

## 백두산천지 자기이상에 대한 연구

방현룡, 최광우

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《백두산은 우리 민족의 넋이 깃들어있고 우리 혁명의 뿌리가 내린 조종의 산, 혁명의 성산입니다.》(《김정일선집》 증보판 제2권 506페이지)

선행연구[2]에서는 백두산지구에서 채취한 암석들의 밀도, 자기감수률을 측정하고 확률통계적처리를 진행하여 이 일대 암석들의 물리적성질을 밝혔으며 선행연구[3]에서는 백두산의 천지중심점에서의 지열흐름량의 변화를 관측하여 화산분출징조를 예측할수 있다는것을 밝혔다. 그리고 선행연구[4]에서는 백두산 비루봉암석들의 형성년대와 조성을 평가하고 그것의 형성과정을 모의하였다. 그러나 아직까지 백두산천지의 자기마당측정자료를 해석하여 천지중심분화구에 분포된 자기이상체의 특성을 밝힌 연구결과는 알려진것이 없다.

우리는 백두산천지호안에서 진행한 자기마당면적조사자료를 해석하여 천지기반의 자기적특성을 밝혔다.

### 1. 오일레르법을 리용한 백두산천지의 자기마당특성평가

우리는 백두산천지호안에서 2012년 9월 7일 13~18시에 자기마당면적조사를 진행하였다. 이때 측정점사이간격은 47m, 측정선사이간격은 300m, 탐사선은 8개로 하여 측정점의 총수를 210개로 하였다. 그리고 백두산 제비봉과 락원봉의 중간지점에서부터 백암온천까지의 6번째 탐사선의 측정자료를 리용하여 자기마당특성을 평가하였다. 이 탐사선의 측정점의 수는 91개, 길이는 4 200m, 백두산천지수면의 해발높이는 2 190m이다.

점  $(x_0, y_0, z_0)$  에 자성원천이 놓여있을 때 그것이 만드는 자기마당  $f(x, y, z)$  의 오일레르방정식은 다음과 같이 표시된다.[5]

$$\frac{\partial f(x, y, z)}{\partial x}(x-x_0) + \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial y}(y-y_0) + \frac{\partial f(x, y, z)}{\partial z}(z-z_0) = -\eta f(x-x_0, y-y_0, z-z_0)$$

표. 자성체와 구조지수사이관계	
구조지수	자기이상체의 형태
0	접촉대
0~1	단층
1	얇은 맥상체
1~2	유한맥상체
2	원기둥 또는 판상체
2~3	통상체
3	구형체, 등장형이상체

여기서  $x, y, z$ 는 관측점의 자리표이며  $\eta$ 는 자기마당원천의 형태와 놓임깊이의 변화에 따르는 자기이상의 감쇠률로서 일명 구조지수라고 한다.

자기이상들은 고유한 구조지수(표)를 가지므로 그것을 정확히 추정하면 자성체의 형태를 판단할수 있다.

현실에서 많이 나타나는 자기이상들은 오일레르동차방정식을 만족시키는데 이 동차방정식을 최소두제곱법으로 풀면 자성체의 놓임위치와 형태를 결정할수 있다.[1]

오일레르법을 리용하여 측정자료를 해석한 결과 자성체의 수평위치는 탐사선상에서 약 1 920m이며 놓임깊이는 천지수면에서부터 약 1 000m정도이다.(그림 1)

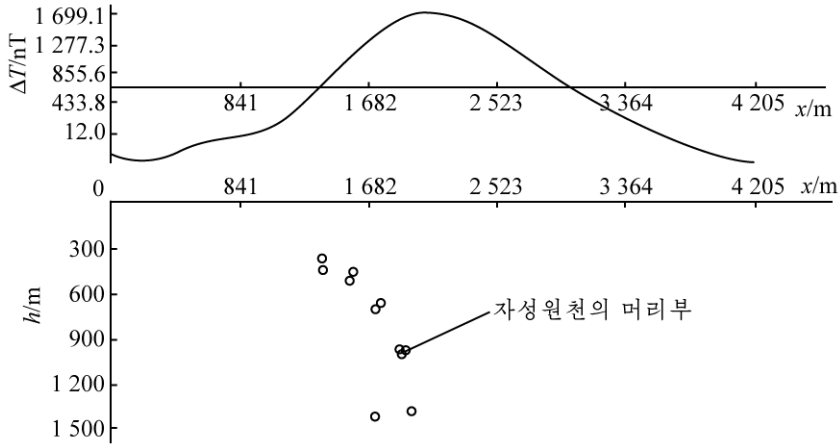


그림 1. 오일레르법에 의한 해석결과

오일레르법으로 계산한 자성체의 구조지수는 약 1.5로서 이것은 1(얇은 맥상체)과 2(두꺼운 판상체)사이이므로 백두산천지의 자기이상체는 일정한 두께를 가진 심부연장이 유한한 맥상체라고 볼수 있다.

## 2. 백두산천지 자기마당이상체의 형태

자화세기가  $M$ 인 유한한 수평각기둥체(2.5차원)가 임의의 점  $P(x, y, z)$ 에 만드는 자기이상은 다음과 같이 계산할수 있다.(그림 2)

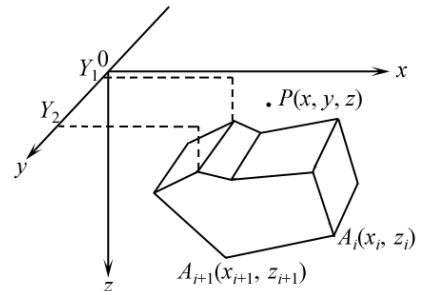


그림 2. 2.5차원자성원천의 자기마당계산

$$\Delta T(P) = H_{ax}(P) \cos I_0 \cos D_0 + H_{ay}(P) \cos I_0 \sin D_0 + Z_a(P) \sin I_0$$

여기서

$$H_{ax}(P) = -\sum_{i=1}^N \sin \phi_i (M_x I_{1i} + M_y I_{2i} + M_z I_{3i}),$$

$$H_{ay}(P) = -\sum_{i=1}^N [(M_x \sin \phi_i - M_z \cos \phi_i) I_{2i} - M_y (\sin \phi_i I_{1i} - \cos \phi_i I_{3i})],$$

$$Z_a(P) = \sum_{i=1}^N \cos \phi_i (M_x I_{1i} + M_y I_{2i} + M_z I_{3i}),$$

$$I_{1i} = P_{1i}(Y_2) - P_{1i}(Y_1), \quad I_{2i} = P_{2i}(Y_2) - P_{2i}(Y_1), \quad I_{3i} = P_{3i}(Y_2) - P_{3i}(Y_1),$$

$$P_{1i}(y) = \cos \phi_i \ln \frac{R_i + y}{R_{i+1} + y} - \sin \phi_i \left( \arctan \frac{u_{i+1}y}{w_i R_{i+1}} - \arctan \frac{u_i y}{w_i R_i} \right), \quad P_{2i}(y) = \ln \frac{u_i + R_i}{u_{i+1} + R_{i+1}},$$

$$P_{3i}(y) = \sin \phi_i \ln \frac{R_i + y}{R_{i+1} + y} + \cos \phi_i \left( \arctan \frac{u_{i+1}y}{w_i R_{i+1}} - \arctan \frac{u_i y}{w_i R_i} \right),$$

$$u_i = x_i \cos \phi_i + z_i \sin \phi_i, \quad u_{i+1} = x_{i+1} \cos \phi_i + z_{i+1} \sin \phi_i, \quad R_i = (x_i^2 + y^2 + z_i^2)^{1/2},$$

$$R_{i+1} = (x_{i+1}^2 + y^2 + z_{i+1}^2)^{1/2}, \quad \phi_i = \arctan \frac{z_{i+1} - z_i}{x_{i+1} - x_i}, \quad w_i = -x_i \sin \phi_i + z_{i+1} \cos \phi_i,$$

$$M_x = M \cos I \cos D, \quad M_y = M \cos I \sin D_0, \quad M_z = M \sin I$$

이다. 그리고  $H_{ax}(P)$ 와  $H_{ay}(P)$ 는 각각 자기마당세기의  $x, y$ 방향수평성분,  $Z_a(P)$ 는 자기마당세기의 수직성분,  $i$ 는 각기둥의 매 모서리점의 번호,  $N$ 은 각기둥의 모서리수,  $Y_1$ 과  $Y_2$ 는 임의의 모서리를 선택하였을 때 모서리 량끝점들의  $y$ 자리표,  $I_0$ 과  $D_0$ 은 지자기마당완전세기의 북각과 편각,  $I$ 와  $D$ 는 자성체의 자화세기방향의 경사각과 편각이다.

다각형자름면의 형태를 변경시키면서 이상곡선과 계산곡선이 일치되도록 거꿀문제풀이를 진행한 결과는 그림 3과 같다.

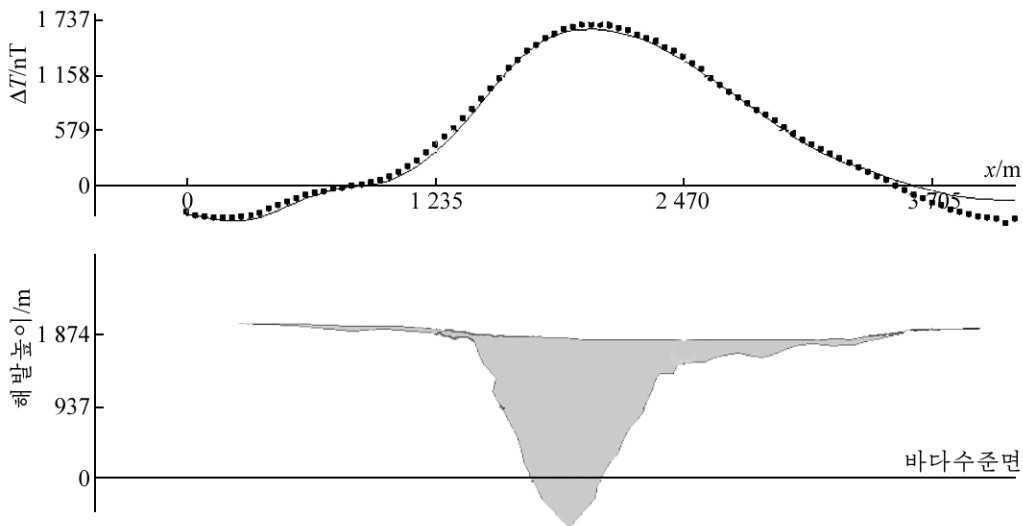


그림 3. 백두산천지자기마당이상체의 형태  
점선은 관측곡선, 실선은 해석곡선

그림 3에서 보는바와 같이 자기이상체는 자름면의 중심부로 가면서 아래로 연장되는 특성이 있다. 자기이상체의 상대자기감수률은  $1.43 \times 10^{-3} \text{SI}$ 이다.

현지에서 우리가 측정한데 의하면 현무암의 자기감수률은  $(1.36 \sim 3.63) \times 10^{-3} \text{SI}$ , 평균  $2.26 \times 10^{-3} \text{SI}$ 이며 조면암은  $(0.14 \sim 2.24) \times 10^{-3} \text{SI}$ , 평균  $0.83 \times 10^{-3} \text{SI}$ 이다. 이로부터 백두산천지의 중심분화구를 메우고있는 암석은 현무암과 조면암계열의 자성이 큰 암석이라는것을 알 수 있다.

## 맺 는 말

1) 백두산천지의 자기마당조사자료에 기초하여 오일레르법과 2.5차원자성체의 마당계산법으로 자기이상체의 놓임깊이와 형태를 결정하였다.

2) 백두산천지의 중심분화구를 메우고있는 암석은 현무암과 조면암계열의 자성이 큰 암석이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 8, 162, 주체101(2012).
- [2] 김영춘; 지질학통보, 1, 84, 1993.
- [3] 김종희; 지질학통보, 4, 26, 주체94(2005).
- [4] 장룡익; 지질학통보, 3, 7, 주체99(2010).
- [5] Herman Ugalde et al.; Geophysics, 75, L61, 2010.

주체104(2015)년 3월 5일 원고접수

## **Magnetic Anomaly in Lake Chon of Mt. Paektu**

*Pang Hyon Ryong, Choe Kwang U*

We examined the magnetic field area obtained in Lake Chon of Mt. Paektu and determined the depth and shape of the magnetic anomalous body by using Euler method and 2.5D magnetic field inversion.

The rock filling the central crater may be expected as the type of trachyte and basalt with magnetic.

Key words: Mt. Paektu, magnetic anomaly, euler method