

함평분지에 분포하는 백악기 화산암에 대한 고지자기 연구

고지은¹⁾ · 홍준표¹⁾ · 석동우¹⁾ · 도성재²⁾

1. 서론

경상분지 내의 소분지(밀양, 의성, 영양소분지)에 분포하는 퇴적암의 특성잔류자화 방향과 고지자기 극의 위치는 한반도 백악기의 대표 값을 나타내나, 후기 백악기 화산암인 유천층군에서는 몇 개의 특성잔류자화 방향이 보고됨으로써 일치된 대표 값이 결정되지 않고 있다. 또한 음성분지와 해남분지에 분포하는 경상분지의 유천층군에 대비되는 화산암에서는 경상분지 화산암과 일치하지 않는 특성잔류자화 방향과 고지자기 극의 위치가 보고되고 있다. 경상분지 내외에 분포하는 고지자기방향을 결정하는데 문제가 있는 후기 백악기 화산암에 대한 고지자기 연구 결과는 화산암 형성 당시의 지구자기장의 방향 변화를 기록한 것이거나, 화산암 정체 시 수반되는 국지적 변동에 의한 것으로 추정할 수 있다.

본 연구는 아직 연구되지 않은 백악기 퇴적분지 중 전라남도 함평분지와 충청남도 부여분지 백악기 암석에 대한 특성잔류자화 연구의 일부로서, 후기 백악기 화산암의 특성잔류자화 방향의 특성을 밝히기 위한 접근 방법으로 함평분지에 분포하는 백악기 화산암에 대해 고지자기 연구를 수행하여 경상분지에서 정립된 한반도 백악기의 고지자기 결과와 비교하였다.

2. 연구방법

특성잔류자화 방향 연구를 위하여 전남 함평분지에 분포하는 안산암 및 안산암질 응회암 26개 시료 채취지점에서 246개의 정향시료를 채취하였으며, 이들 정향시료로 부터 직경 및 길이가 각각 2.5 x 2.2cm인 487개의 시료를 준비하여 227개에 대하여 특성잔류자화 방향을 측정하였다. 모든 시료들에 대하여 자연잔류자화(natural remanent magnetization: NRM) 방향을 측정하고, 대표시료(pilot sample)의 소자양상을 근거로 나머지 시료들에 대한 최적의 소자 방법을 결정하였다. 열소자는 Magnetic Measurement사의 Model MMTD-80 열소자기를 사용하였고, 자화방향 측정은 FINO AG사의 SQUID-based spinner magnetometer 및 Molspin사의 spinner magnetometer를 사용하였다. 열소자는 300℃까지는 100℃ 단계, 500℃까지는 50℃ 단계, 700℃까지는 10~20℃ 단계로 각 시료의 잔류자화를 기록하는 자성광물의 큐리온도(Curie Temperature)까지 수행하였다. 고지자기 자료처리는 직교소자도(Zijderveld, 1967)상에 나타나는 방향 변화로부터 주성분 분석법(Kirschvink, 1980)을 이용하여 각 방향성분을 추출하였으며, 주성분 분석법 적용 시에는 일직선상에 나타나는 최소한 3점 이상의 점들과 원점을 이용하는 Anchored Line Fit Method를 적용하였

주요어 : 함평분지, 백악기 화산암, 후기 백악기

1) 한양대학교 해양환경과학과 (dwsuk@hanyang.ac.kr)

2) 고려대학교 지구환경과학과

다. 또한 같은 시료에 두 개의 방향성분이 존재하나 주성분 분석법으로 분리가 어려운 경우에는 두 방향을 포함하는 대원에 대해 한정구획법을 이용하여 방향을 결정하였다. 각 암석 시료로부터 추출된 특성잔류자화 방향에 대하여 Fisher의 구면통계법 (Fisher, 1953)을 이용하여 노두별 평균값을 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

함평분지에 분포하는 백악기 화산암의 자연잔류자화 강도는 수~수천 mA/m로서 다양한 값을 보이며, 평균 자연잔류자화 방향은 $D/I=19.2^\circ/66.6^\circ$ ($k=4.4$, $\alpha_{95}=5.7^\circ$)로써 현생지구자기장의 방향과는 다르게 나타난다. 일부 시료는 자화강도가 약하여 저온의 소자단계에서 방향이 불규칙해짐으로써 특성잔류자화 방향의 결정이 불가능하였으며, 시료 채취지점 21의 경우에는 시료 내의 자화강도가 원점을 향해 감소하는 경향을 보이거나 각각의 시료가 나타내는 방향이 시료 채취지점의 평균을 산출하지 못할 정도의 산발된 자화 방향을 보임으로써 특성잔류자화 방향 결정을 못하였다. 227개의 측정된 시료 중 151개의 시료들은 각 시료 채취지점의 평균방향을 계산하는데 사용되었으며, 26개 시료 채취지점 중 19개의 시료 채취지점에서는 정자극 방향이, 11개의 시료 채취지점에서는 역자극 방향이, 그리고 6개의 시료 채취지점에서는 정자극/역자극 방향이 함께 추출되었다. 일반적으로 정자극 방향은 $400^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ 범위에서, 역자극 방향은 $600^\circ\text{C}\sim 690^\circ\text{C}$ 범위에서 분리되는 양상을 나타내고 있다.

함평분지에 분포하는 백악기 화산암의 평균 특성잔류자화 방향은 Table 1에 정리하였다. 지층경사 보정을 위한 층리면의 확인이 야외에서 불가능하였으므로 특성잔류자화 방향은 경사보정을 하지 않은 값을 사용하였다. 정자극 방향을 나타내는 19개의 시료 채취지점 중 13개 지점에서 추출된 평균방향은 $D/I=25.8^\circ/55.8^\circ$ ($k=27.7$, $\alpha_{95}=8.0^\circ$)이며, 역자극 방향을 나타내는 11개 시료 채취지점 중 9개 지점의 평균 특성잔류자화 방향은 $D/I=150.0^\circ/-61.9^\circ$ ($k=13.3$, $\alpha_{95}=14.6^\circ$)로 계산되었다. 또한 시료 채취지점 13번의 경우에는 두 방향을 포함하는 대원에 대해 한정구획법을 이용하여 방향을 결정할 수 있었으며 평균 방향은 $D/I=221.9^\circ/-41.8^\circ$ ($k=229.2$, $\alpha_{95}=3.9^\circ$)로 계산되었으며 이는 주성분 분석법에 의해 결정된 역자극 방향과는 다르게 나타났다. 상기 세 개의 방향으로 부터 계산한 고지자기극의 위치는 정자극의 경우는 $\text{Long./Lat.}=201.6^\circ\text{E}/70.1^\circ\text{N}$ ($K=17.0$, $A_{95}=10.3^\circ$)이며, 주성분 분석법에 의해 결정된 역자극 방향에 대해서는 $\text{Long./Lat.}=251.3^\circ\text{E}/65.5^\circ\text{S}$ ($K=7.1$, $A_{95}=20.7^\circ$)로, 한정구획법으로 결정된 역자극 방향의 경우는 $\text{Long./Lat.}=41.9^\circ\text{E}/52.5^\circ\text{S}$ ($dp=4.8^\circ$, $dm=2.9^\circ$)이며 이들 고지자기 극의 위치는 Figure 1에 도시하였다.

13개 지점에서 구해진 정자극 방향은 통계적으로 인정할 만한 것으로 판단되므로 함평분지의 대표적인 방향으로 간주하였다. 반면에 9개 지점에서 주성분 분석법에 의해 결정된 역자극 방향의 신뢰도는 낮고 분산도는 크게 나타나며, 한정구획법을 이용해 결정한 역자극 방향의 통계치는 양호하나 한 개의 지점에만 국한되며, 또한 두 개의 역자극 방향은 모두 정자극 방향과는 정반대(antipodal)의 방향을 나타내지는 않고 있다. 그러나 이 세 방향으로 부터 계산된 고지자기 극은 한 개의 대원 상에 분포하며, 많은 개수의 암석시료에서 역자극 방향의 존재가 확인된 것이므로 백악기 화산암 형성 당시 암석에 기록된 지구자기장의 역전으로 해석하였다.

Table 1. Paleomagnetic results of the Cretaceous volcanic rocks in the Hampyeong basin revealing normal and reversed directions.

Site	N/No	Geographic coordinates				VGP			
		D (°)	I (°)	k	α_{95} (°)	Long.	Lat.	K (dp)	A_{95} (dm)
Normal Mean	13 Sites	25.8	55.8	27.7	8.0	201.6	70.1	K=17.0	$A_{95}=10.3^\circ$
Reversal Mean	9 sites	150.0	-61.9	13.3	14.6	251.3	-65.5	K=7.1	$A_{95}=20.7^\circ$
03 Great circles	9/9	221.9	-41.8	229.2	3.9	41.9	-52.5	(4.8)	(2.9)

N(No): number of specimens averaged (measured); *: site not included in mean calculation; D and I: declination and inclination in geographic coordinates; k: Fisherian precision parameter; α_{95} : radius of cone of 95% confidence interval; dp: the semi axis of the confidence ellipse along the great-circle path from site to pole; dm: the semi axis of the confidence ellipse perpendicular to that great-circle path.

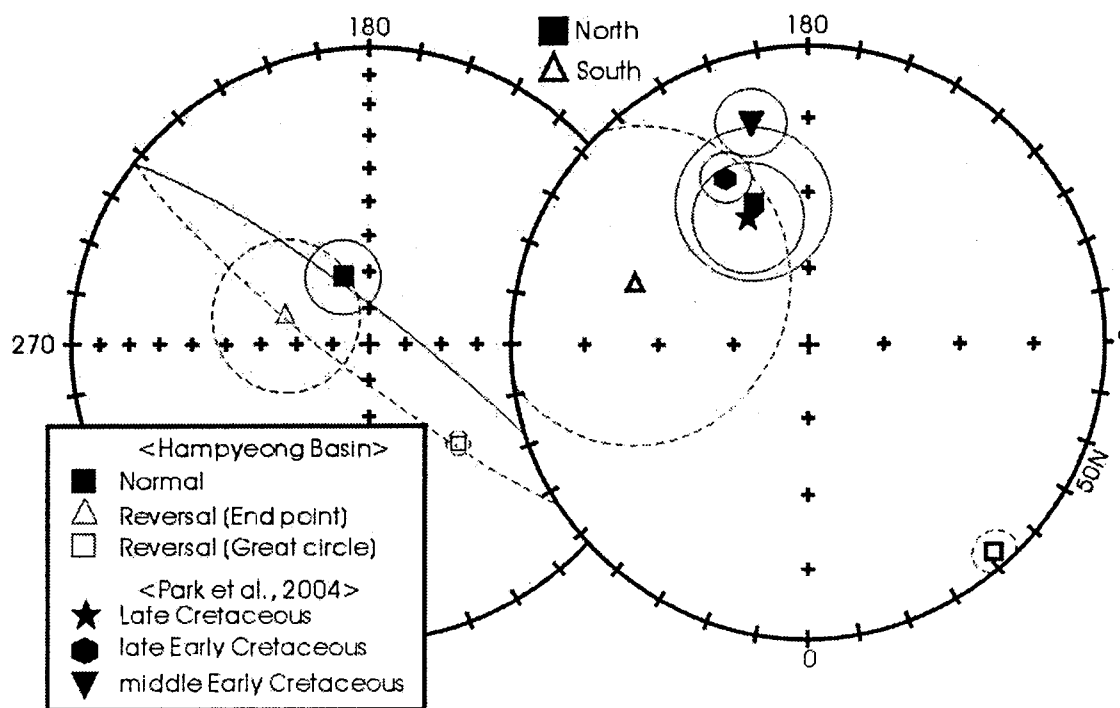


Fig. 1. Comparison of paleomagnetic pole positions of this study with those of the Cretaceous period of the Korean Peninsula (Park et al., 2004).

함평분지 백악기 화산암에서 계산된 고지자기 극의 위치를 한반도의 대표적인 백악기 극의 위치(Park et al., 2004)와 비교하였다(Fig. 1). 함평분지 화산암의 극의 위치는 한반도 후기 백악기(Late Cretaceous) 극의 위치와 통계적으로 같으며 전기 백악기(middle/late Early Cretaceous)와는 차이를 나타냄으로 함평분지 화산암의 형성 시기를 후기 백악기로 해석하였다. 그러나 함평분지 화산암의 고지자기 극의 위치는 의성분지, 공주분지, 능주분지에 분포하는 후기 백악기 화산암의 극의 위치와는 상이하게 나타나고 있으므로 본 연구의 측정 결과에 대한 세심한 재해석과 함께 각 분지의 지구조적 특성과 연계한 체계적인 고찰이 필요한 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- Fisher, R.A. (1953) Dispersion on a sphere, Proc. R. Soc. Lond., v. A217, p.295-305.
- Kirschvink, J.I. (1980) The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data, Geophys. J.R. astr. Soc., v. 62, p.699-718.
- Park, Y.H., Doh, S.J., Ryu, I.C., and Suk, D. (2004) A synthesis of Cretaceous palaeomagnetic data from South Korea: tectonic implications in East Asia, Geophys. J. Int., in press.
- Zijderveld, J.D.A. (1967) A.C. Demagnetization of rocks: Analysis of results, in Collinson, D.W., Creer, K.M., and Runcorn, S.K. (eds), Methods in Paleomagnetism, Elsevier, Amsterdam, P.254-286.