

적도환산에 의한 지하유적유물의 자화방향결정방법

김일남, 전준명, 신대경

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우자면 발전된 과학기술을 받아들이는것과 함께 새로운 과학기술분야를 개척하고 그 성과를 인민경제에 적극 받아들여야 합니다.》
(《김정일선집》 증보판 제11권 138~139페이지)

론문에서는 지하유적유물의 고지자기년대를 결정하고 지자기마당조사에서 자기이상체의 위치와 크기를 보다 정확히 평가하기 위하여 적도환산에 의한 지하유적유물의 자화방향결정방법을 연구하였다.

1. 적도환산계산방법

적도환산(RTE)은 자성체의 자기이상을 지자기적도에서의 자기이상으로 변환하는것을 말한다.

적도환산은 극환산(RTP)[1]과 마찬가지로 자기이상과 자성체사이의 위치전이현상을 없애고 지하유적유물의 자화방향을 정확히 결정하는데 리용될수 있다.

주파수영역에서의 뽀송관계식으로부터 자기이상수직성분의 스펙트르는 다음과 같이 표시된다.[2]

$$\tilde{Z} = \frac{\mu_0}{(4\pi)^2} \frac{J}{G\sigma} \left[i(lu + mv) + n\sqrt{u^2 + v^2} \right] \sqrt{u^2 + v^2} \tilde{V} \quad (1)$$

여기서 μ_0 은 절대투자율, G 는 만유인력상수, σ 와 J 는 지하유적유물의 유효밀도와 자화세기, l, m, n 은 자기쌍극자의 자화방향코시누스값들, u, v 는 각각 x, y 방향의 각주파수, \tilde{V} 는 완전자기이상 T 의 스펙트르이다.

자화방향이 x 축과 평행인 경우에 자기이상수직성분의 스펙트르는

$$\tilde{Z}_x = \frac{\mu_0}{(4\pi)^2} \frac{J}{G\sigma} i l u \sqrt{u^2 + v^2} \tilde{V} = \frac{i l u}{i(lu + mv) + n\sqrt{u^2 + v^2}} \tilde{Z} \quad (2)$$

로 되며 자화방향이 y 축과 평행인 경우에는

$$\tilde{Z}_y = \frac{\mu_0}{(4\pi)^2} \frac{J}{G\sigma} i m v \sqrt{u^2 + v^2} \tilde{V} = \frac{i m v}{i(lu + mv) + n\sqrt{u^2 + v^2}} \tilde{Z} \quad (3)$$

로 된다.

식 (2)는 방향벡토르가 $\hat{m}' = (1, 0, 0)$ 인 경우의 적도환산 또는 x 방향에서의 적도환산이라고 하며 식 (3)은 방향벡토르가 $\hat{m}' = (0, 1, 0)$ 인 경우의 적도환산 또는 y 방향에서의 적도환산이라고 한다.

적도환산계산은 고속푸리에변환(FFT)으로 진행하는것이 편리하고 빠르다.

2. 적도환산에 의한 자화방향결정방법

자화방향결정방법

적도환산을 진행할 때 자화방향이 수평이면 유한영역에서 자기마당의 수직성분의 적분값은 0으로 되고 그렇지 않을 때에는 자기마당의 수직성분의 대칭성이 이지러진다. 이 성질을 리용하면 편각, 복각을 축으로 하는 자기마당의 2차원평면에서 자기마당분포가 대칭일 때의 자화방향을 결정할수 있다. 자화방향을 결정하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

ㄱ) 관측구역의 자기마당분포로부터 자기마당의 적분구간을 설정한다.

ㄴ) 관측구역의 자기마당분포로부터 얻은 편각과 복각의 범위에서 관측구역의 자기 이상스펙트르 \tilde{Z} 에 적도환산을 진행한다.

ㄷ) ㄴ)의 결과를 푸리에거꿀변환하여 ㄱ)에서 설정한 구간에서 적분한다.

ㄹ) 적분값이 최소로 되는 편각, 복각을 구한다.

이 원리는 임의의 형태의 자성체에도 그대로 적용가능하며 일반성을 잃지 않는다.

계산실험

우리는 적도환산에 의한 자화방향결정방법을 검증하기 위하여 다음과 같은 계산실험을 진행하였다. 계산실험을 위하여 관측구역은 $5\text{m} \times 5\text{m}$, 측정점간격은 0.1m , 자성체의 크기는 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$, 자성체의 깊이는 1.5m , 자화벡토르방향은 편각 45° , 복각 45° 로 설정하였다. 이때 관측구역에서 자기마당수직성분은 그림 1과 같다. 관측구역에서 자기마당의 적분구간은 x 방향(북남방향)에서 $1 \sim 4.5\text{m}$, y 방향(동서방향)에서 $0.5 \sim 4.0\text{m}$ 로 하였다.

그리고 편각을 $0 \sim 90^\circ$, 복각을 $20 \sim 90^\circ$ 의 범위에서 변화시키면서 방향벡토르가 $\hat{m}' = (1, 0, 0)$ 과 $\hat{m}' = (0, 1, 0)$ 인 두 방향에서 식 (2)와 (3)으로 적도환산을 진행한 후 이 영역안에서 자기마당의 적분값을 구하였다.(그림 2)

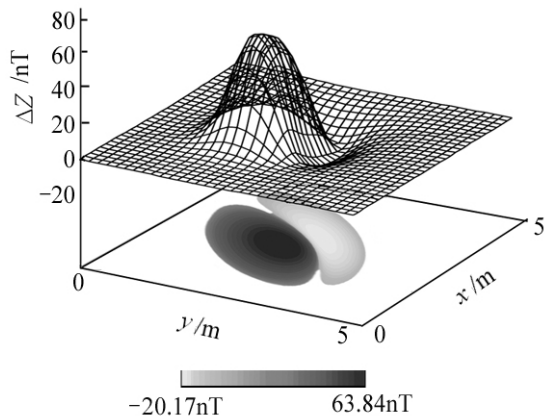


그림 1. 관측구역에서 자기마당수직성분

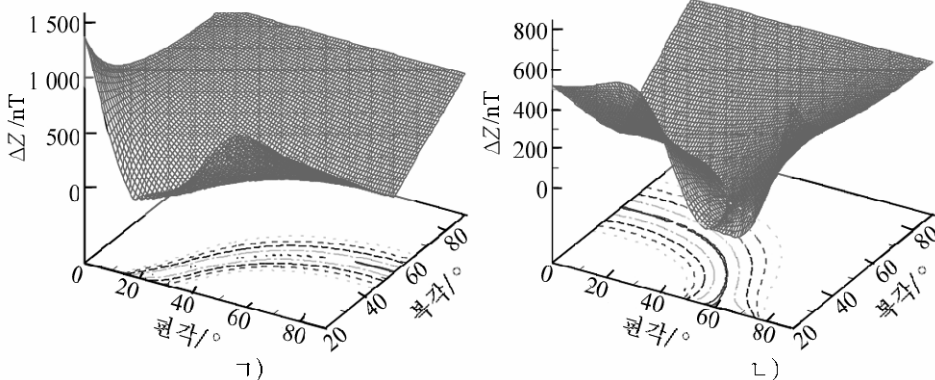


그림 2. 두 방향에서 적도환산을 진행한 후 얻어진 자기마당의 적분값

ㄱ) $(l, m, n) = (1, 0, 0)$, ㄴ) $(l, m, n) = (0, 1, 0)$

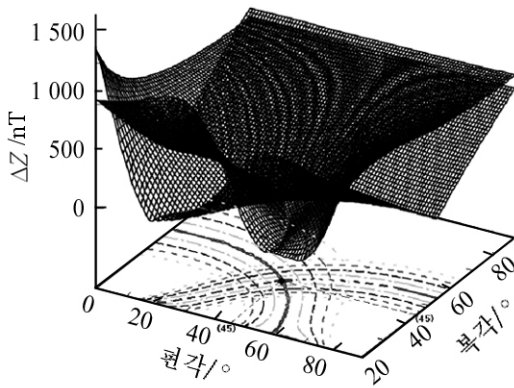


그림 3. 중첩시킨 자기마당의 적분값

그림 2에서 보는바와 같이 한 방향에서 적도환산을 리용하여 추정하면 자기마당의 적분값이 최소로 되는 자화방향이 일정하지 않다. 이로부터 두 방향에서 각각 적도환산을 진행한 자기마당의 적분값을 중첩시켜보았다.(그림 3)

중첩결과 그림 3에서 보는바와 같이 두 적분값이 최소로 되는 북각과 편각을 1개 결정할 수 있다. 즉 두 적분값이 최소로 되는 자성체의 자화방향은 편각 45°, 북각 45°로서 계산실험을 위해 설정한 값과 일치한다.

맺 는 글

적도환산에 의한 자화방향결정방법은 자기이상과 자성체사이의 위치전이를 없애고 지하유적유물의 자화방향을 정확히 결정할수 있게 하는 방법들중의 하나이다.

참 고 문 헌

- [1] 신태경, 전광철; 자력탐사학, 김일성종합대학출판사, 120~132, 주체106(2017).
- [2] Z. Xiaoni et al.; Journal of Applied Geophysics, 115, 100, 2015.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

The Determination Method of Magnetization Direction of the Site and Relic Under the Ground by the RTE

Kim Il Nam, Jon Jun Myong and Sin Thae Gyong

The determination method of magnetization direction by the RTE is one of the methods that remove the position transition between the magnetic anomaly and magnetic body and determine the magnetization direction of the site and relic under the ground correctly.

Key words: reduction to the equator, magnetization direction