 61개, 암심표본의 평균길이는 1m이다.

추공심도는 최소 74.2m, 최대 281.1m, 평균 194.6m이며 대체로 수직추공이고 만곡추공들에 대한 자료는 년도별 탐사보고서의 시추굴진표자료를 참고하여 만곡측정자료기지에 반영하였다. 만곡추공들의 경사각은 평균 85° 이며 방위각은 21개의 탐사선에서는 340° , 4개의 탐사선에서는 45° 이다.(그림 3)

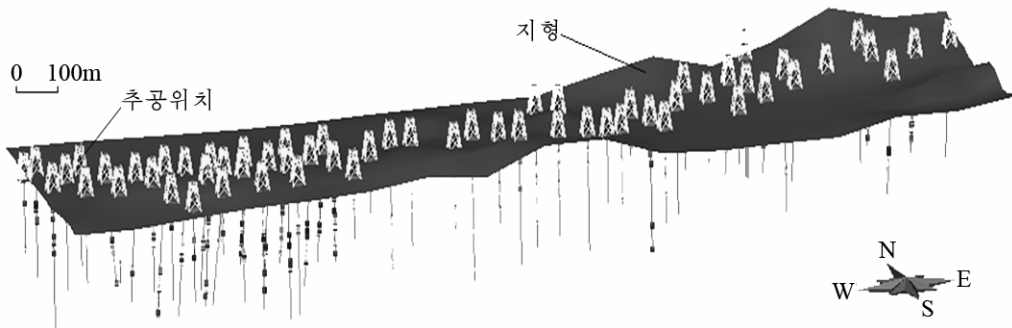


그림 3. 연구지역의 추공배치도

추공자료기지의 자료들을 ASCII화일형식으로 변환한 다음 GOCAD에 입력하였다.

GOCAD의 자료분석기능을 리용하여 광체품위의 공간적분포상태에 대한 평가에서 초기값으로 설정할 광체품위에 대한 통계적분석을 진행하였다.(표) 이때 구역화변량으로 선택한 광체품위가 정규분포하도록 로그변환을 진행하였다.

표. 광체품위에 대한 통계적특성값

표본수/개	최소값/%	중위수/%	최대값/%	평균/%	표준편차	분산
844	0.01	6.07	17.98	6.05	2.86	8.16

지층살창모형을 창조할 때 3차원공간의 X, Y, Z축방향을 따르는 마디점의 수를 각각 230, 60, 35개로 설정하였다.

우선 광체품위를 구역화변량으로 보고 보통크리그법을 적용하자면 실험변이함수를 계산하여야 한다.

연구지역에서 광체는 퇴적변성암류와 교대화강암류안에 맥모양으로 들어있고 광체와 배태암사이의 경계는 아주 명백하다. 이로부터 3차원실험변이함수보다 2차원실험변이함수가 적합하다고 보았다.

실험변이함수를 계산할 때 자연거리간격은 75.2m, 간격의 수는 30개, 방향각범위는 22.5° , 탐색범위는 376.1m로 설정하였다. 실험변이함수계산결과로부터 자연금효과가 없고 토대값이 8.52인 지수함수모형이 리론변이함수모형으로 적합하다는 결론을 얻었다.

다음으로 지수함수모형을 리론변이함수모형으로 하고 보통크리그법을 적용하여 광체품위값을 3차원적으로 평가하였다.

보통크리그법을 적용할 때 최대근방탐색점의 수는 24개로 설정하였으며 지층살창모형 가운데서 광체의 기하학적형태와 일치하는 구역들에만 보통크리그법을 적용하였다. 즉 보통크리그법에 의한 광체품위평가를 립방체형태의 전체 구역에서가 아니라 광체의 기하학적형태를 그대로 반영한 구역들에만 제한하였다.

최종적으로 얻은 광체품위에 대한 3차원평가결과는 그림 4와 같다.

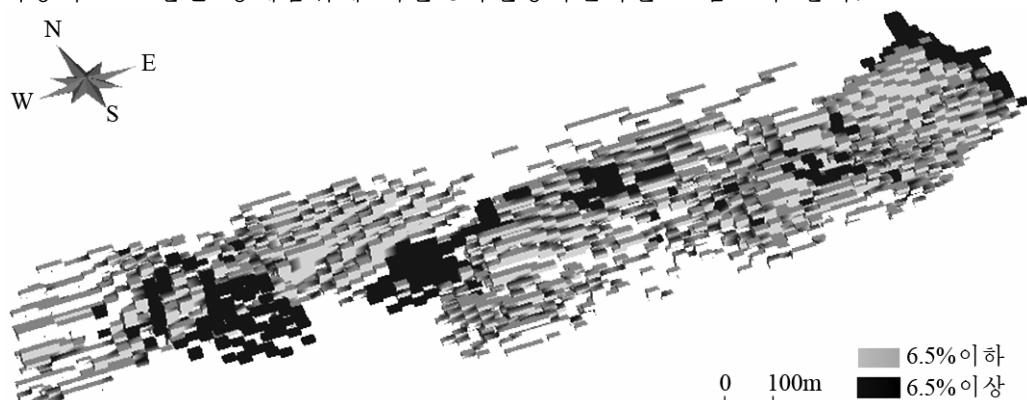


그림 4. 광체품위에 대한 3차원평가결과

맺 는 말

지질대상컴퓨터지원설계체계 GOCAD에서 지층살창모형을 리용한 광체품위의 3차원 보간방법을 연구하고 광체품위평가에 적용하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보 지구환경과학 및 지질학, 64, 2, 20, 주체107(2018).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 59, 3, 148, 주체102(2013).
- [3] 오충남 등; 지질 및 지리과학, 4, 11, 주체101(2012).
- [4] 한창익 등; 지질 및 지리과학, 3, 7, 주체106(2017).
- [5] Cheng Wang et al.; Journal of Geochemical Exploration, 203, 59, 2019.

3D Estimation Method of Ore Body Grade Using Stratigraphic Grid Model

Kim Yon Ho, Choe Kwang U

In this paper, we studied an approach to interpolate 3D ore body grade by using the stratigraphic grid object in GOCAD and applied it to estimation of ore body grade.

Keywords: 3D estimation, ore body grade, GOCAD