

## 울진군 기성면지역에서 선캠브리아기 변성암류의 변형작용사: 예비연구

강지훈<sup>1\*</sup> · 김남훈<sup>2</sup> · 송용선<sup>2</sup> · 박계현<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> 부경대학교 환경지질과학과

### 1. 서론

소백산육괴의 동부에 해당하는 울진군 기성면 지역의 선캠브리아기 구성암류는 고기로부터 원남층, 평해 화강편마암, 하다 우백질 화강편마암 등으로 구분된다. 평해 화강편마암은 주로 이질 내지 사질 기원의 변성퇴적암류로 구성된 원남층을 관입하고 하다 우백질 화강편마암에 의해 관입되어 있으며, 상세한 야외지질조사 결과 이 지역 선캠브리아기 구성암류에는 여러 번의 변형작용에 의해 형성된 다양한 습곡 형태와 중첩된 습곡구조 그리고 연성전단대 형성과 관련된 압쇄구조 등이 관찰된다. 본 연구에서는 이들 주요 변형구조의 기하학적·운동학적 특성과 중첩된 변형구조들의 선후관계 등으로부터 규명된 울진군 기성면 지역 선캠브리아기 변성암류에 대한 변형작용사와 기존 연구결과를 바탕으로 고찰된 소백산육괴 구성암류에 대한 변형단계별 암석구조 발달사 및 구조적 특성과 각 변형단계별 상대적인 발생시기 등을 보고하고자 한다.

### 2. 지질개요

평해 지질도폭(김옥준 외, 1963)의 북동 일부 영역을 점하고 있는 기성면 지역의 선캠브리아기 변성암류는 원남층, 평해 화강편마암, 하다 화강편마암으로 구성되어 있다. 원남층은 이질 기원의 안구상 편마암, 호상 편마암, 운모 편암, 운모-규선석 편암과 사질 기원의 세립질 석영-장석-흑운모 편마암, 주입편마암, 규암 및 석영-견운모 편암, 각섬암 및 각섬석 편암 등으로 주로 구성되어 있으며 이 지역에 광범위하게 산출한다. 평해 화강편마암은 주로 안구상 내지 호상 및 반상 변정질 구조를 갖는 흑운모 화강편마암으로 구성되어 있고, 본 역의 북서부에서 원남층을 관입하며 동북동 방향으로 높은 V자형 분포를 보인다. 하다 화강편마암은 주로 우백질 화강편마암, 우백질 거정 화강편마암, 반화강암질 편마암 등으로 주로 구성되어 있고, 본 역의 중앙부에서 원남층과 평해 화강편마암을 관입하며 동북동 방향의 대상 분포를 보인다.

야외에서 인지되는 선캠브리아기 변성암류의 주요 변형구조들은 준 수평적인 습곡축과 중각-경사하는 습곡축면을 갖는 등사습곡(isoclinal fold), 중각-침강하는 습곡축과 중각 내지 고각-경사하는 습곡축면을 갖는 밀착습곡(tight fold), 연성전단운동에 의해 형성된 신장선구조와 S-C 압쇄구조면, 중각-침강하는 습곡축과 고각-경사하는 습곡축면을 갖는 개방습곡(open fold), 공역성 주향이동 단층과 층상단층 그리고 이에 수반된 끌림습곡(drag fold) 등으로 구분되며, 지질도상에서 인지되는 주요 단층으로는 북북동-남남서 방향의 서화산 단층이 있다.

### 3. 변형작용사

울진군 기성면 지역 선캠브리아기 변성암류의 변형된 암석 및 지질구조는 편마면 내지 편리(S0)가 형성된 이후 적어도 네 번의 변형단계를 걸쳐 형성되었다.

첫 번째 변형작용(D1)에 의해 S0 엽리가 습곡되어 형성된 F1 습곡은 준 수평적인 습곡축과 중각-경사하는 습곡축면을 갖는 등사습곡으로 나타나고, F1 습곡의 양 날개부를 구성하는 S0 엽리는 일반적으로 F1 습곡의 측면엽리(S1)로 완전히 전위되어 S1 엽리와 거의 평행한 복합엽리(S0-1)로 나타난다. S0-1 복합엽리는 이 지역의 광역엽리로 인지되고, S0-1 광역엽리는 구성암류의 대상 분포 방향과 유사한 주로 동북동 주향에 북쪽으로 중각 경사한다.

두 번째 변형작용(D2)은 S0-1 복합엽리 및 F1 등사습곡을 (재)습곡시키는 F2 습곡, 신장선구조, 압쇄구조면 등으로 인지된다. F2 습곡은 주로 밀착습곡 형태로 나타나고 D2 변형 정도가 심한 노두에서 F2 습곡은 등사습곡 내지 뿌리 없는 층간습곡 형태로 나타난다. F2 등사 내지 층간 습곡에서 양 날개부를 구성하는 S0-1 엽리는 F2 습곡의 측면엽리(S2)로 완전히 전위되어 S0-1 엽리와 거의 평행한 복합엽리(S0-1-2)로 나타난다. S0-1 편마구조에 발달하는 거정의 석류석은 D2 변형작용에 의해 변형되어 F2 습곡축면을 따라 신장되어 있으며, D2 변형 정도가 심한 노두에서는 F2 습곡축면을 전단면으로 하는 연성전단변형이 종종 관찰된다. F2 습곡축면은 S0-1 복합엽리의 방향성과 유사한 동북동 주향에 북쪽, 동서 주향에 남쪽, 북동 주향에 북쪽으로 중각 내지 고각-경사하는 다소 분산된 방향성을 보이고, F2 습곡축은 285°-315° 방향 범위에서 15°-40° 침강과 030°-070° 방향 범위에서 10°-40° 침강하는 방향성을 보인다.

세 번째 변형작용(D3)에 의해 형성된 F3 습곡은 S0-1(-2) 복합엽리와 압쇄구조면을 습곡시키는 개방습곡으로 인지된다. F3 개방습곡은 (북)북서 주향에 동-서로 고각-경사하는 습곡축면과 북쪽으로 중각-침강하는 습곡축을 갖는 (동)북동-(서)남서 방향의 압축 지구조 환경하에서 형성된 기하를 보인다.

네 번째 변형작용(D4)에 의해 형성된 구조요소는 남-북 방향의 압축 지구조 환경하에서 형성된 북북동 방향과 북북서 방향의 공역성 주향이동 단층과 동-서 방향의 층상단층 그리고 이들 단층운동에 수반된 F4 끌림습곡 등으로 인지된다. F4 끌림 습곡작용에 의해서는 S0-1 복합엽리의 부분적인 방향성 변화가 인지된다.

### 4. 결론 및 고찰

울진군 기성면 지역의 지질구조는 선캠브리아기 변성암류의 편마면 내지 편리가 형성된 이후 적어도 네 번의 변형단계를 거쳐 형성되었음을 알게 되었다. 지금까지 기재된 각 변형 단계별의 주요 특성을 요약하면 다음과 같다.

D1 변형은 북북서 방향의 압축 지구조 환경하에서 발생하여 동북동 방향의 준 수평적인 습곡축과 북쪽으로 중각 경사하는 습곡축면을 갖는 등사습곡과 광역엽리를 형성시켰다. D2 변형은 광역엽리의 상부가 동쪽으로 밀리는 우수 주향이동성 연성전단변형에 의한 준 수평적인 신장선구조와 압쇄구조면 그리고 서북서 내지 북동 방향으로 10°-40° 침강하는 습곡축과 북동에서 동북동 주향에 북쪽으로 중각 내지 고각 경사하는 습곡축면을 갖는 밀착습곡을

형성시켰다. D3 변형은 (동)북동-(서)남서 방향의 압축 지구조 환경하에서 북쪽으로 중각-침강하는 습곡축과 (북)북서 주향에 동-서로 고각-경사하는 습곡축면을 갖는 개방습곡을 형성시켰다. D4 변형은 남-북 방향의 압축 지구조 환경하에서 발생하여 북북동 방향과 북북서 방향의 공역성 주향이동 단층과 동-서 방향의 충상단층 그리고 이들 단층운동에 수반된 끌림습곡을 형성시켰다. 그리고 이러한 네 번의 변형작용은 광역엽리 S0-1의 방향성과 밀접한 관련성이 있다.

기존 연구결과(강지훈 외, 1997; 강지훈 외, 1998; 강지훈과 김형식, 2000, 강지훈 외, 2004)와 본 연구결과를 비교 분석하여 소백산육괴 구성암류에 대한 변형단계별 암석구조 발달사 및 구조적 특성과 각 변형단계별 상대적인 발생시기를 종합적으로 고찰해 보면 다음과 같다.

(1) D1 변형단계는 동북동 방향의 준 수평적인 습곡축과 북쪽으로 중각 내지 고각-경사하는 습곡축면을 갖는 등사습곡 형성기로서, 이러한 변형작용은 장군봉지역 평안층군의 동수곡층이 퇴적된 폐기 이후에 발생하여 소백산육괴를 구성하는 변성암류에 동북동 방향의 광역엽리를 형성시켰다.

2) D2 변형단계는 광역엽리면의 상부가 동북동 쪽으로 이동하는 우수 주향이동 연성전단 운동에 의해 동북동 방향의 신장선구조와 북동 방향의 비대칭 밀착습곡이 형성되는 시기로서, 예천전단대 형성과 관련된 D2 변형작용은 상운면지역 중생대 각섬석 화강암이 관입된 이후 - 장군봉지역 중생대 춘양화강암이 관입되기 이전에 발생하였다.

(3) D3 변형단계는 북북서 방향의 경사-정이동 전단대와 동북동 방향의 준 수평적인 습곡축과 저각-경사하는 습곡축면을 갖는 개방 내지 키크형 횡와습곡 형성기로서, 이러한 변형작용은 장군봉지역 중생대 춘양화강암의 관입 후기단계에 발생하였다.

(4) D4 변형은 동북동-서남서 방향의 압축 지구조 환경하에서 발생하여 D4 변형 이전의 동북동 방향의 지구조선을 거대한 완사 내지 개방형 경사 습곡작용에 의해 북동 방향의 지구조선과 동-서 방향의 지구조선으로 변화시켰다. 봉화군 상운면지역 북동 방향의 지구조선과 동-서 방향의 지구조선 형성은 D4 변형과 밀접한 관련이 있다.

(5) D5 변형은 남-북 방향의 압축 지구조 환경하에서 발생하여 동-서 방향의 공역성 충상단층과 북북서 및 북북동 방향의 공역성 주향이동 단층 그리고 이들 단층운동에 수반된 끌림습곡을 형성시켰다. 쿨라판과 태평양판의 상호작용과 관련된 동-서 방향과 남-북 방향의 압축 지구조환경하에서 백악기 경상분지의 형성 및 발달(Hilde et al., 1977; 황재하, 1994; Choi, 1998; Choi et al., 2002)을 고려해 볼때, 연구지역의 D3 변형과 D4 변형에 각각 해당하는 소백산육괴의 D4 변형과 D5 변형은 경상분지의 형성 및 발달과 관련된 백악기 지구조운동의 결과로 고찰된다. 그리고, 본 연구결과 울진군 기성면에는 소백산육괴의 D3 변형구조는 거의 관찰되지 않으며 예천전단대 형성과 관련된 D2 연성전단변형은 미약하게 관찰된다.

## 5. 참고문헌

- 강지훈, 김형식, 오세봉, 1997, 장군봉지역 선캠브리아대-고생대 변성퇴적암류의 지질구조 - 북부 소백산육괴의 중앙부 지역의 지각진화와 환경지질-. 암석학회지, 6, 244-259.
- 강지훈, 오세봉, 김형식, 1998, 장군봉지역 북부 소백산육괴의 고생대 변성퇴적암류에 대한 변형작용과 변성작용 사이의 상대적인 시간관계. 암석학회지, 7, 190-206.
- 강지훈, 김형식, 2000, 봉화군 상운면지역에서 북부 소백산육괴의 지질구조 해석. 암석학회지, 9, 254-270.
- 강지훈, 김남훈, 박계현, 송용선, 옥수석, 2004, 영양-울진지역 선캠브리아기 변성암류의 변형 작용사. 암석학회지, 13, 179-190.
- 김옥준, 홍만섭, 원종관, 박희인, 박양대, 김기태, 1963, 한국지질도(1:50,000) 평해도폭 및 설명서. 국립지질조사소, 28p.
- 황재하, 1994, 백악기초 이후 한반도 남동부에 작용한 고응력 복원. 지질학회지, 30, 27-34.
- Choi, P.-Y., 1998, Tectonic evolution of SE Korea since the Early Cretaceous. In Tectonic Evolution of East Asia: the first joint meeting of Japanese and Korean structure and tectonic group(eds. Koh, H.J. and Lee, B.J.), 113-121.
- Choi, P.-Y., Lee, S.R., Choi, H.I., Hwang, J.H., Kwon, S.K., Ko, I.S., and An, G.O., 2002, Movement history of Andong Fault System: Geometric and tectonic approaches. Geosciences Journal, 6, 91-102.
- Hilde, T.W.C., Uyeda, S. and Kroenke, L., 1977, Evolution of western Pacific and its margin. Tectonophysics, 38, 145-165.

## 6. 사사

이 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호: R01-2004-000-10825-0)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사를 드린다.