

## ○지구 금광체의 자력탐사자료해석에서 경계강조법들의 응용

전광철, 조만길

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《지질탐사부문에서는 첨단기술을 받아들여 탐사사업의 현대화를 적극 다그쳐나가야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 505페이지)

현시기 자력탐사법은 많은 로력과 자재를 절약하면서도 탐사의 효과성이 높은것으로 하여 금광체탐사에 널리 적용되고있다. 금광체탐사에서는 수평면상에서 광체의 널림특성과 놓임깊이를 해명하는것이 중요한 문제로 제기되고있다. 자성광물들을 포함한 광맥이나 함광구조들의 발달특성은 자성경계강조법들을 리용하여 효과적으로 해명할수 있다. 지금 자성경계강조법들가운데서 널리 리용되고있는 방법은 Tilt-depth법, 국부파수법,  $\theta$ 도법 등이다.[2] 논문에서는 ○지구의 금광체탐사에 자력탐사법을 적용하고 자력탐사자료해석에 여러가지 자성경계강조법들을 리용하여 금광맥들과 지질구조들의 발달특성을 해명하였다.

### 1. 몇가지 자성경계강조법들의 원리

#### 1) Tilt-depth법

경사각법은 약한 이상을 강조시키고 심부원천과 얇은 깊이에 있는 원천을 두드러지게 하는 측면에서 비교적 효과적이다. Tilt-depth법은 접촉대모형의 마당계산식을 출발식으로 하여 경사각법을 적용한것으로서 자성원천이 수직자화되어있는 경우에 리론적인 공식은 다음과 같다.[1]

$$\beta = \arctan\left(\frac{\partial T/\partial z}{\partial T/\partial h}\right) = \arctan \frac{h}{z_c} \quad (1)$$
$$\frac{\partial T}{\partial h} = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}$$

여기서  $\beta$ 는 경사각,  $\partial T/\partial x$ ,  $\partial T/\partial y$ 는 각각 자기마당  $T$ 의  $x$ ,  $y$ 방향의 수평1계도함수,  $\partial T/\partial z$ 는 자기마당의 수직1계도함수,  $h$ 는 측정점의 가로자리표,  $z_c$ 는 자성원천의 놓임깊이이다. 식 (1)에서  $\beta=0^\circ$ 일 때  $h=0$ 이므로 자성원천접촉대의 경계를 판단할수 있다.  $\beta=\pm 45^\circ$ 일 때  $z_c=|h|$ 이므로 자성원천의 놓임깊이  $z_c$ 를 계산할수 있다.

Tilt-depth법을 적용하면 자성원천의 경계뿐만아니라 깊이도 쉽게 결정할수 있다.

#### 2) 국부파수법

자기마당의 경사각에 대하여 수평방향으로 도함수를 취하고 절대값을 구한것을 국부파수라고 한다.

$$k_h = \sqrt{\left(\frac{\partial\beta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$

2차원문제의 경우에는

$$k_x = \left| \left( \frac{\partial\beta}{\partial x} \right) \right|$$

심부에 놓인 자성원천에 대하여 수직도함수와 수평도함수가 매우 작다고 하여도 국부파수값은 크며 국부파수의 극대값은 자성원천의 경계위치를 반영한다. 국부파수는 지자기복각의 영향을 받지 않는다.

### 3) $\theta$ 도법

$\theta$ 도는 해석신호진폭을 리용하여 완전수평도함수를 표준화한  $\theta$ 값으로 작성된 평면등값선도를 말한다.[3]  $\theta$ 를 얻기 위한 계산식은 다음과 같다.

$$\theta = \arccos \frac{\sqrt{(\partial T/\partial x)^2 + (\partial T/\partial y)^2}}{\sqrt{(\partial T/\partial x)^2 + (\partial T/\partial y)^2 + (\partial T/\partial z)^2}} \quad (3)$$

$\theta$ 도법은 국부파수법과 마찬가지로 작은 이상진폭특징까지 두드러지게 한다. 자성원천경계에서  $\cos\theta$ 값은 최대값으로 나타나며 주변으로 가면서 점점 작아져 0으로 다가간다.  $\theta$ 는 지자기복각의 영향을 받으므로 일반적으로 극환산된 자기마당을 리용한다.  $\theta$ 도법을 적용하여도 놓임깊이가 비교적 깊은 마당원천이 만드는 약한 이상신호를 효과적으로 얻을수 있으며 수평중첩이상과 수직중첩이상 등을 효과적으로 분리할수 있다.

## 2. o지구 금광체의 자력탐사자료해석에서 경계강조법들의 응용

### 1) 지질 및 지구물리적전제

연구지역은 강의 주변지역으로서 평탄하며 모래, 자갈을 포함한 4기층이 평균 4~8m의 두께로 덮여있다. 연구지역은 지체구조적으로 랑림지괴 희천통기대의 북서쪽에 자리잡고있다. 4기층으로 두껍게 피복된 지역에서 기반암은 중생대 유라기 단천암군 북운모화강암이며 그속에 시생대 랑림층군의 화강편마암과 련화산암군의 편마상화강암이 포로체로 들어있다. 연구지역에는 북서방향의 운산-창성대단렬과 북동방향의 마파령단층이 놓여있다.

연구지역은 북서방향의 대단층과 북동방향의 단층이 사귀는 지역인것으로 하여 북서방향과 북동방향의 균렬구조들이 복잡하게 발달되어있다.

광체는 합금류화물석영맥으로서 편마암과 편마상화강암의 접촉부에서 북동방향으로 놓여있다. 합광균렬들의 방향은 북동 40~70°이다. 광체에는 방연광, 섬아연광, 황철광, 자류철광 등 류화물광물들이 금과 함께 들어있다.

자화률을 측정한데 의하면 광체에서는 평균  $150 \times 10^{-5} \text{SI}$  이고 배태암에서는  $0 \sim 10 \times 10^{-5} \text{SI}$ 로서 자력탐사법을 적용하여 광체의 분포특성을 해명할수 있는 전제를 가진다.

### 2) 경계강조법들의 응용

연구지역은 4기층으로 피복되어있는데 피복층의 자성불균일성의 영향을 극복하기 위

하여 측정된 자기이상에 대한 올림연장처리를 진행하고 경계강조법들을 적용하여 단렬구조와 자성원천의 경계부를 얻었다.

먼저 연구지역에서 얻은 극환산된 자기이상을 2, 4, 6m로 올림연장처리하고(그림 1) 그것에 Tilt-depth법을 적용하여 경사각등값선도를 얻었다.(그림 2)

다음  $\theta=0$ 일 때의 위치값을 자성원천의 경계로 판단하고  $\theta=\pm\pi/4$  일 때 자성원천경계의 수평위치  $h$ 값을 리용하여 해당한 자성원천의 놓임깊이  $z_c$ 를 구하였다.

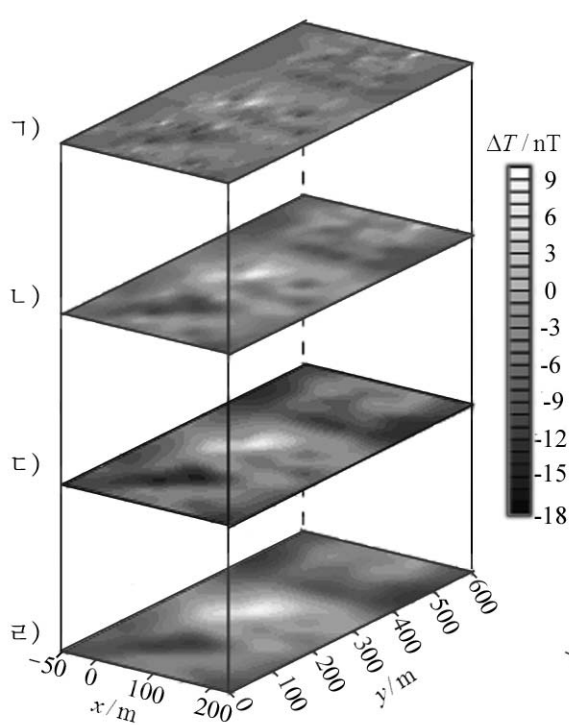


그림 1. 자기이상등값선도

가) 원시이상, 나) 2m 올림연장처리한 이상,  
다) 4m 올림연장처리한 이상, 라) 6m 올림연장처리한 이상

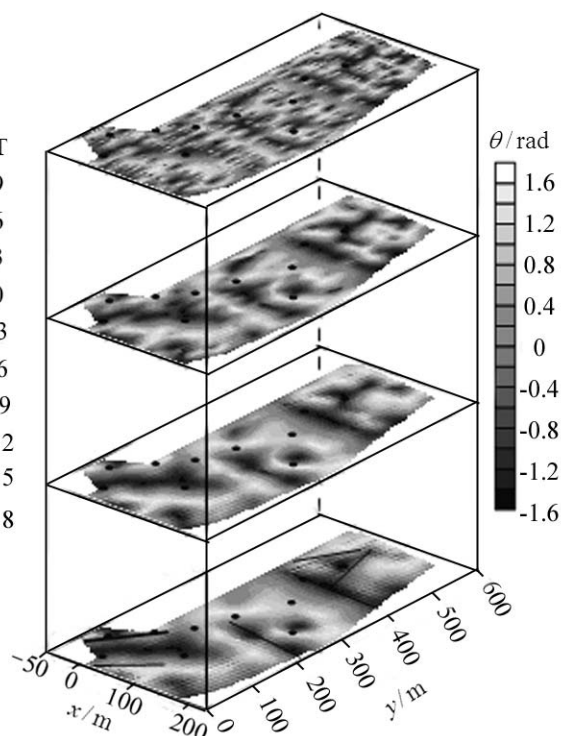


그림 2. 경사각등값선도

그림 2에서 검은색원은 갱정의 위치를 나타내며 검은색선은 시추를 통하여 확증한 단렬구조나 광맥을 나타낸다.

그림 1에서 보는바와 같이 자기이상등값선도들에서는 자성원천들의 경계를 명백히 알 수 없다. 그러나 그림 2에서 보면 올림연장높이가 높아짐에 따라 규모가 비교적 작은 자성원천들의 경계를 반영하는 정보는 없어지며 규모가 비교적 큰 자성원천들의 경계가 보다 명백히 반영된다. 그런데 경사각등값선도는 규모가 작거나 자기마당세기가 약한 자성원천의 경계부를 명백히 반영하지 못한다.

국부파수법과  $\theta$ 도법을 리용하여 자료처리를 진행하였다.(그림 3, 4)

그림 3에서 보는바와 같이 국부파수극대값은 자성원천의 경계를 나타내는데 올림연장높이가 높아짐에 따라 자성원천의 경계가 보다 명백해진다. 국부파수등값선도에는 자기마당세기가 약하거나 규모가 비교적 작은 자성원천들의 경계가 반영되지만 2계도함수들을 리용하므로 경사각등값선도에 비하여 복잡하다.

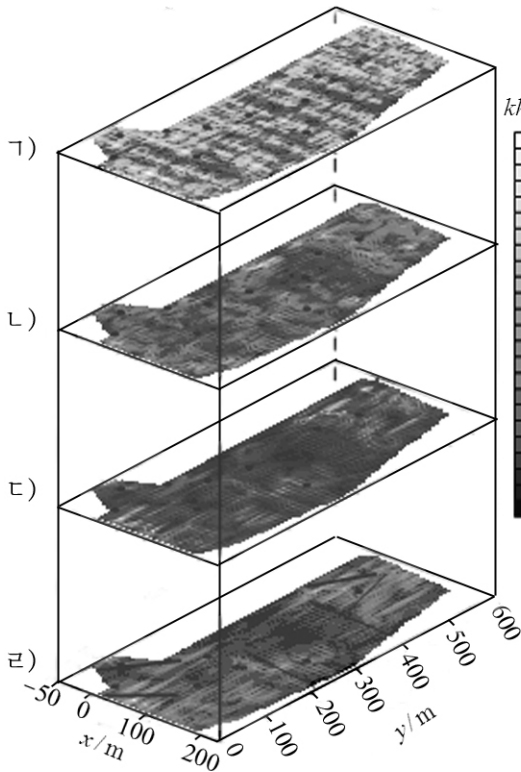


그림 3. 국부파수등값선도

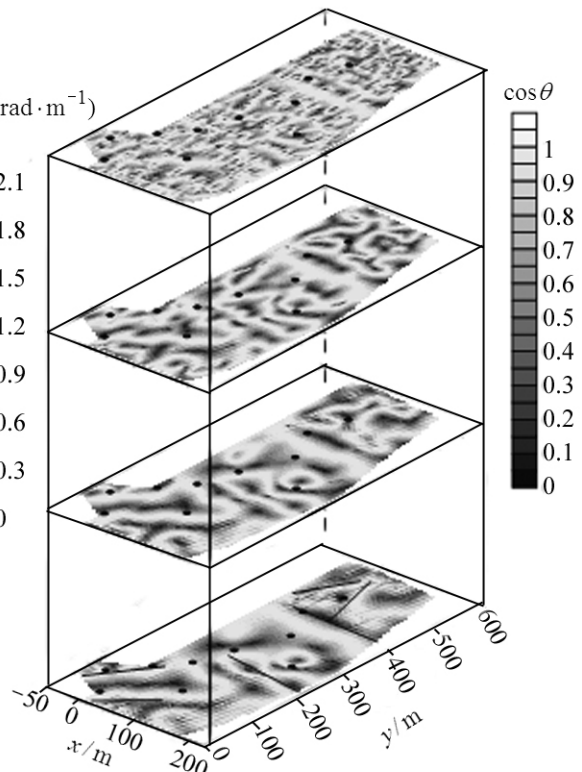


그림 4.  $\theta$  도

그림 4에서 보는바와 같이  $\cos \theta$  가 극대값을 가지는 곳은 자성원천의 경계이며 올림 연장높이가 높아짐에 따라 자성원천의 경계는 점차 명백해진다.

$\theta$  도법은 자기마당세기와 자성원천의 규모에 관계없이 자성원천의 경계를 모두 명백하게 식별할수 있다. 그리고  $\theta$  도법에서 식별한 경계는 상대적으로 비교적 좁으며 식별분해능이 높다.

우의 경계강조법들을 적용한 도면들에서 보는바와 같이 논문에서는 각이한 경계강조법들을 결합하여 연구지역에서 단렬구조 및 광맥의 이상정보를 강조시킴으로써 단렬구조와 광맥을 보다 정확하게 식별해낼수 있게 하였다.

## 맺 는 말

Tilt—depth법과 국부파수법,  $\theta$  도법과 같은 경계강조법들은 자기마당세기가 약하거나 규모가 비교적 작은 자성원천의 이상정보를 강조시킴으로써 자성원천의 경계들을 명백하게 해명할수 있게 한다.

각이한 높이에서 올림연장처리한 자기이상마당들을 리용하여 지표자성불균일성의 영향을 극복하고 단렬구조와 광맥의 발달특성을 명백히 해명할수 있다. 연장높이가 높아짐에 따라 각이한 경계강조법으로 식별한 단렬구조정보도 보다 명백해진다. 단렬구조에 대한 식별결과가 보여주는바와 같이  $\theta$  도법은 다른 경계강조법들에 비하여 각이한 농임깊이에 있는 자성원천의 경계를 식별하는 능력과 정확도가 높다.

## 참 고 문 헌

- [1] A. Salem et al.; Geophysics, 73, 1, L1, 2008.
- [2] H. Lei Zhang et al.; Geophysics, 79, 3, J43, 2014.
- [3] 魏永强 等; 物探与化探, 40, 1, 117, 2016.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

### **Application of the Edge Detection Methods for the Interpretation of Magnetic Prospecting Data on Gold Ore in “○” Region**

*Jon Kwang Chol, Jo Man Gil*

The edge detection methods such as Tilt-depth method, local wavenumber method and  $\theta$  map method make the edges of the magnetic sources be clearly clarified by enhancing the feeble magnetic anomaly or small magnetic source's anomaly.

Key words: magnetic anomaly, edge detection method, local wavenumber