

## 봉화군 상운면지역에서 북부 소백산육괴의 지질구조 해석

강지훈<sup>1\*</sup>, 김형식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>안동대학교 지구환경과학과 (jhkang@andong.ac.kr)

<sup>2</sup>고려대학교 지구환경과학과

### 1. 서론

육천대의 북동부와 소백산육괴의 북부지역에 발달하는 지구조의 우세한 방향성은 신동-봉화 연결선을 경계로 북동-남서 방향에서 동-서 방향으로 전환된다. 그러나, 지금까지 소백산육괴의 북부지역에서 이러한 지구조의 방향성 변화와 관련된 연구는 거의 수행된 바가 없다. 본 연구는 예천전단대가 통과하고 북동-남서 방향의 구조선이 동-서 방향의 구조선으로 전환되는 경북 봉화군 상운면지역에서 원남층의 다양한 습곡형태와 중첩된 습곡구조들로부터 상운면지역 북부 소백산육괴의 암석 및 지질구조 발달사를 밝히고, 이를 바탕으로 북부 소백산육괴에 발달하는 북동-남서 방향과 동-서 방향 구조선 형성과 관련된 지구조운동의 특성을 보고하고자 한다.

### 2. 연구방법

선발생 변형작용에 의해 형성된 구조요소들은 후발생 구조요소들에 의해 절단되거나 습곡되어진다는 가장 기초적인 구조해석 방법을 통하여 연구지역의 암석 및 지질구조는 원남층의 편마면 내지 편리면이 형성된 이후 적어도 네 번의 변형단계를 걸쳐 형성되었음을 알게 되었다. 따라서, 이 연구에서는 원남층의 편마면 내지 편리면을 편의상 S0 면리면이라 표현하고, 이러한 네 번의 변형단계를 상대적인 발생순서에 따라 D1 변형, D2 변형, D3 변형, D4 변형으로 구분하여 이 지역의 변형단계별 암석 및 지질구조를 조사하였다.

상운면지역에는 선캠브리아기 변성암류(원남층), 중생대 화성암류(섬록암과 각섬석 화강암) 및 퇴적암류(경상누층군의 가송동층) 등이 분포하고, 원남층의 주요 구성암류는 이 지역의 남서부(이하, NE-방향의 구조영역)에서는 북동-남서 방향, 중앙부(이하, ENE-방향의 구조영역)에서는 동북동-서남서 방향 그리고 동부(이하, E-방향의 구조영역)에서는 동-서 방향의 대상분포를 보인다(Fig. 1). 본 연구에서는 원남층의 대상분포 방향성과 관련된 이들 셋 구조영역을 각각의 동질구조영역으로 설정하고 이들 동질구조영역에서 변형단계별 구조요소의 특징적인 방향성으로부터 지구조의 우세한 방향성 변화와 관련된 지구조운동의 특성을 파악하였다.

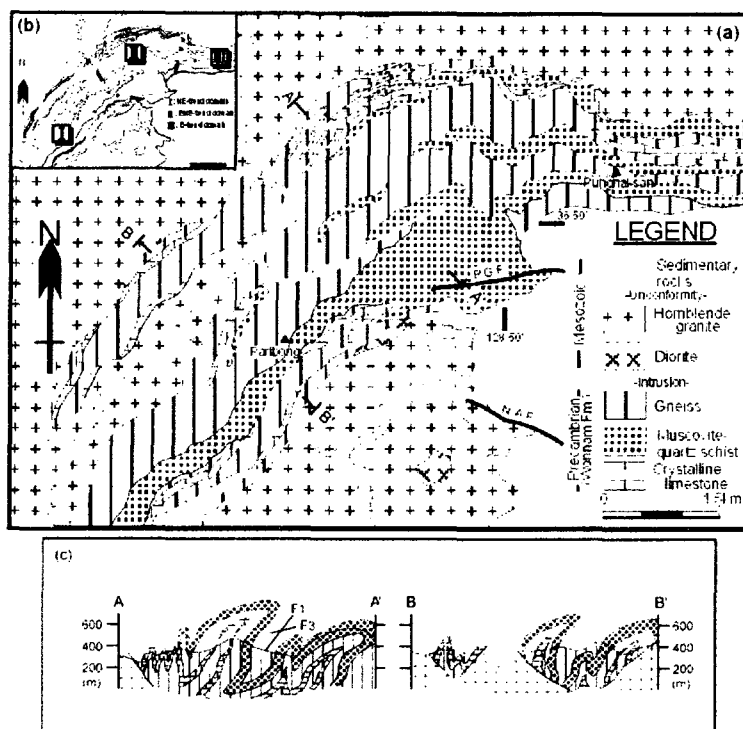


Fig. 1. Geological map [modified from Son and Kim (1963), Lee and Lee (1963)] (a), domain division (b) and profile sections (c) of the study area. P.G.F. Pukgok fault, N.A.F. Namae fault.

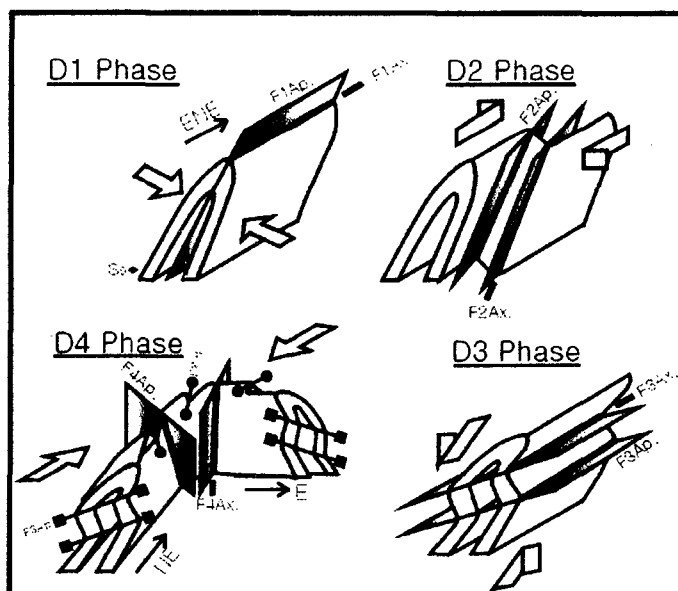


Fig. 2. Schematic diagram illustrating rock structures and deformation history in the study area.

**S0** 엮리면의 영역별 방향성은 NE-방향의 구조영역에서는  $N15^\circ -45^\circ E / 60^\circ -75^\circ NW$  방향의 우세한 방향성과 분산된 극점 배열로부터  $17^\circ / 020^\circ$  북동-구간 방향계의  $\pi$ -축과  $60^\circ / 315^\circ$  북서-구간 방향계의  $\pi$ -축이 인지된다. ENE-방향의 구조영역에서는  $N45^\circ -55^\circ E / 40^\circ -50^\circ NW$  방향의 우세한 방향성과 분산된 극점 배열로부터는  $25^\circ / 030^\circ$  북동-구간 방향계의  $\pi$ -축과  $55^\circ / 335^\circ$  북서-구간 방향계의  $\pi$ -축이 인지된다. E-방향의 구조영역에서는 동-서 주향에 북쪽으로  $50^\circ -60^\circ$  경사하는 미약한 우세 방향성과 분산된 극점 배열로부터  $03^\circ / 085^\circ$  북동-구간 방향계의  $\pi$ -축이 인지된다. 이러한 영역별 S0 엮리면의 극점 분포 및 우세 방향성 그리고  $\pi$ -축의 방향은 NE-방향의 구조영역에서 E-방향의 구조영역으로 갈수록 시계방향으로 변화한다.

**D1** 변형구조는 S0 엮리면이 습곡되어 형성된 F1 등사습곡과 F1 습곡축에 평행한 선상배열을 보이는 부딩구조로 인지된다. 주로 저각으로 침강하는 F1 습곡축의 영역별 방향성은 NE-방향의 구조영역에서 북북동-남남서 선주향 성분이, E-방향의 구조영역에서는 동-서 선주향 성분이 각각 우세하게 나타나고, ENE-방향의 구조영역에서는 전자와 후자 사이의 점이적인 방향성을 보인다. F1 습곡축면의 영역별 방향성은 S0 엮리면의 영역별 방향성과 거의 일치한다.

**D2** 변형구조는 신장선구조, 압쇄구조면, S0 엮리면의 주향 방향으로 이동하는 전단운동에 의해 형성된 Z자형 비대칭 습곡 등으로 인지된다. 주로 신장된 석영(집합체)과 장석(집합체)들의 정향배열에 의해 정의되는 신장선구조의 영역별 방향성은 전술된 F1 등사습곡축의 영역별 방향성과 거의 일치한다. 그러나, 신장선구조의 방향이 습곡축과 거의 평행하게 나타나는 칼집형 습곡은 발견되지 않는다. 또한, 신장선구조에 평행하고 S0 엮리면에 수직한 단면상에서는 예천전단대 형성과 관련된 우수 주향 이동성 전단운동감각을 지시하는 S-C 구조들이 많이 관찰된다. 이는, F1 습곡축과 거의 평행한 원남층의 신장선구조가 F1 등사 습곡작용과 관련되어 형성된 변형구조이라기 보다는 예천전단대 형성과 관련된 변형구조임을 지시한다. 압쇄구조면은 선캠브리아기 원남층과 중생대 각섬석화강암에서 관찰된다. NE-방향의 구조영역에서 저 변형 화강암의 압쇄면(남북-주향, 서쪽-경사)과 고 변형 화강암의 압쇄면(북동-주향, 북서-경사)의 방향적 사교관계와 E-방향의 구조영역에서 저 변형 화강암의 압쇄면(북동-주향, 북서-경사)과 원남층의 S0 엮리면(동서-주향, 북쪽-경사)의 방향적 사교관계로부터는 중생대 화강암의 압쇄면 형성과 관련된 우수 주향 이동성 전단 운동감각이 해석된다. 이러한 전단운동감각은 신장선구조 형성과 F1 등사습곡을 재습곡시키는 Z자형 비대칭 F2 습곡(습곡축의 우세 방향성:  $65^\circ / 330^\circ$ , 습곡축면의 우세 방향성:  $N15^\circ -20^\circ E / 55^\circ -60^\circ NW$ ) 형성과 관련된 전단운동감각과 일치하며, F2 습곡축의 방향성은 S0 엮리면의 극점 분포로부터 인지된 북서-구간 방향계의  $\pi$ -축과 일치한다.

**D3** 변형구조는 S0 엮리면의 상부가 경사 방향으로 떨어지는 정전단운동에 의해 형성된 경사-이동 전단대와 S자형 비대칭 습곡으로 인지된다. F1 등사습곡을 재습곡시키는 F3 습곡은 일반적으로 준 수평적인 습곡축과 습곡축면을 갖는 개방형 횡와습곡의 형태로

서 관찰된다. F1 습곡과 F3 습곡의 중첩구조는 조사지역의 중남부에서 S0 엽리면이 저각 및 중각의 경사를 보이는 백운모-석영 편암의 광범위한 산출 양상과 밀접한 관련성이 있는 것으로 해석되며(Fig. 1), F3 횡와 습곡작용은 F1 습곡측면과 평행한 S0 엽리면의 경사 성분을 분산시켜 S0 엽리면의 극점들을 F3 습곡축과 일치하는 북동-구간 방향계의  $\pi$ -축을 갖는  $\pi$ -원상에 배열시킨 것으로 해석된다.

D4 변형구조는 원남층의 대상분포 양상(NE-방향의 구조영역과 E-방향의 구조영역을 양 날개부로 하고 ENE-방향의 구조영역을 습곡축부로 하는 하나의 거대한 완사 내지 개방형 습곡 형태)과 유사한 개방형 습곡 내지 키크형 습곡으로 인지된다. 이는, 원남층의 대상분포 양상이 F4 습곡작용과 밀접한 관련성이 있음을 지시한다. 또한, F3 횡와 습곡축은 NE-방향의 구조영역(북동-남서 선주향)과 E-방향의 구조영역(동-서 선주향)에서는 비교적 일정한 방향성을 보여주는 반면에 ENE-방향의 구조영역에서는 전자와 후자 사이의 점이적인 방향성을 보여준다. 이러한 영역별 방향성 특성은 D3 변형 이전의 면구조와 선구조 요소들에서도 인지된다. D1-D3 변형 구조요소들의 이러한 영역별 방향성 특성은 역시 D3 변형 이후에 발생된 ENE-방향의 구조영역을 습곡축부로 하는 F4 습곡작용의 결과로 해석되고, 원남층의 대상분포 양상과 F4 습곡형태의 유사성으로부터 D4 변형 이전의 NE-방향 구조영역과 E-방향 구조영역의 방향성은 F4 습곡의 축부에 해당하는 ENE-방향 구조영역의 방향성과 평행하였음이 해석된다.

#### 4. 결 론

지금까지의 연구결과를 바탕으로 연구지역의 지질구조 발달사를 모식도로 도시해 보면 Fig. 2와 같고, 각 변형단계별 구조적 특성은 다음과 같이 요약된다.

1. D1 변형은 준 수평적인 습곡축과 고각-경사하는 습곡측면을 갖는 F1 등사습곡과 F1 습곡축에 평행한 선상배열을 보이는 부딩구조 형성과 관련된 변형작용이다. 이러한 변형작용은 이 지역에 광역적인 동북동-서남서 방향의 지질구조를 형성시켰다.

2. D2 변형은 북쪽으로 경사하는 원남층의 우세한 엽리면의 상부가 동북동쪽으로 이동하는 우수 주향 이동성 대규모 연성전단운동 발생기(각섬석 화강암이 관입된 이후)로서, 이러한 변형작용에 의해 압쇄구조면과 신장선구조 그리고 F1 습곡축과 고각으로 사교하는 습곡축과 F1 습곡측면에 대해 약 35° 반시계방향의 습곡측면을 갖는 주향 이동성 Z자형 비대칭 습곡이 형성되었다

3. D3 변형은 원남층의 우세한 엽리면의 상부가 경사 방향으로 떨어지는 정전단운동에 의해 경사-이동 전단대 및 F1 습곡축과 평행한 습곡축과 준 수평적인 습곡측면을 갖는 동북동 방향의 S자형 비대칭 습곡을 형성시켰다. F1 등사습곡에 중첩된 S자형 비대칭 F3 습곡은 연구지역의 중남부에 원남층의 백운모-석영 편암의 광범위한 산출양상을 초래하였다.

4. D4 변형은 NE-방향의 구조영역과 E-방향의 구조영역을 양 날개부로 하고 ENE-방향의 구조영역을 습곡축부로 하는 하나의 거대한 완사 내지 개방형 습곡 형성과 관련된

변형작용이다. 북동-남서 방향의 구조선과 동-서 방향의 구조선은 동북동-서남서 방향의 구조선을 습곡축부로 하는 F4 습곡작용에 의해 형성되었으며 D4 변형 이전에 이들 구조선의 방향성은 F4 습곡축부의 방향성과 평행한 동북동-서남서 방향이었다.

이러한 연구결과는 북동부 옥천대에서 동-서 방향 구조선과 북동-남서 방향 구조선의 선후관계와 형성시기[선동-서방향(트라이아스기), 후북동-남서방향(จู라기) 습곡구조선 형성론(김옥준, 1970; 강필중 외, 1976; 김정환과 최원학, 1990)과 선북동-남서방향(จู라기) 후동-서방향(백악기) 습곡구조선 형성론(정창희, 1976; 김봉균 외, 1986; 이재영과 박봉순, 1982)] 등의 논의와 비교 검토해 보는데 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

## 5. 참고문헌

- 강필중, 김의홍, 임정웅, 1976, Landsat-1 영상에 의한 태백산지역 지질구조와 암석분포 상태에 관한 연구(1). 지질학회지, 13, 53-70.
- 김봉균, 정창희, 백광호, 김정환, 김정률, 1986, 한반도 지각의 진화에 관한 연구(태백산 동부지역을 중심으로) 1편: 삼척탄전 동부의 층서, 고생물 및 지질구조. 지질학회지, 22, 21-39.
- 김옥준, 1970, 남한 중부지역의 지질과 지구조. 광산지질, 2, 73-90.
- 김정환, 최원학, 1990, 삼척탄전 증산-사북지역의 지질구조. 지질학회지, 26, 154-164.
- 손치무, 김수진, 1963, 한국지질도(1: 50,000), 춘양도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 28p.
- 이대성, 이하영, 1963, 한국지질도(1: 50,000), 예안도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 22p.
- 이재영, 박봉순, 1982, 백운산 향사 서단부의 구조계층과 습곡작용의 과정. 광산지질, 15, 41-47.
- 정창희, 1976, 삼척탄전의 지질구조. 학술원 논문집, 247-277.