

옥천대 북동부에 분포하는 하부 고생대층에 대한 고지자기 연구*

민경덕** · 이윤수** · 황석연**

Paleomagnetic Study of the Lower Ordovician Formations in the North Eastern Okcheon Zone

Kyung Duck Min**, Youn Soo Lee** and Suk Yeon Hwang**

ABSTRACT: Lower Ordovician rock samples were collected from 23 sites located at the Okcheon non-metamorphic zone, near Taebak and Yeongweol areas, southern part of the Korean Peninsula.

A characteristic magnetic component was obtained from four sites. This stable direction ($Dm = -19.4^\circ$, $Im = 24.1^\circ$) which is carried by hematite of very high temperature (679°C), successfully pass both of reversal test and paleopole reliability test, and is regarded as a primary direction.

The remagnetized components can be divided into three on the basis of their characteristic directions and magnetic minerals. The first which is carried by hematite, magnetite and pyrrhotite, is widely found at the whole sites. It shows syn- or post-tectonic remagnetization according to strongly negative fold test and distribution between Mesozoic and present field directions. The second, in situ, is distinguishable from the present field direction. After bedding correction, it is identical to Late Triassic to Early Jurassic direction. Its magnetic carrier is considered to be a single component hematite, which may be acquired by pre-tectonic CRM in the Okcheon orogenic zone. The third, which is carried by magnetite and hematite, is characterized by stable reversed direction. These minerals may be acquired by the thermal or chemical process in unknown period.

Paleopole position is 169.2°E in longitude and 59.9°S in latitude, which indicates that the study area was located at 12.6°S in paleo-latitude and belonged to northern-end of the Gondwana in Early Ordovician.

서 론

본 연구의 대상지역인 옥천대 북동부 지역은 하부 고생대층(조선누층군)이 넓게 분포하고 있으며, 경기육괴와 영남육괴의 경계부에 위치하여 한반도의 고생대 층서 및 지사 연구뿐만 아니라 동북 아시아의 지체구조 발달과정과 고지리 해명에도 매우 중요한 곳이다.

지금까지 많은 학자들에 의해 본 하부 고생대층에 대한 암석학적, 층서학적 및 고생물학적 연구가 수행되어 지층의 시대결정과 층서 및 퇴적환경 등이 밝혀졌으나, 지역적인 암상의 차이가 두드러진 두위봉형, 정선형, 평창형 및 문경형 조선누층군 사이의 정확한 층서대비 및 퇴적 환경 규명을 위한 지구조적 연구가 요망되고 있다.

남한의 고생대층에 대한 지구조적 연구와 관련되는 이 제까지의 연구로는 Kim and Jeong (1986)의 폐름기 지층과 Shibuya et al. (1985, 1988)의 석탄기와 폐름기 지층에 대한 고지자기 연구가 있었으나, 이들은 모두 상부 고생대층에 국한되어 하부 고생대층에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 이러한 점을 해결하기 위한 하나의 방법으로서 옥천대 북동부에 분포하는 하부 고생대층 중에서 기존의 암석 및 생층서 연구가 상대적으로 잘 연구되어 있는 백운산 및 영월 지역에 대하여, 각 층서단면을 따라 암석시료를 채취하고, 각 시료에 대한 암석 생성 당시의 잔류자기를 측정하여 고생대 초기의 본 연구지역의 고위도와 고지자기극의 위치를 구하고자 한다.

* 본 논문은 1989년도 교육부 특성화연구비의 일환으로 이루어진 것임.

** 연세대학교 지질학과 (Dep't of Geology, Yonsei Univ., Seoul 120-749, Korea).

지질 및 시료채취

연구 대상지역은 선 캄브리아기의 안정 지괴인 경기육

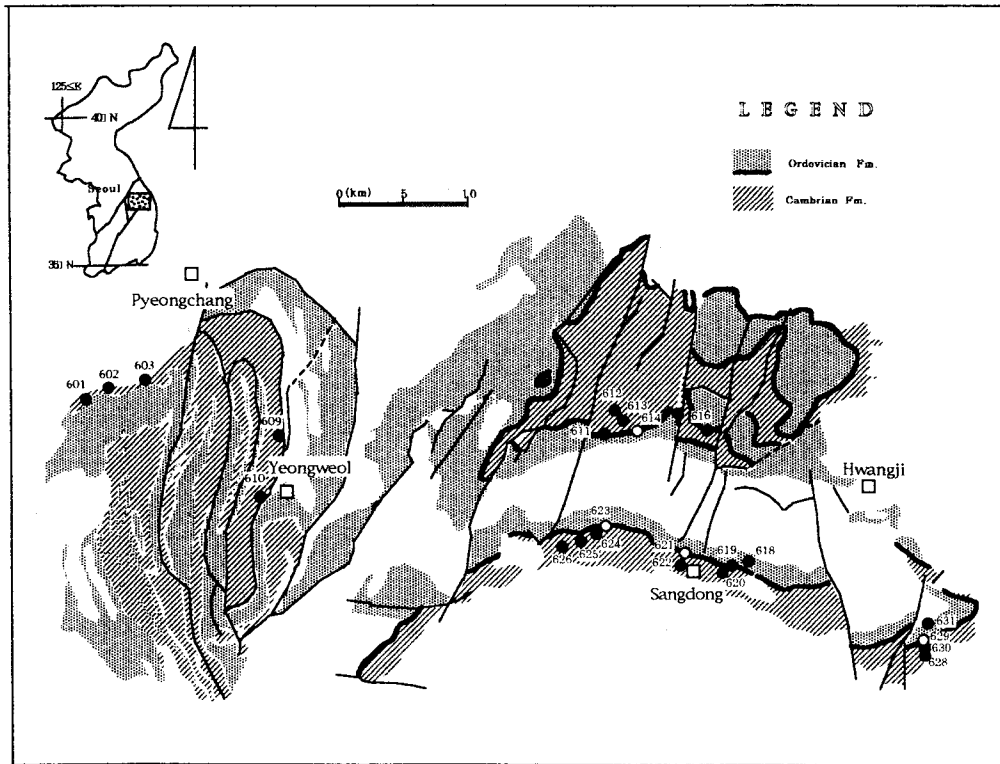


Fig. 1. Sampling sites and geologic Map in Okcheon non-metamorphic zone (after Lee, 1987). Open (solid) circles denote the sampling sites where useful paleomagnetic results are (not) obtained.

괴와 영남육괴 사이에 존재하는 옥천대의 북동부에 위치하는 소위 옥천 비변성 퇴적암류로서, 캄브리아기에서 초기 사일루리아기의 하부 고생대에 해당하는 조선누층군과 이를 부정합으로 피복한 후기 석탄기에서 초기 트라이아스기의 평안 누층군이 분포하고 있다. 이 중 조선누층군에 대하여 실시된 고생물학적 및 암석학적 연구에 의하면, 옥천 비변성대는 화석 및 암상의 차이로부터 두위봉형, 정선형, 평창형 및 문경형으로 나뉘어 지며, 각 형 사이의 층서 대비 및 퇴적환경 규명을 위한 지구조적 연구가 요망된다.

본 연구에서는 태백산 및 영월 지역에 분포하는 두위봉형 및 영월형의 조선누층군에 대하여 고지자기 연구를 수행하였다. 암석의 잔류자기 측정을 위하여, 총 23개 장소(site)에서 각 장소마다 1~3m의 층후 내에서 7~9개의 정향 암석 시료를 채취하였으며 (Fig. 1), 이들의 위치를 부록에 장소번호 별로 기술하였다. 이 중 두위봉형 지층군은 초기 캄브리아기의 묘봉층 내의 점판암에서 3개 장소(장소번호 612, 626, 628), 중기 캄브리아기의 세송층 내의 점판암에서 4개 장소(장소번호 613, 620, 622, 625), 후기

캄브리아기의 화절층 내의 석회암 및 점판암에서 2개 장소(장소번호 624, 630), 초기 오오드비스기의 동점층 내의 규암에서 7개 장소(장소번호 611, 614, 616, 619, 621, 623, 629), 그리고 중기 오오드비스기의 직운산층 내의 흑색 셰일에서 2개 장소(장소번호 618, 631)의 도합 18개 장소이고, 영월형 지층군은 중기 캄브리아기의 삼방산층 내의 규질 사암에서 2개 장소(장소번호 602, 603)와 중기 내지 후기 캄브리아기의 마차리층 내의 흑색 셰일 및 석회암에서 3개 장소(장소번호 601, 609, 610)의 도합 5개 장소이다.

소자 실험 및 잔류자기 측정

각 장소에서 채취된 정향 암석시료로부터 반경이 2.4 cm이고 길이가 2.2 cm되는 원주형 표품시료를 제작하였다. 표품시료의 잔류자기 측정은 일본 경도대학 소유의 Cryogenic magnetometer ScT C-112를 사용하여 수행하였다. 소자실험으로는 예비 소자실험 결과 적철석을 함유한 시료에 대해서는 100 mT의 교류자장까지도 소자가 불가능

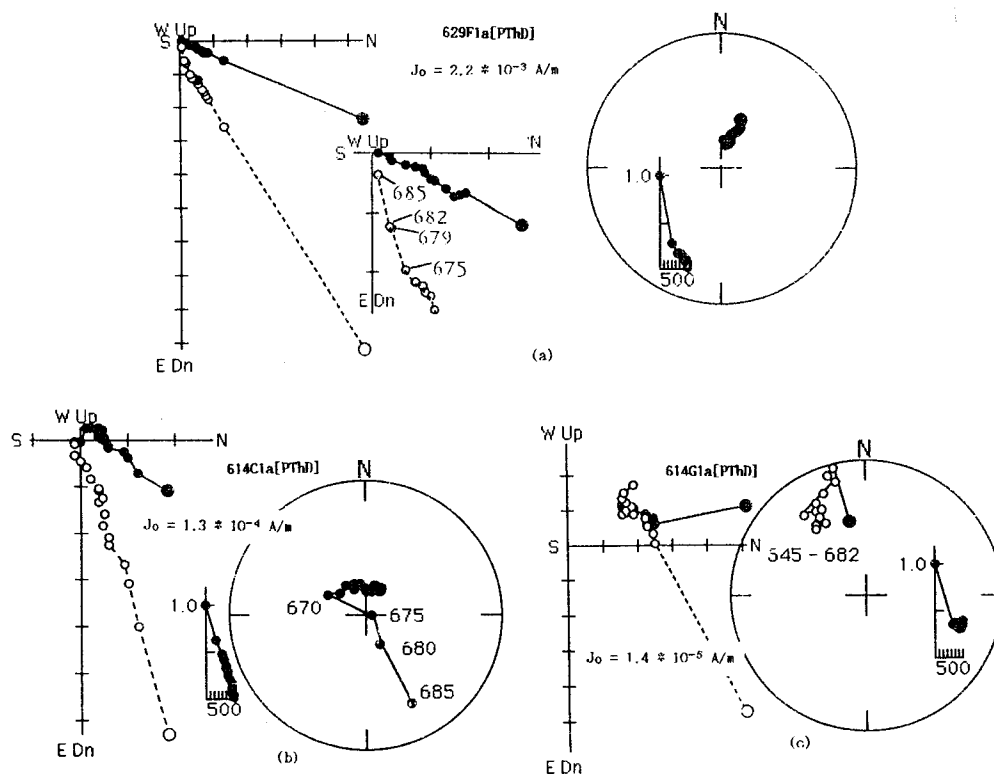


Fig. 2. Representative Zijderveld, equal area, and NRM intensity variation diagrams, in situ, of 629F1a (a), 614C1a (b), and 614G1a (c) showing the high temperature component behavior. Open (solid) circles represent vertical (horizontal) components in Zijderveld diagrams and upper (lower) hemispheres in equal area diagrams.

하여 4-fold μ -metal shield (약 2nT) 내에 위치시킨 전기로를 이용하여 단계별 열소자실험만을 수행하였다. 또한, 각 소자단계마다 나타날수 있는 불안정한 VRM (Viscous Remanent Magnetization) 효과를 제거하기 위하여 두 성분 pen recorder를 이용하여 NRM (Natural Remanent Magnetization)의 강도가 안정될 때 까지 기다렸다가 측정을 계속하였다.

결과 및 해석

1차 잔류자화

단계별 소자실험 및 잔류자기 측정 결과 초기 오오도 비스기의 동점 규암층 내에 위치한 7개 장소 중 4개 장소 (장소번호 614, 621, 623, 629)의 일부 시료에서 하부 고생대의 1차 잔류자기 성분으로 해석되는 잔류자기 성분이 얻어졌다.

Fig. 2는 상기 4개 장소 중 장소번호 629의 표품시료 F1a (Fig. 2a)와 장소 614의 표품시료 C1a (Fig. 2b) 및 G1a

(Fig. 2c)로부터 얻은, 상온에서 685°C까지의 단계별 열소자실험 결과도이다. 그림에서 소자단계별 잔류자기의 수평 및 수직성분은 Zijderveld diagram과 equal area net에 도시되었으며, 상온에서의 초기 자화강도에 대한 소자후의 자화강도의 비의 변화를 소자 단계별로 도시하였다. 이들 성분의 blocking 온도는 679°C 이상으로서, Zijderveld 그림에서 일견 단일 자화성분처럼 보이나 이를 확대 도시하면 675°C 이상에서 고온성분이 뚜렷하게 추출됨을 알 수 있다 (Fig. 2a). 이는 본 표품시료들에 있어서, 679°C 이상의 blocking 온도를 갖는 고온성분과 675°C 이하의 blocking 온도를 갖는 저온성분의 두 종류의 적철석의 자화가 각각 존재하며, 이들은 서로 다른 시기 및 기구에 의해서 획득되었음을 지시한다. 또한 장소번호 614의 두 개의 표품시료의 소자 실험으로부터 얻은 자화방향의 변화를 equal area net (Fig. 2의 b와 c)에 도시한 바와 같이, 이들의 안정된 고온성분은 서로간에 antipodal의 방향을 보여주는데, 이는 이들 시료의 고온성분의 자화가 지자기 극의 극성이 서로 다른 시기에 획득한 1차 잔류자기 성분임을 의미한다.

Table 1. Summary of the result of site mean direction.

site	n	Ds	Is	D	I	k	α_{95}
614	3	-31.5	-35.1	-31.0	28.4	4296.4	6.6
621	1	-32.3	37.3	0.1	24.6	-	-
623	2	-48.7	54.6	-25.8	35.4	24.3	53.1
629	2	-2.0	77.0	-21.6	6.1	51.1	35.7
mean	4	-33.3	37.6	-19.4	24.1	21.4	20.3
							($k_s=3.0$, $\alpha_{95_s}=65.4$)

n, D (Ds), I (Is), k (ks), and α_{95} (α_{95_s}) indicate number of specimen, declination, inclination, precision parameter, and cone of confidence after bedding correction (in situ), respectively.

Table 1은 상기한 1차 잔류자기 성분을 얻은 초기 오오드비스기 동점 규암층 내에 4개 장소 별 표품시료의 수 (Nsp), 경사보정 전과 후의 편각과 북각 (D, I 및 D, I), Fisher의 precision parameter (k), 그리고 95%의 신뢰각 (α_{95})를 도표화한 것이고, Fig. 3은 이들을 equal area net에 도시한 것이다. 평균 자화방향은 경사보정 전에는 편각이 -33.3° , 북각이 37.6° ($k_1=3.0$, $\alpha_{95}=65.4^\circ$)이고, 경사보정 후에는 각각 -19.4° 와 24.1° ($k_2=21.4$, $\alpha_{95}=20.3^\circ$)이다. 따라서, $k_2/k_1=7.1$ 로서 McElhinny (1964)가 제시한 습곡 실험의 95% 수준에서 성공적인 결과를 나타냄으로서 이 성분은 퇴적과 동시기에 형성된 퇴적 잔류자화 (DRM 또는 post-DRM)나 화학 잔류자화 (CRM) 기원의 1차 잔류자기 성분으로 간주할 수 있다. 본 연구에서 구한 1차 잔류자기는 표품시료 614C1a의 남동향의 편각을 제외하고는 모두 북서향의 편각을 보이고 있다 (Fig. 3b). 한편, 기존에 확립되어 있는 자기층서 별 극성분포 (Harland et al., 1989)에 의하면 초기 오오드비스기의 지구자기장의 극성은 현재의 지구자기장의 방향과 반대되는 극성이 대단히 우세하였다. 이에 근거하여 본 연구에서 구한 초기 오오드비스기의 1차 잔류자기로부터 고지자기극의 위치를 계산할 때에는 우세하게 관측되는 북서향의 자화방향을 antipodal의 값으로 환원하여 구하였으며, 그 결과 고지자기극의 자북의 위치는 경도 169.2°E , 위도 59.9°S 이다 (Fig. 4). Van der Voo (1990)에 의한 고지자기극의 신뢰도의 기준 (Table 2)에 의하면, 본 연구에서 구한 초기 오오드비스기의 극은 신뢰도 계수가 5로서 충분히 신뢰할 수 있는 값을 알 수 있다. 이상에서와 같이 본 연구에서 얻은 고온 자화성분은 reversal test, fold test 및 Van der Voo의 고지자기극의 신뢰도의 기준실험을 성공적으로 통과하며, 이는 본 고온성분이 퇴적과 동시 혹은 그와 가까운 시기에 획득된 것으로 사료된다. 또한, 북각성분으로부터 구한 당시의 고위도는 남위 12.6° 로서, 연구지역이 그 당

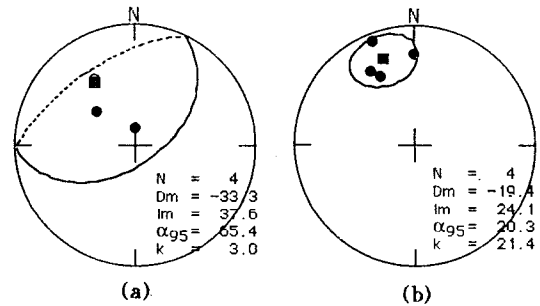


Fig. 3. Equal area diagrams of the characteristic directions of magnetization in situ (a) and after bedding correction (b). N, Dm, Im, α_{95} and k indicate number of specimen, mean declination, mean inclination, cone of confidence and precision parameter, respectively.

시에는 남반구의 적도 근방에 위치했음을 시사하며, 이는 동 시기에 Gondwana대륙이 주로 남반구에 위치했었음에 비추어 볼 때 (Torsvik et al., 1990), 본 연구지역이 이의 한 부분이었던 것으로 해석된다.

2차 잔류자화

본 연구에서 밝혀진 2차 잔류자화는 소자실험시 상이하게 나타나는 자화성분에 의해 3가지로 구분되는데, 이들의 대표적인 소자거동의 예는 Fig. 5와 같다.

A성분: 본 자화성분은 in situ에서 현재의 axial dipole field 방향과 구분되지 않으며 (Fig. 5a), 대부분의 암석시료에서 자성광물 (예; 적철석, 자철석, 자류철석)에 무관하게 나타난다. 따라서, 본 성분은 옥천대가 광범위하게 재자화 되었다는 사실을 보여 주는 것으로서, 그 재자화 시기와 기구에 대해서는 많은 논란이 있으며 (예; Shibuya et al., 1988; Otofujii et al., 1989), 이에 대해서는 토론 부분에서 상세하게 논의하기로 한다.

B성분: 본 자화성분은 장소번호 621에서 전형적으로 나타나며, 450°C 의 열소자준위 이상에서 관찰된다. 본 성분은 blocking 온도가 약 670°C 인 것으로 미루어 보아 (Fig. 5b) 적철석에 의한 것이며, 초기 NRM의 강도도 $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ A/m}$ 로서 대단히 크다. 이들의 평균 자화방향은 경사보정 후에 편각이 29.7° , 북각이 41.2° 로서, 한반도의 후기 트라이아스기-초기 유라기 암석으로부터 구한 자화방향 (기정석, 1986; 김문환, 1989)과 일치하고 있다. 따라서, 이는 본 연구지역에서의 습곡작용이 2차 자화성분 B가 획득된 후기 트라이아스기-초기 유라기 이후에 일어났음을 시사하여 준다.

C성분: 본 자화성분은 Fig. 5c에 도시한 바와 같이

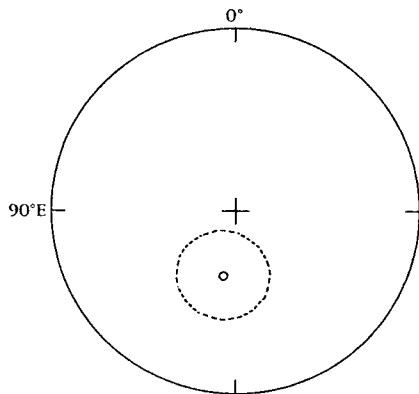


Fig. 4. Paleomagnetic pole position of Early Ordovician period obtained from the Dongjeom quartzite. Open and solid circles are projections of southern and northern hemispheres.

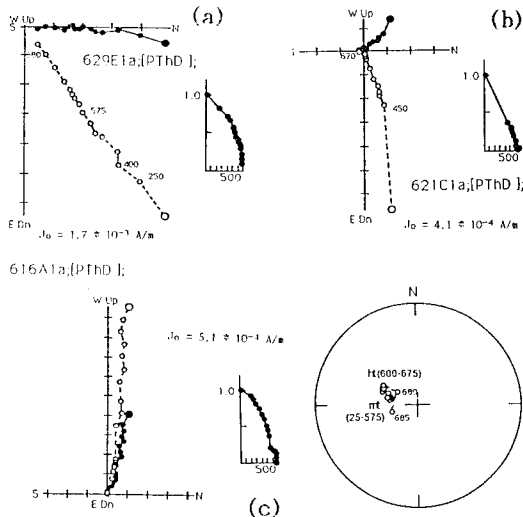


Fig. 5. Representative Zijderveld, equal area, and NRM intensity variation diagrams, in situ, for remagnetized components. See Fig. 2 for the explanation.

570~600°C 사이의 blocking 온도를 갖는 자철석에 의한 저온성분 (성분 C1)과 약 680°C 이하의 blocking 온도를 갖는 적철석에 의한 고온성분 (성분 C2)으로 나눌 수 있다. 이들은 모두 in situ에서 상향의 복각을 나타내고, 서로 유사한 자화 방향을 갖는 것으로 보아 자철석과 적철석의 잔류자화는 비슷한 시기에 재자화된 것으로 사료된다.

재자화 기구에 대한 토론

지금까지의 고지자기 연구에 의하면 한반도 남부는 화

Table 2. Estimation of the result by Van der Voo's paleomagnetic pole selection criterion.

No.	Reliability Criterion	Yes	No
1	well age determined	v	
2	sufficient quantity of samples		v
3	demagnetization for whole specimens	v	
4	field test	v	
5	tectonic coherence	v	
6	reversals	v	
7	no suspicion of remagnetization		v
Reliable quality		Q=5	

강암화 작용을 수반한 구조운동에 의해 특히 류라기 이전의 암석이 심한 재자화 작용을 받아서 대부분이 in situ에서 정자화되어 있고 현재의 지구자기장 방향에 가깝다 (Otofuji et al., 1989; Shibuya et al., 1985, 1988; Kim and Jeong, 1986). 그러나 재자화의 기구나 시기에 대해서는 앞에서 언급한 대로 논란이 많다.

1) Otofuji et al. (1989)은 옥천 비변성대 지역에 대한 연구에서 현재의 지구자기장 방향과 가까운 재자화성분은 Viscous partial thermo-remanent magnetization (Vp-TRM)이나 풍화작용에 의한 자성광물의 재배열에 의한 것으로서, 후자의 가능성이 더 높다고 주장하였다. 그러나, 본 연구결과 동점 규암층의 경우 주 조암광물은 풍화도가 아주 낮은 석영으로 구성되어 있고 광물입자들이 상당히 치밀하게 되어 있어서 풍화작용에 의해 자성광물이 현재의 지구자기장 방향으로 재배열된 remanence를 나타내기 어렵다고 생각된다.

한편, 본 연구에서 재자화 된 적철석의 blocking 온도가 통상 670°C 이상의 높은 온도로서, 이는 Neel의 single domain grain의 blocking 온도에 대한 적철석의 relaxation time (Pullaiah et al., 1975)에 의하면 73만년 이후에 적어도 650°C 이상의 온도가 필요하다. 한반도에 있어서 이러한 광역적 고온 변성작용은 보고된 바 없으며, 따라서 VpTRM은 옥천 비변성대가 선택적으로 650°C 이상의 고온의 열변성을 받아야만 가능하다. 한편 본 연구지역에 분포하는 두무골층에 대한 conodont의 색지수 연구 (서광수, 1990)에 의해서도 본 지역의 열변성 온도는 약 300°C 정도로서, single domain에서의 VpTRM에 의한 재자화로는 설명되지 않는다.

이상에서와 같은 VpTRM의 논란은 Appalachian fold belt에서도 Kent and Opdyke (1985)에 의해 제기되어 왔으며, 최근에는 Jackson (1990)에 의하여 multi-domain grain의 relaxation time에 기인할 가능성이 제시된 바 있다. 이 설에 근거한다면, 본 연구지역에서의 2차 잔류

자화 (A성분)의 regional remagnetization은 multi-domain grain의 VpTRM일 가능성도 있으나, 이에 대하여는 보다 세밀한 암석자기학적 연구가 요구된다.

2) Lin and Fuller (1990)은 최근에 중국대륙에 대하여 실시한 고지자기 연구에 의해, North China block (NCB) 과 South China block (SCB)는 중기-후기 쥬라기 사이에 서로 충돌하여 합해지게 되었으며, 이 때의 고지자기극의 위치는 현재 axial dipole field로부터의 평균 지자기극의 것과 유사하다고 하였다. 따라서, 이러한 동아시아에 있어서의 지구조운동을 본 연구지역에 적용할 경우, 한반도에서의 동시기의 고지자기극의 위치도 이들과 유사했을 것으로 사료된다. NCB에서 구한 중기 쥬라기의 고지자기극으로부터 한반도의 참고지점 (reference position)을 충주 (37°N, 128°E)로하여 계산한 동 시기의 고지자기의 예상방향 (expected direction)은 편각이 10.2°E이고 북각이 52.9°N으로서, 현 지구자기장의 영년변화 범위내이다. 따라서, 한반도에서는 김옥준 외 (1982)가 언급한 바와 같이 쥬라기의 조산운동에 의해 그 이전에 생성된 지층들이 습곡작용을 받았고, 이때 대규모적인 재자화가 일어났을 가능성이 있으며, 이때의 획득된 자화는 CRM (Chemical Remanent Magnetization)으로 사료된다.

결 론

옥천 비변성대에 분포하는 두위봉형 및 영월형의 조선 누층군을 대상으로 고지자기의 연구를 수행한 결과 초기 오오드비스기의 동점 규암층에서 신뢰도가 높은 1차 자화성분을 열소자 실험에 의해 분리해냈으며, 또한 이로부터 고지자기극의 위치를 구하였다.

1) 옥천대 내의 조선누층군 암석에는 3종류 이상의 강한 재자화 성분이 있으며, 이들은 쥬라기에 획득된 multi-domain grain의 VpTRM 또는 CRM에 의한 재자화일 가능성이 크다.

2) 초기 오오드비스기의 1차 자화성분의 평균편각은 -19.4°이고 평균북각은 24.1°이며, 고지자기극의 위치는 경도 169.2°E, 위도 59.9°S이다.

3) 옥천 비변성대는 고지자기의 북각의 값으로부터 초기 오오드비스기에는 위도 12.6°S에 위치하고 있었으며, 당시의 Gondwana 대륙의 북단부에 속했던 것으로 사료된다.

4) 재자화 성분 중, 첫번째 것은 적철석, 자철석, 자류철석에 의하여 나타나고, 모든 암석시료 채취장소에서 모두 관찰되며, 현 지구자기장의 방향과 구분되지 않는다. 두번째 것은 적철석에 의해 나타나며, 조산운동 직전인 후기 Triassic 에서 초기 Jurassic 사이에 획득된 것으로

보인다. 세번째 것은 자철석 및 적철석에 의해 나타나고, in situ에서 상향의 북각 값을 가지며, 그 자화획득의 시기는 알 수 없었다.

부 록

본 연구를 위한 암석시료 채취위치를 장소번호 별로 기술하면 아래와 같다.

- 601 : 영월군 주천면 아침지 도로변 독채가옥 맞은편 마차리층 상부
- 602 : 영월군 주천면 유목정 도로변 삼방산층 상부
- 603 : 영월군 주천면 판운리 판운교 (소탄리 입구) 서단의 남측 도로변 삼방 산층 상부
- 609 : 영월군북면 마차리 영월탄광 남측 독채가옥 옆 개천가 마차리층 하부
- 610 : 영월읍 소나기재 동쪽 (영월읍 방향) 마차리층 하부
- 611 : 정선군 남면 무릉리 증산 서측 척산골 동점규암
- 612 : 정선군 남면 무릉리 증산 서측 척산골 입구 묘봉점 판암 중부
- 613 : 정선군 남면 무릉리 증산역 철로변 세송점판암
- 614 : 정선군 남면 무릉리 증산 동측 정선선 철로 부근 동점규암
- 616 : 정선군 사북읍 북일리 동점규암
- 618 : 영월군 상동읍 강동 남측 도로변 직운산세일
- 619 : 영월군 상동읍 세송리 도로변 동점규암
- 620 : 영월군 상동읍 세송리 도로변 화절층 최상부 (site 619의 직하부)
- 621 : 영월군 상동읍 구래리 턱골 상동광업소 사택 위 (북쪽) 동점규암
- 622 : 영월군 상동읍 구래리 턱골 상동광업소 사택 부근 개천가 세송점판암
- 623 : 영월군 중동면 직동2리 다리 부근 동점규암
- 624 : 영월군 중동면 직동2리 다리 부근 화절층 (site 623의 직하부)
- 625 : 영월군 중동면 직동2리 직동국민학교 동측 개천가 세송점판암
- 626 : 영월군 중동면 직동1리 큰터 입구 묘봉점판암
- 628 : 태백시 동점동 동점역 남측 묘봉점판암
- 629 : 태백시 동점동 철교 남측 동점규암
- 630 : 태백시 동점동 철교 남측 화절층 최상부 (site 629의 직하부)
- 631 : 태백시 동점동 나팔고개 남측 철로변 직운산세일

참고문헌

- 기정석 (1986) 경기도 김포군에 분포하는 대동층군에 대한 고지자기 연구. 연세대학교 대학원 석사학위논문, 39p.
- 김문환 (1989) 김포지역에 분포하는 김포층군에 대한 고지자기학적 연구. 연세대학교 대학원 석사학위논문, 43p.
- 김옥준 (1982) 한국의 지질과 광물자원. 김옥준 교수 정년 퇴임기념 논문집, 523p.
- 서광수 (1990) 영월-삼척지역, 백운산 향사대에 분포하는 두 무골 셰일 (하부 오오도비스계) 코노돈트 화석군과 그의 생층서. 연세대학교 대학원 박사학위논문, 186 p.
- Harland, W.B., Armstrong, R.L., Cox, A.V., Smith, A.G. and Smith, D.G. (1989) A geologic time scale. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 263 p.
- Jackson, M. (1990) Diagenetic sources of stable remanence in remagnetized Paleozoic cratonic carbonates: a rock magnetic study. *J. Geophys. Res.*, v. 95, p. 2753-2761.
- Kent, D.V. and Opdyke, N.D. (1985) Multicomponent magnetisations from the Mississippian and their tectonic implications. *J. Geophys. Res.*, v. 90, p. 5371-5383.
- Lee, D.S. (ed.) (1987) *Geology of Korea*. Kyohaksa, Seoul, Korea, 514p.
- Kim, K.H. and Jeong, B.I. (1986) A study on the Paleomagnetism of Southern Korea since Permian. *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v. 19, p. 67-83.
- Lin, J.L. and Fuller, M. (1990) Paleomagnetism, North China and South China collision, and the Tan-Lu fault. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A.
- McEljenny, M.W. (1964) Statistical significance of the fold test in paleomagnetism. *Geop. J. Roy. Astron. Soc.*, v. 8, p. 338-340.
- Otofuji, Y., Katsuragi, 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 Okch'on zone, South Korea. *J. Geomag., Geoelectr.*, v. 41, p. 119-135.
- Pullaiah, G.E., Irving, E., Buchan, K.L. and Dunlop, D.J. (1975) Magnetization Changes caused by burial and uplift. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 28, p. 133-143.
- Shibuya, H., Min, K.D., Lee, Y.S., Sasajima, S. and Nishimura, S. (1985) Some paleomagnetic measurements in Korean peninsula. S. Nishimura and K.D. Min (ed.). *Phys. Geol. of Central and Southern part of Korea*, Kyoto Univ., p. 41-83.
- Shibuya, S., 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. 1469-1480.
- Torsvik, T.H., Smethurst, M.A., Briden, J.C. and Sturt, B.A. (1990) A review of Paleozoic paleomagnetic data from Europe their paleogeographical implications, in paleogeography and biogeography. *Geol. Soc. London Memoir.*, v. 12, p. 25-41, eds. McKerrow, W.S. and Scotese, C.R.
- Van der Voo, R. (1990) Phanerozoic paleomagnetic poles from Europe and North America and comparisons with continental reconstruction. *Rev. Geophys.*, v. 28, p. 167-206.

1993년 6월 19일 원고접수