

충남지역 경기육괴에 분포하는 서산층군에 대한 자기특성 연구

김완수¹⁾ · 석동우¹⁾ · 도성재²⁾

1. 서론

한반도에 대한 고지자기 연구는 유라시아 대륙의 지구조운동이 진행되었던 중생대 및 고생대암석에 대해 여러 사람들에 의해 활발히 수행되어왔다. 특히 1980년대 후반부터는 북중국지괴와 남중국지괴 사이의 충돌대인 친링-다비-수루 (Qinling-Dabie-Sulu) 조산대가 서해를 지나 한반도로 연장될 가능성에 대한 관심이 높아지고 있다. 한반도의 중부를 가로지르는 옥천대는 경기육괴와 영남육괴의 경계부로서 변성시기가 초기 Triassic으로 보고되고 있으며, 경기육괴 북부 휴전선 인접지역의 동서방향의 주향을 갖는 습곡-단층대인 임진강대는 남북 경계에 대한 정확한 정의는 성립되어있지는 않지만 Triassic에 광역변성작용을 받았다는 보고가 있으나, 이들 임진강대와 옥천대의 성인에 대한 논란은 현재에 이르기까지 계속되고 있다. 즉 옥천대가 친링-다비-수루 조산대의 연장선으로 해석될 수 있는 반면에, 임진강대와 옥천대를 한반도 내에서의 남중국지괴와 북중국지괴의 충돌 융합선으로 해석할 수 있다. 그러나 최근에 와서는 옥천대, 경기육괴 및 임진강대 전체가 친링-다비-수루 조산대의 연장선일 가능성이 제기되기도 하였다. 이와 같은 가설을 검증하기 위하여 그동안 중생대 및 고생대 시기의 옥천대 내에 분포하는 암석에 대한 고지자기 연구는 여러 차례 수행되어왔으나 한반도의 신빙성있는 지체구조적 진화의 확립을 위해서는 옥천대, 임진강대 뿐만 아니라 논란의 핵심인 경기육괴에 분포하는 암석에 대한 고지자기 연구가 요구되고 있다. 그러나 경기육괴 내에는 하부 중생대 및 고생대 암석의 분포가 극히 제한적인 반면 선캠브리아기의 편암류와 경기변성복합체 및 중생대 화강암이 넓게 분포하나, 화강암과 변성암류에 대한 고지자기 연구는 이들 암석의 낮은 자화강도로 인하여 암석에 기록된 특성잔류자화방향을 성공적으로 밝혀내기가 어렵다는 이유로 그동안 극히 소수의 고지자기 연구가 수행되었으며, 또한 그 연구 결과가 서로 상반되는 점에서 결론을 도출하지 못하였다.

본 연구는 한반도의 지체구조학적인 위치 및 북중국지괴와 남중국지괴 사이의 충돌대인 친링-다비-수루 조산대와 한반도와의 연관성을 밝히고자하는 연구의 일환으로 한반도 경기육괴의 중부 서해안에 분포하는 선캠브리아기 편암류 및 화강편마암으로 구성된 서산층군에 기록된 자화방향 및 대자율 이방성의 측정을 통하여 특성잔류자화방향을 확인과 분류 및 대자율 이방성으로부터 경기육괴에 분포하는 암석의 지구조적 진화특성을 밝히고자 자기특성 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

본 연구를 위해 서산층군의 호상편마암(banded Gneiss) 4개 노두(site), 편암류(schists)

25개 노두, 화강편마암(granite Gneiss) 2개 노두, 그리고 태안층 2개 노두 등 총 33개의 노두에서 총 319개의 정향시료(oriented sample)를 채취하였다.

고지자기 연구를 위하여 279개의 시료를 준비하였으나 자화강도가 낮은 시료를 제외한 197개의 시료에 대하여 단계적 소자실험을 실시하였다. 열소자는 Magnetic Measurement사의 Model MMTD-80 열소자기를 사용하였고, 자화 측정은 FINO AG사의 SQUID-based spinner magnetometer 및 Molspin사의 spinner magnetometer를 사용하였다. 고지자기 자료 처리는 직교소자도 상에 나타나는 방향 변화로부터 주성분 분석법 (Principal Component Analysis)을 이용하여 각 방향성분을 추출하였으며, 각 암석시료로부터 추출된 특성잔류자화 방향에 대하여 Fisher의 구면통계법을 이용하여 노두별, 층별 평균값을 산출하였다.

대자율 이방성 연구는 304개의 시료에 대하여 Bartington MS-2B susceptibility bridge와 여기에 연결된 컴퓨터에 내장된 AMS-BAR program을 이용하여 암석시료의 대자율을 측정·계산하였다. 대자율 이방타원체의 최대, 중간, 최소방향의 대자율값을 각각 K_{max} , K_{int} , K_{min} 로 정의하여 사용하며, 각 노두의 평균 최대, 중간, 최소 방향은 각 시편의 최대, 중간, 최소방향으로부터 Mark (1973)의 axial vector technique에 의해 구하였다. 또한 대자율 이방타원체의 형태를 파악하기 위하여 Flinn 다이어그램 및 T-Pj 다이어그램을 도시하였으며, K_{max} - K_{int} 방향의 분포상태에 가장 적합한 대원(best-fit great circle)을 추출하여 각 지역의 자기 열리구조의 평균 방향을 결정하였다.

3. 본 론

충남지역에 분포하는 우리나라에 존재하는 최고기의 변성암인 서산층군에 대해 고지자기 연구와 대자율 이방성연구를 실시하였다. 총 33개 노두 중 자화 강도가 극히 낮은 8개 노두의 결과를 제외한 나머지 25개 노두 전체의 평균 방향은 지층경사보정 전이 $D/I=356.0^\circ/49.8^\circ$ ($k=5.6$, $\alpha_{95}=13.4^\circ$)이며 경사 보정 후가 $D/I=355.0^\circ/22.5^\circ$ ($k=2.6$, $\alpha_{95}=23.1^\circ$)로서 지층경사보정 후 방향이 더욱 분산되는 양상을 보이므로 본 연구에서 추출한 특성잔류자화 방향이 퇴적 당시에 획득한 일차 자화성분이 아닌 지구조 운동 이후에 획득된 재자화 성분임을 지시한다. 시료채취 지점 전체의 평균 방향은 현재방향에 가까운 방향을 나타내나 이는 연구지역을 대표하는 제4기 이후 현재에 이르는 기간에 획득된 재자화 성분이기보다는 각 시료와 그에 따른 각 시료채취 지점의 특성잔류자화방향의 무작위 분포(random distribution)에 따른 결과인 것으로 해석된다. 이와 같이 연구 지역 전체 또는 층별 평균방향의 결정이 불가능하므로 재자화를 유발할 만한 지구조 운동 또는 화성활동에 따른 분류를 시도하였다. 연구지역의 중심부에는 대규모로 관입한 화강암이 존재하고 있으며, 이 화강암 주위의 시료채취 지점의 특성잔류자화 방향을 분석한 결과 통계적으로 향상된 신뢰도를 나타내는 결과를 얻었다. 5개 지점 45개 시료에서 획득한 고지자기 방향은 지층경사보정 전이 $D/I=34.5^\circ/61.6^\circ$ ($k=34.0$, $\alpha_{95}=13.3^\circ$)이며, 지층경사보정 후는 $D/I=23.9^\circ/22.0^\circ$ ($k=4.4$, $\alpha_{95}=41.0^\circ$)로 지층경사 보정 전의 방향이 보다 잘 모이는 양상을 나타낸다.

연구지역 시료들의 대자율 값은 $20.8 \sim 5099 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 으로 다양하게 나타나며, 대자율 이방성 측정을 통하여 각 지점의 평균대자율, 자기 엽리구조 정도, 자기 선구조 정도, 대자율 이방성 정도(P_j : degree of anisotropy), 형태지수 (T : shape parameter) 및 자기 엽리구조의 방향을 구하였다. 연구지역의 대자율 이방타원체의 모양을 알아보기 위하여 Flinn-type diagram과 대자율 이방성 정도와 형태지수를 이용한 T- P_j diagram을 작성하여 분석한 결과 전 지역에 걸쳐서 자기 엽리구조가 자기 선구조보다 우세하게 나타남을 알 수 있었다. 또한 각 시료채취 지점에서의 특징적인 자기구조를 알아보기 위하여 K_{max} , K_{int} , K_{min} 의 분포 양상을 등적투영도에 투영하여 해석한 결과 대부분의 지점에서 K_{max} - K_{int} 방향은 환형(girdle) 상으로 분포하며 K_{min} 방향이 K_{max} - K_{int} 로 정의되는 면에 수직으로 분포하는 전형적인 자기 엽리구조(magnetic foliation)를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 또한 대자율 이방성 연구에서 나타나는 자기 엽리구조의 방향은 야외 노두에서 관찰한 엽리면의 방향과 비교적 잘 일치하는 경향을 보이고 있다.

이와 같은 서산층군에 대한 자자기특성 연구 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 본 연구지역은 생성이래 수 차례의 변형·변성작용을 경험하였고 이로 인해 고지자기 방향이 무작위 분포를 보이며 분산되었다. 그러나 대보화강암 주변 5개 사이트에서 추출한 재자화된 방향은 $D/I=34.5^\circ/61.6^\circ$ ($k=34.0$, $\alpha_{95}=13.3^\circ$)이며, 이로부터 계산한 고지자기 극의 방향은 193.0°E , 63.0°N ($dp/dm=15.8^\circ/20.5^\circ$)으로 한반도 경상분지에서 구해진 백악기 초의 극의 위치와 유사하다 (Fig. 1).

2. 서산층군에 나타나는 백악기 초의 재자화는 쥬라기 대보화강암의 정체에 따른 열의 영향에 의하여 쥬라기 화강암 주변부 암석에 한정적으로 기록되었다고 해석되며, 대부분의 지역에서 특징적인 방향을 구할 수 없었던 이유는 연구지역의 암석이 생성된 후 격은 복잡한 조산운동 과 화성활동 (서산변형, 경기변형, 송림조산운동, 대보조산운동 등)의 복합적인 영향에 기인한 것이라고 사료된다.

3. 대자율 이방성 연구를 통하여 연구지역에는 자기 엽리구조가 우세하게 나타남이 확인되며, 이들의 방향은 야외 노두에서 관측된 엽리면의 방향과 일치한다. 또한 자기 엽리구조는 단층대를 따라서 NE-SW 에서 N-S 방향으로 체계적인 분산을 하고 있으며, 이는 연구 지역에서 일어난 수 차례에 걸친 지구조운동 (좌수향 주향이동단층 또는 습곡변형 작용)에 의한 결과로 해석된다(Fig. 2).

주요어 : 경기육괴, 서산층군, 고지자기, 대자율 이방성

- 1) 한양대학교 지구해양과학과 (dwsuk@hanyang.ac.kr)
- 2) 고려대학교 지구환경과학과 (sjdoh@korea.ac.kr)

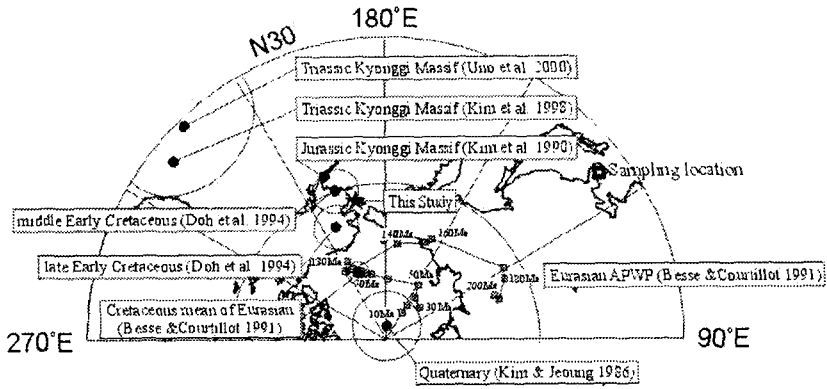


Fig. 1. Paleomagnetic pole of the Seosan group compared with reference poles of Korea and Eurasian APWP (Apparent Polar Wander Path). Star (open square): paleomagnetic pole (sampling location) of this study.

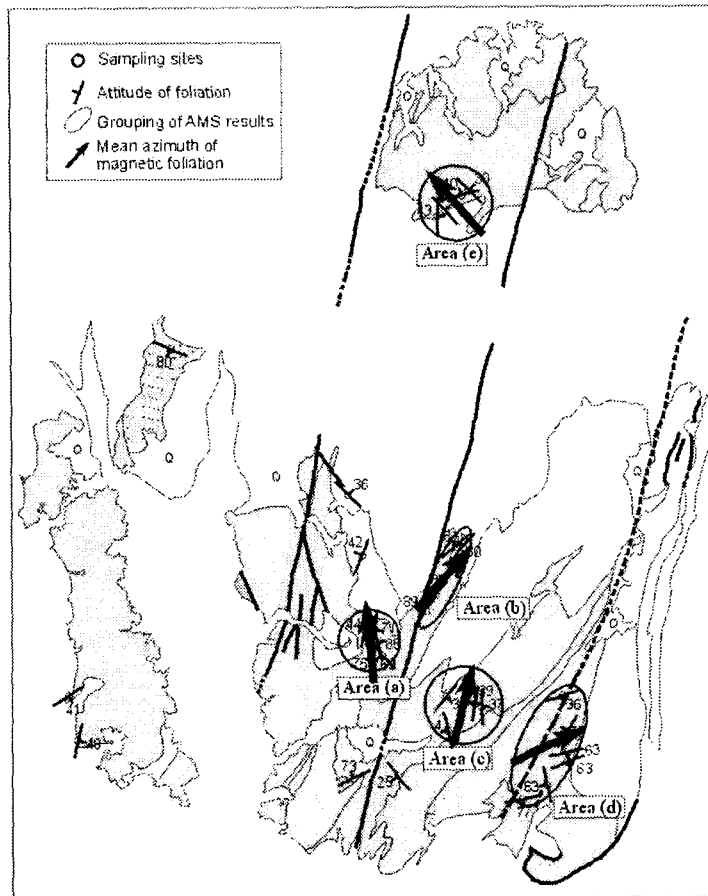


Fig. 2. Attitudes of magnetic foliations of the Seosan Group. Areas (a) ~ (e) are divided by distinctive direction of magnetic foliation across fault lines.