Jour. Petrol. Soc. Korea Vol. 14, No. 2, p. 108~115, 2005

경기도 광주시 일대의 지질구조와 변형사

이희권* · 김만광

강원대학교 자연과학대학 지질학과

Geological Structure and Deformation History in the Gwangju area, Gyeonggi-do, Korea

Hee-Kwon Lee* and Man-Kwang Kim

Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701 Korea

요 약: 경기육괴 중앙부의 광주시 일대에 분포하는 선캠브리아기의 경기편마암 복합체는 흑운모호상 편마암 및 석영장석질 편마암으로 구성되어 있다. 지질구조 분석결과 연구지역은 적어도 다섯 번의 변형작용을 받은 것으로 밝혀졌다. 첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)중에 퇴적암(층리; S0)이 변성되어 흑운모호상 편마암으로 되었으며, 성분엽리(S1)가 발달되었다. 심성암이 관입 후 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)이 일어났으며, 이때 심성암이 엽리(S2)가 발달된 석영장석질 편마암으로 변하였다. 세 번째 변형작용(D3) 중에 수십 cm 규모의 밀착습곡 및 등사습곡(F3)이 발달하였으며, 축면방향으로 성분엽리(S3)가 발달하였다. 변위작용에 의해 뿌리없는 습곡(F3)이 S3 엽리와 평행하게 발달되어 있다. 네 번째 변형작용(D4) 중에 남북방향의 압축력에 의해 약 100 m의 축면분리를 가지는 F4 습곡이 동서 방향으로 발달하였다. 다섯 번째 변형작용 중에 동서 방향의 압축력에 의해 축면분리가 약 3 km 규모의 남북 방향의 F5 습곡이 발달하였다. F5 습곡의 중심부에서는 F4 습곡에 F5 습곡작용이 중첩되어 F5 습곡의 습곡축면과 평행한 남북방향으로 F4 습곡이 발달되어 있으며, 날개 사잇각 및 축면분리가 작아졌다. 반면에 F5 습곡의 서쪽 날개 지역에서는 북동방향으로, 동쪽 날개 지역에서는 북서방향으로 F4 습곡이 회전되었다. 연구지역에 발달되어 있는 엽리의 궤적은 주로 F4 습곡 및 F5 습곡에 의해 지배되어 있다. F4 습곡작용 동안에 취성변형작용에 의해 절리 및 단층이 발달하였으며, F5 습곡의 양쪽 날개부에는 부채꼴 절리가 우세하게 발달하고, 힌지대에는 bc-절리가 우세하게 발달하였다. 그 이후에 북서 방향의 주향이동 단층이 지질도 규모로 발달 하였다. 제4기 동안에 발생한 산사태가 일부 절리 및 엽리의 방향을 반시계방향으로 약 15° 회전시켰다.

핵심어: 변형작용, 지질구조, 엽리, 습곡, 변형사

Abstract: Gyeonggi metamorphic complex in the Gwangju area include banded biotite gneiss and quartzofeldspathic gneiss. Detailed structural analysis suggests that structural elements in the study area were formed by at least five phase of deformations. Penetrative compositional foliations (S1) formed in the banded gneiss during the first metamorphism and deformation (D1). After intrusion of plutonic rocks, the second deformation (D2) produced S2 foliations in the banded gneiss and quartzofeldspathic gneiss during the second metamorphism. D3 structures are represented by isoclinal folds (F3) whose axial surfaces are parallel to S3 foliations. The N-S oriented shortening (D4) was accommodated by closed upright F4 fold with about 100 m of axial surface separation. F4 fold is refolded by regional F5 folding resulting in different orientation and fold style of F4 fold according to the position of F5 fold. The F4 fold with tight interlimb angle is subparallel to the axial surface (north-south) of F5 fold in the core of the F5 fold. In contrast, the F4 fold trends northeast in the western limb and northwest in the eastern limb of F5 fold. The interlimb angle is larger in the limbs than that in the core of F5 fold. The trace of foliations is constrained by mainly F4 and F5 folds. Joint fanning around fold is developed in the limbs of F5 fold and bc joints are dominant in the hinge area of F5 fold. A strike-slip fault had developed in the central part of the study area after F5 folding. The orientation of joint and foliation is rotated anticlockwise about 15° by the landslide occurred during the Quaternary.

Key words: deformation, geological structure, foliation, fold, deformation history

*Corresponding author: E-mail. heekwon@kangwon.ac.kr, Tel. 82-33-250-8558

서 론

경기육괴는 한반도의 중부에 위치하며 임진강대 및 옥천습곡대와 접하고 있다. 연구지역은 경기육괴의 중앙부에 위치하며, 경기도 광주시 일대이다. 연구지역의 변성암류에 대한 연구는 박계헌(1982) 및 양평도폭(원종관 외, 1978)이 있다. 인근지역에 대한 연구는 이승구 외(2004)에 의한 용인-안성 지역의 선캠브리아기 변성암류에 대한 지구화학적 연구, 이광진과 조문섭(1992)의 청평-가평지역 변성암의 변성작용에 대한 연구, 1대 25만 서울-남천점 지질도폭 설명서(이병주 외, 1999) 등이 있다. 박계헌(1982)과 원종관 외(1978)는 연구지역이 적어도 세 번의 변성작용을 받았으며 세 번째 후퇴변성작용 중에 광범위한 화강암화 작용에 의해 흑운모호상 편마암이 석영장석질 편마암으로 변하였다고 해석하였다. 연구지역의 인근지역에서 이광진과 조문섭(1992), 이병주 외(1999)는 석영장석질 편마암을 우백질 편마암으로 기재하였으며, 흑운모호상 편마암과는 관입 관계를 가졌다고 해석하였다. 또한 이광진과 조문섭(1992)은 청평-가평 지역의 변성암류가 시계방향의 압력-온도-시간 경로의 후퇴변성작용을 겪었다고 해석하였다. 이승구 외(2004)는 용인-안성 지역의 흑운모호상 편마암과 석영장석질 편마암의 Nd 모델 연대는 각각 2.59Ga-2.73Ga, 2.70Ga-2.88Ga로서 흑운모호상 편마암의 기원 물질이 약간 더 젊은 것으로 보고하였다. 연구지역의 지질구조에 대한 연구는 거의 없었으며, 연구지역 인근인 청평 지역의 지질구조에 대한 연구는 김정환 외(1981)의 청평도폭 설명서가 있다. 그들은 습곡작용의 시기와 화성암의 관입시기를 연관시켜 청평 지역에서 네 번의 화성암의 관입과 네 번의 변형작용을 인지하였으며, 그 중 세 번의 변형작용은 선캠브리아기에 일어났으며, 마지막 네 번째 변형작용은 중생대에 일어난 것으로 해석하였다. 이 연구의 목적은 경기도 광주시 일대의 변성암류에 발달되어 있는 지질구조 요소들을 기재하고, 다변형작용에 의해 중첩된 지질구조 요소의 특징을 파악하여 변형사를 해석하는데 있다.

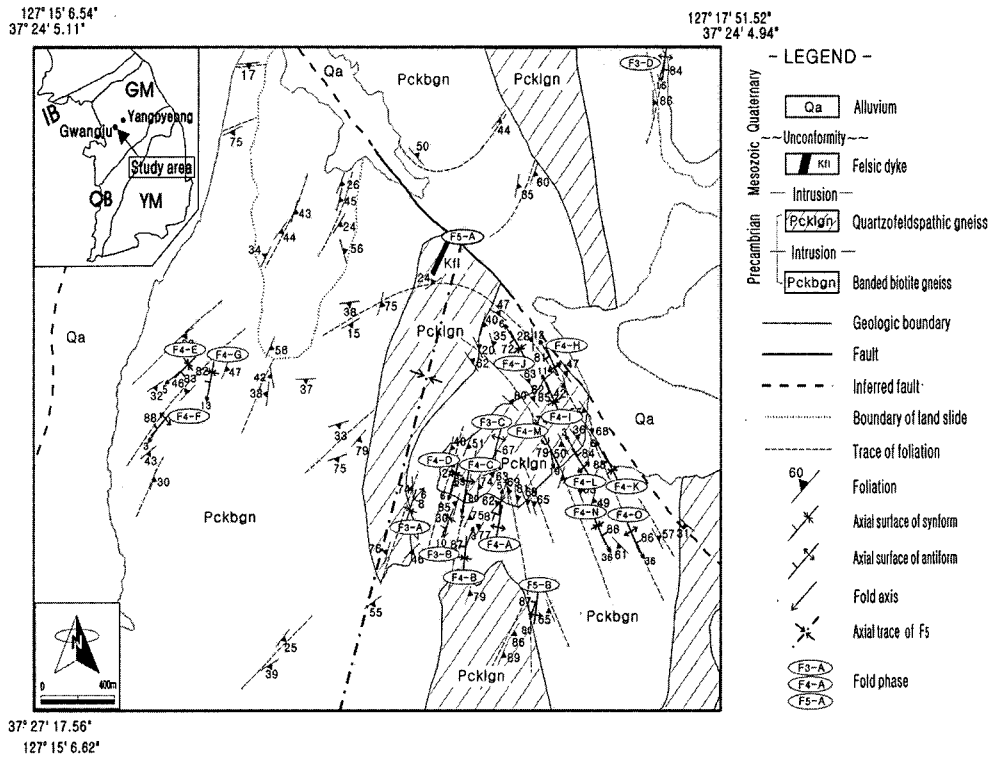

Fig. 1. Structural map of the study area. Symbols, IM: Imjingang Belt, GM: Gyeonggi Massif, OB: Okcheon Belt, YM: Yeongnam Massif.

지질 개요

연구지역은 흑운모호상 편마암과 석영장석질 편마암으로 구성되어 있다(Fig. 1). 흑운모호상 편마암은 연구지역 전역에 걸쳐 분포되어 있으며, 석영, 장석 등을 주로 하는 규장질대와 흑운모를 주로 하는 고철질대가 호상을 이루는 성분엽리가 발달되어 있다(Fig. 1). 수 m 두께의 층상구조를 보이는 곳도 있으며, 부분적으로 괴상조직을 보이기도 한다. 흑운모호상 편마암의 주구성 광물은 석영, 사장석, 미사장석, 흑운모 등이며, 미량의 저어콘, 인회석, 전기석 등이 수반된다. 석영장석질 편마암은 흑운모호상 편마암으로 둘러싸여 있으며, 관입경계를 보인다. 또한 장경 수십 cm 내지 수십 m 크기의 흑운모호상 편마암의 포획암을 포함하고 있기도 한다. 입도는 세립에서 조립질까지 다양하며, 엽리의 발달이 미약한 편이나, 연속성이 불량한 엽리구조가 발달된 곳도 있다. 석영 및 장석류가 대부분을 차지하며, 흑운모의 함량은 지역에 따라 크게 변한다.

변형단계별 지질구조

첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)

선캠브리아기에 퇴적암이 형성된 후 첫 번째 변성작용 및 변형작용에 의해 흑운모호상 편마암에 규장질대와 고철질대가 교호하는 성분엽리(S1)가 발달하였다. 기원암인 퇴적암속의 층리면(S0)의 흔적은 연구지역에서 찾을 수 없으나, 일부 지역에는 수 m 두께의 규장질대가 우세한 층과 고철질대가 우세한 층으로 이루어진 층상구조가 발달되어 있다.

두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)

첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1) 후에 심성암이 관입하였으며, 이후 연구지역은 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)을 받았다. 심성암은 변성작용(M2)에 의해 석영장석질 편마암으로 변하였다. 이때 일부 연속성이 불량한 엽리구조(S2)가 발달되었다. 석영장석질 편마암내에 포획된 흑운모호상 편마암내에는 뚜렷한 호상엽리구조(S1)가 발달되어 있으나 주변의 석영장석질 편마암 내에는 불연속의 미약한 엽리가 약 10-30°의 주향 방향 차이를 보이며 발달되어 있다. 이는 심성암 관입 전에 흑운모호상 편마암이 첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)을 받았음을 지시해 준다. 흑운모호상 편마암도 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)을 받아 S2 엽리가 형성되었으며, S1과 S2가 평행한 S1-2 복합엽리가 형성된 것으로 추정되나 이후의 변형작용에 의해 증거가 소멸되어 증거가 충분하지 못하다.

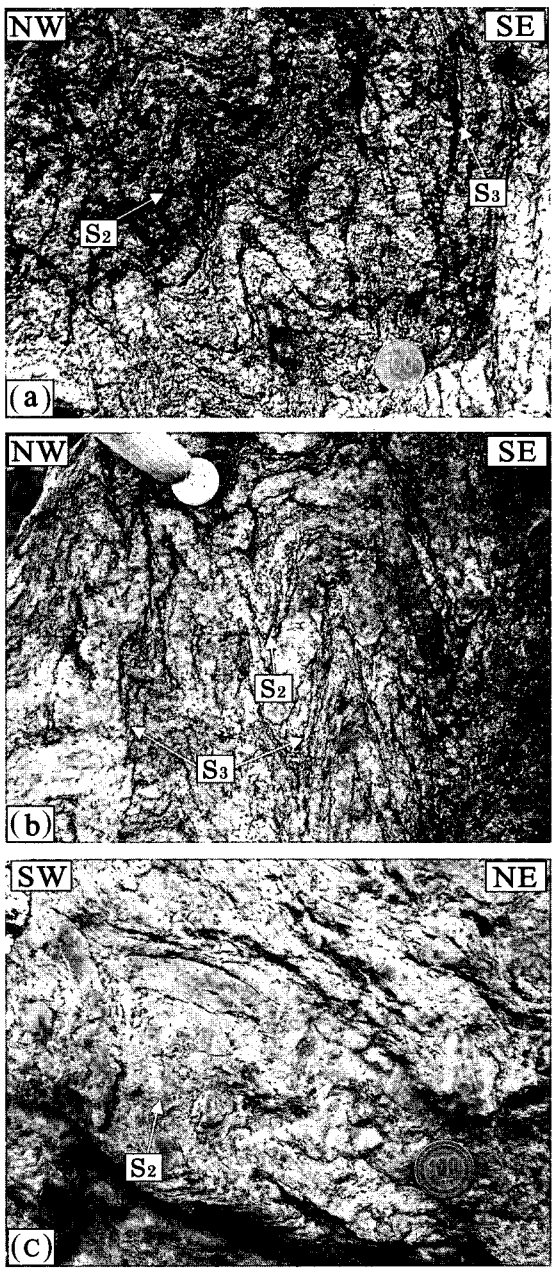

Fig. 2. Outcrop photograph of D3 deformation structures. (a) F3 fold in the banded gneiss. (b) S3 foliations formed parallel to the axial surface of the F3 fold. (c) F3 folds in the quartzofeldspathic gneiss.

세 번째 변형작용(D3)

세 번째 변형작용(D3)에 의해 수십 cm 내지 수 m

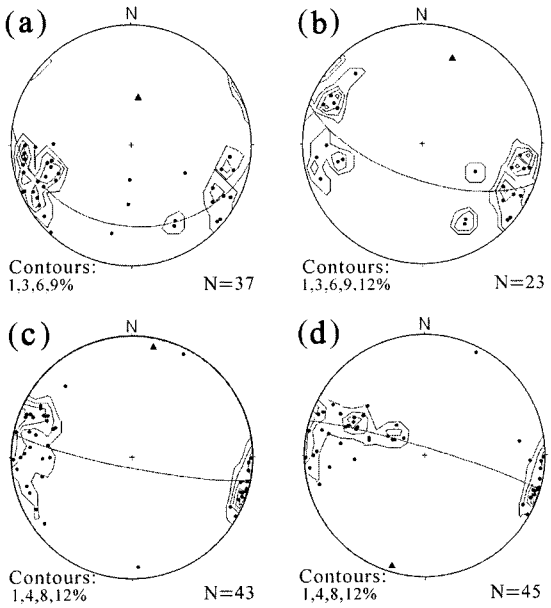

Fig. 3. Stereoplot and contours of poles to S1-2-3 (triangle: π-axis of F4 fold) in the core of F5 fold at localities (a) F4-A (b) F4-B (c) F4-C (d) F3-D in the study area.

규모의 F3 밀착습곡 내지 등사습곡이 연구지역의 흑운모호상 편마암과 석영장석질 편마암에 발달되었다(Fig. 2). F3 습곡은 전위작용(transposition)에 의해 뿌리없는 습곡(rootless folds)으로 전위 되었다. F3 습곡의 습곡축면의 방향으로 S3 엽리가 발달 하였다. 따라서, 현재 흑운모호상 편마암 및 석영장석질 편마암에 발달되어 있는 엽리구조는 S1-2-3의 복합엽리구조로 여겨진다. S1-2-3 엽리구조는 형태상 성분엽리에 해당되며, 엽리영역에는 흑운모가 농집되어 있고 마이크로리손에는 석영, 장석이 주 구성광물로 되어있다. S1-2 복합엽리구조는 뿌리없는 습곡에서만 인지된다(Fig. 2). F3 습곡의 습곡축면의 방향은 S3 엽리면과 거의 평행하다. 이들의 방향은 이후에 일어난 변형작용에 의해 변위되어 여러 방향성을 보인다.

네 번째 변형작용(D4) 및 다섯 번째 변형작용(D5)

네 번째 변형작용(D4) 동안에 남북 방향의 압축력에 의해 약 100 m의 파장을 가지는 동서 방향의 F4 습곡구조가 형성되었다. 이후에 다섯 번째 변형작용(D5) 동안에 동서 방향의 압축력에 의해 약 200 m 내지 약 3 km의 축면분리를 가지는 남북 방향의 F5 준 수직 습곡구조가 형성되었다(Fig. 1). F5 습곡의 핵(core) 부분에서는 F4의 습곡구조가 압축력의 작용으로 날개 사잇각(25~50°)이 작아졌으며(Fig. 3), F5 습곡의 서쪽 날

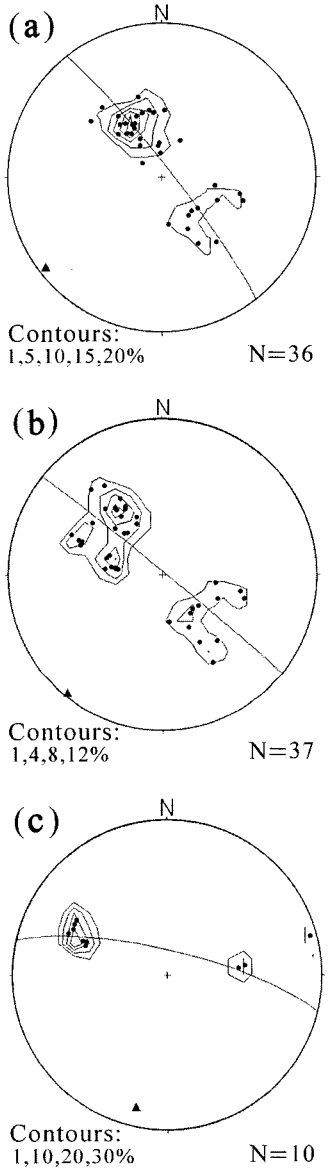

Fig. 4. Stereoplot and contours of poles to S1-2-3 (triangle: π-axis of F4 fold) in the western limb of F5 fold at localities (a) F4-E (b) F4-F (c) F4-G in the study area.

개부분에서의 F4 습곡의 날개 사잇각은 90~120°이고, 동쪽날개에서의 날개 사잇각은 70~120°로써 F5 습곡의 중심부 보다 크다(Fig. 4, 5). F4 습곡의 습곡축은 준 수평적이며 F5-재습곡작용(refolding)으로 F5 습곡의 동쪽 날개부분에서는 북서 방향으로, 서쪽 날개부분에서는 북동 방향으로 회전 하였다(Fig. 4, 5), F5의 습곡의 중심부에서는 F5 습곡의 축면방향과 평행한 남북

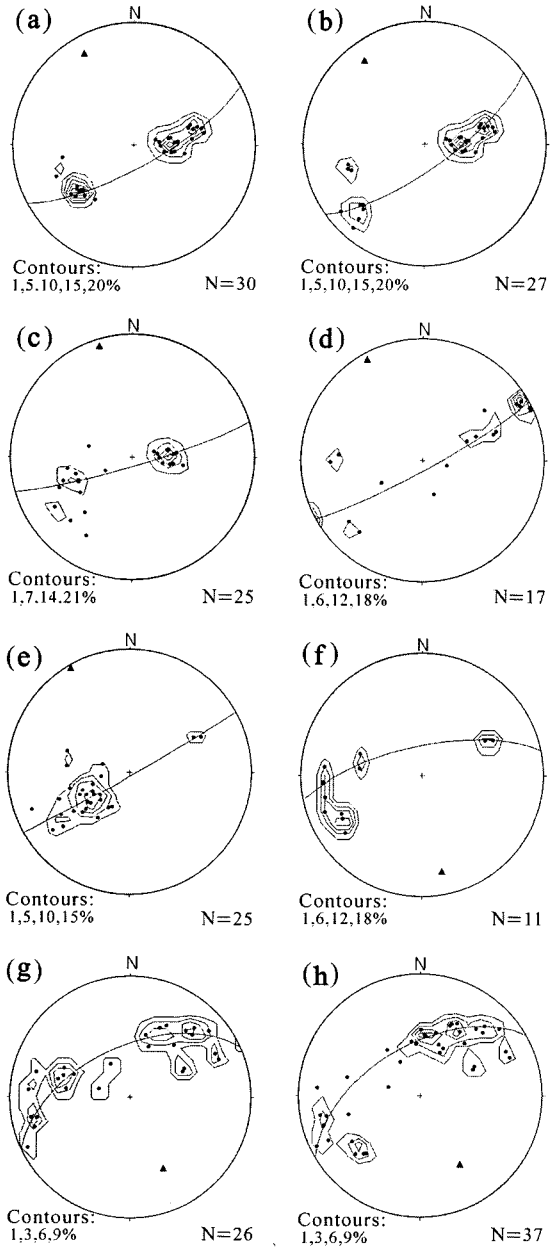

Fig. 5. Stereoplot and contours of poles to S1-2-3 (triangle: π-axis of F4 fold) in the eastern limb of F5 fold at localities (a) F4-H (b) F4-I (c) F4-J (d) F4-K (e) F4-L (f) F4-M (g) F4-N (h) F4-O in the study area.

방향으로 발달되어 있다(Fig. 3). F4 습곡작용 동안에 수십 cm 규모의 부조화 기생습곡이 층간습곡 형태로 F4 습곡의 일부 날개부에 발달하였다(Fig. 6). 부조화 기생습곡의 습곡축면은 S1-2-3 복합 엽리면과 큰 각으

Fig. 6. Outcrop photographs of disharmonic folds.

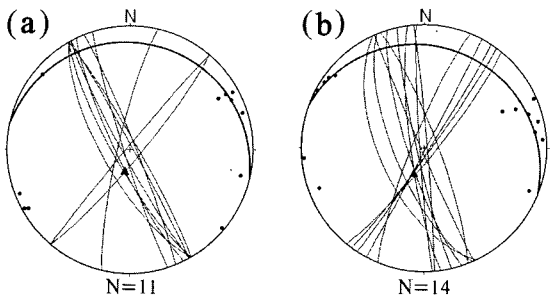

Fig. 7. Structural data for F5 folds. (a) Stereoplot of poles to axial surfaces of F4 folds (triangle: π-axis) and beta diagram for F5 fold with about 3 km axial surface separation (b) Stereoplot of poles to S1-2-3 (triangle: π-axis) and beta diagram for F5 fold with about 100 m axial surface separation.

로 사교하고 있다. F4 습곡의 습곡축면을 이용하여 결정한 축면분리가 약 3 km인 F5 습곡의 습곡축면의 방향은 N10°E/83°NW이며, 습곡축의 방향은 192° 방향으로 83° 침강하고 있다(Fig. 7a). 엽리면을 이용하여 결정한 축면 분리가 약 100 m인 F5 습곡축면의 방향은 N6°E/87°NW이며, 습곡축의 방향은 204°→ 80°이다(Fig. 7b). 이는 규모와 관계없이 F5의 습곡축은 큰 각으로 침강하고 있음을 지시한다.

취성변형작용에 의한 지질구조

연구지역에는 비교적 고각도의 경사를 갖는 절리가 발달되어 있다. F5 습곡의 서쪽 날개 부분에는 북북서 및 북동 방향의 절리가 우세하다(Fig. 8a). 북북서 방향의 절리는 F5 습곡에 대한 부채꼴 절리(joint fanning around fold)에 해당된다(Fig. 8b). 북동 방향의 절리는 F5 습곡에 대한 ab-절리(Fig. 8a, 8b)로 해석된다. F5

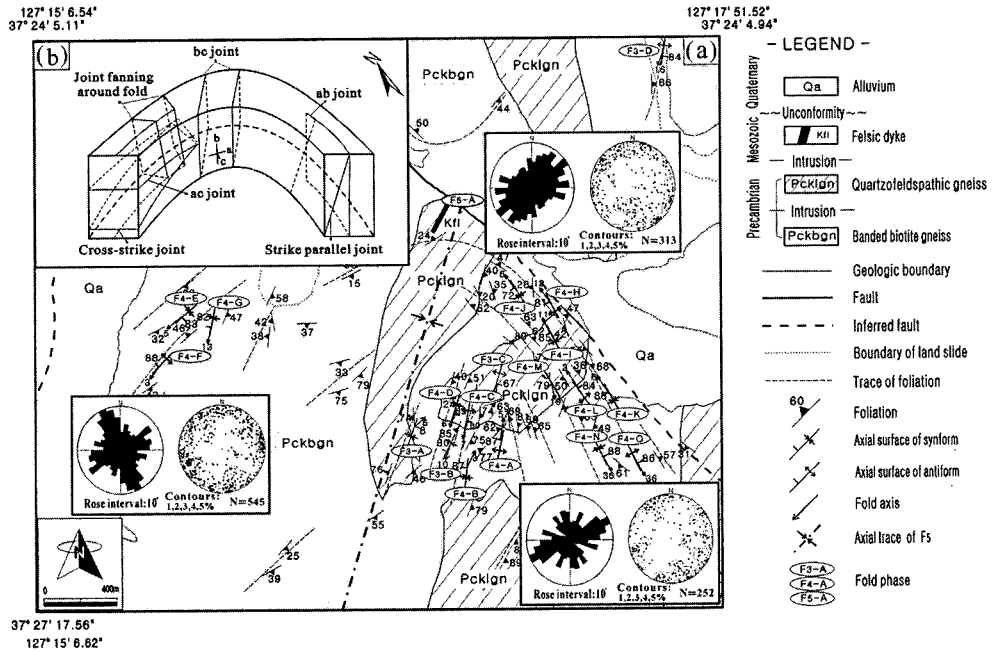

Fig. 8. (a) Stereoplot and contours of poles to joints and rose diagram for joints. (b) Schematic diagram showing arrangement of joint arrays with respect to F5 fold symmetry axis. After Pluijm and Marshak (1997).

습곡의 힌지대에는 북동 방향의 절리가 우세하며, F5 습곡에 대한 bc-절리에 해당된다(Fig. 8a, 8b). F5 습곡의 동쪽 날개부에는 북동동 방향의 절리가 우세하게 발달되어 있으며(Fig. 8a), F5 습곡에 대한 부채꼴 절리에 해당된다(Fig. 8a, 8b). 그 외 북서 방향의 F5 습곡에 대한 ab-절리가 발달되어 있다(Fig. 8a, 8b). F5 습곡의 서쪽 날개부에는 북동동과 북북서 방향으로 노두 규모의 단층이 발달되어 있다. F5의 힌지대에는 날개부분보다 노두 규모의 단층이 우세하게 발달하며 북서 내지 북북서 방향과 북동동 방향으로 발달되어 있다. F5의 동쪽 날개부에는 북동 방향의 단층이 발달되어 있다. F5 습곡 작용 이후에 북서 방향의 단층이 연구지역 중앙부에 발달하였으며 주향이동 단층으로 추정된다(Fig. 1). 산사태지역의 절리 및 엽리의 방향이 주변의 절리 및 엽리의 방향과 약 15° 차이를 보이며 반시계방향으로 회전되어 있다(Fig. 1).

토의 및 해석

김정환 외(1981)는 청평 지역에서 첫 번째 변형작용(D1) 이전에 변형작용이 있었음을 시사하였다. 본 연구지역에서 석영장석질 편마암의 관입 이전에 흑운모 호상 편마암이 첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)에 의해 형성되었음이 인지되었다. 이때 규장질대와 고철질대가 교호하는 호상 성분엽리(S1)가 형성되었다. 심성암 관입 후 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용이 일어났으며, 심성암이 석영장석질 편마암으로 바뀌고 불연속적인 엽리(S2)가 형성되었다. 대부분 지역에서 S1 엽리와 S2 엽리가 평행하나, 석영장석질 편마암에 포획되어 있는 흑운모호상 편마암의 S1 엽리의 주향이 주변의 석영장석질 편마암의 S2 엽리의 주향과 약 10-30°의 각도를 가지고 사교한다. 이는 석영장석질 편마암 관입 이전에 첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)이 존재했음을 시사한다. 청평 지역에서 김정환외(1981)가 제시한 D1 변형작용 이전에 두 번의 변성, 변형작용이 연구지역에서 발생했음이 인지되었으므로, 김정환 외(1981)의 D1, D2, D3 변형작용과 본 연구의 D3, D4, D5 변형작용을 각각 대비 시킬 수 있다. 김정환 외(1981)는 청평 지역에서 F2 습곡과 F3 습곡이 중첩되어 버섯모양의 간섭 형태를 보인다고 보고하였다. 연구지역에서는 그들의 F2 습곡과 F3 습곡에 각각 대비되는 F4 습곡과 F5 습곡이 중첩되었으나, F4 습곡의 규모가 F5 습곡보다 훨씬 작아 노두 규모의 간섭 형태는 관찰할 수 없었다. F4 습곡은 준 수평 직립 내지 보통 기운 직립 습곡이며, F5 습곡은 준 수직 직립 습곡이 우세하다. F5 습곡은 중립면 습곡작용(neutral

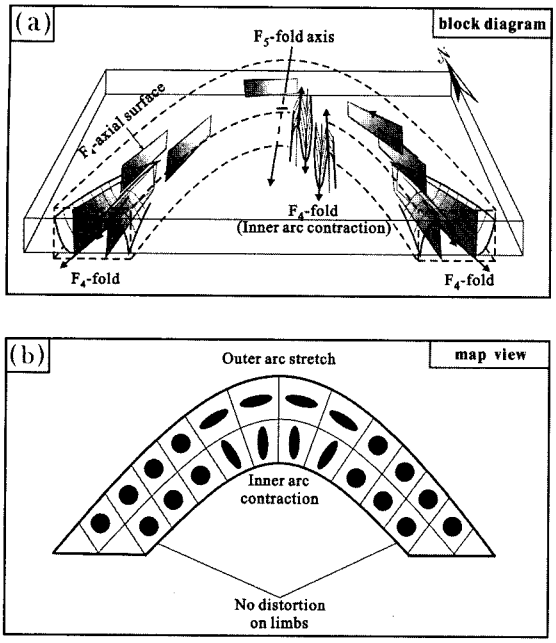

Fig. 9. (a) Schematic diagram illustrating relationship between F4 fold and F5 fold. Interlimb angles of F4 folds become smaller in the core of F5 fold by inner arc contraction than those in the limb of F5 fold. (b) The characteristic strain pattern of neutral-surface folding in the fold profile plane.

surface folding; Pluijm and Marshak, 1997) 혹은 접선 종변형작용(tangential longitudinal strain; Ramsay and Huber, 1987)에 의해 형성된 것으로 사료된다(Fig. 9). F5 습곡의 중심부에서는 내호 압축력(inner arc contraction)이 작용하여 F4 습곡은 중복 중첩습곡(Type 0; redundant superposition)작용의 결과로 날개 사잇각(25~50°) 및 축면분리(axial-plane separation: 70~100 m)가 작아지게 되었다(Fig. 9). 반면에 F5 습곡의 날개부분에서는 내부 변형작용이 거의 발생하지 않았으며, 동서 방향의 압축력에 의해 발생한 F5 습곡작용 동안에 F4 습곡의 방향만 바뀌었다. 즉 동서 방향의 F4 습곡이 F5 습곡의 서쪽날개에서는 북동 방향으로 동쪽날개에서는 북서 방향으로 회전 하였다(Fig. 9). F5 습곡의 서쪽 날개부에 분포하는 F4 습곡의 날개 사잇각은 90~120°이며, 축면분리는 약110~120 m이다. 또한 동쪽 날개부에 분포하는 F4 습곡의 날개 사잇각은 70~120°이며, 축면분리는 약 110~150 m이다.

결 론

지질구조 분석결과 연구지역은 적어도 다섯 번의 변형작용을 받은 것으로 밝혀졌으며, 지질구조 및 변형사를 요약하면 다음과 같다.

(1) 첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1)

선캐브리아기에 퇴적암이 형성된 후 첫 번째 변성작용 및 변형작용에 의해 흑운모호상 편마암에 규장질대와 고철질대가 교호하는 성분엽리(S1)가 발달하였다.

(2) 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)

첫 번째 변성작용(M1) 및 변형작용(D1) 후에 심성암이 관입하였으며, 두 번째 변성작용(M2) 및 변형작용(D2)을 받았다. 심성암은 변성작용(M2)에 의해 석영장석질 편마암으로 변하였다. 이때 일부 연속성이 불량한 엽리구조(S2)가 석영장석질 편마암에 발달되었다. 흑운모호상 편마암에 발달된 S1 엽리는 전위되어 S2 엽리와 평행하게 되었다고 추정된다.

(3) 세 번째 변형작용(D3)에 의해 축면분리가 수십 cm 내지 수 m 규모의 F3 밀착습곡 및 등사습곡이 호상흑운모 편마암과 석영장석질 편마암에 발달되었다. F3 습곡은 전위작용(transposition)에 의해 뿌리없는 습곡(rootless folds)으로 전위 되었다. F3 습곡의 습곡축면 방향으로 S3가 형성되었다.

(4) 네 번째 변형작용(D4) 동안에 남북 방향의 압축력에 의해 약 100 m의 축면분리를 가지는 준 수평 직립 습곡 형태의 F4 습곡구조가 동서 방향으로 형성되었다.

(5) 다섯 번째 변형작용(D5) 동안에 동서 방향의 압축력에 의해 약 200 m 내지 약 3 km의 축면분리를 가지는 F5 직립 수직 습곡구조가 접선종변형작용(tangential longitudinal strain)에 의해 남북 방향으로 형성되었다.

(6) F5 습곡작용 동안에 F5 습곡의 중심부에서는 중복 중첩습곡 작용이 발생하여 F4 습곡의 날개 사잇각과 축면분리가 작아졌으며, 날개부에서는 F5 습곡작용 동안에 내부변형작용은 거의 발생하지 않았고, F4 습곡이 F5 습곡의 서쪽날개부에서는 북동 방향, 동쪽 날개부에서는 북서 방향으로 회전 되었다.

(7) 연구지역의 엽리는 대부분 S3이며 궤적은 F4 및 F5의 습곡에 의해 규제되었다.

(8) F5 습곡작용 동안에 취성변형작용에 의해 절리 및 단층이 발달하였으며, F5 습곡의 양쪽 날개부에는 부채꼴 절리가 우세하게 발달하고, 힌지대에는 bc-절리가 우세하게 발달하였다. 그 이후 주향이동 단층이 연구지역의 중심부에 북서 방향으로 발달 하였다.

사 사

본 연구는 용역 사업 중 일부로 행하여졌으며, 용역

비를 제공해주신 죽림엔지니어링에 감사하고, 야외지질조사를 도와준 유영길, 마명환, 이정국 학생들에게 고마움을 전한다. 또한 과학기술부 지정 강원대학교 부설 산업광물은행의 지원과 심사를 하여주신 손문, 강지훈 교수께 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

박계헌, 1982, 광주-양평지역에 분포하는 변성암류의 변성작용에 관한연구, 서울대학교 석사 학위 논문, 45 p.

이광진, 조문섭, 1992, 가평-청평지역 경기육괴의 변성작용, 암석학회지, 1, 1-24.

강필종, 김유봉, 김정찬, 이병주, 1999, 한국지질도(1:250,000), 서울-남천점 지질도폭 설명서, 한국 자원 연구소, 64p.

송용선, 이승구, Akimasa Masuda, 2004, 경기육괴 중부 남단(용인-안성지역)에 분포하는 선캠브리아기 변성암류의 지구화학적 특징, 암석학회지, 13, 142-151.

김수진, 김형식, 소칠섭, 윤 선, 원종관, 지정만, 1978, 한국지질도(1:50,000), 양평도폭 및 설명서, 자원개발연구소, 41 p.

김정환, 박석환, 이병주, 1981, 한국지질도(1:50,000), 청평도폭 및 설명서, 한국자원연구소, 29p.

Pluijm and Marshak, 1997, Earth Structure. An introduction to Structural Geology and Tectonics. McGraw-Hill Company, New Jersey, USA, 495 p.

Ramsay and Huber, 1987, The Techniques of Modern Structural Geology. Volume 2: Folds and Fractures. Academic Press, San Diego, USA, 700 p.

(2005년 4월 3일 접수; 2005년 4월 18일 채택)