

단양지역에 분포하는 동고층에 대한 고지자기 연구

도성재* · 박용희* · 김지연*

A Paleomagnetic Study of the Tonggo Formation in Tanyang Area

Seong-Jae Doh*, Yong-Hee Park* and Ji-Youn Kim*

ABSTRACT : Paleomagnetic data have been obtained from the Lower Triassic Tonggo Formation which is exposed in Tanyang area comprising the Pyeongan Supergroup in eastern Korea. Mean characteristic direction of the Tonggo Formation is declination/inclination=121.4°/-26.4° ($k=52.7$, $\alpha_{95}=7.2^\circ$, $N=9$ Sites) and paleopole at longitude/latitude=30.7°E/33.3° N ($dp/dm=4.2^\circ/7.8^\circ$). The mean direction passes reversal test and fold test at 99% confidence level. Therefore, it is inferred to be a pre-folding component. The paleopole position of this study is close to the Triassic pole positions of the North China Block; it is far from those of the South China Block. Therefore, a first order correlation between the Korean Peninsula and North China at least since Lower Triassic times is identified in this study.

서 언

고지자기 연구는 지층에 기록되어 있는 과거 지질시대의 지구자기장 측정을 통하여 대륙 혹은 지괴들의 상대적 이동을 통한 지구조적인 해석, 지층의 시간층서 등과 같은 연구에 널리 응용되고 있다. 유라시아는 여러 지괴들이 모여 이루어진 대륙으로 고지자기 연구를 통하여 고생대 및 중생대에 일어난 여러 지괴들의 상대적 이동에 대한 연구가 많이 수행되고 있다 (예, Enkin *et al.*, 1992). 유라시아의 동북부에 위치한 한반도는 동아시아의 지체구조학적 관점에서 그의 위치에 대하여 이론이 많다. 예를 들면, 한반도가 현재 지역적으로 근접한 북중국지괴에 속한다고 알려져 왔으나, 최근에는 경기육괴가 남중국에 속한다는 의견 (Yin, Nie, 1993; Lee *et al.*, 1997), 옥천대를 중심으로 북부는 남중국 지괴, 남부는 북중국지괴에 속한다는 견해 (Cruzet, Cadet, 1992), 옥천대 남부의 영남육괴가 북중국 지괴에 속한다는 의견 (도성재, 1993), 혹은 독립된 개별지괴일 가능성 (Enkin *et al.*, 1992) 등이 있다. 이러한 지체구조학적 위치에 대한 명확한 해답을 얻기 위하여는 지괴운동에 대한 자료를 제공하여 주는

고지자기 연구가 필수적이다.

한반도의 고지자기 연구는 주로 지질학적으로 최근인 신생대에서 중생대말에 해당하는 시기의 암석을 대상으로 수행하였기 때문에, 유라시아 대륙의 지괴운동이 활발히 일어난 중생대 초 및 그 이전에 대한 고지자기 자료가 필요하다. 한반도의 중생대 초 및 그 이전에 대한 고지자기 연구는 몇 학자들에 의하여 수행되었으나 (김광호, 정봉일, 1986; Shibuya *et al.*, 1988; Otofujii *et al.*, 1989; 김인수, 1989; 김광호 등, 1990; Kim, Van der Voo, 1990; Doh, Piper, 1994; Lee *et al.*, 1996) 이들 연구 중에는 고지자기 성분 추출에 실패하였거나 오랜 지질시대를 대표하기에는 시료수가 부족하여, 보다 신빙성이 있는 한반도의 지체구조학상 위치확립을 위하여는 보다 많은 고지자기 자료가 필요하다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 단양지역에 분포하는 평안누층군 중 동고층을 대상으로 고지자기 연구를 수행하여, 이 시대 고지자기 극의 위치를 확립하고 연구지역의 동아시아 대륙에서 지체구조학상 위치에 대한 자료를 제공하고자 한다.

지질개요

평안누층군은 에너지자원으로서 큰 비중을 차지하는 무연탄을 협재하고 많은 화석을 함유하고 있어서 한국의 지질계통중에서도 가장 잘 조사 연구된 지층이다. 평안누

* 고려대학교 지구환경과학과 (Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 136-701, Korea)

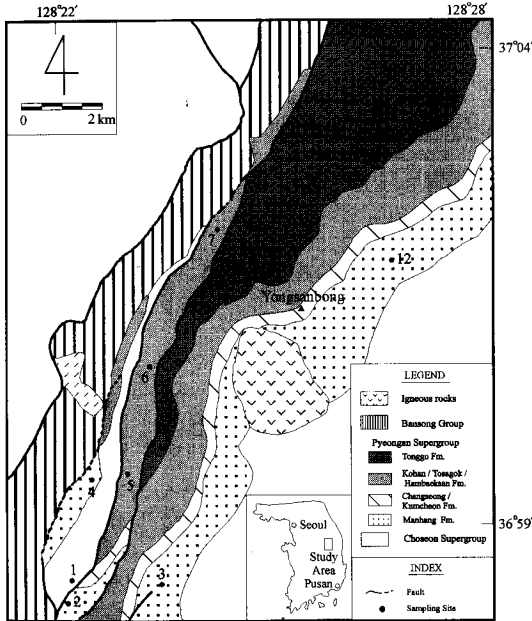


Fig. 1. Geologic map of the Tanyang area showing the locations of the paleomagnetic sampling sites (after Geological Investigation Corps of Taebaeksan Region, 1962).

층군은 암상에 따라 홍점통, 사동통, 고방산통과 녹암통, 즉 4통으로 구분되어 시간층서 단위인 통으로 쓰여져 왔으나 실제로는 암층서의 단위의 의미로 근래까지 사용되어 왔다. 암층서의 단위로 삼척탄전에서는 홍점통을 만항층과 금천층으로, 사동통을 장성층으로, 고방산통을 함백산층, 도사곡층, 고한층으로, 녹암통을 동고층으로 현재 많이 사용하고 있다 (Cheong, 1969) (Fig. 1, Table 1). 단양지역에 분포하는 평안누층군은 퇴적시기가 고생대 말에서 중생대 초기에 이르기까지 지속적으로 퇴적되었다 (원종관 등, 1989).

만항층

단양지역의 만항층은 N30°E의 방향으로 본 조사구역에서 약 40 km이상의 길이로 북동에서 남서방향으로 분포하며, 지질도폭상에서 폭은 0.5~1.5 km이다. 적색세일과 회색사암으로 구성되어 있으며, 백색사암과 녹회색 및 암회색 세일과 백색에서 밝은 회색의 석회암도 협재한다. 층후는 200~500 m로 비교적 두꺼우며, 기저부에는 얇은 기저역암과 함께 사암이 나타난다. 보통 만항층의 상부와 하부에 각각 2~3매씩의 석회암이 협재된다. 이들 석회암 중에는 Moscovian을 지시하는 푸즐리나 화석군집이 포함되어 있다 (정창희, 1971).

Table 1. Stratigraphic classification of the Tanyang area.

Age	Formation Name	No. of Site	No. of Sample
Triassic	Tonggo Formation	9	168
Permian	Kohan Formation	3	34
	Tosagok Formation		
	Hambaeksan Formation		
	Changseong Formation		
Carboniferous	Kumcheon Formation	4	72
	Manhang Formation		

금천층

금천층은 폭이 약 200 m로 본 조사구역에서 길이 40 km에 걸쳐서 분포하며, 만항층의 서쪽에 위치한다. 회색이나 암회색의 중립 및 세립질 사암, 암회색 세일, 2~3매의 회색 및 암회색 석회암층으로 구성되어 있다. 규암이 기저부를 이루고 암회색 세일이 상층을 이룬다. 금천층은 장성층에 없는 회색 석회암층으로 구분된다. 층후는 평균 60 m이다.

장성층

금천층의 서쪽에 분포하는 장성층은 주로 세립질의 암회색 사암과 세일로 구성되어 있다. 세일내에 2~3개의 무연탄층이 발견된다. 층후는 130 m이다.

함백산층

함백산층은 장성층 서쪽에 400~800 m의 폭으로 대상으로 분포되어 있다. 대부분 원래 담색의 사암으로 이루어진 층이나, 후에 규화작용이 진전되어 지금은 규암으로 변하여 있다. 규암층은 풍화작용에 강하므로 능선부에 분포되어 있으며 산맥을 이룬다. 규암층내에 흑색 세일이 간혹 협재하기도 한다. 함백산층 기저에는 40 m내의 되는 곳에 석탄층이 발달되는 일이 있으며, 층후는 100~300 m이다.

도사곡층

도사곡층은 함백산층 서쪽에 접하여 분포되어 있으며, 담녹색을 띠는 조립사암을 주로하고 회색의 중립사암을 협재한다. 사평리 부근에서는 단층간격이 좁은 편으로 함백산층과 접하여 나타나 있으며, 층후는 300 m내외이다.

고한층

고한층은 사평리 남쪽 약 3 km에서 영춘 북서쪽 약 3 km부근까지 도사곡층의 서쪽에 접하여 분포되어 있다. 또한 사평리 동쪽 1.5 km를 지나는 단층 서쪽에 분포된 도사곡층에 서접하여 약 5 km에 걸쳐 분포된다. 흑색 셰일, 암회색 조립사암, 담록색 중립사암으로 구성되어 있으며, 층후는 약 200 m내외이다.

동고층

동고층은 단양탄전의 중부에 분포되어 있으며 주로 담록색, 담청색, 암회색등의 조립사암으로 구성되어 있고, 그 중 적색실트질 사암 또는 적색셰일의 얇은 층이 협재한다. 곳에 따라서는 적색셰일의 불규칙한 조각이 함유된 부분이 있다. 적색암층은 연속성이 불량하며 곳에 따라서는 여러 장의 적색층이 발견되나 1~2개의 적색층만이 협재되는 곳도 있다. 층후는 최대 600 m이다.

연구방법

본 연구에 사용된 시료는 모두 야외용 착암기를 이용하여 직경 2.5 cm의 코아시료 (core sample)들을 채취하였다. 만항층과 금천층에서는 4개 노두에서 72 시료들을, 장성층, 함백산층, 도사곡층, 고한층에서는 고지자기 연구에 적당한 시료채취장소를 발견하지 못하여 3개 노두에서 34 시료들을, 동고층에서는 9개 노두에서 168 시료들을 채취하였다 (Fig. 1). 각 노두에서 가능하면 층리면에 대하여 수직·수평의 약 2~5 m의 등간격으로 채취장소를 선정하였으며, 각 코아 채취시 브란튼 컴퍼스를 이용한 정향법을 이용하여 현장에서 각 코아의 방향을 측정하였다. 이러한 방법으로 16개 노두에서 총 274개의 독립된 정향 코아시료들을 채취하였다. 야외에서 채취한 코아시료들은 실험실에서 2.2 cm의 길이로 절단하였다. 본 연구에서는 이들 시료 중 동고층에서 채취한 시료들에 대한 연구결과를 발표하며, 다른 지층에 대한 결과는 추후에 발표할 예정이다.

모든 시료들에 대하여 자연잔류자화 (natural remanent magnetization) 및 대자율 (magnetic susceptibility)을 측정한 후, 각 노두에서 최소한 2개 이상의 표준시료 (pilot specimen)를 선정하였다. 각 시료에 대하여 단계적 열소자와 교류소자를 실시하여 최적의 소자방법을 정한 후, 모든 잔여 시료에 대하여 단계적인 소자를 실시하여 각 단계별 잔류자화 (remanent magnetization)를 측정하였다. 열소자는 ASC Scientific사의 Model TD-48

열소자기, 교류소자는 Molspin사의 교류소자기를 사용하였고, 잔류자화의 측정은 Molspin spinner magnetometer를 사용하였다. 모든 시료는 실험시 mu-metal상자에 보관하였다. 열소자시에는 소자과정에서 발생하기 쉬운 부수적인 재자화 (systematic parasitic remagnetization)의 획득을 방지하기 위하여 각 소자단계별로 시료의 방향을 바꾸어 실시하였다.

열소자는 300°C까지는 100°C 단계, 500°C까지는 50°C 단계, 500°C 이상에서는 20°C 단계로 최대 700°C 혹은 각 시료의 잔류자화를 기록하는 자성광물의 큐리온도까지 수행하였다. 각 단계에서 잔류자화의 측정과 더불어 가열에 따른 자성광물의 화학변화를 감지하기 위하여 Bartington사의 대자율 측정기를 이용하여 대자율 변화를 측정하였다. 교류 소자는 30 mT까지는 5 mT 단계, 그 이후로는 최대 90 mT까지 10 mT 단계의 총 12단계를 실시하였다.

고지자기의 자료처리는 vector diagram (Zijderveld, 1967) 상에 나타나는 방향 변화로부터 principal component analysis (PCA) (Kirschvink, 1980)를 통하여 각 방향의 성분을 추출하였으며, PCA 적용시에는 일직선 상에 나타나는 최소한 3점 혹은 그 이상의 점들과 원점을 이용하여 anchored line fit 방법을 적용하였다. 각 소자단계에 따른 잔류자화의 방향 변화가 원점을 향하지 않으나 equal-area net상에서 대원을 따라 방향이 변할 경우에는 McFadden, McElhinny (1988)의 sector constraints를 이용한 대원법 (great circle method)을 이용하여 특성잔류자화 (characteristic remanent magnetization) 성분을 추출하였다.

고지자기 결과

연구대상의 암석들은 주로 적색셰일 및 사암으로 자연 잔류자화의 강도는 3.5~54 mA/m를 보여주며, 잔류자화의 방향은 분산되어 있기는 하지만 연구지역의 현재 지구 자기장의 방향 ($D/I=352.6^\circ/52.4^\circ$)으로 우세하게 모여있다 (Fig. 2). 이러한 현재 지구자기장 방향의 자연잔류자화의 방향은 기존에 연구된 한국암석에 기록된 2차 잔류자화의 특징적인 방향과 일치한다 (예, Shibuya *et al.*, 1985; Otofujii *et al.*, 1986). 이러한 2차 잔류자화의 방향이 평균 지구축 쌍극 자기장 (mean axial dipole field)의 방향 ($D/I=0^\circ/56.6^\circ$)보다 연구지역의 현재 지구 자기장 방향에 더욱 가깝게 모이는 것은 자연잔류자화에 기록된 2차잔류자화가 주로 현재 지구자기장에 의한 점성잔류자화 (viscous remanent magnetization)임을 제시한다.

모든 시료들에 대해서 단계적 교류소자와 열소자를 실

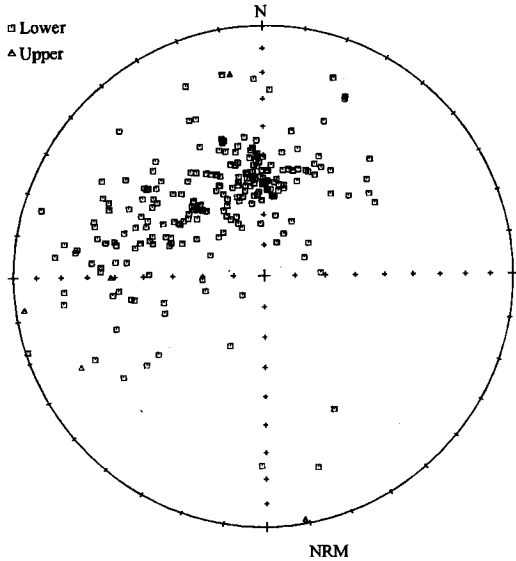


Fig. 2. Total NRM directions in geographic coordinates. Lower hemisphere plots are shown as squares and upper hemisphere plots as triangles. Equal area projection.

시하였으며, 각 지층별 대표적인 교류소자 및 열소자 실험결과는 각각 Fig. 3~5에 나타내었다. 교류자기장에 의해서는 효과적으로 소자가 되지 않는다 (Fig. 3). 그러므로, 대부분의 시료들은 열소자를 실시하여 특성잔류자화 방향을 추출하였다.

단계적 열소자 실험을 수행한 결과는 vector diagram 상에서 원점을 향하는 단일성분을 가지고 소자되다가 적철석의 큐리온도에 가까운 660°C 부근에서 잔류자화가 거의 소멸되는 경우 (Fig. 4)와, blocking temperature

spectra가 중첩되어 열소자 단계 증가에 따른 방향이 원점으로 소멸되지 않으나 equal-area net상에서 방향이 대원을 따라 이동하는 경우 (Fig. 5)로 나뉘어진다. 후자의 양상을 보여주는 시료들은 대원을 따라 이동하는 부분에 대하여 McFadden and McElhinny (1988)의 sector constraints를 이용한 대원법을 적용하여 특성잔류자화 성분을 추출하였다 (Fig. 6).

이상의 소자실험을 통하여 추출한 암석에 기록된 특성잔류자화 방향은 2개 노두들 (10, 16)은 정자화를, 7개 노두들 (8, 9, 11, 13, 14, 15, 17)은 역자화를 기록하고 있다 (Table 2). 노두별 평균방향으로부터 구한 동고층의 전체 평균은 지층경사보정 전 ($D/I=149.5^{\circ}/-53.7^{\circ}$, $k=11.8$, $\alpha_{95}=15.6^{\circ}$)에 비하여 지층경사보정 후 ($D/I=121.4^{\circ}/-26.4^{\circ}$, $k=52.7$, $\alpha_{95}=7.2^{\circ}$)의 분산도가 월등히 감소하여 (Fig. 7), 통계학적으로 99%의 신뢰도를 가지며 습곡시험 (fold test)을 통과한다 ($k_2/k_1=4.5$) (McElhinny, 1964). Watson and Enkin (1993)의 습곡시험을 본 특성잔류자화에 적용한 결과도 잔류자화가 획득되었던 시기의 지층경사를 지시하는 최적 경사보정 정도가 100%의 경사보정 상태를 지시하였다. 또한, 단계적 경사보정에 따른 k 값의 변화도 100%의 경사보정에서 최대값을 갖는다 (Fig. 8). 정자화 및 역자화 성분은 서로 반대방향을 보여 역전시험 (reversal test)을 통과한다 (Fig. 7). 이러한 결과는 동고층에서 측정된 특성잔류자화 성분이 지층경사 이전에 획득된 성분을 지시한다.

토 의

연구지역인 단양일대에 분포하는 평안누층군 중 지질

Tonggo Formation (T10-8)

NRM M5 M10 M15 M20 M25 M30 M40 M50 M60 M70 M80 M90

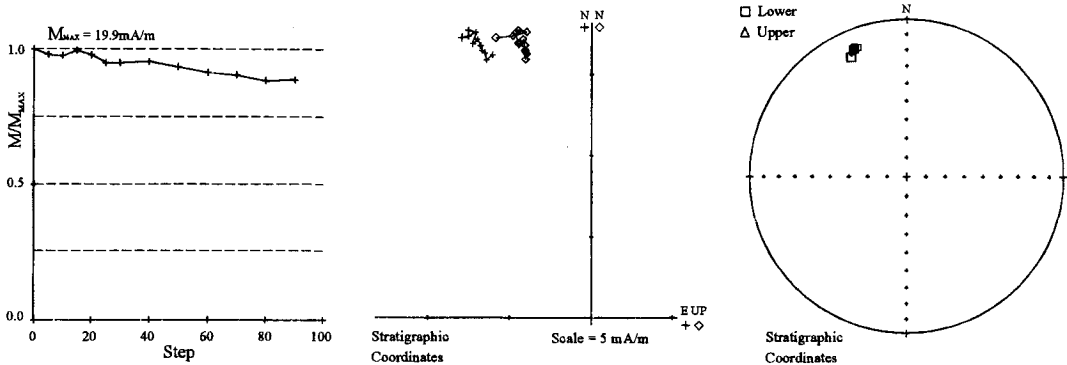
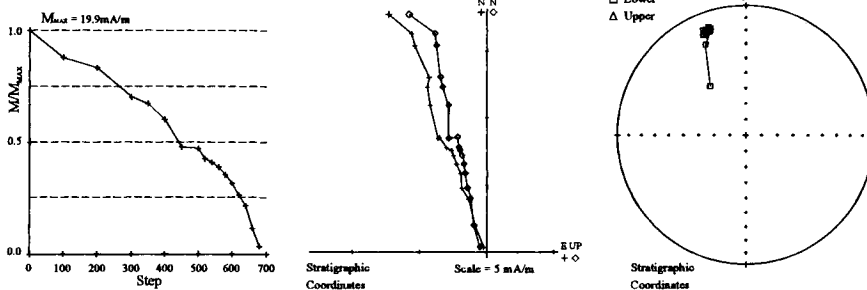


Fig. 3. Typical AF demagnetization results of a sample from the Tanyang area: normalized intensity curve, Zijderveld diagram, and stereographic projection in stratigraphic coordinates. Demagnetization steps are shown below the sample number.

Tonggo Formation (T10-9)

NRM T100 T200 T300 T350 T400 T450 T500 T520 T540 T560 T580 T600 T620 T640 T660 T680



Tonggo Formation (T16-2)

NRM T100 T200 T300 T350 T400 T450 T500 T520 T540 T560 T580 T600 T620 T640 T660

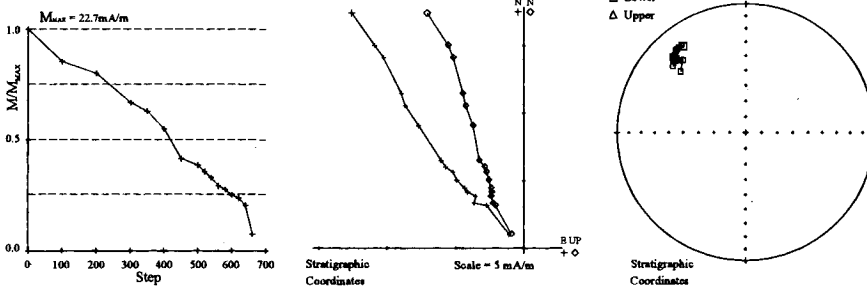
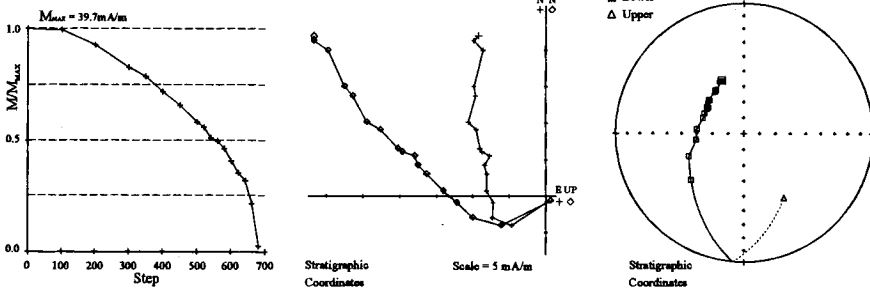


Fig. 4. Typical thermal demagnetization results of samples from the Tanyang area showing a convergent component during progressive thermal treatment: normalized intensity curve, Zijderveld diagram, and stereographic projection in stratigraphic coordinates. Demagnetization steps are shown below the sample number.

Tonggo Formation (T8-5)

NRM T100 T200 T300 T350 T400 T450 T500 T520 T540 T560 T580 T600 T620 T640 T660 T680



Tonggo Formation (T13-4)

NRM T100 T200 T300 T350 T400 T450 T500 T520 T540 T560 T580 T600 T620 T640 T660 T680

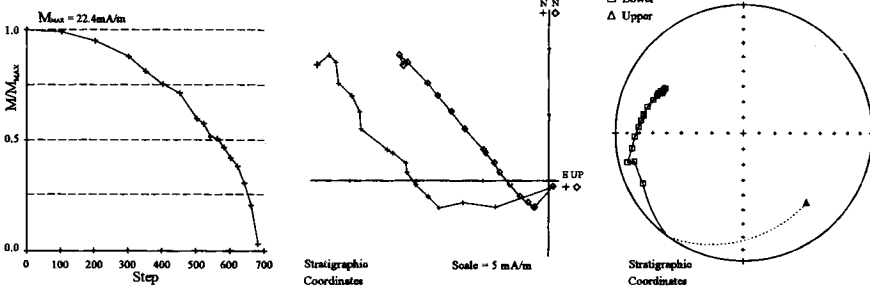


Fig. 5. Typical demagnetization results of samples from the Tanyang area showing overlapping blocking temperature spectra and great circle migration of the direction during progressive thermal treatment: normalized intensity curve, Zijderveld diagram, and stereographic projection in stratigraphic coordinates. Demagnetization steps are shown below the sample number.

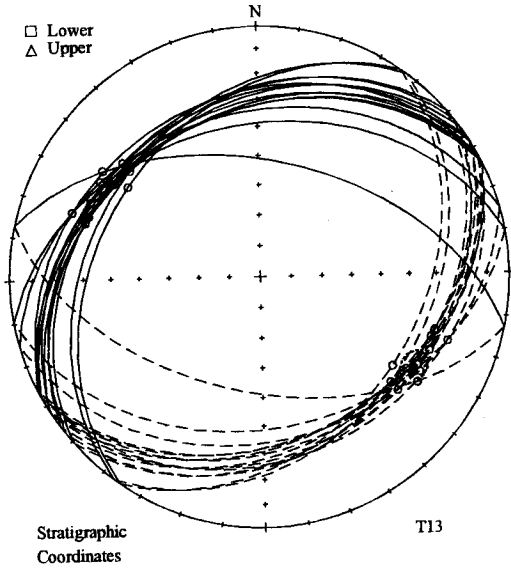


Fig. 6. An example of great circle intersection with sector constraints.

시대가 트라이아스기 초로 알려진 동고층의 특성잔류자화는 고전적인 습곡시험 (McElhinny, 1964) 뿐만 아니라, 최근에 제시된 Watson, Enkin (1993)의 습곡시험도 통과한다. 또한, 단계별 경사보정에 따른 k값의 변화도 100%의 경사보정시 최대값을 가지며, 역전시험도 통과한다. 그리고, 대부분의 시료들은 적철석의 큐리온도 부근인 660~680°C에서 자화를 잃어버려, 주로 적철석에 의하여 특성잔류자화를 기록하고 있음을 지시한다. 이러한 사실

들은 연구지역에 분포하는 동고층의 특성잔류자화는 적철석에 의하여 획득된 퇴적잔류자화나 후기 퇴적잔류자화 혹은 적어도 지층경사 이전에 기록된 성분임을 제시한다. 이 특성잔류자화는 정자화 및 역자화 성분이 반복되어 나타나며, 이러한 극성의 변화는 정자극기와 역자극기가 반복하여 나타나는 트라이아스기 초의 지구자기장 변화와도 일치하여, 특성잔류자화의 획득시기가 트라이아스기 초일 가능성이 높다. 그러나 본 정자화와 역자화를 자기층서표와 정확히 대비시키기 위하여는 화석이나 기타 방법에 의한 층서자료가 필요하나, 연구지역에 분포하는 동고층에 대해 이러한 연구가 수행되어 있지 않아 현재로서는 정확한 시기의 대비는 어렵다. 이 특성잔류자화성분으로부터 계산한 연구지역의 고위도는 13.9° N으로, 연구지역은 특성잔류자화의 획득시기로 추정되는 트라이아스기 초에는 저위도 지역에 위치하고 있었음을 제시한다. 이러한 결과는 타지역의 동고층에 대한 연구결과와도 잘 일치한다 (도성재, 1993).

Fig. 9는 연구지역의 시료들로부터 계산한 트라이아스기 초의 고지자기 극의 위치와 동일시기의 남중국 및 북중국지괴의 고지자기 극의 위치를 비교한 그림이다. 본 연구의 자극의 위치 (30.7°E, 33.3°N)는 남중국의 자극 위치와 동떨어져 있으며 북중국의 자극 위치와 근접하여, 적어도 연구지역이 특성잔류자화의 획득시기로 추정되는 트라이아스기 초에는 북중국지괴에 속해있었거나 북중국지괴에 가까이 위치하였음을 시사한다. 이러한 결과는 기 보고된 고지자기 연구결과 (도성재, 1993)와도 일치하는 것이며, 태백산분지 전체의 고생대 층서와 고생물 연구

Table 2. Paleomagnetic results from the tonggo Formation in the Tanyang area.

Site	N	Dg	Ig	Ds	Is	k	α_{95}
8	16	134.9°	-47.0°	121.0°	-33.1°	179.3	2.9°
9	10	178.8°	-53.0°	126.5°	-28.6°	216.9	3.7°
10	23	325.7°	59.6°	308.5°	30.6°	51.1	13.0°
11	29	180.7°	-53.9°	131.6°	-33.4°	137.1	2.4°
13	24	140.3°	-40.5°	125.2°	-17.9°	55.2	4.1°
14	14	141.2°	-58.9°	123.9°	-31.9°	430.4	2.1°
15	19	177.9°	-44.8°	120.4°	-30.1°	18.1	8.4°
16	14	252.5°	36.4°	282.6°	16.6°	20.6	9.0°
17	19	170.0°	-45.0°	115.7°	-12.8°	26.2	6.9°
Mean	9	149.5°	-53.7°			11.8	15.6°
				121.4°	-26.4°	52.7	7.2°
							(k ₂ /k ₁ =4.5)
Pole		Long.=30.7° E		Lat.=33.3° N		dp/dm=4.2°/7.8°	

N; number of samples, D_g and I_g; declination and inclination in geographic coordinates, D_s and I_s; declination and inclination in stratigraphic coordinates, k; Fisherian precision parameter (k₁; in geographic coordinates and k₂; in stratigraphic coordinates), α_{95} ; radius of cone of 95% confidence interval.

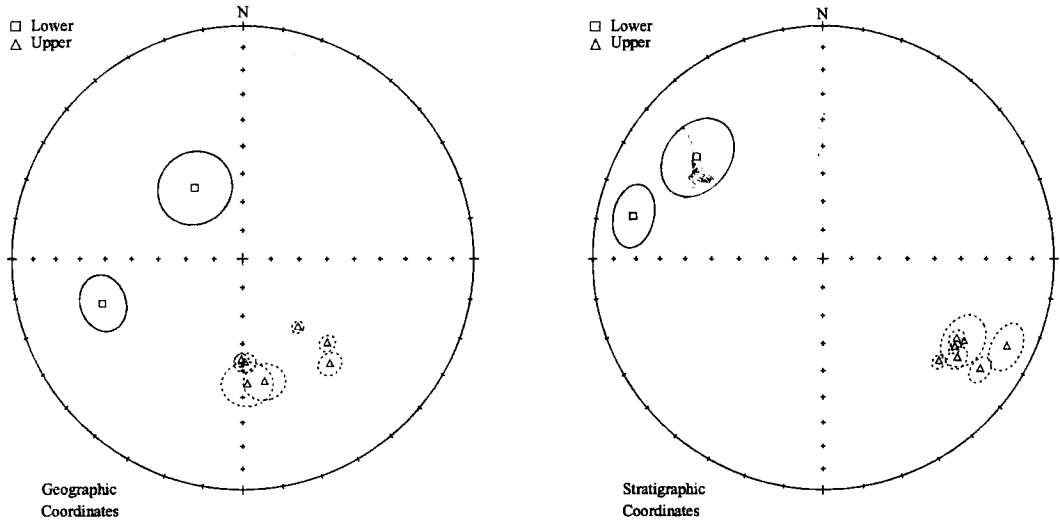


Fig. 7. Equal-area projections of site-mean directions with 95% confidence circle.

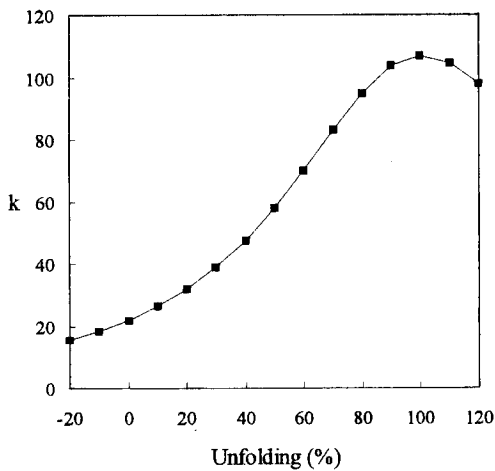
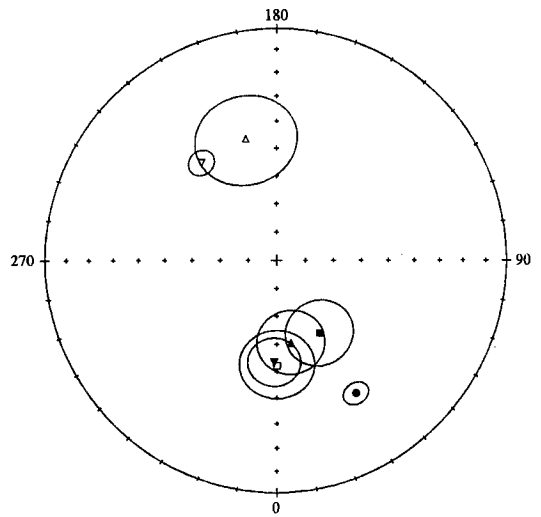


Fig. 8. Incremental fold test plotting Fisher's precision parameter (k) versus percent of unfolding.

결과 태백산분지가 한중지괴에 속한다는 장기홍 (1995)의 연구를 뒷받침 하는 것이다.

결 론

1. 단양 지역에 분포하는 동고층의 특성잔류자화 성분은 역전시험과 통계학적으로 99%의 신뢰도를 갖는 습곡 시험을 통과하여, 본 성분이 적어도 지층퇴적당시나 퇴적 직후 혹은 지층경사 이전에 기록된 성분임을 나타낸다. 평균특성잔류자화 방향은 지층경사보정 후가 $D/I=121.4^\circ/-26.4^\circ$ ($\alpha_{95}=7.2^\circ$)이며, 이로부터 계산한 고지자기 극의 위치는 30.7° E, 33.3° N이다.



This study	●
Upper Triassic-North China Block (Enkin <i>et al.</i> , 1992)	▲
Upper Triassic-South China Block (Enkin <i>et al.</i> , 1992)	△
Lower Triassic-North China Block (Enkin <i>et al.</i> , 1992)	▼
Lower Triassic-South China Block (Enkin <i>et al.</i> , 1992)	▽
Triassic (Kim, Jeong, 1986)	■
Triassic (Doh, 1993)	□

Fig. 9. Paleomagnetic poles for the North and South China Blocks of Triassic results as defined by quality selected poles (Enkin *et al.*, 1992) and compared with the pole of this study.

2. 단양 지역에 분포하는 동고층에서 계산한 고지자기 극의 위치는 동일시대의 북중국의 고지자기 극의 위치

와 근접하여, 연구지역이 이 시기에 북중국과 동일지괴 혹은 북중국지괴와 가까이 위치하였음을 제시한다.

3. 연구지역은 지층의 퇴적당시 혹은 특성산류자화의 획득시기로 추정되는 트라이아스기 초에는 저위도 지역에 위치하고 있었다.

감 사

본 연구는 전략광물자원연구센터 및 1996년도 교육부 기초과학 학술조성연구비 (BSRI-96-5403)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한, 본 논문을 세심하게 심사하여 좋은 지적을 해 주신 익명의 심사위원께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 김광호, 남기상, 이정후 (1990) 한국 주라기의 고지자기. 지질학회지, 26권, p. 513-526.
- 김광호, 정봉일 (1986) 페름기 이후 한국의 고지자기에 관한 연구. 광상지질, 19권, p. 67-83.
- 김인수 (1989) 영월-마차리-정선일대의 캄브리아-페름기 퇴적암에 대한 고지자기 연구. 지질학회지, 25권, p. 413-428.
- 도성재 (1993) 백운산 향사대에 분포하는 동고층에 대한 고지자기 연구. 광상지질, 26권, p. 383-393.
- 원종관, 이하영, 지정만, 박용안, 김정환, 김형식 (1989) 지질학원론. 우성문화사, 서울, p. 662.
- 장기홍 (1995) 한국지사 개관. 지질학회지, 31권, p. 72-90.
- 정창희 (1971) 단양탄전의 층서 및 고생물학적 연구. 지질학회지, 7권, p. 63-88.
- 태백산지구지하자원조사단 (1962) 태백산지구 지질도.
- Cheong, C.H. (1969) Stratigraphy and paleontology of the Samcheong Coalfield, Korea (I). J. Geol. Soc. Korea, v. 5, no. 1, p. 13-56.
- Cruzet, D. and Cadet, J. (1992) Geodynamic evolution of Korea: A view. The Island Arc, v. 1, p. 64-70.
- Doh, S.J. and Piper, J.D.A. (1994) Paleomagnetic of the (Upper Paleozoic-Lower Mesozoic) Pyongan Supergroup, Korea: a Phanerozoic Link with the North China Block. Geophys. J. Int., v. 117, p. 850-863.
- Enkin, R.J., Yang, Z., Chen, Y. and Courtillot, V. (1992) Paleomagnetic constraints on the geodynamic history of the major blocks of China from the Permian to the present. J. Geophys. Res., v. 97, p. 13,953-13,989.
- Kim, K.H. and Van der Voo, R. (1990) Jurassic and Triassic paleomagnetism of South Korea. Tectonics, v. 9, p. 699-717.
- Kirschvink, J.L. (1980) The least square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. Geophys. J. Roy. Astr. Soc., v. 62, p. 699-718.
- Lee, Y.S., Nishimura, S. and Min, K.D. (1996) High-unblocking-temperature haematite magnetizations of Late Palaeozoic red beds from the Okcheon zone, southern part of the Korean Peninsula. Geophys. J. Int., v. 125, p. 266-284.
- Lee, Y.S., Nishimura, S. and Min, K.D. (1997) Paleomagnetotectonics of east Asia in the proto-Tethys ocean. Tectonophysics, v. 270, p. 157-166.
- McElhinny, M.W. (1964) Statistical significance of the fold test in paleomagnetism. Geophys. J. Roy. Astr. Soc., v. 8, p. 338-340.
- McFadden, P.L. and McElhinny, M.W. (1988) The combined analysis of remagnetization circle and direct observation in paleomagnetism. Earth Planet Sci. Lett., v. 87, p. 161-172.
- Otofuji, Y., Kim, K.H., Inokuchi, H., Morinaga, H., Murata, F., Katao, H. and Yaskawa, K. (1986) A paleomagnetic reconnaissance of Permian to Cretaceous sedimentary rocks in southern part of Korean Peninsula. J. Geomag. Geoelectr., v. 38, p. 387-402.
- Otofuji, Y., Karsuargi, K., Inokuchi, H., Yaskawa, K., Kim, K.H., Lee, D.S. and Lee, H.Y. (1989) Remagnetization of Cambrian to Triassic sedimentary rocks of the Paegunsan Syncline of the Okcheon Zone, South Korea. J. Geomag. Geoelectr., v. 41, p. 119-135.
- Shibuya, H., Min, K.D., Lee Y.S., Sasajima, S. and Nishimura, S. (1985) Some paleomagnetic measurements in Korean Peninsula. In Nishimura, S. and Min, K.D. (eds.) Physical Geology of Central and Southern Part of Korea. Kyoto University Press, Kyoto, p. 41-84.
- Shibuya, H., Min, K.D., Lee, Y.S., Sasajima, S. and Nishimura, S. (1988) Paleomagnetism of Cambrian to Jurassic sedimentary rocks from the Ogcheon Zone, southern part of Korean Peninsula. J. Geomag. Geoelectr., v. 40, p. 1,469-1,480.
- Watson, G.S. and Enkin, R.J. (1993) The fold test in paleomagnetism as a parameter estimation problem. Geophys. Res. Lett., v. 20, p. 2135-2137.
- Yin, A. and Nie, S. (1993) An indentation model for the north and south China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault systems, eastern Asia. Tectonics, v. 12, p. 801-813.
- Zijderveld, J.D.A. (1967) AC demagnetization of rocks: Analysis of results. In Collinson, D.W., Creer, D.W., and Runcorn, S.K. (eds.) Method in Paleomagnetism. Elsevier, Amsterdam, p. 254-286.