Jour. Petrol. Soc. Korea
Vol. 5, No. 2, p. 168~187, 1996

장군봉 일대 선캠브리아대-고생대 변성퇴적암류의 다변성작용 - 북부 소백산육괴의 중앙부 지역의 지각진화와 환경지질 -

김기영 · 김형식 · 오창환[1] · 박찬수[2] · 강지훈[3] · 류영복

고려 대학교 지구 환경 과학과, [1]전북대학교 지질학과
[2]기초 과학 지원 연구소, 안동대학교 지질학과

요 약 : 연구지역인 장군봉-삼근리 일대 선캠브리아대의 암석들에는 고생대 이전에 적어도 세 차례의 광역 변성 작용이 있었다. 연구 지역의 고생대 변성 퇴적암류는 고생대 이후 세 차례의 변성 작용을 받았으며 그 첫 번째는 저압형의 광역 변성 작용이고 두 번째는 춘양 화강암의 관입에 의해 형성된 접촉 변성 작용이며 세 번째는 장군봉 남쪽의 드러스트에 의한 중압형 변성 작용이다. 그 첫 번째의 변성 작용은 본 지역을 우세하게 지배하는 변성 분대를 형성시켰으며 변성 정도가 남쪽에서부터 북쪽으로 클로리토이드대, 십자석대, 석류석대, 십자석+흑운모대, 홍주석+흑운모대의 순서로 증가한다. 고생대 이후 두 번째의 접촉 변성 작용은 춘양 화강암 주변의 선캠브리아대의 태백산 편암 복합체와 고생대 변성 퇴적암류에 동시에 영향을 주었으며 접촉부 주위에 매우 좁게 한정되어 인지된다. 세 번째 있었던 변성 작용은 남정석을 형성시켰으며 장군봉 남쪽에 동서 방향으로 발달한 드러스트 주변 지역에 한정되어 영향을 미쳤다.

핵심어 : 변성 분대, 광물 조합, 구조 운동 이후의(post-tectonic), 드러스트

서 언

경상북도 봉화군 소천면의 장군봉 일대는 북부 소백산 육괴의 중앙 남부에 해당하며 남서쪽으로는 쥬라기의 춘양 화강암에 의해 관입 당하고 있다(Fig. 1). 장군봉 일대는 연, 아연, 은 등의 금속 광상이 발달하고 있는 관계로 비교적 기존의 연구가 많은 편이다. 이 지역의 고생대 암석은 연구 지역의 북쪽인 강원도 지역의 거의 변성을 받지 않은 고생대 퇴적층과는 달리 세 차례 이상의 변성 작용이 인지된다.

본 지역에 대한 그 간의 연구로는 김옥준 외(1962), 이대성(1967), 황인전(1968), 황덕환과 Reedman (1975), 김형식(1975), 이현구(1980), Imai *et al.* (1982), 김기영(1984), 안건상 외(1993), 및 양판석과 조문섭(1995) 등이 있다. 그 중에 광역 변성 작용에 관한 연구로는 김형식(1975)에 의한 김천 울진 일대 광역 변성 작용에 관한 연구가 있다. 그는 광역 변성 작용의 시기를 고생대에서 중생대 초기로 보고 김천 울진 일대의 암석을 녹색 편암상, 녹렴석 앰피볼라이트상, 및 앰피볼라이트상으로 나누었는데 본 지역 고생대 변성 퇴적암류는 대부분 녹렴석 앰피볼라이트상에 속한다. 접촉 변성 작용에 대한 연구로는 이현구(1980), Imai *et al.*(1982), 이현구 외(1992), 안건상 외(1993)와 양판석과 조문섭(1995) 등이 있다. 이현구 외(1992)는 북동쪽의 율리층을 포함한 고생대 퇴적암류 내의 변성 분대를 변성 광물의 출현과 소멸에 따라 녹니석-석류석대, 십자석대, 규선석대로 나누었다. 안건상 외(1993)는 서쪽의 춘양 화강암의 관입에 의한 접촉 변성 작용에 의해 변성 분대가 녹니석대, 십자석대, 홍주석대와 규선석대로 나뉘어 진다고 주장하였다. 녹니석대에서는 석류석이 첨가되고 십자석이 출현하지 않고 십자석대는 십자석과 녹니석이 공존하며 홍주석이나 흑운모가 나오지만 이들이 공존하지는 않는다고 하였다. 홍주석대에서는 홍주석과 흑운모가 공존하며 십자석도 산출된다고 하였다. 규선석대에서는 규선석과 흑운모가 출현하며 십자석이 출현하지 않고 홍주석의 잔류물이 규선석과 함께 나오기도 한다고 하였다. 양판석 과 조문섭(1995)은 연구 지역에 두 차례에 걸친 광역 변성 작용과 그 후에 한 차례의 접촉 변성 작용이 있었으며 접촉 변성 작용에 의해 다섯 개의 변성 분대, 흑운모대, 석류석대, 십자석대, 홍주석대, 그리고 규선석대가 발달하였고 접촉 변성 작용 후

마지막으로 후퇴 변성 작용이 있다고 하였다.

본 연구 지역은 수차례의 서로 다른 변성 작용에 의해 그 변성 분대를 나누기가 힘들어 앞에 기술한 바와 같이 기존 연구의 결과가 서로 일치하지 않는 점이 많다. 이번 연구의 목적은 기존 연구에 비해 넓은 지역에서 수집된 충분한 자료를 연구함으로써 본 지역에서 일어난 다변성 작용의 특성을 밝히고 각 변성 작용에서 평형을 이루는 광물군을 근거로 하여 변성 분대를 설정하고 또한 변성 작용의 온도 · 압력 · 시간의 역사를 규명하는데 있다.

지질 개요

본 역의 지질은 장군봉 남쪽에 널리 분포하는 태백산 편마암 복합체, 그를 부정합으로 덮는 현동 편마암 복합체, 그리고 현동 편마암 복합체의 일부가 화강암화 작용을 받아 형성된 분천 화강암질 편마암(이상만과 김형식, 1984),이들을 부정합으로 덮는 태백산 편암 복합체, 그리고 이들을 다시 부정합으로 덮는 조선 누층군과 평안층군 및 이들 암류를 관입한 쥬라기 이후의 화성암들로 구성되어 있다(Fig. 1).

장군 광산 일대의 변성암류들의 층서에 관해 삼근리 도폭(김옥준외, 1963)에서는 단사 구조로 생각하여 연구 지역의 고생대의 층서를 선캠브리아대의 하부 원남통을 아래로부터 정합적으로 원남층, 동수곡층, 장군 석회암층, 두음리층으로 나누고, 이를 부정합으로 율리통이 피복하고 그 위에 조선계 장산 규암층이 부정합으로 피복한다고 하였다. 황인전(1968)은 동수곡층과 두음리층의 암상의 유사함으로 미루어 동일 층준에 속하는 것으로 하여 운모 편암층에 포함시키고 등사 향사 구조로 해석하여 장군 석회암을 그 하부층으로 보고, 재산층이 이들을 부정합으로 덮고 태백산 편암층이 재산층의 상위에 놓이는 것으로 하였다. 황덕환과 Reedman(1975)은 일련의 층들이 북동쪽으로 경사를 보이지만 전체적으로 역전되었다고 생각하여 장산 규암층, 두음리층, 장군 석회암층, 동수곡층, 재산층의 순서로 보고 함백 지역의 조선계 층서에 대비하였다. 그 후 이현구(1980) 및 Imai *et al.*(1982)도 황덕환과 Reedman(1975)과 같은 견해를 나타냈다. 이현구(1980)는 장산 규암의 역이 북쪽에서 발견되는 점, 두음리층의 분급 층리, 장군 석회암층의 상 하부 성분 차, 및 탄을 함유하는 재산층의 평안계 사동통에의 대비 등의 증거를 들어 본 역의 구조가 역전임을 지시하였다. 김기영(1984)도 장군봉 일대의 지질 구

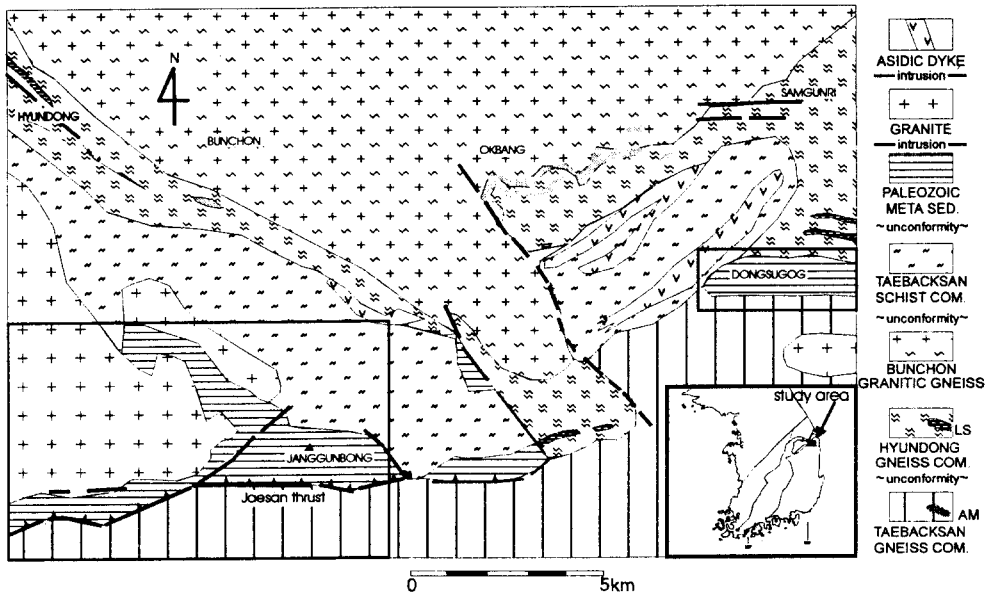

Fig. 1. Geologic map around the Janggunbong area. The Janggunbong and Dongsugog areas are studied in detail for polymetamorphism.

조에 관하여 층리, 편리 및 변성 작용에 근거하여 고생대 이후의 변성 퇴적암들과 선캠브리아대의 변성 퇴적암들과의 사이에 부정합을 설정하고 구조적으로도 역전된 등사 향사 습곡으로 해석하였다.

장군봉 주변 재산층에서는 엽리가 재 습곡을 받은 구조가 흔히 관찰된다(Fig. 2). 이는 평안계 퇴적 이후 두 세 차례의 구조 운동이 있었음을 시사한다. 1차 습곡의 축은 2차 습곡에 의해 교란되어 있으며 NW와 NE 두 방향이 우세하다. 2차 습곡은 본 역의 전체적인 지층 분포 방향을 지배할 뿐 아니라 이 방향과 일치하는 지역적인 작은 습곡이 나타나며 현미경하에서도 이와 같은 미습곡 구조가 잘 인지된다. 한편 화강암체와 두음리층 또는 재산층이 인접한 곳에서는 2차 습곡의 엽리면 형성 후에 접촉 변성 작용에 의해 후기에 형성된 홍주석의 반상 변정이 잘 인지된다(Fig. 3). 따라서 2차 습곡은 춘양 화강암의 관입 이전에 형성되었음을 알 수 있다. 본 역의 남부에는 재산 단층을 비롯하여 대규모의 동서 방향의 단층들이 발달하였다. 이 단층들은 일부에서 화강암체를 절단하므로 화강암의 관입 이후에 형성된 것임을 알 수 있다(Fig. 4). 이 단층면을 따라서 마일로나이트화 된 암석이 곳곳에서 발견된다(Fig. 5).

연구 지역의 남쪽에는 선캠브리아대의 최하부 암석인 태백산 편마암 복합체가 동서 방향으로 길게 분포하고 북동부에서는 N60°E의 방향으로 분포하며 그 주향과 경사는 N75° E~EW, 50~80° N이다. 본 복합체는 북측으로는 고생대 변성 퇴적암류와 단층으로 접한다. 복합체는 과거 울진 지질 도폭 설명서(윤석규와 신병우, 1963)에서 기재되었던 원남통 중 최하부층인 원남층에 해당하며 태백산 서부의 태백산 편마암 복합체(이상만과 김형식, 1984)에 대비된다.

이상만과 김형식(1984)은 현동 지역의 연구를 통해 과거 조사자들에 의해 명명된 소위 율리층군 중에서 결정질 석회암을 협재하는 편암류 또는 편마암류를 구

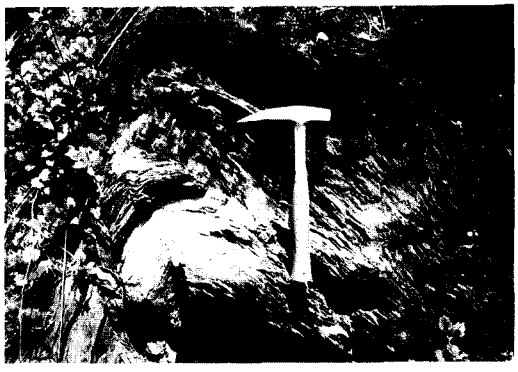

Fig. 2. Fold and crenulation cleavage in Jaesan Formation.

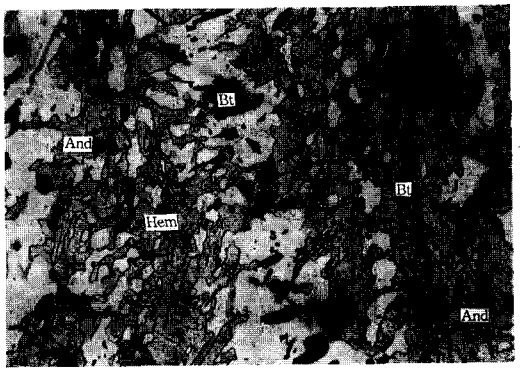

Fig. 3. Post-tectonic andalusite(And) in the west of Janggunbong area. Open nicol, x40, Bt; Biotite, Hm; Hematite.

Fig. 4. Shear zone in the Chunyang Granite at Galsan.

Fig. 5. Mylonite in the Jaesan formation formed by Jaesan Thrust. Crossed nicols, x40.

분하여 현동 편암 복합체라고 명명하였다. 이는 주위의 태백산 편마암 복합체 등과는 퇴적 환경이 전혀 다른 상태에서 그 기원 퇴적암이 퇴적되었으며 지질시대 또한 상이할 것으로 사료되어 구분된 것이다. 본 암석은 연구 지역에서 북쪽으로 갈수록 편암에서 편마암, 미그마타이트질 편마암 그리고 분천 화강암질 편마암으로 점이적인 변화를 보인다. 본 연구에서는 암상과 변성상을 고려하여 옥방에서 삼근리에 이르는 과거 원남통이라 명명하였던 편마암류들을 포함하여 현동 편마암 복합체라 명명한다. 그 이유는 신암, 옥방, 삼근리 지역에서도 현동 지역에서와 마찬가지로 점이적으로 미그마타이트질 편마암화하는 경향을 보이며 점차로 분천 화강암질 편마암으로 변하고 있고 간간이 석회암을 협재하고 있기 때문이다. 엽리는 본 역 서부에서는 N60° W 주향에 40~60° N 경사를, 동부에서는 다소 불규칙한 엽리를 보인다. 이 암류는 태백산 편마암 복합체를 부정합으로 피복하고 태백산 편암 복합체와 조선누층군의 변성 퇴적암에 의해 부정합으로 피복 당해 있다. 본 암류의 구성 암석으로는 규선석-백운모-흑운모 편암, 석류석-흑운모-백운모 천매암, 결정질 석회암과 칼크 편암, 앰피볼라이트 등이 있다.

분천 화강암질 편마암은 과거 삼근리 도폭 조사자들(김옥준 외, 1963)에 의해 화성 기원으로 알려져 왔고 이상만과 김형식(1984)은 화강암화 작용에 의해 형성된 것으로 보았다. 홍영국(1985)은 분천, 석포 일대의 화강암질류에 대한 성인에 대하여 암석 지화학 자료를 근거로 하여 화강암 내의 화강 섬록암질류가 낮은 비율로 부분 용융되어 생성되었다고 하였으며 이는 선캠브리아대의 높은 열류량과 관련된 부분용융(anatexis)에 의한 것으로 사료된다고 보고한 바 있다. 본 암석의 Rb/Sr 전암에 의한 절대 연령은 2,079±4~2,107±3 Ma로 보고되어 있고, $^{87}Sr/^{86}Sr$은 0.7082±0.0007과 0.7056±0.0006으로 보고되어 있다(홍영국, 1985; 주승환과 김성재, 1985).

태백산 편암 복합체는 삼근리 도폭(김옥준 외, 1963)에서 율리통으로 명명되었고 이상만과 김형식(1984)에 의해 태백산 편암 복합체로 명명되었다. 이상만과 김형식(1984)은 태백산 지역에서 태백산 편암 복합체가 태백산 편마암 복합체와는 부정합 관계임을 보고한 바 있다. 본 복합체는 율리와 통고산 일대에 길게 분포하며 전자는 N60° W 주향에 60~80° NE 경사, 후자는 N50° E 주향에 60~80° NW 또는 SE 경사를 보인다. 본 복합체는 남쪽으로는 장군봉 일대에서 조선 누층군의 장산 규암에 의해 부정합으로 피복되며, 서쪽에서는 춘양 화강암에 의해 관입당하고 있다. 북쪽으로는 현동 편마암 복합체를 부정합으로 덮고 통고산 남쪽 부근에서는 태백산 편마암 복합체를 직접 부정합으로 덮는다. 본 복합체는 이질 또는 사질 기원의 편암 내지 천매암으로 구성되며 과거에 소위 율리통이라 명명한 암석 가운데 결정질 석회암을 협재하지 않는 부분에 해당한다. 본 암은 주로 흑운모, 백운모, 녹니석, 사장석, 석영 등으로 구성되고 홍주석, 석류석, 십자석 등의 반상 변정을 보인다. 두음리 부근 화강암과의 접촉부에서는 규선석이 나타난다. 현미경하에서 운모류는 미습곡 구조를 잘 보여주며 홍주석 반정은 이 미습곡이 형성되기 전에 생성되었음을 보여준다.

조선 누층군은 장군봉 일대와 동수곡 일대에 소규모로 분포하며 과거 삼근리 도폭 조사자들에 의해 선캠브리아대의 암석으로 기재된 적도 있다. 본 층군은 하부로부터 장산 규암층, 두음리층, 장군 석회암층의 순서로 역전된 모습을 보여준다. 장산 규암층은 북측으로는 태백산 편암 복합체를 부정합으로 덮으며 두음리층에 의해 부정합으로 덮이고 일부는 화강암류에 의해 관입 당한다. 장산 규암은 우백색의 규암으로 지역적으로 회색의 층리면을 나타낸다. 장산 규암을 정합적으로 덮는 두음리층은 층리면과 편리면은 거의 일치하는데 그 주향은 N50~70° NE이다. 구성암은 암녹색의 이질 천매암이며 결정질 석회암을 수 매 협재한다. 두음리층은 심한 미습곡 구조를 보이며 춘양 화강암과의 접촉부에는 이들 구조를 유지한 채 홍주석의 반상 변정이 형성된 곳도 있다. 이는 본 역의 미습곡 구조를 형성한 구조 운동이 끝난 후에 화강암이 관입한 것임을 알 수 있다. 주 구성 광물은 십자석, 녹색의 흑운모, 백운모, 녹니석, 녹렴석, 석영 및 화강암의 관입 후기에 형성된 홍주석, 전기석 등이 있다. 장군 석회암층은 장군봉 일대와 동수곡 일대에 동서 방향으로 분포하며 장군봉 지역에서는 두음리층 위에 정합적으로 놓이고 동수곡 지역에서는 태백산 편암 복합체 위에 부정합으로 놓여 있다. 장군 석회암층의 주향과 경사는 N50~70° W, 45~70° NE이다. 장군봉 지역의 북측에 분포하는 장군 석회암층의 하부는 규

질 석회암을 협재하는 회백색의 석회암으로 되어 있고 남측에 분포하는 본 층의 상부는 결정질 석회암, 층식 석회암, 백운암질 석회암 등으로 구성되어 있다. 동수곡 일대에서는 장군 석회암층의 상부에 이질의 천매암과 석회암층이 반복되다가 상부로 갈수록 천매암이 우세해 진다. 장군 석회암층과 춘양 화강암의 접촉부에서는 연, 아연, 은 광상이 배태되어 있다.

평안층군은 소위 동수곡층과 그 상부의 재산층으로 구성되어 있으며 본 역의 지질 구조상 동서 방향의 습곡축을 갖는 등사 향사 구조의 가장 중심부 최상부에 위치하며 남쪽으로는 태백산 편마암 복합체와 단층으로 접하고 있다. 하부 층인 소위 동수곡층은 장군 석회암층을 부정합으로 덮고 있으며 층리와 편리는 심히 교란되어 지역마다 다양하게 나타난다. 우세한 편리면의 주향, 경사는 조선 누층군과 일치하는 것이 많고 N50~10° E 주향에 60° NE~70° SE 경사인 것이 있다. 장군봉 지역의 소위 동수곡층은 대체로 사질 기원의 석영-백운모 편암, 흑주석-백운모 편암, 석류석-십자석 편암, 십자석-남정석 편암 등으로 이루어져 있다. 본 층위에 정합적으로 놓인 재산층도 암상이 비슷한 경우가 많아 동수곡층과 재산층간에 경계가 명확하지 않지만 동수곡층은 탄층이 협재되지 않는 암층까지로 한정하였다.

지금까지 보고된 문헌에서는 장군봉지역의 소위 동수곡층에 대해 동수곡에 분포하는 조선계에 속하는 층에 대비하였으나 암상이 이와는 현저하게 다르고 본 역에서는 장군 석회암과의 부정합이 인지되지만 동수곡에서는 점이적으로 변화하고 있으며 동수곡에서는 그 상부에 탄층을 협재하는 재산층이 존재하지 않는 점등으로 미루어 동수곡에 분포하는 조선계의 편암류와는 구분해야 할 것이며 새로운 명명이 요구된다. 소위 동수곡층을 정합적으로 덮는 재산층은 장군봉 남부에 동서 방향으로 길게 분포하며 남쪽으로는 태백산 편마암 복합체와 재산 단층에 의해서 접한다. 재산층에는 두 매의 탄층을 협재하며 구조적으로 두 세 차례의 교란을 겪었다. 황인전(1968)은 이들 두 층을 등사 향사 구조에 의하여 단일 탄층이 반복되어 있는 것으로 생각했다. 본 층은 백색의 규암, 운모 편암, 십자석-남정석 편암, 십자석-석류석 편암, 흑연 편암 등으로 구성되며 평안계의 사동통에 대비될 수 있을 것이다. 그 중 이질 내지 사질암 부분은 높은 알루미늄 값을 보인다.

본 역의 서측에 광범위하게 관입한 춘양 화강암은 쥬라기의 대보 화강암에 해당되며 백운모를 이용한 K-Ar연대는 136±4.2~147±4.5 Ma이다(이현구 외, 1992).

변성 작용

연구 지역의 다변성작용을 연구하기 위해서 Fig. 6에서와 같이 넓은 지역에서 260여개의 암석을 채취하였다(Fig. 6). 연구 지역의 선캠브리아대 변성 퇴적암류로부터 고생대 이전에 적어도 세 차례의 변성 작용이 인지된다. 신암 부근의 현동 편마암 복합체에서는 구성 암석이 흑주석+흑운모의 조합이 나타나는 천매암 내지 편암인데 반하여 바로 인접한 태백산 편마암 복합체에서는 변성도가 높은 규선석 석류석 등의 광물이 나타나는 호상 편마암이다. 이는 태백산 편마암 복합체와 현동 편마암 복합체 사이에 부정합이 존재한다는 것을 시사한다. 현동 편마암 복합체와 태백산 편암 복합체 사이에도 현저한 변성 정도의 차이와 암상의 차이를 보인다. 현동 지역의 현동 편마암 복합체에서는 편암에서 시작하여 북쪽으로 갈수록 미그마타이트질 편마암으로 변하며 춘양 화강암과 멀리 떨어진 여우천 부근에도 백운모와 장석 가운데 침상의 규선석이 관찰되는 반면 연구 지역내 태백산 편암 복합체에서는 전체적으로 흑주석+흑운모 또는 그 이하 온도의 변성 광물 조합이 관찰된다. 이러한 변성도와 변성도 변화의 양상 차이, 및 암상의 차이는 태백산 편암 복합체와 현동 편마암 복합체가 서로 다른 변성 작용을 받았으며 이들 두 복합체 사이에 부정합이 존재한다는 것을 시사한다. 이상의 결과를 종합하면 태백산 편마암 복합체는 고생대 이전에 적어도 세 차례, 현동 편마암 복합체는 고생대 이전에 적어도 두 차례, 그리고 태백산 편암 복합체는 고생대 이전에 적어도 한 차례의 변성을 받았음을 인지할 수 있다

연구 지역의 고생대 변성 퇴적암류 또한 적어도 세 차례의 변성 작용이 인지된다. 고생대층의 주변부로는 선캠브리아대의 태백산 편암 복합체, 현동 편암 복합체, 태백산 편마암 복합체 등이 분포하는데 장군봉 북서쪽을 제외하고는 이들 암석과는 변성 정도가 확연히 구분됨으로써 선캠브리아대와 고생대에 있었던 변성

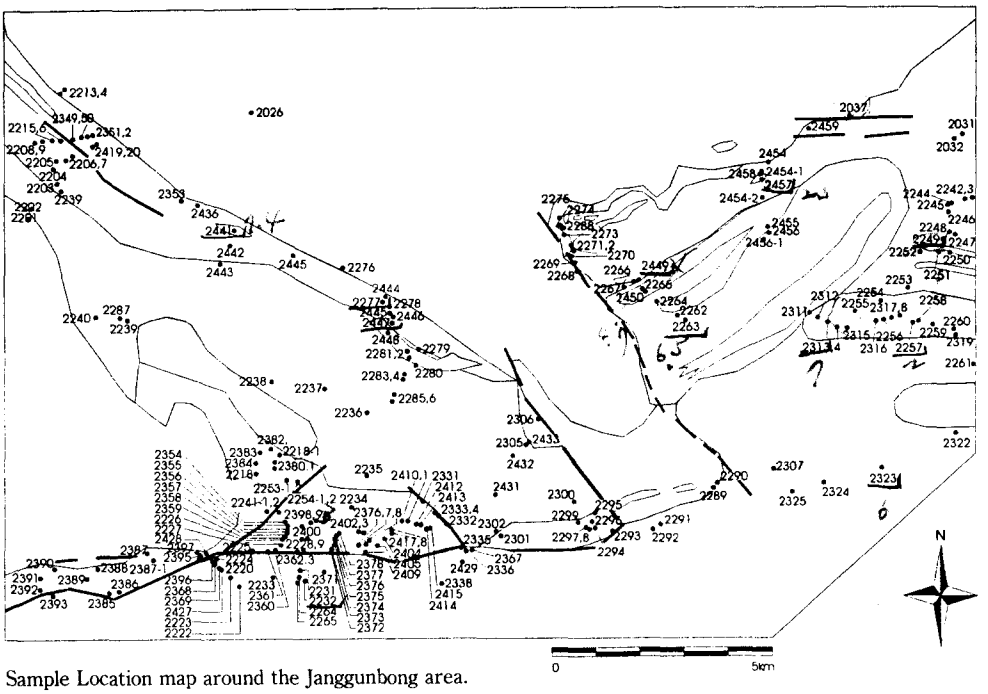

Fig. 6. Sample Location map around the Janggunbong area.

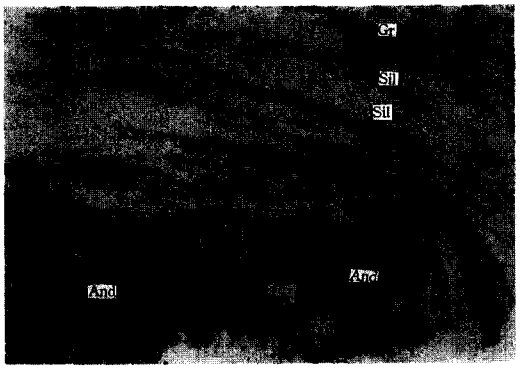

Fig. 7. Pre-tectonic andalusite(And) at the Dongsugog Formation in the south-west of Janggunbong area. Open nicol, x40, Sil; Sillimanite, Gr; Graphite.

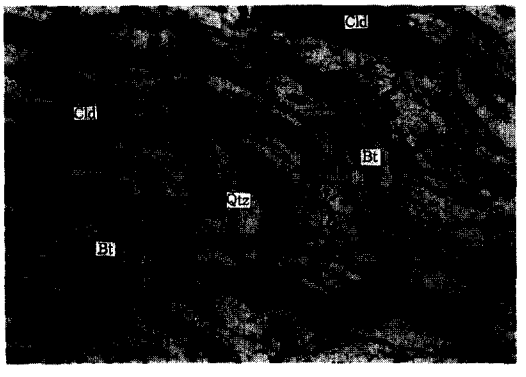

Fig. 8. Folded cleavage which consisted of biotite(Bt) and chloritoid(Cld). Open nicol, x40.

작용을 구별할 수 있다. 장군봉 북부의 태백산 편암 복합체에는 흥주석과 흑운모가 공존하는 변성상이 넓게 분포하는데 반해서 장군봉 일대의 고생대 층에 대하여는 클로리토이드대에서부터 흥주석+흑운모대에 이르기까지 좁은 범위 내에서 다양한 변성 분대가 세분되는 특징을 갖는다. 이는 고생대 이후의 광역 변성작용이 선캠브리아대에 일어난 변성 작용보다 변성도가 높지 않아 연구 지역의 선캠브리아대 변성암의 광물군에 큰 영향을 주지 못함을 지시한다. 고생대층의 변성 작용은 변성 광물들의 형태로 구별이 가능한 경우에는 그 형태에 따라 종류별로 구별하였다(Fig. 9).

본 연구 지역의 고생대 변성 퇴적암층에는 적어도 세 차례의 변성 작용이 인지된다. 첫 번째는 중생대 초기에 장군봉 지역 전체에 걸쳐 일어난 저압형의 광역 변성 작용으로써 이 변성 작용의 결과 연구 지역에 가장 중요한 영향을 미친 변성 분대가 형성되었다. 이 때 형성된 광물은 구조 운동 이전에 또는 구조 운동과

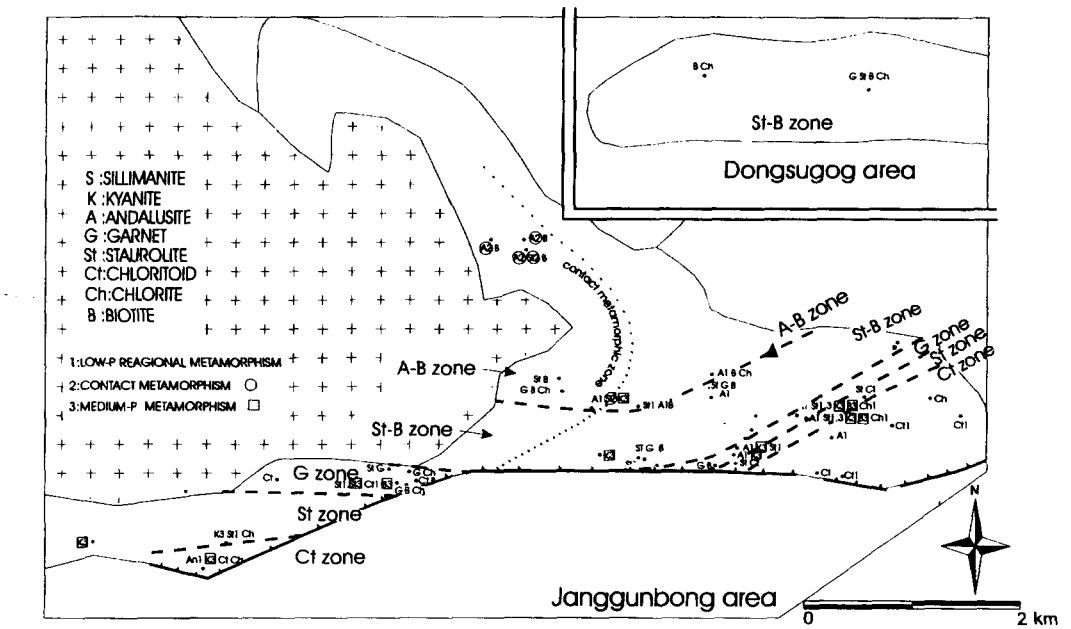

Fig. 9. Mineral assemblage map showing five metamorphic zones of Paleozoic metasedimentary rocks in the Janggunbong and Samgunri area, Dotted line: Contact metamorphic zone, Broken line: Low-pressure regional metamorphic zone.

동시에 형성된 양상을 보인다(Fig. 7). 이 저압형의 광역 변성 작용에 의해 형성된 광물의 생성과 소멸을 근거로 본 연구 지역을 클로리토이드대, 십자석대, 석류석대, 십자석+흑운모대, 홍주석+흑운모대의 다섯 개의 변성 분대로 나누었다(Fig. 9). 두 번째는 춘양 화강암의 관입에 의해 형성된 접촉 변성 작용으로서 그 범위는 매우 한정적이어서 화강암의 관입 접촉 부분 근처에 제한된다. 이때 형성된 광물의 형태는 2차 구조 운동 이후에 형성된 양상을 보여준다(Fig. 3, Fig. 10). 특히 접촉 변성 작용에 의하여 형성된 홍주석은 작은 습곡 구조를 포함하며 성장한 형태에 의해 안구상으로 발달하는 광역 변성 작용시에 형성된 홍주석과는 구분된다. 이 접촉 변성 작용으로 인해 형성된 광물은 홍주석, 규선석, 십자석, 석류석 등이며 두음리 부근의 태백산 편암 복합체도 화강암체 접촉부에서 접촉 변성작용에 의해 국부적으로 영향을 받았다. 세 번째는 연구 지역 남쪽에 태백산 편마암 복합체와 고생대 변성 퇴적암류의 경계에 발달한 드러스트에 의한 영향으로 홍주석이 남정석으로 전이하는 중압형 변성 작용의 특징을 보인다(Fig. 11). 이때에 형성된 광물은 재산 단층을 형성시킨 구조 운동과 동시 또는 이후에 형성된 양상을 보이는 남정석, 십자석, 흑운모

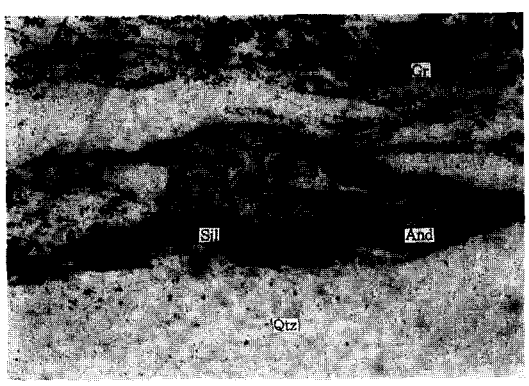

Fig. 10. Sillimanite(Sil) created after pre-tectonic andalusite(And) by contact metamorphism. Open nicol, x 40, Gr; Graphite, Qtz; Quartz.

등이 있다. 남정석의 분포는 동서 방향의 재산 단층선에 따라 대상으로 분포하며 재산 단층으로부터 멀리 떨어진 북쪽 재산층이나 두음리층 또는 태백산 편암 복합체에 나오는 홍주석에는 전혀 영향을 미치지 않았다. 이는 3차 변성작용이 재산 단층 주변에만 영향을 주고 있음을 지시한다. 장군봉 서남서쪽 약 5 km에 위치하는 갈산 지역의 춘양 화강암에서 소규모의 단층대가 발견되는 것과, 춘양 화강암의 분포가 동서방

향의 단층 구조선에 의해 영향을 받지 않은 것으로 보아 접촉 변성작용 이후에 남정석을 형성시키는 중압형의 변성 작용이 있었을 것으로 생각된다.

본 연구지역에서 가장 우세하게 나타나는 첫 번째의 저압형 광역 변성 작용에 따른 각 변성 분대별 광물 공생관계는 Table 1과 같고 광물군을 이용하여 분류된 각 변성 분대의 특징은 다음과 같다.

클로리토이드대

본 연구 지역내 남쪽에 위치하며 가장 변성도가 낮은 곳이다. 특징적인 광물은 클로리토이드, 녹니석, 홍주석+클로리토이드+녹니석 조합 등이다. 이 지역에서는 십자석이 출현하지 않는다. 클로리토이드는 녹색의 다색성을 나타내는 것이 흔하지만 거의 무색 인것도 발견된다. 클로리토이드는 보통 편리를 이루며 나타나나 편리와 사교하는 것도 있다. 지역적으로는 클로리토이드를 형성하는 편리가 약간의 습곡을 받은 곳도 있다. 이 분대를 구성하는 광물 조합을 AFM도에 표시하면 Fig. 12-(A)와 같다. 또 이 분대의 온도-압력 영역을 P-T도표에 표시하면 Fig. 13-(A)와 같다.

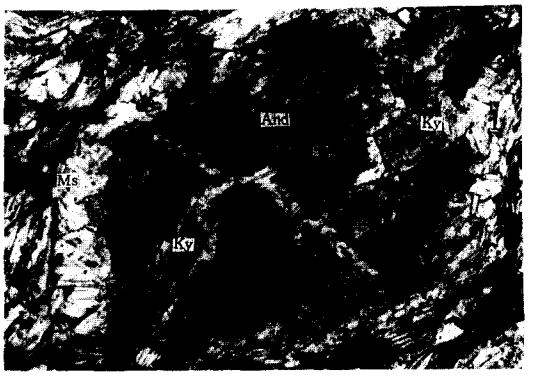

Fig. 11. Kyanite(Ky) created after pre-tectonic andalusite (And). Open nicol, x40, Ms; Muscovite.

십자석대

십자석대는 클로리토이드대의 북쪽에 좁은 대상의 분포를 보인다. 특징으로는 십자석의 처음 출현을 들 수 있다. 이 분대에서 나타나는 광물군은 십자석+녹니석 조합, 십자석+홍주석+녹니석 조합, 십자석+클로리토이드 조합 등이다. 이 변성 분대의 시작하는 반응은 클로리토이드+홍주석=십자석+녹니석+H_2O이다(Spear and Cheney, 1989). 이 변성 분대에서는 흑운모를 발견하지 못하였다. 춘양 화강암 접촉부에 있는 두음리층에는 접촉 변성 작용 시에 형성된 홍주석과 십자석이 있는데 이 표품은 십자석대를 형성하는 변성 작용과는 무관하다. 십자석은 구조 운동 이전 또는 동시에 형성된 모양을 보이며 석영 입자를 포함하며 비교적 자형에 가깝다. 이 분대를 구성하는 대표적인 광물 조합을 AFM도에 나타내면 Fig. 12-(B)와 같고 온도-압력 영역은

Table 1. Mineral paragenesis of Paleozoic metasedimentary rocks around the Janggunbong area. A heavy line indicates that the minerals are common and abundant and a broken line indicates that those are rare.

Mineral\Zone	Chloritoid zone	Staurolite zone	Garnet zone	St+B Zone	A+B Zone
Quartz	———	———	———	———	———
Muscovite	———	———	———	———	———
Andalusite	———	———	———	———	———
Chlorite	———	———	———	———	- - - - - -
Chloritoid	———	———	———		
Biotite		- - - - - -	———	———	———
Staurolite		———	———	———	———
Garnet			———	———	———
St+B				———	———
A+B					———

St; Staurolite, B; Biotite, A; Andalusite

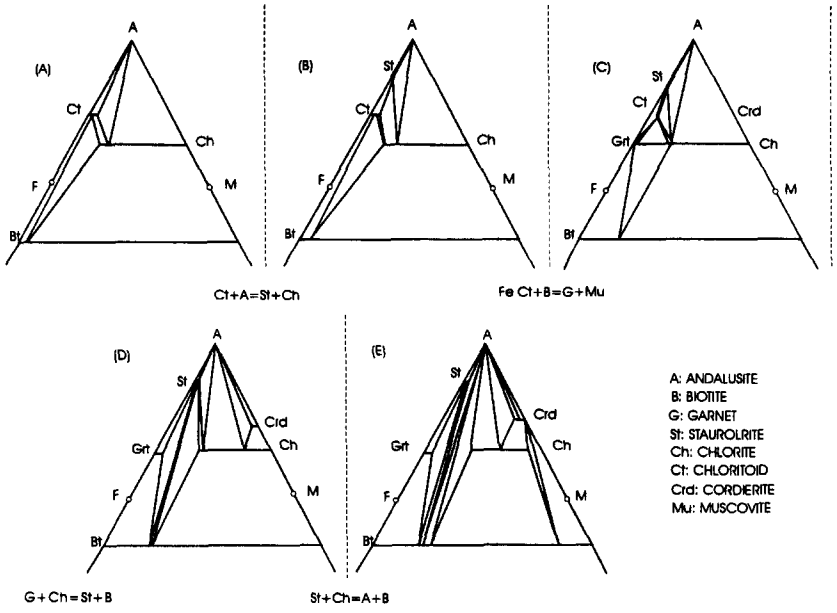

Fig. 12. Phase diagrams show the evolution of mineral assemblages for the first metamorphism after Paleozoic era in the Janggunbong area. (A); Chloritoid Zone, (B); Staurolite Zone, (C); Garnet Zone, (D); Staurolite+biotite Zone, (E); Andalusite+Biotite Zone (Modified from Spear,1993).

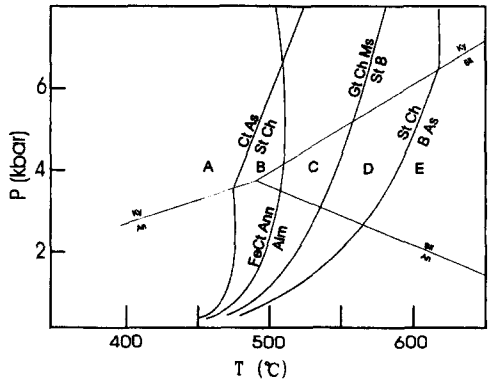

Fig. 13. Petrogenetic grid for the Janggunbong area. Ann; Annite Labels are correspond to Fig. 12 (Modified from Spear,1993).

Fig. 13-(B)와 같다.

석류석대

석류석대는 십자석대와 북쪽으로 인접하며 좁은 대상의 분포를 나타낸다. 석류석대는 석류석의 처음 출현을 특징으로 하였다. 이 분대에서 나타나는 광물 조합은 석류석+흑운모, 석류석+흑운모+녹니석, 석류석+십자석, 석류석+녹니석, 십자석+클로리토이드, 십자석+홍주석, 십자석+홍주석+녹니석 등이 있다. 십자석대와 석류석대의 경계 반응은 Fe-클로리토이드+애나이트=알만딘+백운모+H_2O이다. 석류석은 주로 구조 운동과 동시에 형성된 모습을 보이며 십자석과는 서로 섞여서 나타나기도 한다. 시료 2367에서는 십자석1+흑운모3+클로리토이드1(숫자는 각 순서에 따른 변성 작용 임)이 나타나는데 이는 고생대 퇴적이후에 있었던 첫 번째의 변성 작용에서 십자석과 클로리토이드가 형성된 후 고생대 퇴적이후에 있었던 세 번째의 변성 작용에서 흑운모가 형성되고 십자석의 일부가 재형성되면서 만들어진 불안정한 광물 조합을 나타내는 것으로 보인다. 시료 2401과 2402에서는 홍주석1+십자석1,3+남정석3+흑운모3+녹니석1의 광물 조합이 나타나는데 이는 고생대 퇴적이후에 있었던 첫 번째의 변성 작용에서 홍주석+십자석+녹니석 조합이 형성된 후 고생대 퇴적이후에 있었던 세 번째의 변성 작용에서 남정석+십자석+흑운모의 조합으로 바뀌면서 잔류 광물이 아직 남아 있는 형태를 하고 있다. 이 분대에 나타나는 대표적인 광물 조합을 AFM도에 나타내면 Fig. 12-(C)

와 같고 온도-압력의 범위는 Fig. 13-(C)와 같다.

십자석+흑운모대

십자석+흑운모대는 석류석대의 북쪽으로 대상 분포를 보인다. 이 분대의 특징은 십자석과 흑운모가 공존하는 것이며 클로리토이드는 보이지 않는 광물군의 특징을 가진다. 이 분대에 나타나는 광물 조합은 십자석+흑운모+석류석, 십자석+흑운모+녹니석, 십자석+홍주석+녹니석, 십자석+흑운모, 십자석+석류석, 홍주석 등이다. 이 분대의 특징적인 경계 반응은 다음과 같다: 석류석+녹니석=십자석+흑운모+H_2O. 십자석과 석류석의 공존양상을 현미경하에서 관찰하면 구조 운동 이전에 또는 동시에 형성된 모습을 보인다. 홍주석의 경우에는 구조 운동 이전에 형성된 양상을 나타낸다. 이 분대에서 나타나는 광물 조합은 Fig. 12-(D)의 AFM도에 나타내었다. 온도-압력의 범위는 Fig. 13-(D)와 같다.

홍주석+흑운모대

홍주석+흑운모대는 홍주석과 흑운모가 공존하는 영역이며 본 지역에서 고생대 암석에 영향을 미쳤던 첫 번째의 변성 작용 중에서 가장 변성도가 높은 변성 분대이며 장군봉 지역의 가장 북쪽에 위치한다. 홍주석+흑운모대에서 나타나는 광물 조합은 홍주석+십자석+흑운모, 홍주석+흑운모+녹니석, 등이다. 홍주석+흑운모대의 경계 반응은 다음과 같다: 십자석+녹니석=흑운모+홍주석+H_2O. 홍주석+흑운모대 내에 석류석+흑운모+녹니석의 조합이 나타나는데 이는 녹니석이 후퇴 변성의 결과 만들어진 것으로 생각된다. 홍주석+흑운모대의 더 북쪽으로는 장산 규암과 태백산 편암 복합체가 분포하므로 그 이전 범위까지를 분대로 하였다. 이 분대에서 나타나는 광물 조합은 Fig. 12-(E)의 AFM도에 나타내었다. 온도-압력의 범위는 Fig. 13-(E)와 같다.

광물 각론

본 역에 나타내는 광물들의 화학 성분을 파악하기 위해 15개의 박편에 대하여 전자 현미 분석을 시행하였다. 분석은 고려대학교 전략 광물 자원 쎈타(CMR)의 JEOL JXA SUPER PROBE 733기종을 사용하였으며 분석시 사용된 표준 물질은 자연산과 인공 합성물을 사용하였다. 분석 조건은 15 kV의 가속 전압, 10 nA의 측정 전류, 분석점의 직경은 5 μm이다.

석류석

석류석은 본 연구 지역에 다양하게 나타내며 각 암석별로 또 성인별로 다양한 모습을 보인다. 태백산 편마암 복합체에서는 석류석이 전 지역에 걸쳐 나타나며 대체로 동력 변성 작용을 받아 안구상의 반정으로 출현한다. 석류석의 내부에는 석영이나 흑운모가 포획되어 있는 경우가 있고 석류석의 깨진 면을 따라 녹니석을 흔히 볼 수 있다. 크기는 직경 1~3 mm에 달한다. 현동 편마암 복합체에서 석류석은 삼근리 남쪽 부근에 일부 관찰되는데 모양은 거의 육각형의 자형을 보이며 크기는 직경 0.02~0.03 mm로 작다. 현동 편마암 복합체 내의 석류석은 중심부가 많이 변질된 모습을 보이며 주변의 흑운모를 치환하면서 후기에 성장하는 모습을 보인다. 태백산 편암 복합체에서는 석류석이 전체 지역에서 나타나나 통고산 남쪽에서는 직경 1 mm 정도의 크기로 육각형의 자형 모습을 보이며 석영의 포획을 관찰하면 구조 운동과 동시에 형성된 양상을 나타냄을 알 수 있다. 율리 부근에서는 0.01 mm 내외의 직경을 보이며 구조 운동 이전에 형성된 양상을 보인다.

고생대의 암석 중에서 석류석은 광역 변성 작용시 석류석대, 십자석+흑운모대, 그리고 홍주석+흑운모대 등에서 그리고 접촉 변성 작용시에 접촉 변성대에서 나타난다. 고생대 이후 광역 변성 작용시 형성된 석류석의 모양은 구조 운동 이전 혹은 동시에 형성된 양상을 보인다. 석류석은 흔히 십자석과 섞여서 공존하는 양상을 나타내며 석영이 흔히 포유되어 있다. 크기는 직경이 0.2~2 mm정도로 다양하다. 동수곡층의 석영 편암 내에서 나오는 석류석은 0.2~0.7 mm의 장축 길이를 보이며 모양은 매우 불규칙한 타형을 하고 있다. 재산 단층이 지나는 대곡 부근에서는 십자석과 공존하면서 길게 신장된 모습을 보이고 신장된 방향의 수직으로 깨어짐이 발달한다. 각 암석별 석류석의 화학 조성은 Table 2와 같

Table 2. Chemical composition of garnets in the metasedimentary rocks around the Janggunbong area.

Formation	Tae-gn.	Tae-gn.	Tae-gn.	Hyundong	Hyundong	Tae-sch.	Tae-sch.	Tae-sch.	Tae-sch.	Tae-sch.	Tae-sch.	Jaesan	Jaesan	Jaesan	Jaesan	Jaesan	Dongsugon
Location	2323	2221	2221	2252	2252	2262	2262	2262	2262	2283	2283	2228	2228	2228	2228	2228	2258
SiO_2	38.24	36.84	36.94	36.77	37.18	36.85	36.98	37.23	36.56	36.91	36.94	36.65	36.06	35.94	36.20	36.10	37.95
TiO_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Al_2O_3	21.15	20.96	20.95	20.25	20.91	20.53	20.65	20.22	20.65	20.35	20.77	20.61	20.19	20.39	20.33	20.31	20.07
FeO	30.12	33.53	32.80	26.53	26.54	28.08	29.34	27.98	28.51	30.33	29.43	37.78	38.21	38.02	37.43	38.49	30.63
MnO	1.79	1.54	0.75	12.34	11.88	8.89	8.51	9.31	8.87	7.86	9.50	1.19	1.35	1.12	0.97	1.09	7.17
MgO	2.84	2.74	3.87	1.45	1.18	1.52	1.36	1.50	1.38	1.90	1.67	1.43	1.58	1.31	1.15	1.03	2.46
CaO	6.07	3.38	3.84	1.95	2.58	3.53	3.32	3.60	3.22	1.65	1.22	2.43	2.27	2.14	3.31	2.72	0.84
Na_2O	0.29	0.33	0.24	0.22	0.00	0.26	0.00	0.30	0.00	0.35	0.28	0.00	0.22	0.27	0.22	0.00	0.00
Total	100.50	99.32	99.39	99.51	100.27	99.66	100.16	100.14	99.19	99.35	99.81	100.09	99.88	99.19	99.61	99.74	99.14
TSi	3.02	2.97	2.95	3.00	3.02	2.99	3.00	3.01	2.99	3.01	3.00	2.98	2.94	2.95	2.96	2.96	3.10
TAl	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.06	0.05	0.04	0.04	0.00
AlVI	1.97	1.96	1.93	1.95	2.00	1.95	1.97	1.92	1.98	1.95	1.99	1.96	1.88	1.92	1.91	1.92	1.93
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe_2	1.99	2.26	2.19	1.81	1.80	1.91	1.99	1.89	1.95	2.07	2.00	2.57	2.61	2.61	2.56	2.64	2.09
Mg	0.34	0.33	0.46	0.18	0.14	0.18	0.16	0.18	0.17	0.23	0.20	0.17	0.19	0.16	0.14	0.13	0.30
Mn	0.12	0.11	0.05	0.85	0.82	0.61	0.59	0.64	0.62	0.54	0.65	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.50
Ca	0.51	0.29	0.33	0.17	0.22	0.31	0.29	0.31	0.28	0.14	0.11	0.21	0.20	0.19	0.29	0.24	0.07
Na	0.04	0.05	0.04	0.04	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.06	0.04	0.00	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00
Sum_B	3.01	3.04	3.07	3.05	2.99	3.05	3.03	3.07	3.02	3.04	3.01	3.04	3.12	3.08	3.09	3.08	2.96
$Fe_2/(Fe_2+Mg)$	0.86	0.87	0.83	0.91	0.93	0.91	0.92	0.91	0.92	0.90	0.91	0.94	0.93	0.94	0.95	0.95	0.88
XMg	0.11	0.11	0.15	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.10
Xfe	0.67	0.76	0.72	0.60	0.60	0.63	0.66	0.63	0.65	0.69	0.68	0.85	0.84	0.86	0.84	0.86	0.71
XMn	0.04	0.04	0.02	0.28	0.27	0.20	0.19	0.21	0.20	0.18	0.22	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.17
Xca	0.17	0.10	0.11	0.06	0.08	0.10	0.10	0.10	0.09	0.05	0.04	0.07	0.06	0.06	0.10	0.08	0.03

Total Fe as FeO. $X_{Mg}=Mg/(Mg+Fe_2+Mn+Ca)$, $X_{Fe}=Fe_2/(Mg+Fe_2+Mn+Ca)$, $X_{Mn}=Mn/(Mg+Fe_2+Mn+Ca)$, $X_{Ca}=Ca/(Mg+Fe_2+Mn+Ca)$; Tae-gn, Taebacksan Gneiss Complex ; Hyundong, Hyundong Gneiss Complex ; Tae-Gn, Taebacksan Schist Complex.

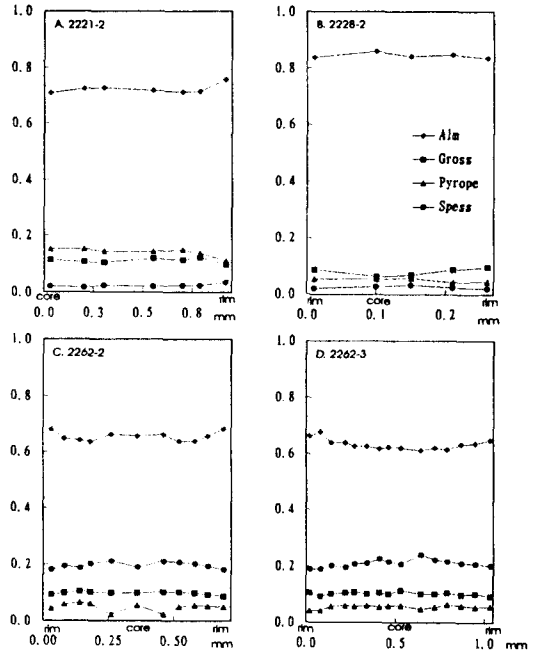

Fig. 14. Composition profiles of garnets around the Janggunbong area. A, Taebacksan gneiss complex ; B, Jaesan Formation of Paleozoic metasedimentary rooks ; C and D, Taebacksan schist complex.

고 대표적인 각 암석에 대한 석류석의 단면 성분 변화는 Fig. 14에 나타내었다. 선캠브리아대의 태백산 편마암 복합체에서는 알만딘(Fe)의 성분이 71~76 mole%이고, 현동 편마암 복합체에서는 60 mole%, 태백산 편암 복합체에서는 61~68 mole%로 낮은 반면 고생대의 재산층 중 십자석+흑운모대에 나타나는 석류석에서는 71~86 mole%에 이른다. 특히 장군봉 남쪽의 재산층에서는 84~86 mole%의 높은 알만딘 양을 나타낸다. 그로슐라(Ca)의 경우는 태백산 편마암 복합체에서 11~17 mole%로 비교적 높으며 그 외의 지층들에서는 3~10 mole%의 값을 보인다. 파이로프(Mg) 성분은 태백산 편마암 복합체에서 11~15 mole%로 비교적 높은 값을 나타내며 현동 편마암 복합체에서는 5~6 mole%, 태백산 편암 복합체에서는 5~8 mole%, 고생대 재산층에서는 4~6 mole% 비율을 보인다. 스페설틴(Mn) 성분은 현동 편마암 복합체에서 27~28 mole%, 태백산 편암 복합체에서는 18~22 mole%로 비교적 높은 값을 나타내나 태백산 편마암 복합체에서는 2~4 mole%, 고생대 재산층에서는 2~3 mole%로 낮은 값을 나타낸다.

장군봉 남쪽에 재산층과 접하는 태백산 편마암 복합체의 석류석은 중심부에서 외곽에 이르기까지 모든 성분이 거의 일정하다가 최 외곽부 일부에서 알만딘과 스페설틴의 값이 증가하고 그로슐라와 파이로프 성분이 감소한다(Fig. 14-A). 이는 고생대 이후의 재산 드러스트로 인해 상반인 태백산 편마암 복합체가 상승할 때 압력과 온도가 하강하는 것을 시사한다. 이에 반해 재산층 석류석의 그로슐라 성분이 증가하는 것은 하반인 재산층에서 압력이 상승하였음을 지시한다.

십자석

십자석은 태백산 편암 복합체의 일부에서 그리고 고생대 변성 퇴적암류의 십자석대, 석류석대, 십자석+흑운모대, 홍주석+흑운모대에서 다양하게 출현한다. 태백산 편암 복합체에서는 율리 부근에서 약간 나타나는데 그 형태는 태백산 편암 복합체의 엽리 형성 이후에 만들어진 양상을 보인다. 이는 선캠브리아대의 변성 시기에 만들어진 것이 아니라 그 후기에 고생대 이후 첫 번째 있었던 저압형의 변성 작용을 받을 때 형성되었을 가능성이 높다. 고생대 변성 퇴적암류 중에 나오는 십자석은 세 가지 종류의 광물 형태를 보이는데 춘양 화강암과 인접한 지역(시료 2381)에서는 미습곡 구조 이후에 형성된 모양을 보이며 접촉부에서 떨어진 그 외의 지역에서는 구조 운동(아마도 재산 단층에 의한) 이전 또는 구조 운동과 동시에 형성된 모습을 보인다. 특히 십자석대, 석류석대, 그리고 십자석+흑운모대에 출현하는 십자석 중에서 남정석과 공존하는 십자석의 경우는 구조 운동 이전에 형성된 것과 구조 운동과 동시에 형성된 것이 공존한다. 이는 고생대 이후 있었던 첫 번째의 저압형 광역 변성 작용 후에 고생대 이후 있었던 세 번째의 중압형 변성 작용을 다시 받음으로써 나타나는 양상으로 여겨진다.

흑운모

흑운모는 연구 지역의 거의 모든 암석에서 나타난

Table 3. Chemical composition of biotites in the metasedimentary rocks around the Janggunbong area.

Formation Location	Tae-gn. 2221-2	Tae-gn. 2320-2	Huyn-dong 2205-1	Huyn-dong 2205-1	Huyn-dong 2208-2	Huyn-dong 2252-1	Huyn-dong 2252-2	Tae-sch. 2203-1	Tae-sch. 2262-2	Tae-sch. 2262-3	Tae-sch. 2282-1	Jaesan 2228-1	Jaesan 2228-2	Jaesan 2228-3	Dong-sugog 2257-1	Dong-sugog 2258-1	Dong-sugog 2313-2
SiO_2	35.29	36.42	35.17	35.25	35.15	35.03	35.60	33.88	35.12	35.81	35.06	34.07	3392	32.81	35.31	35.81	35.01
TiO_2	4.30	3.06	2.29	1.65	1.64	1.51	1.36	1.62	0.86	1.41	1.55	1.98	0.62	1.93	0.80	1.48	2.43
Al_2O_3	17.37	15.05	18.66	18.26	18.61	18.47	19.74	19.24	17.71	17.73	18.92	19.31	19.68	18.51	14.35	18.97	15.70
FeO	20.91	18.39	17.58	19.31	19.79	20.07	18.05	21.17	21.42	19.69	21.42	24.91	24.01	25.49	23.46	19.14	21.75
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
MgO	8.10	10.90	9.82	10.39	8.01	8.94	10.47	8.75	9.01	8.44	8.05	6.64	6.23	5.82	9.70	9.74	8.43
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.27	0.34	0.34	0.30	0.24	0.42	0.59	0.29	0.00	0.37	0.37	0.27	0.28	0.00	0.42	0.17	0.00
K_2O	9.52	9.20	9.54	9.69	9.66	9.56	8.67	8.38	8.34	8.58	9.53	8.67	7.33	8.36	8.55	8.72	9.27
Total	95.76	93.36	93.40	94.85	93.49	94.00	94.48	93.33	92.87	92.03	94.90	95.85	92.07	92.92	92.59	94.24	92.59
Cation per 22 oxygens																	
Si	5.40	5.65	5.43	5.41	5.49	5.44	5.40	5.30	5.53	5.63	5.42	5.29	5.41	5.29	5.66	5.48	5.58
AlIV	2.60	2.35	2.57	2.59	2.51	2.56	2.60	2.70	2.47	2.37	2.58	2.71	2.59	2.72	2.34	2.52	2.42
AlVI	0.54	0.40	0.82	0.71	0.91	0.82	0.93	0.85	0.81	0.91	0.87	0.81	1.11	0.80	0.38	0.90	0.52
Ti	0.50	0.36	0.27	0.19	0.19	0.18	0.16	0.19	0.10	0.17	0.18	0.23	0.07	0.23	0.10	0.17	0.29
Fe_2	2.68	2.39	2.27	2.48	2.58	2.61	2.29	2.77	2.82	2.59	2.77	3.23	3.20	3.43	3.15	2.45	2.90
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Mg	1.85	2.52	2.26	2.38	1.87	2.07	2.37	2.04	2.11	1.98	1.86	1.54	1.48	1.40	2.32	2.22	2.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.08	0.10	0.10	0.09	0.07	0.13	0.17	0.09	0.00	0.11	0.11	0.08	0.09	0.00	0.13	0.05	0.00
K	1.86	1.82	1.88	1.90	1.92	1.9	1.68	1.67	1.67	1.72	1.88	1.72	1.49	1.72	1.75	1.70	1.88
Mg/(Fe+M)	0.41	0.51	0.50	0.49	0.42	0.44	0.51	0.42	0.43	0.43	0.40	0.32	0.32	0.29	0.42	0.48	0.41
Xmg	0.33	0.45	0.40	0.41	0.34	0.36	0.41	0.34	0.36	0.35	0.33	0.26	0.25	0.24	0.39	0.39	0.35
Xfe	0.48	0.42	0.40	0.43	0.47	0.46	0.40	0.47	0.48	0.46	0.49	0.56	0.55	0.59	0.53	0.43	0.51
Xti	0.09	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03	0.05
Xal	0.10	0.07	0.15	0.13	0.16	0.15	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15	0.14	0.19	0.13	0.06	0.15	0.09

$X_{Mg}=Mg/(Mg+Fe_2+Ti+Alvi)$, $X_{Fe}=Fe_2/(Mg+Fe_2+Ti+Alvi)$, $X_{Ti}=Ti/(Mg+Fe_2+Ti+Alvi)$, $X_{Al}=Alvi/(Mg+Fe_2+Ti+Alvi)$, Abbreviations are in Table 2.

다. 그러나 고생대의 변성 퇴적암류 중 클로리토이드대에서는 볼 수 없었고, 십자석대에서는 단 한군데(2402)를 제외하고는 흑운모가 나타나지 않는다. 태백산 편마암 복합체에서는 가장 짙은 다색성의 방향에서 붉은 색조를 띠며 부분적으로 녹니석화 되어 있다. 현동 편마암 복합체에서는 지역적으로 다른 양상을 보이는데 현동 부근의 편마암에서는 가장 짙은 다색성의 방향에서 붉은 색을 띠며 입자도 장축이 0.5~1 mm정도로 큰 반면 동쪽인 삼근리 지역에서는 갈색을 띠며 입자의 크기는 장축이 0.1~0.2 mm정도로 작다. 태백산 편암 복합체에서는 대부분 편리를 이루며 가장 짙은 다색성의 방향에서 갈색을 띠고 입자는 장축이 0.1 mm내외이다. 고생대층에서는 가장 짙은 다색성의 방향에서 보통 녹갈색의 색조를 보인다. 흑운모도 구조 운동 이전에 형성된 것과 구조 운동과 동시에 형성된 것으로 구분되는 것이 있다. 크기는 장축이 0.1~0.5 mm이며 흑운모의 가상을 갖는 녹니석이 발달해 있기도 하다. 흑운모에 대한 화학 분석치는 Table 3에 나타내었다. 태백산 편마암 복합체, 현동 편마암 복합체, 태백산 편암 복합체 및 동수곡층의 십자석+흑운모대에서 Mg/(Mg+Fe)는 0.40~0.51인데 반해 재산층의 십자석+흑운모대에서 출현하는 흑운모에서는 0.29~0.32의 낮은 값을 보인다.

백운모

백운모는 거의 모든 암석에서 출현한다. 선캠브리아대의 태백산 편마암 복합체에서는 소량의 백운모가 관찰되며 현동 편마암 복합체에서는 편리면을 가로지르는 후기에 형성된 백운모가 장축 2~5 mm 정도의 크기로 나타나며 그 내부에는 침상 또는 섬유상의 규선석이 흔히 관찰된다. 태백산 편암 복합체에서는 흑운모와 함께 편리를 이루는 주요 광물로 크기는 장축이 2 mm 정도의 판상으로 주로 나타난다. 태백산 편암 복합체 내의 홍주석 변정 중에는 많은 양의 홍주석이 백운모화한 부분이 관찰되는데 이는 백운모들에서 홍주석으로 형성되는 과정일 가능성도 배제할 수 없다. 백운모는 고생대 변성 퇴적암류의 모든 변성 분대에서 볼 수 있다. 장산 규암층에는 바나듐을 함유하는 녹색의 백운모가 관찰된다. 단층 부근에서는 백운모가 0.1~0.2 mm의 장축 길이를 갖는 침상의 편리를 형성하며 홍주석, 십자석, 석류석의 주변을 안구상으로 둘러싸면서 발달한다. 이것은 아마도 남정석을 형성시킨 변성 작용 당시에 구조 운동에 의해서 형성되었을 것으로 사료된다.

녹니석

녹니석도 역시 본 연구 지역의 전체 암석에 걸쳐 출현한다. 선캠브리아대의 녹니석은 흑운모 내부에서 일부 녹니석화한 것과 석류석의 깨진 면 사이에 나타나는 것, 홍주석의 변정 내에 나타나는 것 등이 있다. 고생대의 변성 퇴적암 중에는 구조 운동 이전에 형성된 안구상의 형태도 있고 판상의 편리를 이루는 것도 있으며 흑운모에서 변화한 것들도 나타난다. 각 암석별로 화학분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 태백산 편암 복합체에서는 Mg/(Mg+Fe)의 비가 0.43, 현동 편마암 복합체에서는 0.54~0.55, 태백산 편암 복합체에서는 0.35~0.37, 고생대 변성 퇴적암층에서는 0.09~0.37에 이르기까지 넓은 범위를 보인다. 특히 고생대의 동수곡층에서 이렇게 넓은 값의 분포를 보이는 것은 두 가지 형태의 녹니석이 존재하기 때문이다. 현미경 하에서 녹색의 다색성을 갖는 녹니석에서는 0.36~0.37의 값을 가지는데 반해서 현미경 관찰에서 흑운모처럼 갈색의 다색성을 가지는 녹니석의 경우는 0.12~0.15의 값을 보인다. 이는 두 종류의 녹니석이 서로 성인이 다르다는 것을 시사하며 전자는 석류석과 공존하는 평형을 이룬 반면, 후자는 흑운모에서 녹니석으로 변화하면서 형성된 것으로 보인다.

홍주석

홍주석은 선캠브리아대 지층에서는 태백산 편암 복합체에서 넓게 분포하며 고생대 변성 퇴적암류에서는 다섯 개의 분대에 걸쳐 모두 나타난다. 전체 지역에서 나타나는 홍주석은 광물의 형태에 따라 크게 두 가지 부류로 나타난다. 첫째 부류는 전체 지역에 전반적으로 나타나는 안구상의 형태를 보이며 구조 운동 이전에 형성된 양상을 보인다. 둘째 부류는 춘

Table 4. Chemical composition of chlorite in the metasedimentary rocks around the Janggunbong area.

Formation	Tae-gn.	Hyun-dong	Hyun-dong	Tae-sch.	Tae-sch.	Jaesan	Dong-sugog	Dong-sugog	Dong-sugog	Dong-sugog	Dong-sugog	Dong-sugog
Location	2323-1	2208-2	2208-2	2283-2	2283-2	2228-2	2241-3	2241-3	2241-2	2241-2	2241-1	2241-1
SiO_2	26.59	24.46	24.65	26.1	25.8	29.93	23.77	23.12	24.650	23.92	25.15	23.68
TiO_2	0	0	0	0.35	0	0.63	0	0	22.95	0	0	0
Al_2O_3	18.95	21.91	21.86	19.15	19.83	20.4	23.04	22.43	37.84	22.57	22.87	22.44
FeO	29.3	23.14	22.94	31.77	31.06	30.02	32.2	30.82	0	38.18	36.48	31.5
MnO	0	0.63	0.47	0.75	0	0	0	0	3.28	0	0	0
MgO	12.47	15.45	15.54	9.57	10.31	6.2	10.19	10.17	0	3.04	3.5	10.14
CaO	0	0	0	0	0	0.23	0	0	0	0	0	0
Na_2O	0.35	0.44	0.27	0.33	0	0.38	0.29	0.27	0.31	0.26	0.37	0
K_2O	0	0	0	0.39	0.14	1.98	0	0		0.22	0.39	0
Total	87.66	86.03	85.73	88.41	87.14	89.77	89.49	86.81	89.03	88.19	88.76	87.76
Si	5.722	5.228	5.27	5.681	5.639	6.296	5.093	5.093	5.451	5.375	5.542	5.16
AlIV	2.278	2.772	2.73	2.319	2.361	1.704	2.907	2.907	2.549	2.625	2.458	2.84
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AlVI	2.524	2.743	2.774	2.59	2.744	3.35	2.907	2.912	3.428	3.348	3.477	2.918
Ti	0	0	0	0.057	0	0.1	0	0	0	0	0	0
Fe_2	5.273	4.136	4.102	5.784	5.678	5.281	5.77	5.678	6.998	7.175	6.722	5.74
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0.114	0.085	0.138	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	4	4.923	4.953	3.106	3.36	1.944	3.255	3.34	1.081	1.018	1.15	3.294
Ca	0	0	0	0	0	0.052	0	0	0	0	0	0
Na	0.146	0.182	0.112	0.139	0	0.155	0.12	0.115	0	0.113	0.158	0
K	0	0	0	0.108	0.039	0.531	0	0	0.087	0.063	0.11	0
Cations	19.943	20.098	20.026	19.922	19.821	19.413	20.052	20.045	19.594	19.717	19.617	19.952
Mg/(Fe+Mg)	0.43	0.54	0.55	0.35	0.37	0.27	0.36	0.37	0.13	0.12	0.15	0.36

Abbreviations are in Table 2.

양 화강암과의 인접 부근에서 제한적으로 나타나는데 이 홍주석은 미습곡 구조를 포함하며 성장한 구조 운동 이후에 형성된 형태를 보인다(Fig. 3). 태백산 편암 복합체에서는 춘양 화강암 인접 부분을 제외하고는 첫째 부류의 형태를 보이는데 변정의 크기가 장축이 1~2 cm정도로 큰 것이 관찰되며 대부분 백운모나 녹니석 등으로 되어 있고 중심부에 홍주석 결정이 남아 있는 경우가 많다. 고생대의 재산층에서의 홍주석은 탄질물이 집적되어 검게 보이며 첫째 부류는 안구상의 모습으로 흔히 나타난다. 춘양 화강암 접촉부에서 나타나는 홍주석은 구조 운동 이후에 형성된 두 번째 부류의 형태를 보이며 외곽이 섬유상의 규선석으로 변한 모습을 보여주는 것도 있다(Fig. 10). 안구상의 탄질물이 있는 홍주석은 재산 단층대를 따라서 후에 남정석으로 그 일부가 변한 것도 흔히 관찰된다(Fig. 11).

규선석

규선석은 전체 변성 퇴적암류에서 부분적으로 나타나지만 그 양상은 각각 다르게 나타난다. 선캠브리아대의 태백산 편마암 복합체에서는 광역적으로 분포하며 막대 모양 또는 마름모꼴의 형태를 흔히 보여준다. 현동 편마암 복합체에서 나타나는 규선석은 주로 후기에 형성된 백운모 내부에 침상 또는 섬유상으로 발견된다. 이 규선석은 방향성이 없으며 석영이나 장석 내부에서도 볼 수 있다. 이들 규선석이 광역적으로 분포하는 것은 태백산 편마암 복합체

와 현동 편마암 복합체에서는 선캠브리아대에 규선석을 형성시키는 광역 변성 작용이 있었음을 시사한다. 춘양 화강암의 관입의 영향으로 형성된 규선석은 태백산 편암 복합체와 고생대 변성 퇴적암류에서 화강암과의 접촉부에 매우 한정되게 나타나며 광물의 형태는 침상 또는 섬유상이다. 춘양 화강암 접촉부의 고생대 재산층에는 홍주석 이후에 규선석으로 변하고 중심부가 아직 홍주석으로 남아 있는 것들이 있다(Fig. 10).

남정석

남정석은 장군봉 남쪽에 발달한 태백산 편마암 복합체와 고생대 변성 퇴적암체를 경계짓는 재산 단층 주변의 고생대 변성 퇴적암층에만 존재한다. 기존의 홍주석을 치환하며 새로 만들어진 것들도 있으며 편리와는 무관하게 새로이 형성되는 모습을 보여준다(Fig. 11). 장군봉 서남쪽 동수곡층의 편암중에는 남정석이 홍주석 및 규선석과 공존하여 나타나기도 한다(시료 2254-2).

클로리토이드

클로리토이드는 고생대의 변성 퇴적암류 중 클로리토이드대, 십자석대, 석류석대에서 볼 수 있다. 주로 편리를 이루며 나타나고 경우에 따라 방향성이 없이 나타나기도 한다. 방향성이 없이 나타나는 것은 고생대 이후 세 번째의 변성 작용에 의해 형성되었음을 시사한다. 크기는 장축이 0.05~0.3 mm정도이고 다색성은 보통 연한 녹색에서 짙은 녹색에 이르나 거의 다색성이 없는 것도 있다. 클로리토이드와 흑운모로 이루어진 편리가 습곡 되어 있는 것도 발견되며 이는 이 광물의 형성 이후에도 소규모의 미약한 구조운동이 있었음을 의미한다(Fig. 8).

변성 온도

본 연구 지역의 변성 온도를 알기 위해 석류석-흑운모의 지온계를 사용하였다. 제안된 여러 방법들 중에 Dasgupta *et al*,(1991)과 Hodge 와 Spear(1982), Ferry 와 Spear(1978), 그리고 Tomson(1976)의 방법을 이용하였으며 각 암석별 변성 온도를 각 계산 방법에 따라 Table 5에 나타내었다. Hodge 와 Spear (1982) 및 Ferry 와 Spear(1978)의 계산 식에 의하면 두 결과는 서로 같으며 다른 계산 방법에 의한 값의 거의 평균에 해당한다. 이 방법으로 계산한 석류석의 각 단면별 온도는 각각의 가정한 압력별로 선캠브리아대의 태백산 편마암 복합체에서는 광물 중심부에서 796~816℃이며 외곽으로 갈수록 떨어져서 628~644℃정도에 이른다. 현동 편마암 복합체 중 비교적 변성도가 낮은 삼근리 지역의 편암에서의 온도는 411~500℃정도를 나타내는데 이는 현동 편암 복합체의 분포가 넓고 그 암상도 미그마타이트질 편마암에 이르기까지 분포가 다양하므로 대표성이 있는 온도가 아니라 그 중 낮은 부분의 온도일 것으로 생각된다. 태백산 편암 복합체도 본 연구 지역에 넓은 분포를 보이는데 통고산 부근에서는 431℃~452℃에 이르는 한편 울리 부근에서는 515~529℃에 이른다. 고생대 지층 중에는 십자석+흑운모대에 속하는 장군봉 지역에서는 449~495℃, 동수곡 지역에서는 529~544℃를 보인다. 특히 동수곡 지역은 춘양 화강암과는 멀리 떨어진 지역임을 주목할 때 본 역의 변성 분대 형성이 접촉 변성 작용과는 무관함을 시사한다.

토 의

연구 지역의 선캠브리아대의 변성상을 고려해 볼 때 태백산 편마암 복합체, 현동 편마암 복합체, 태백산 편암 복합체가 고생대 퇴적층의 형성 이전에 각각 시대를 달리하는 변성 작용을 받았으며 고생대의 변성 퇴적암류에서는 세 차례의 변성 작용을 인지 할 수 있었다. 고생대 이후에 일어난 첫 번째 변성작용은 본 지역에 우세하게 다섯 개의 변성 분대를 형성시킨 저압형의 광역 변성 작용이고 두 번째는 춘양 화강암의 관입에 의한 접촉 변성 작용이며 세 번째는 재산 드러스트에 의한 드러스트 부근에 집중된 중압형의 변성 작용이다. 세 번째 변성 작용은 드러스트에 의하여 하반의 압력이 증가함에 따라 일어나는데 이러한 영향이 드러스트 부근에 한정되어 일어나는 가능한 이유 중의 하나는 다음과 같다. 드러스트 초기에 상반의 하부에서 전달되는 열에 의해 하반의 접촉부에서는 변성 광물이 형성되기에 충분한 열이 공급된 반면 하반

Table 5. Garnet-biotite geothermometry in the metasedimentary rocks around the Janggunbong area.

Formation part locality Location	Tae-gn. rim S-Janggun 2221-2-1	Tae-gn. core S-Janggun 2221-2-6	Jaesan rim S-Janggun 2228-2-5	Jaesan core S-Janggun 2228-2-2	Jaesan rim S-Janggun 2228-3-3	Hyundong rim samgunri 2252-1-3	Hyundong rim samgunri 2252-2-2	Tae-sch. rim Tonggosan 2262-2-10	Tae-sch. rim Tonggosan 2262-3-15	Tae-sch. rim Yulri 2283-1-2	Dongsugog rim Dongsugog 2258-1-1
$X_{Mg,Gt}$	0.110	0.152	0.046	0.053	0.041	0.059	0.048	0.054	0.056	0.068	0.101
$X_{Fe,Gt}$	0.757	0.723	0.837	0.860	0.857	0.601	0.603	0.657	0.647	0.675	0.706
$X_{Mn,Gt}$	0.035	0.017	0.022	0.025	0.024	0.283	0.274	0.194	0.203	0.221	0.168
$X_{Ca,Gt}$	0.098	0.108	0.095	0.062	0.078	0.057	0.075	0.095	0.094	0.036	0.025
Biotite	2221-2-8	2221-2-8	2228-2-6	2228-2-6	2228-3-2	2252-1-4	2252-2-5	2262-2-13	2262-3-20	2283-1-3	2258-1-2
$X_{Mg,Bt}$	0.333	0.333	0.252	0.252	0.238	0.336	0.365	0.362	0.351	0.327	0.387
$M_{Fe,Bt}$	0.482	0.482	0.546	0.546	0.586	0.466	0.459	0.482	0.459	0.488	0.427
$X_{Ti,Bt}$	0.089	0.089	0.013	0.013	0.040	0.035	0.031	0.017	0.029	0.032	0.030
$X_{Al(VI),Bt}$	0.096	0.096	0.189	0.189	0.136	0.163	0.145	0.139	0.161	0.153	0.156
KD	0.210329	0.304304	0.119076	0.133527	0.117794	0.136152	0.100102	0.109438	0.113185	0.150341	0.157846
Kl	0.009305	0.028179	0.001688	0.002381	0.001634	0.002524	0.001003	0.001311	0.001450	0.003398	0.003933
Dasgupta et al.(1991)											(T℃)
P=6kb	583	719	402	413	396	480	435	460	449	489	507
P=4kb	573	707	394	405	388	471	427	452	441	480	498
P=2kb	563	695	386	396	379	463	419	445	433	472	489
Hodges & Spear(1982), Ferry & Spear(1978)											(T℃)
P=6kb	644	816	465	495	462	500	423	444	452	529	544
P=4kb	636	806	458	488	455	493	417	437	445	522	536
P=2kb	638	796	451	481	449	486	411	431	439	515	529
Thomson(1976)											(T℃)
P=6kb	650	775	508	533	506	537	473	491	497	561	573
P=4kb	635	758	495	520	493	524	461	461	485	547	559
P=2kb	620	740	483	507	486	511	449	449	472	534	545

$KD=(X_{Fe,Bt}/X_{Mg,Bt})/(X_{Fe,Gt}/X_{Mg,Gt})$, $K1=[(X_{Mg,Gt})^3*(X_{Fe,Bt}/^3*(X_{Mg,Bt})^3*(X_{Fe,Gt})^3]$, Abbreviations are in Table 2.

에서 멀어진 지역에는 충분한 열이 공급되지 못해 변성 광물이 형성되지 못하고 하반의 다른 지역의 온도가 변성 작용을 일으킬 정도로 상승하기 전에 연구 지역에 온도의 상승을 제어하는 다른 구조 운동이 일어났을 가능성이 있다. 장군봉 서남쪽의 동수곡층에서는 홍주석, 규선석, 및 남정석이 한 박편 상에서 공존하는 경우가 있는데(시료 2254-2) 이는 광물의 형태와, 본 역의 변성 작용을 전반적으로 고려할 때 삼중점에 해당하는 온도, 압력 영역에서 만들어진 것이라고 보기 어렵고 홍주석이 먼저 형성된 후 규선석과 남정석이 만들어진 것으로 여겨진다. 이렇게 생각하는 이유는 첫째로 규선석의 분포가 춘양 화강암 접촉부 주변에 한정되어 나타나고, 둘째로 규선석은 방향성이 없이 기존 홍주석을 치환하면서 발달하는 모습을 자주 보여주며, 셋째로 남정석은 재산 드러스트의 하반에 한정되어 나타나기 때문이다.

기존 연구자들이 연구 지역에 가장 중요한 변성 작용을 춘양 화강암에 의한 접촉 변성 작용으로 생각하고 화강암으로부터 멀어지면서 변성 정도가 감소하는 변성 분대를 설정하였다(안건상 외, 1993; 양판석과 조문섭, 1995). 이들 연구에서는 변성 분대 설정시 인근의 선캠브리아대의 암석들에서 일어난 고생대 퇴적암 퇴적 이전의 변성 작용이 고려되지 않았다. 전술한 바와 같이 선캠브리아대 암석에는 고생대 이전에 온도가 411~816℃에 이르는 각각 다른 종류의 변성 작용이 적어도 세 차례 이상 있었으며 이들 변성 작용 기간에는 규선석, 홍주석, 석류석이 형성되는 것을 고려할 때 고생대 이전의 변성작용에 의해 형성된 광물을 고생대 이후의 변성 작용에 의해 형성된 변성작용에 의해 형성된 광물과 구분함이 없는 변성 분대의 설정은 의미가 모호해 질 수밖에 없다. 기존 연구에서 접촉 변성 작용에 의한 분대 설정에 있어서의 또 다른 문제점은 화강암으로부터 5 km 정도 멀리 떨어진 표품 2283으로부터 추정된 온도 조건(515~529℃)으로 기존 연구(안건상 외, 1993)에서 화강암 접촉부로부터 계산된 온도 조건(531℃)과 거의 일치한다는 점이다. 안건상 외(1993)는 이점에 관하여 대보 조산운동 이전의 변성 작용을 추측한 바 있다. 장군봉 북쪽의 선캠브리아대에 속하는 태백산 편암 복합체는 고생대의 변성 이전에 이미 515~529℃정도에 달하는 변성 작용을 겪었고 장군봉 남쪽의 태백산 편마암 복합체도 그 이전에 이미 796~816℃에 달하는 높은 변성 작용을 받았으므로 고생대 이후에 있었던 변성 작용의 영향으로 인해 다시 광물 조합을 형성하지는 못하였다. 다만 지역적으로 흑운모나 석류석이 녹니석으로 변하는 모습이 관찰되고 춘양 화강암과 접촉부에서 일부 규선석이나 석류석이 나타난다. 고생대 변성 퇴적암류를 장군봉 지역과 동수곡 지역으로 나누어 볼 때 장군봉 지역은 다섯 개의 분대를 보여주나 동수곡 지역은 전체적으로 십자석+흑운모대에 속한다. 춘양 화강암과 멀리 떨어진 동수곡 지역에서도 석류석 십자석 흑운모 등이 출현하고, 추정되는 온도도 장군봉 지역보다 오히려 높음을 고려할 때 고생대 변성 퇴적암류 내의 홍주석, 석류석, 십자석 등의 변성 광물도 화강암의 접촉부를 제외하고는 접촉 변성 작용 보다 광역 변성 작용에 의하여 형성된 것으로 생각하는 것이 타당하다.

결 론

장군봉에서 삼근리에 이르는 본 연구 지역 내에서 선캠브리아대에는 적어도 세 차례 광역 변성 작용이 있었다. 태백산 편마암 복합체에는 800℃정도에 달하는 저압형의 변성 작용이 있었고 그 뒤 현동 편마암 복합체의 기원 퇴적물이 퇴적된 후 규선석을 형성시킬 정도의 저압형 변성 작용이 있었다. 현동 편마암 복합체는 북쪽으로 갈수록 미그마타이트질 편마암으로 변하다가 분천 화강암질 편마암으로 점이적으로 변한다. 그 이후에 태백산 편암 복합체의 기원 퇴적물이 퇴적되었고 그후 남동쪽에서는 440℃, 북서쪽에서는 520℃정도에까지 이르는 광역 변성 작용을 다시 받았다.

고생대 이후에서도 적어도 세 차례의 변성 작용이 인지된다. 고생대 이후에 일어난 첫 번째의 변성 작용은 저압형의 광역 변성 작용으로 이때 장군봉 일대와 동수곡 일대에 우세하게 변성 분대를 형성시켰다. 이 변성 작용으로 인한 변성 분대는 남쪽에서부터 클로리토이드대, 십자석대, 석류석대, 십자석+흑운모대, 홍주석+흑운모대의 순서로 북쪽으로 갈수록 온도가 증가하는 양상을 나타낸다. 고생대에 있었던 두 번째의 변성 작용은 춘양 화강암의 관입에 의한 접촉 변성 작용이며 이 변성 작용의 영역은 접촉 부분 근

처에만 극히 제한되는 양상을 보인다. 접촉 변성 작용시 형성된 반상 변정의 형태는 기존의 방향성을 자르거나 포함하여 성장하고 있어 구조 운동 이후에 형성된 양상을 나타내며 춘양 화강암 접경부의 태백산 편암 복합체에도 좁게 영향을 미쳤다. 세 번째 변성 작용은 장군봉 남쪽에 동서 방향으로 발달하고 있는 재산 드러스트로 인해 남정석을 형성시킨 중압형의 변성 작용으로서 이는 장군봉 지역 남쪽 드러스트 주변에 매우 한정된 지역에만 영향을 미쳤다. 본 지역에 가장 중요한 영향을 미친 변성 작용은 접촉 변성 작용이 아니라 고생대 이후 첫 번째 있었던 저압형의 광역 변성 작용이다.

감사의 글

이 연구를 위하여 EPMA분석에 수고를 아끼지 않은 전략 광물 자원 쎈타의 최인식 석사, 실내 작업에 많은 도움을 준 고려대학교의 권용완, 이설경 석사, 권상훈 학사에게 감사를 드리며 조언을 아끼지 않으신 한서 엔지니어링의 김영겸 박사, 고려대학교의 박영도, 이진한 박사에게도 심심한 감사를 드린다. 또한 이 논문 초고에 대한 건설적인 비평을 해주신 충북대학교의 나기창 박사, 강원대학교의 이상헌 박사, 한국자원 연구소의 이한영, 진명식 박사께 감사 드린다. 본 연구는 교육부 1996년도 기초 과학 학술 연구 조성비(BSRI-96-5422)에 의해 수행되었으며 부분적으로는 전략 광물 자원 쎈타의 지원을 받았다.

참고문헌

김기영, 1984, 옥방-장군 광산 일대 선캠브리아기-중생대 초기 암류에 대한 다변성 작용에 관한 연구. 고려대학교 대학원 석사 학위 논문, 45p.

김옥준, 홍만섭, 김기태, 박희인, 1962, 삼근리 도폭 설명서. Sheet 7024-IV.

김형식, 1975, 김천 울진 일대의 광역 변성 작용에 관한 연구. 고려대학교 이공논집, 16, 131-146.

안건상, 정현희, 이현구, 1993, 장군 광산 주변의 변성 이질암에서의 누진 변성 반응 계열. 광산지질, 26, 473-478.

양판석, 조문섭, 1995 춘양 화강암체 주변 두음리층에 산출하는 십자석-흑운모-홍주석-석류석 광물 조합 : 대수학적 분석. 암석학회지, 4, 1호, 49-60.

윤석규, 신병우, 1963, 울진 지질 도폭 설명서, Sheet-7024-I.

이대성 1967, 장군 망간 광산의 지질과 광상. 대한지질학회지, 3, 51-59.

이상만, 김형식, 1984, 소위 율리층군 및 원남층군의 변성 암석학적 연구-태백산 일대를 중심으로. 지질학회지, 20, 제 3호, 169-188.

이현구, 1980, 한국 장군 광산에 있어서 복합 유화물, 유염 광석의 광상학적 및 광물학적 연구. 일본 조도전대학 박사 학위논문(일어), 329p

이현구, 박노영, 이마이나오야, 1992, 장군 광산 주변의 지질과 변성 작용. 이석 남기상 선생 논문집, 21-44.

주승환, 김성재, 1985, Rb/Sr법에 의한 영남 육괴 연대 측정 연구 (I) : 해, 분천, 김천 화강 편마암류 및 화강암류. 국토 기본 지질조사 연구 (연구 보고서85-24), 7-40, 한국 동력자원 연구소.

황덕환, A.J. Reedman, 1975, 삼한 장군 광산 조사 보고서. 한국 지질 광물 연구소, 지질 광물 조사 보고서, 9-30.

황인전, 1968, 삼한 장군 광산 조사 보고서. 광산지질, 1, 9-30.

홍영국, 1985 한국 북동부 분천-석포 지역에 분포하는 선캠브리아기 화강암질류의 성인. 지질학회지, 21, 196-209.

Dasgupta, S., Sengupta, P., Guha, D., and M. Fukuoka, 1991, A refined garnet-biotite Fe-Mg exchang geothertmometer and its application in amphibolites and granulites. Contrib. Mineral. Petrol. 109, 139-137.

Ferry, J. M. and Spear, F. S., 1978, Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet, Contrib. Mineral. Petrol. 66, 113-117.

Hodges, K.V. and Spear, F.S., 1982, Geothermomety, geobarometry and the Al_2SiO_5 triple point at Mt. Moosilauke, New Hampshire. American Mineralogist, V. 67, 1118-1134.

Imai, N., Park, N.Y., Lee, H.K., Machida, M. and Higashihara, Y., 1982, Geology and Metamorphic Rocks in the Environs of the Janggun Mine, Republic of Korea. With Some Comments Relating to the Unazuki Metamorphic Rocks in Japanese. Island Arc. In Geology of Japan Sea, 227-255, (in Japanese).

Spear, F. S., Cheney, J. T., 1989, A Petrogenetic grid for pellitic schists in the system SiO_2-Al_2O_3-FeO-MgO-K_2O-H_2O. Contrib Mineral Petrol 101, 149-164.

Spear, F. S., 1993, Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. 799.

Tompson, A.B., 1976, Mineral reactions of pelitic rocks : II. Calculation of some P-T-X(Fe-Mg) phase relation. Am. Jour. Sci., 276, 425-454.

(1996년 11월 1일 접수)
(**책임편집 : 진명식**)

Poly-metamorphism of Pre-Cambrian to Paleozoic metasedimentry rocks in Janggunbong area, Korea -Crustal evolution and environmental geology of the central part of the North Sobaegsan Massif,Korea-

Kee Young Kim, Hyung Shik Kim, Chang Whan Oh[1], Chan Soo Park[2], Ji Hoon Kang[3] and Young Bok Ryu

Department of Earth and Environmental Science, College of Science, Korea University, Seoul 136-701,Korea
[1]Department of Geology, College of Natural Science, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea
[2]Korea Basic Science Institute, Korea University, Seoul 136-701,Korea
[3]Department of Geology ,College of National sciences, Andong University, Andong 760-749, Korea

ABSTRACT : In the study area (Janggunbong-Samgunri area), Precambrian metamorphic complex, (Taebacksan gneiss complex, Hyundong gneiss complex, and Taebacksan schist complex) had undergone three different regional metamorphisms at least before Paleozoic. The Paleozoic sediments in the study area also had undergone three different metamorphisms at least. The first is low pressure type regional metamorphism, the second is low pressure type contact metamorphism due to the intrusion of Chunyang granite, and the last is medium pressure type metamorphism caused by thrust in south of Janggunbong area. The first metamorphism formed the prevailing metamorphic zones in the Paleozoic metasediments and the metamorphic grade of the first regional metamorphism increases from the chloritoid zone, through the staurolite zone, garnet zone, staurolite+biotite zone, and to the andalusite+biotite zone. The second metamorphism affected both Pre-Cambrian and Paleozoic metasediments located close to the Chunyang granite. The effect of the contact metamorphism is restricted to the very narrow zone around the granite. The third metamorphism that produced kyanite, is restricted to the very narrow region near the thrust fault in the south of Janggunbong with an E-W trend.

Key words : Metamorphic Zone, Mineral Assemblage, Post-Tectonic, Thrust.