

# 옥천대에 분포하는 변성퇴적암류에 대한 대자율 이방성 연구: 논산-고산 지역을 중심으로

김원년 · 도성재 · 박용희<sup>1)</sup> · 석동우<sup>2)</sup>

## 1. 서론

옥천 변성대는 NE-SW 방향으로 한반도를 가로지르며 경기육괴와 영남육괴 사이에 위치하는 습곡대이다. 최근 중국의 다비-수루 충돌대(Dabie-Sulu Collision Belt)의 동쪽 연장선일 가능성이 있는 지역으로 임진강대와 더불어 제기되어 논란이 되고 있으며, 동아시아 및 한반도의 지체구조 발달사에 있어 매우 중요한 지역이다. 옥천대 성인에 대하여 현재까지 연구가 활발하게 수행되어 왔지만, 수 차례에 걸친 변성작용에 의한 복잡한 지질과 화석의 부재로 인해 층서, 지질연대, 지구조적 환경이 불명확한 실정이다. 따라서, 옥천대의 명확한 지사 해석을 위해서는 보다 종합적이고 새로운 연구방법이 요구된다. 이러한 관점에서 대자율 이방성(anisotropy of magnetic susceptibility; AMS)과 같은 새로운 접근 방식으로 옥천대 남서부 일원에 분포하는 시대미상의 변성퇴적암류를 대상으로 대자율 이방성의 특징과 변성작용과의 연관성, 그리고 각 변성작용에 따른 지구조 변화를 밝히고자 한다. 특히 자기 이방성 연구는 피레네(Pyrenees) 습곡·쓰러스트 지역에 대한 정량적인 변형 자료를 제시하거나, 섭입대(subduction zone)에서의 시기에 따른 섭입방향 변화등과 같이 복잡한 지사를 지닌 지역에서 유용하게 사용되는 연구 방법이다.

기존 변성암석학적 연구에서는 본 연구지역이 최소 두 번의 변성작용을 받은 것으로 보고된 바 있으며, 각각을 M1과 M2 변성작용으로 명명하였다. M1 변성작용은 광역변성작용으로서, 이 지역의 등변성 구역(metamorphic isograde)을 형성시킨 주 변성작용이며, 연구지역의 남동부에서 북동부로 가면서 흑운모대(biotite zone), 석류석대(garnet zone), 석류석+십자석대(garnet+staurolite zone)로 변성정도가 높아지고 광물 입자 크기도 점차적으로 증가하는 양상을 보인다. M2 변성작용은 연구지역 남서부에서 부분적으로 관찰되는 접촉변성작용이다.

## 2. 연구방법

본 연구를 위하여 변성암에 대하여 19개 지점에서 야외용 착암기를 이용하여 총 276개의 정향시료를 채취하였다: 흑운모대에서 8개 지점, 석류석대에서 5개 지점, 십자석대에서 6개 지점. 야외에서 채취한 시료는 실험실에서 AMS 측정에 적당한 25mm 지름과 22mm 높이의 원통형으로 제작되었으며, 실험 과정에 있어서 2차적인 자화 획득을 방지하기 위하여 자기장의 영향을 받지 않는 공간에 시료를 보관하였다. 모든 시료에 대하여 초전도 자력계(SQUID magnetometer)와 회전 자력계(spinner magnetometer)를 이용하여 자연잔류자화

---

주요어: 옥천대, 대자율 이방성, 자기 구조

1) 고려대학교 지구환경과학과(wnkim@korea.ac.kr)

2) 한양대학교 지구해양과학과

(natural remanent magnetization, NRM)를 측정하였으며, Bartington사의 대자율 측정기를 이용하여 대자율(magnetic susceptibility) 및 12 방향으로 대자율 이방성을 측정하였다. AMS 측정값은 컴퓨터 프로그램(AMS-BAR 2)을 이용하여 대자율 이방성 타원체(AMS ellipsoid)의 주축( $K_1 > K_2 > K_3$ )의 크기와 방향을 계산하였고, 몬테 카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)을 이용하여 각 축의 방향 및 95% 신뢰도 구간을 등구간 투영도로 나타냈다. 이방성 정도( $P_j$ )와 이방성 타원체의 형태 변수( $T$ )는 Jelinek의 수정된 식을 따라 계산하였고 그 결과를 T- $P_j$  다이어그램으로 나타내었다:

$$P_j = \exp [2\{(\eta_1 - \eta_m)^2 + (\eta_2 - \eta_m)^2 + (\eta_3 - \eta_m)^2\}]^{1/2}$$

$$T = (2\eta_2 - \eta_1 - \eta_3) / (\eta_1 - \eta_3)$$

여기서,  $\eta_1 = \ln K_1$ ,  $\eta_2 = \ln K_2$ ,  $\eta_3 = \ln K_3$ 이고  $\eta_m = (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3)^{1/3}$ 이다.

### 3. 결과

시료들의 대자율 값은  $29 \sim 5562 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 로 나타났고 자연 잔류자화 강도 역시  $0.32 \sim 2780 (\text{mA/m})$ 로서 넓은 범위에 걸쳐 나타나지만, 대자율 값과 자화 강도가 비례적으로 증가하는 양상이 관찰되지 않는 것으로 보아 본 연구 지역은 특정 자성광물의 양에 의해 자기적 특성이 결정되기 보다는 자성광물의 종류에 의해 결정됨을 알 수 있다. 각 변성 영역별 평균 대자율 값은 흑운모대에서  $693 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 이고, 규암의 관입으로 인하여 평균  $43 (\times 10^{-6} \text{SI})$  정도로 매우 낮은 대자율 값을 보이는 8번 지점과 대자율 이방성 값을 규정할 수 없었던 7번 지점을 제외하면  $886 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 으로 나타났다. 또한, 석류석대는  $825 (\times 10^{-6} \text{SI})$ , 석류석+십자석대는  $302 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 의 평균 대자율 값을 보였으나, 석류석대의 경우에는 흑운모대에 근접한 9, 10, 11번 지점을 제외하고는  $267 (\times 10^{-6} \text{SI})$ 의 낮은 값을 보인다. 이는 변성도가 증가함에 따라 자성광물들이 점진적으로 소멸되었고, 소량의 자성광물이 대자율 값과 대자율 이방성에 영향을 미쳤음을 알 수 있으나, 하부 흑운모대의 일부 지점(지점 2, 3)에서는 자성광물의 삼출(leaching)에 의해 얇은 광맥(vein)으로 야외에서 나타나기도 한다.

대자율 이방성 측정 결과 각 지점의 변형 정도를 나타내는 이방성 상수( $P_j$ )는 흑운모대에서는  $1.18 \sim 1.67$ , 석류석대에서는  $1.18 \sim 1.79$  범위로 매우 다양하게 나타나고 석류석+십자석대에서는  $1.10 \sim 1.31$  범위로 작고 비교적 일정한 값을 보이지만, 변성대에 따른 차이는 이방성 정도의 차이는 없고 같은 시료채취 지점에서 다양한 값을 보이며(그림 1), 이는 암석내 광물들이 각각의 물리적 특성 차 때문에 변성작용 동안에 차별적인 변형을 받았음을 지시한다. 이방성 타원체 형태는 각각의 시료에 대해서는 다양하게 나타나지만 각 시료채취 지점에서 나타나는 전체적인 이방성 형태는 각 변성구역별로 특징적으로 구분된다(그림 1). 흑운모대에서는 7번과 8번 지점을 제외하고는  $K_3$  방향이 한 지점에 우세하게 나타나고,  $K_1$ 와  $K_2$ 은  $K_3$ 을 중심으로 환형(girdle)으로 나타나는 자기 엮리구조(magnetic foliation)가 지배적이다. 연구지역의 중앙부인 석류석대에서는  $K_1$  방향이 한 지점에 우세하게 나타나고  $K_2$ 와  $K_3$ 는 규칙성 없게 나타나는 자기 선구조(magnetic lination)가 관찰된다. 또한 석류석+십자석대의 경우, 자기 선구조가 우세하게 나타나는 지점과 자기 선구조와 자기 엮리구조가 복합적으로 나타나는 지점이 관찰되었으며, 자기 엮리구조는 흑운모대에서 관찰되는 방향과는 다른 방향으로 나타난다. 정리하자면 연구 지역의 남동부에서 북서부로 올라가면서 자기 엮리구조, 자기 선구조, 자기 엮리구조와 자기 선구조의 복합구조 순서로 자기 구조(magnetic fabric)가 해석된다.

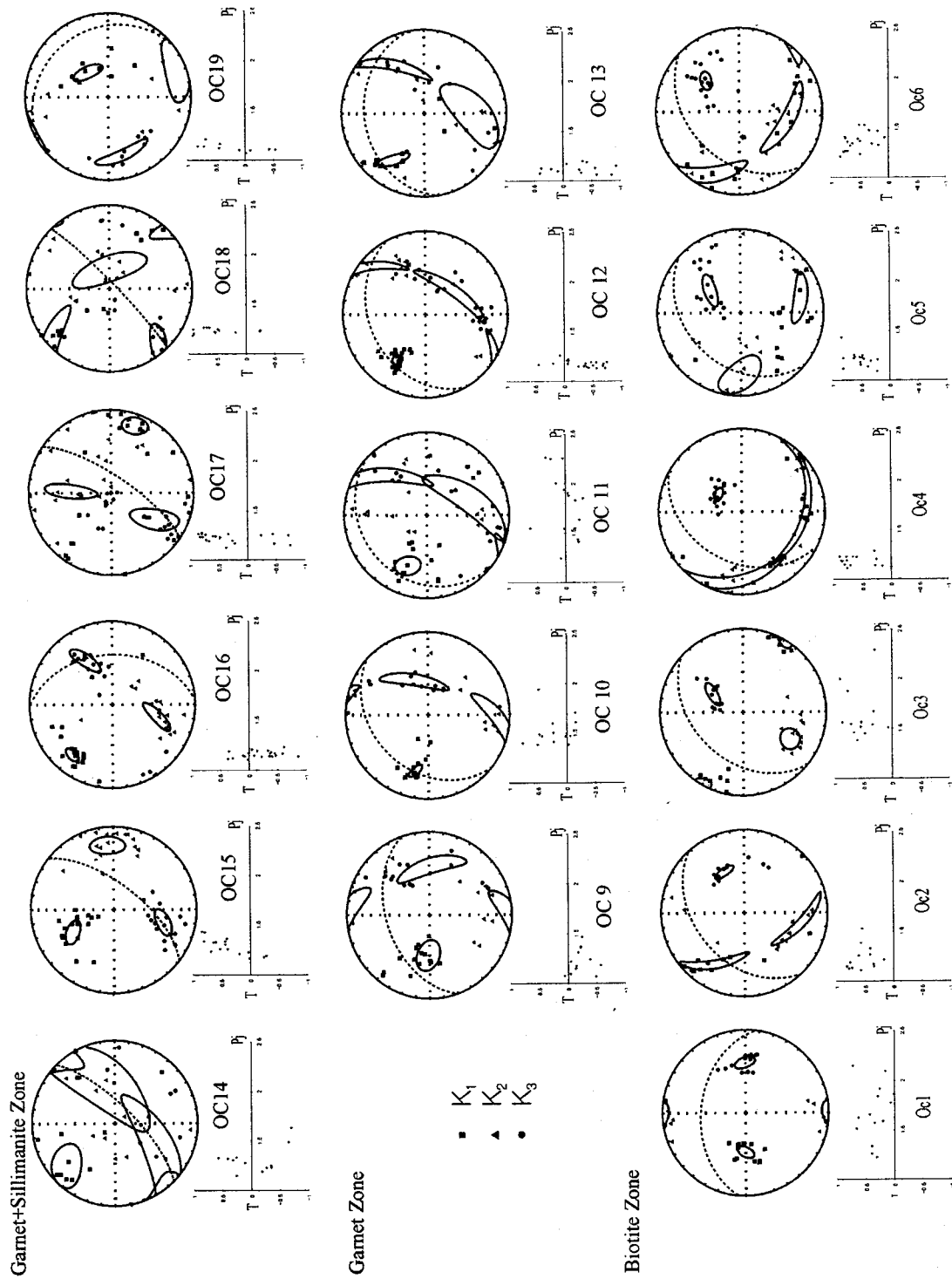


Figure 1.