

## 평해-울진 지역 선캄브리아기 평해층과 원남층의 관계: 암석학, 지구화학, 변성작용 비교연구

김남훈\*, 송용선, 박계현

부경대학교 환경지질학과 (hoon@mail1.pknu.ac.kr)

### 1. 서론

소백산육괴 북동부 평해-울진 지역의 선캄브리아 기저는 평해, 기성, 원남층 등으로 구성된다. 1:5만 지질도에서는 평해, 원남층은 서로가 매우 유사한 암종으로 구성되어있으며, 이들 사이에 선캄브리아기 변성화산암체인 기성층이 부정합 관계를 갖고 존재하는 것으로 되어있다. 하지만 이번의 야외조사결과 이 지역 선캄브리아기 기반암의 건층(key bed)인 기성층이 전단변형에 의해서 생성된 압쇄암으로 관찰되었다. 이는 이전까지 알려진 이 지역의 층서 구분을 재검토 할 필요가 있음을 의미하며, 이를 위해 수행한 암석학 및 지구화학적 연구결과를 보고한다.

### 2. 지질개요 및 암석기재

소백산육괴 북동부인 평해-울진 지역의 선캄브리아기 기반암은 평해층, 기성층, 원남층 등으로 구성된다. 평해층은 안구상 편마암, 호상 편마암, 운모편암, 운모-규선석 편암, 결정질 석회암, 각섬암, 세립질 석영-장석-흑운모 편마암, 석영-견운모 편암으로 구성되어 있다. 원남층 역시 평해층과 그 구성암종이 거의 동일하다 (Table 1). 지질도폭(김옥준 외, 1963 등)등 기존 연구들은 선캄브리아기 변성화산암류로 구성된 기성층이 두 층 사이에 놓이는 것으로 보고, 평해층과 원남층의 관계를 부정합으로 해석하였다.

Table 1. 평해층과 원남층의 구성암종 비교표 (김옥준 외, 1963)

평해층	원남층
안구상편마암	안구상편마암
호상편마암	호상편마암
운모편암	운모편암
운모-규선석 편암	운모-규선석 편암
결정질 석회암	결정질 석회암
각섬암	각섬암 및 각섬석 편암
세립질 석영-장석-흑운모 편마암	세립질 석영-장석-흑운모 편마암
석영-견운모 편암	석영-견운모 편암 및 규암
	주입편마암
	흑연편암

이번 야외조사 결과 기성층의 암석들은 변성화산암이 아니라 심한 전단변형을 받아 생성된 압쇄암으로, 평해층과 원남층의 구조경계를 이루고 있음이 밝혀졌다. 광물들이 작게 부스러져있고, 전단운동 감각을 지시하는 반정들은  $\sigma$ 형 비대칭 압영구조를 보이며 약간

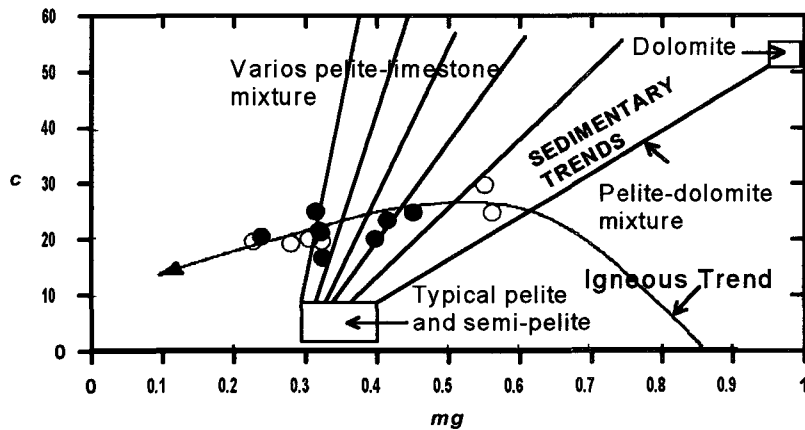


Fig. 1. Niggli mg-c plot ( $mg=Mg/(Ca+Mg+total\ Fe+Al)$ ,  $c=(Ca \times 100)/(Mg+Mn+total\ Fe)$  slightly modified after Leake(1964) for Pyeonghae(open circles) and Wonnam(solid circles) amphibolites.

씩 회전한 양상을 보이고 있으며, 일부의 지역에서는 전단응력이 집중되어 결정을 알아볼 수 없을 정도로 심하게 파쇄되어 검은색의 슈도타킬라이트(pseudotachylyte)화 된 부분도 흔히 관찰되었다. 현미경 관찰에서의 광물들은 물고기형 운모(mica fish)와 길게 신장되며 내부가 잘게 부스러진 석영들이 관찰되었다.

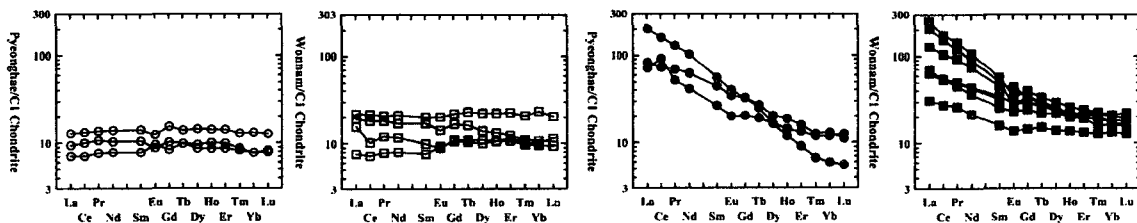


Fig. 2. ~REE patterns of amphibolites from Pyeonghae (open and solid circles) and Wonnam (open and solid squares) Formations.

### 3. 암석화학

각섬암은 평해층과 원남층 두 층의 주구성 암종 중의 하나이다. 두 층내의 각섬암들의 주원소와 미량 및 희토류원소를 XRF, ICP-MS로 분석하여 지구화학적 특성을 비교하였다.

각섬암의 기원을 알아보기 위해 도시한 Niggli의 mg-c 도표 상에서 연구지역의 각섬암들은 모두 화성기원의 양상을 나타내고 있다. 희토류원소의 패턴에서 연구지역의 각섬암들은 경희토류가 다소 부화된 그룹과 전체적인 희토류원소의 함량이 비슷한 그룹으로 나눌 수 있으며 각 층마다 두 가지 유형이 모두 산출한다(Fig. 2). 이와 같이 마그마 기원이 다른 것으로 판단되는 두 종류의 각섬암이 두 층에 모두 나타나는 것은, 화성활동이 일어

날 당시 두 층이 공존하였을 가능성을 시사한다.

#### 4. 변성작용

평해층과 원남층에 분포하는 각섬암과 화강암질 편마암 시료에서 각각의 공생광물군을 설정하여 변성온도압력 조건을 구하였다. 연구에 사용한 지질온도계로서는 Holland와 Blundy(1994)의 각섬석-사장석 지온계와 Graham과 Powell(1984)의 각섬석-사장석-석류석 지온계를 사용하였고, 지질압력계로서는 Ellis(1980)의 단사회석-사장석-각섬석 지압계를 사용하였다. 일부 공생광물군으로서 압력을 구할 수 없는 것에 대해서는 각섬암류의 성분과 압력의 관계도(Laird and Albee, 1981; Laird et al., 1984)에 도

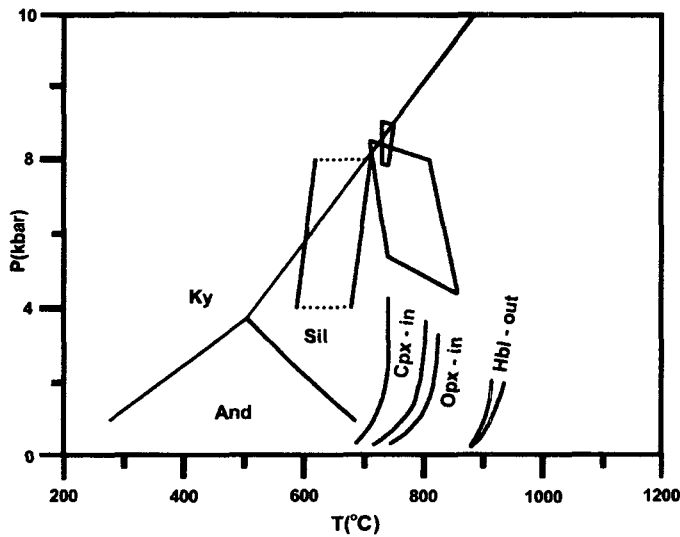


Fig. 3. P-T conditions of study area. Filled area is Pyeonghae Formation and open area is Wonnam Formation.

시하여 비교하였다. 구해진 변성온도압력 조건은 평해층이 700~850°C, 4~9kbar이고 원남층이 550~700°C, 4~8kbar(Fig. 3)이다. Cheong et al.(2000)이 원남층 내 석류석-운모 편암에서 구한 600-650°C의 온도는 이 연구의 결과와 잘 일치한다. 이 지역은 선캠브리아기에 앰피블라이트상 내지 상부 앰피블라이트상의 고도변성작용을 겪었으며, 북쪽의 원남층에서 남쪽의 평해층 분포지로 감에 따라 변성조건이 증가하는 경향을 보인다.

#### 5. 결론 및 토의

현재까지 보고된 바에 따르면 소백산육괴 북동부 선캠브리아기 기반암은 고기로부터 평해, 기성, 원남층의 순서이며, 이러한 관계 설정에 주요한 역할을 하는 기성층이 변성 화산암으로 알려져 있었다. 하지만 이번의 연구에서 전단변형에 의해 심하게 파쇄된 구조경계임이 밝혀졌다.

평해층과 원남층에서 산출하는 각섬암은 화성기원이며, 희토류원소의 패턴은 경희토류 원소가 부화된 것과 전체적인 희토류원소의 함량이 크게 변화가 없는 것 두 가지 패턴을 보이는데, 이러한 패턴이 두 층에서 동일하게 나타났다. 이러한 점으로 미루어볼 때, 이 지역에 산출하는 각섬암의 기원 마그마가 최소 2가지 이상임을 알 수 있었고, 이러한 마그마의 화성활동 시기에 두 층이 공존했다는 것을 의미한다.

각 층의 변성조건은 연구지역의 남쪽에 위치한 평해층은 700~850°C, 4~9kbar이고, 상대적으로 북쪽에 위치한 원남층은 550~700°C, 4~8kbar로 다소 낮은 온도조건을 보인다.

이상의 연구결과에서, 평해층과 원남층은 이전까지 알려진 것과 같이 시간적인 선후관계를 가지는 다른 층이라기 보다는 동일한 시기에 만들어졌으며 동일 변성작용을 경험한 층으로 판단된다. 변성온도의 차이는 변성작용시의 지역적 변화를 나타내는 것으로 생각된다.

## 6. 참고문헌

- 김형식, 이상만, 김영겸, 박찬수, 김성준, 장호완, 1991. 한국 북동부 원생대의 화성활동과 변성작용 -분천 화강암질 편마암과 평해 화강암질 편마암과의 비교 연구-. 지질학회지, 27, 614-625.
- 이상만, 김형식, 1984. 소위 울리층군 및 원남층군의 변성암석학적 연구 -태백산일대를 중심으로-. 지질학회지 20, 195-214.
- Blundy, J.D. and Holland, T.J.B., 1990, Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 104, 208-224.
- Cheong, C.-H., Kwon, S.-T., Park, K.-H., 2000. Pb and Nd isotopic constraints on Paleoproterozoic crustal evolution of the northeastern Yeongnam massif, South Korea. Precambrian Research, 102, 207-220.
- Ellis, D.J. 1980, Osumilite-sapphirine-quartz granulite from Enderby Land, Antarctica: P-T conditions of metamorphism, implications for garnet-cordierite equilibria and the evolution of the deep crust. Contributions to Mineralogy and Petrology, 74, 201-210.
- Laird, J., Albee, A.L., 1981, High pressure metamorphism in mafic schist from northern Vermont. American Journal of Science, 281, 97-126.
- Laird, J., Albee, A.L., 1981, Pressure-temperature and time indicators in mafic schist: their application to reconstruction the polymetamorphic history of Vermont. American Journal of Science, 281, 127-175.
- Powell, R. and Holland, TJB., 1985, An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 1. Methods and a worked example. Journal of Metamorphic Geology., 3, 327-342.