

통리분지에 분포하는 백악기 퇴적암류에 대한 고지자기 및 암석자기 연구: 예비 결과

김상진¹⁾·도성재¹⁾·박용희¹⁾·김원년¹⁾

1. 서론

고지자기 연구는 암석에 기록되어 있는 과거 지질시대의 지구자기장 측정을 통하여 층서 및 지구조운동 해석 등의 연구에 유용한 학문으로 알려져 있다. 한반도 백악기 지층에 대한 고지자기 연구는 주로 경상분지를 중심으로 수행되어 왔으며, 다른 백악기 소분지들에 대한 연구는 상대적으로 그 자료수가 부족한 실정이다. 결과적으로 백악기 고지자기 자료를 바탕으로 한 지구조적인 해석 역시 한반도 전체라기 보다는 경상분지에 국한되는 경향이 있어, 백악기 동안 한반도 전체의 지구조적인 진화를 이해하기 위해서는 경상분지 이외 지역에서의 고지자기 자료가 필수적이다.

경상분지 북단(영양소분지)으로부터 북쪽으로 약 50 km 떨어진 곳에 위치한 통리분지의 경우 고지자기 연구가 수행된 바 있으나(원종관 외, 1994), 이들 연구에서는 분지를 구성하는 퇴적암류 중 적각리층에서 2개 시료, 홍전층에서 5개 시료만을 이용하여 고지자기 방향 및 극의 위치를 제시하였기 때문에 통리분지 전체를 대표하기에는 시료수가 매우 적다. 본 연구에서는 통리분지에 분포하는 백악기 지층 전반에 걸쳐 충분한 수의 시료들을 채취하였으며, 현재까지 측정된 일부 시료들에 대한 예비 결과를 도출하여 통리분지의 고지자기 방향 및 극의 위치를 예측하고, 잔여 시료에 대한 연구방향을 설정하고자 한다.

2. 연구방법

연구지역에서 휴대용 암석착암기와 brunton compass 및 sun compass를 이용하여 적각리층(적색층)에서 20개 지점, 홍전층(응회암질 퇴적암)에서 5개 지점, 화산암류에서 2개 지점 등 총 27개 지점에서 295개의 정향시료를 채취하였다. 야외에서 채취된 시료들은 실험실에서 지름 25 mm, 길이 22 mm의 원주형 시료로 제작되었다. 고지자기 실험은 외부 자기장이 차단된 비자장 공간(내부의 평균 자기장 < 50 nT)에서 수행되었다.

모든 시료에 대하여 자연잔류자화와 대자율을 측정 하였으며, 최적의 소자단계를 결정하기 위하여 각 지점별 2개의 대표시료를 선정 후, 교류소자와 열소자 실험을 수행하여 그 결과를 바탕으로 잔여시료에 대해서 최적의 소자방법 및 단계를 적용하였다. 열소자 실험은 ASC Scientific사의 열소자기를 이용하였으며, 교류소자 실험은 Molspin사의 교류소자기를 이용하였다. 각 소자단계별 잔류자화의 측정은 FINO AG사의 초전도 자력계를 이용하여 측정하였으며, 특히 열소자 실험 시 온도의 증가에 의해 발생할 수 있는 자성광물의 변화를 감지하기 위하여 Bartington사의 대자율 측정기를 이용하여 각 단계마다 대자율을 측정하였다. 고지자기 자료는 백터 다이어그램(Zijderveld, 1976)상에 나타나는 방향변화로부터 주성분분석법

주요어 : 고지자기, 통리분지, 백악기

1)고려대학교 지구환경과학과 (김상진: sjkim98@korea.ac.kr; 도성재: sjdoh@korea.ac.kr;
박용희: aegis@korea.ac.kr; 김원년: wnkim@korea.ac.kr)

(Kirschvink, 1980)을 이용하여 각 방향성분을 추출하였으며, 주성분 분석법 적용 시에는 일직선상에 나타나는 최소한 3점 혹은 그 이상의 점들을 이용하여 특성잔류자화 성분을 추출하였다. 본 예비 연구에서는 12개 지점(적각리층: 9개 지점, 홍전층: 3개 지점)의 132개 시료에 대한 고지자기 측정 결과를 바탕으로 Fisher통계를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 토의

자연잔류자화의 세기는 적각리층의 경우에는 13.7-46.5 mA/m로, 홍전층의 경우에는 29.4-2869.4 mA/m로 나타났다. 각 지층별 대표적인 교류소자 및 열소자 실험 결과는 그림 1에 나타내었다. 홍전층의 경우 교류자기장에 의해 효과적으로 소자가 이루어진 반면(그림 1a), 적각리층의 경우, 열소자 방법이 특성잔류자화 성분을 추출하는데 매우 효과적이었다(그림 1b). 점성잔류자화 성분은 교류소자의 경우 5-10 mT의 초기 소자단계에서, 열소자의 경우 300°C 이하에서 제거되었으며, 특성잔류자화 성분은 대부분의 시료에서 15 mT 혹은 520°C 이상에서 추출할 수 있었다.

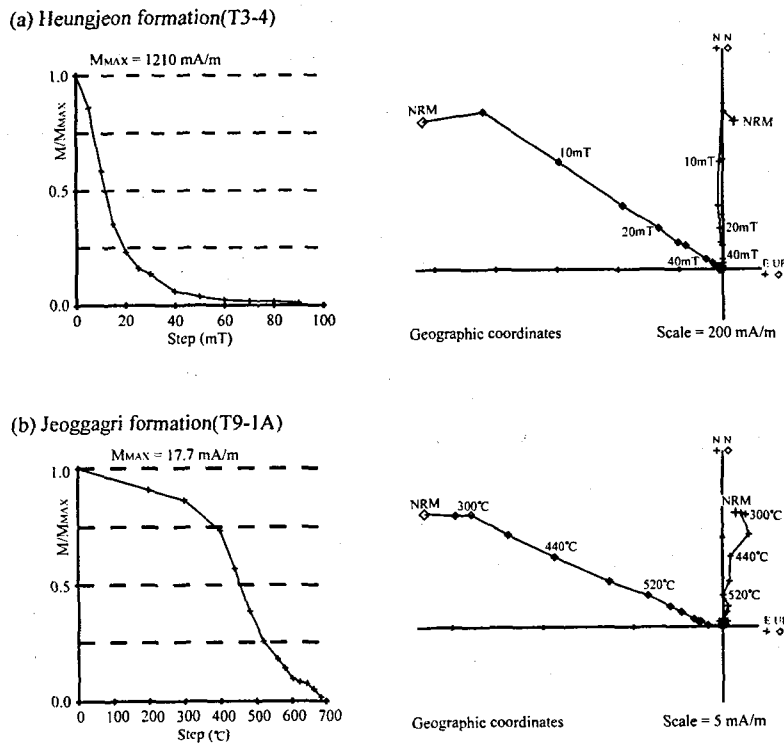


Fig 1. Typical AF (a) and thermal (b) demagnetization results of samples from the Tongri basin.

통리분지에 분포하는 백악기 암석의 평균 고지자기 방향은 적각리층의 경우 지층경사 보정전 $D/I=352.2^\circ/60.4^\circ$ ($k_1=219.6$, $\alpha_{95}=3.5^\circ$), 지층경사 보정후 $D/I=8^\circ/44.6^\circ$ ($k_2=63.1$, $\alpha_{95}=6.5^\circ$)이며, 홍전층은 지층경사 보정전 $D/I=358.1^\circ/52.1^\circ$ ($k_1=129.8$, $\alpha_{95}=10.9^\circ$), 지층경사 보정후 $D/I=31.3^\circ/42.2^\circ$ ($k_2=56.4$, $\alpha_{95}=16.6^\circ$)이다. 두 층 모두 지층경사보정 후의 정확도 상수(k)가 지층경사 보정전에 비해 크게 감소하였으며(그림 2a와b), 습곡시험(McElhinny, 1964)을 95%

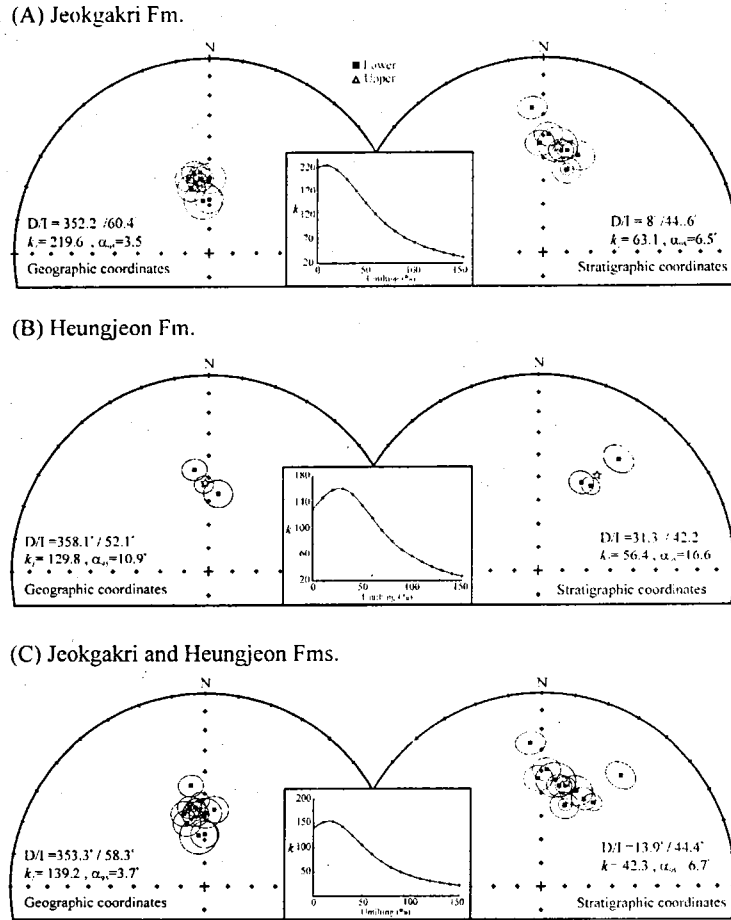


Fig 2. Equal area projections of site mean directions with 95% confidence limits in geographic and stratigraphic coordinates (☆: mean direction), respectively. Plots of Fisher's precision parameter (k) versus percent untilting are also presented

신뢰도 구간에서 통과하지 못하였다(적각리층: $k_2/k_1=0.28$, 흥전층: $k_2/k_1=0.43$). 또한 특성 잔류자화 성분의 단계별 습곡시험(Watson and Enkin, 1993)결과, 적각리층이 10% untilting에서(그림 2a), 흥전층의 경우 30% untilting에서(그림 2b) 최대 정확도 상수가 나타났다. 이러한 결과는 연구지역에서 추출된 특성잔류자화 성분이 지층 경사 이전에 획득된 것이 아니고 지층경사 도중 또는 이후에 획득된 재자화 성분일 가능성을 지시한다. 적각리층과 흥전층에 기록된 특성잔류자화 성분의 방향이 통계학적으로 서로 다르지 않으므로, 두 층을 구분하지 않고 연구지역의 전체 노두별 평균 고지자기 방향을 이용하여 단계별 습곡시험을 실시하였다(그림 2c). 그 결과 20% untilting에서 최대 정확도 상수를 보였고, 이때의 고지자기방향으로부터 계산한 고지자기극의 위치는 Lat./Long.=89.2°N/3.2°E ($dp/dm = 3.6^\circ/5.0^\circ$)이다. 연구지역의 암석이 기록하고 있는 특성잔류자화 성분의 획득시기를 규명하기 위하여 기 보고된 후기 백악기 이후의 한반도 고지자기극들과 비교하였다(그림 3). 그 결과, 기 보고된 후기 백악기 고지자기극과는 통계적으로 다르게 나타나고, 제3기와 제4기의 고지자기극들과 근접하였다. 이러한 결과는 통리지역에 분포하는 백악기 암석의 경우 후기 백악기 이후 제3기 또는 제4기 동안에 재자화 성분을 획득하였을 가능성을 지시한다. 그러나 제4기 동안에는 연구지역을 재자화 시킬만한 조산운동이나 화성활동이 보고된 바 없다. 한편, 본 연구 지역에

서는 화산암류가 넓게 분포하고 있으며 분출 시기는 69Ma-49Ma로 보고된 바 있다(신성천과 진명식, 1995). 따라서 연구지역에 분포하는 퇴적암류에 기록된 재자화 현상은 백악기 끝날 무렵부터 제3기초의 시기동안 화산암류의 분출과정에 발생한 열점성잔류자화 또는 화학잔류자화 획득에 기인한 것으로 추정된다.

본 예비 연구 결과에서는 통리분지에 분포하는 백악기 퇴적암류의 특성잔류자화 성분이 재자화 성분으로 나타났기 때문에 퇴적당시의 지구 자기장에 대한 정보를 제공할 수 없었으나, 반면에 재자화작용은 지층이 퇴적된 이후에 겪은 여러 가지 지질학적인 사건들, 예를 들어 조산운동, 화성활동, 광화작용 등과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 재자화작용을 받은 시기와 재자화 메커니즘을 규명하는 것이 연구 지역의 지구조사를 밝히는데 중요한 정보를 제공할 수 있다. 보다 정확한 재자화 시기 및 재자화 메커니즘에 대한 토의는 향후 간여시료 및 다양한 암석자기 실험, 전자현미경 관찰, X선회절분석 등의 추가적인 연구를 통하여 이루어질 것이다.

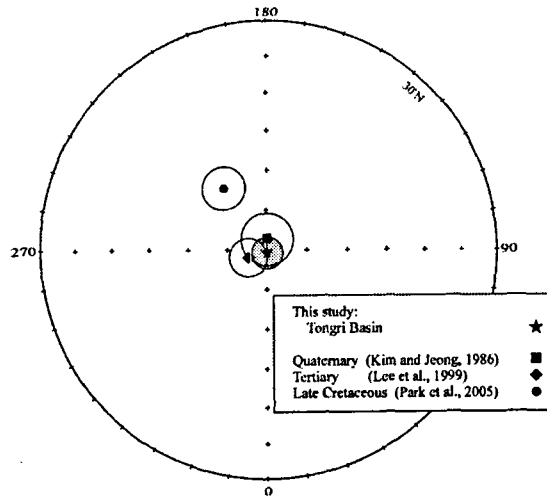


Fig. 3. Comparison of the paleomagnetic pole from the study area with Korean paleopoles for the Late Cretaceous, the Tertiary, and the Quaternary.

4. 참고문헌

- 원종관, 이문원, 노진환, 이해경, 1994, 통리분지에서의 백악기 화산활동. *지질학회지* 30, 542-562
- 신성천, 진명식, 1995, 한국 화산암 동위원소연대 지도, 한국자원연구소
- Kirschvink, J.L., 1980, The least square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophy. J. R. Astr. Soc.*, 62, 699-718.
- McElhinny, M.W., 1964, Statistical significance of the fold test in paleomagnetism. *Geophy. J. R. Astr. Soc.*, 8, 338-340.
- Waston, G.S. and Enkin, R.J., 1993, The fold test in paleomagnetism as a parameter estimation problem. *Geophy. Res. Lett.*, 20, 2,135-2,137.
- Zijderveld, J.D.A., 1967, AC demagnetization of rock: Analysis of results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M. and Runcorn, S.K. (eds.), *Methods in Paleomagnetism*. Elsevier, Amsterdam, 254-286.