

옥천대와 경기육괴의 경계부, 주천 지역의 지질구조

김유홍^{1*} · 기원서¹ · 진광민²

¹한국지질자원연구원 국토지질연구본부, ²한국지질자원연구원 광물자원연구본부

Geological Structures of Jucheon Area, Contact Area between Ogcheon Belt and Gyeonggi Massif

You Hong Kihm^{1*}, Won Seo Kee¹ and Gwang Min Jin²

¹Geological Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

²Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

The Songbong Formation (so-called Bangrim Group), correlated to the lower part of Choseon Supergroup, unconformably overlies the Precambrian Gyeonggi massif at northeastern tip of the Ogcheon belt. The contact relationship between the Choseon Supergroup and the Yeongnam massif is also known as an unconformity at northeastern part of the Ogcheon belt. It implies that the Gyeonggi and Yeongnam massifs were probably connected each other before the Early Paleozoic. Three deformational phases are recognized in the study area. The first phase is the north-northeastward ductile thrusting, which places Precambrian granite of the Gyeonggi massif over the Paleozoic rocks of the Ogcheon belt. The second phase is characterized by the southeastward thrusting and deformation partitioning along the Nuruhaji compartment fault. The third phase is the reactivation of the Nuruhaji Fault into dextral strike-slip fault with over a few kilometers displacement.

Key words : Songbong Formation, Bangrim Group, Ogcheon belt, unconformity, deformation partitioning

옥천대의 북동변인 주천 지역에 분포하는 송봉층(소위 방림층군)은 선캄브리아 시대의 경기육괴 기반암위에 부정합 관계로 분포하며, 조선누층군의 하부 지층에 대비된다. 이것은 영남육괴와 조선누층군의 관계가 옥천대 남동변에서 역시 부정합이라는 사실과 함께 옥천대 양쪽 경계부의 기반암이 최소한 고생대 초에는 하나였을 것임을 의미한다. 주천 지역에서는 세 번의 변형작용이 인지된다. 첫 번째 변형작용에 의해서 선캄브리아 시대의 화강암이 연성전단대를 따라서 북북동 방향으로 옥천대의 고생대층 상위로 이동하였다. 두 번째 변형작용은 남동방향을 향한 층상단층운동과 이에 수반된 누루하지단층으로 특징 지워진다. 특히 누루하지단층을 경계로 하여 북동쪽 지괴와 남서쪽 지괴 사이에 변형작용 분리가 발생하였다. 세 번째 변형작용은 누루하지단층을 수 km의 변위를 갖는 우수향 주향이동단층으로 재활성시켰다.

주요어 : 송봉층, 방림층군, 옥천대, 부정합, 변형작용 분리

1. 서 론

남중국 지괴와 북중국 지괴의 충돌대가 한반도의 어디로 연장되는지에 대하여 여러 가지 주장이 제기되어 왔다(Yanai *et al.*, 1985; Cluzel *et al.*, 1990; Yin and Nie, 1993; Cho *et al.*, 1995; Ree *et al.*, 1996;

Chough *et al.*, 2000, Oh *et al.*, 2006; Kwon *et al.*, 2009). 그 주장들 중에서 일부는 경기육괴와 옥천대의 경계가 충돌대일 가능성을 제시하고 있으나(Yanai *et al.*, 1985; Cluzel *et al.*, 1990; Yin and Nie, 1993; Ree *et al.*, 1996; Chough *et al.*, 2000), 경기육괴와 옥천대 사이의 충돌대의 직접적인 증거는 아직 제시되

*Corresponding author: kihmyh@kigam.re.kr

지 않았다. 이 연구의 목적은 경기육괴와 옥천대의 경계부에 발달한 지질구조들의 특성을 조사 분석하여 층서와 변형작용의 특징을 밝히고, 충돌대의 존재 가능성을 밝히는데 있다.

연구지역으로는 옥천대의 조선누층군과 경기육괴의 선캄브리아 시대 기반암이 접하는 영월군 주천면 일대를 설정하였다(Figs. 1, 2). 이 지역은 과거부터 층서와 지질구조에 대해 많은 연구가 이루어져 왔고(Hukasawa, 1943; Kobayashi, 1953; Son and Jeong, 1971; Won *et al.*, 1974; Jeong *et al.*, 1979; Lee *et al.*, 1986; Yoon, 1994; Ryoo, 1995; Kim *et al.*, 1997; Chough *et al.*, 2000), 노두의 발달상태가 양호하여 두 지체구조의 연구지역으로서 적당하다.

주천 지역의 층서상의 문제는 소위 방림층군(Son and Jeong, 1971)의 층서적 위치에 관한 것이다(Table 1). 방림층군이 선캄브리아 시대의 지층이라는 의견(Son

and Jeong, 1971; Jeong *et al.*, 1979; Kim *et al.*, 1997)과 고생대 초의 지층이라는 의견(Kobayashi, 1953; Won *et al.*, 1974)이 맞서왔다. 방림층군의 층서적 위치에 따라서 경기육괴의 기반암과 옥천대의 조선누층군과의 관계는 부정합(Son and Jeong, 1971), 역단층(Jeong *et al.*, 1979), 역단층이나 정단층(Kim *et al.*, 1997) 등으로 해석되어왔다. 또한 Ryoo(1995, 1997)는 경기육괴의 기반암이 대규모의 횡습곡형태로 변성퇴적암류와 충상단층 관계를 가지며 발달한 것으로 해석하였다. 따라서 이 지역의 층서를 확립하고 기반암과 퇴적암과의 접촉관계를 정립하는 것을 일차 목표로 하였다. 이를 바탕으로 지질구조를 해석하였다.

2. 지 질

연구결과, 연구지역은 Won *et al.*(1974)이 제시한

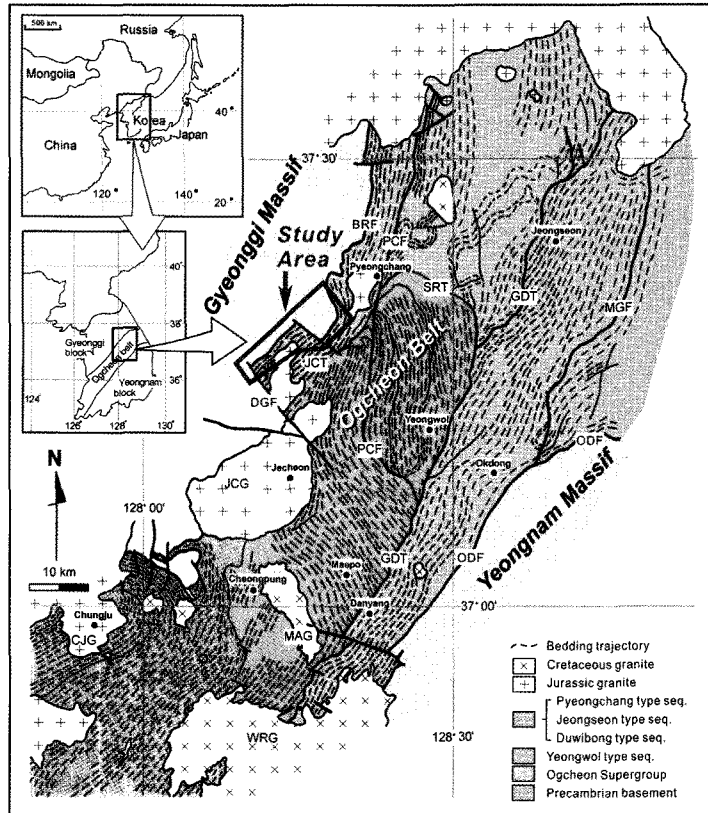


Fig. 1. Simplified structural map of the northern part of the Ogcheon belt. The studied area is located along the contact between the Ogcheon belt and the Gyeonggi massif (BRF: Bangrim Fault, DGF: Danggol Fault, GDT: Gakdong Thrust, JCT: Jucheon Thrust, MGF: Maepori-Gasari Fault, ODF: Okdong Fault, PCF: Pyeongchang Fault, SRT: Sangri Thrust, JCG: Jecheon granite, MAG: Muamsa granite, CJG: Chungju granite, WRG: Woraksan granite).

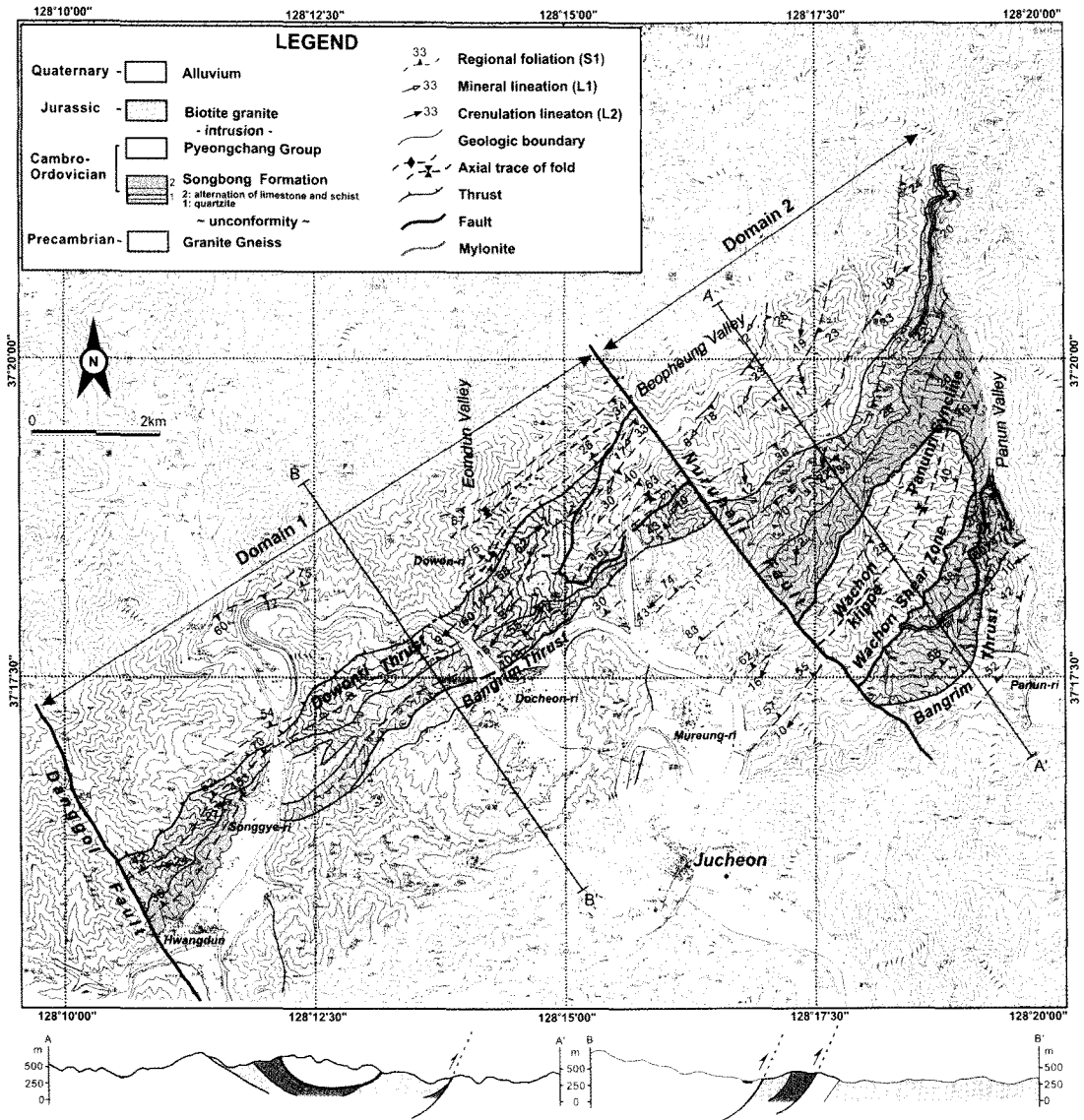


Fig. 2. Geological map and cross-sections of the Jucheon area.

층서가 타당하다. 다만, 방림층군, 안미리층군, 송봉편암 등으로 지칭되는 편암류는 편암으로만 구성되지 않고 1-3매의 규암 및 변성사질암, 수 매의 석회암이 협재하는 등 다양한 암상으로 구성되는 것이 확인되어, 이 논문에서는 보다 적절한 명칭인 송봉층으로 통합하였다. 송봉층의 상위로 대석회암층군에 대비되는 평창층군이 분포하며, 평창층군을 구성하는 층에 대해서는 Table 1처럼 다양한 층명이 제시되어있으나, 이 연구에서는 이에 대한 구체적인 연구를 수행하지는 않았으므로, 송봉층 상위의 석회암은 단순히 평창층군으로 칭

하였다. 주천 지역에 분포하는 지층은 구성암석 및 산상에 근거하여 하부로부터 선캠브리아 시대의 기반암류, 하부고생대의 편암류인 송봉층, 하부고생대의 석회암류인 평창층군, 그리고 이들을 관입한 중생대의 화강암체로 크게 4종류로 대별된다. 이를 정리하면 Table 2와 같으며, 각 지층의 특징과 층서적 위치 및 분류 근거는 아래와 같다. 연구지역의 북서부에 넓게 분포하는 선캠브리아 시대의 기반암류는 다양한 화강암으로 구성되며, 화강암

Table 1. Stratigraphic correlation of the Jucheon area

age	author	Hukasawa(1943)/ Kobayashi(1953)	Son and Jeong(1971)	Jeong <i>et al.</i> (1979)	Won <i>et al.</i> (1974)	this study
Noeunri granitic gneiss -intruion-						
Early Paleozoic	Great Limestone Series	Upper Great Limestone Series	Pyeongchang Group	Jeongseon Limestone Iptanri Formation Daehari Formation Pungchon Limestone	Solchi Formation Docheonri Formation Songgyeri Formation	Pyeongchang Group
		Dunjeon Phyllite				
		Lower Great Limestone Series	~unconformity~			
		Songbong Schist	Anmiri Group	Banghakhdong Schist Haenghwadong Quartzite	Myobong Formation Jangsan Formation	Songbong Schist Songbong Formation
		~unconformity~	~unconformity~	~unconformity~	~unconformity~	~unconformity~
Precambrian		Granitic rock	Bangrim Group	Granite Gneiss -intruion- Bangrim Group	Granite Gneiss	Granite Gneiss

Table 2. Stratigraphic sequence of the Jucheon area

Quaternary	[Alluvium]	
	~unconformity~	
Jurassic	[Biotite Granite]	Daebo granite
	-intruion-	
Cambro- Ordovician	[Pyeongchang Group]	Choseon
	[Songbong Formation]	Supergroup
	~unconformity~	
Precambrian	[Granite Gneiss]	Metamorphic Complex

의 많은 부분이 압쇄엽리를 갖고 있는 엽리상 화강암이다. 일부 지역에서는 화강암 내에 호상편마암이 포획되어 있다. 호상편마암은 층상상으로 연구지역의 가장 하부를 이루는 암석으로 도원리의 엄둔계곡과 범흥리 범흥계곡의 안쪽에 소규모로 분포한다. 호상편마암은 석영과 장석으로 이루어진 우백대와 흑운모, 각섬석 등의 유색광물로 구성된 우흑대가 교호하는 암상이 우세하며(Fig. 3a), 일부 미그마타이트화 된 부분도 관찰된다.

선캠브리아 시대의 화강암은 실제로 흑운모화강암, 복운모화강암, 우백질 화강암, 반상 화강암 등의 다양한 암상으로 구성되는 화강암복합체이다. 이번 연구에서는 화강암복합체의 분대는 시도하지 않았다. 주천면 도원리에는 복운모화강암이 우세하며 무릉리와 판운리에는 우백질 화강암이 우세하다. 특히 도원리 엄둔계곡 서편에서 복운모화강암은 거의 변형을 받지 않아 엽리구조의 발달이 매우 미약하며(Fig. 3b), 두학교 근처에서는 거의 중생대 화강암과 유사한 암상을 보인다. 그러나 도원리 엄둔계곡에서는 엽리구조가 뚜렷하다

(Figs. 3c, d). 복운모화강암은 주로 중립질이며, 페그마타이트질 암맥의 관입이 빈번하다. 우백질 화강암은 판운계곡에서 송봉층 하부에 부정합으로 노출되며, 특히 판운계곡 서쪽 능선부에서 클리페형태로 송봉층 상위에 위치한다(Fig. 2). 판운계곡의 클리페(와촌클리페)는 북서 주향방향의 단층인 누루하지단층(Yoon, 1994)에 의해서 지표상에서 약 4 km 우수향으로 변위되어 범흥계곡에서 노출된다. 우백질 화강암은 주로 조립질의 장석과 석영으로 구성되며, 일부 장석반정을 포함하는 반상 조직을 보이기도 한다. 부분적으로 편마조직과 압쇄조직을 보여주며(Figs. 3e, f), 특히 송봉층과의 접촉부를 따라서 강한 압쇄대가 발달한다.

송봉층은 판운계곡에서는 선캠브리아 시대의 화강암 상위에 부정합으로 분포하며(Fig. 4), 엄둔계곡과 범흥계곡에서는 층상단층에 의해서 복운모화강암과 평창층군 사이에 위치한다(Fig. 2). 따라서 이 층은 선캠브리아 시대 화강암의 관입을 받은 경기육괴의 고기 기반암에 속하는 지층이 아니라 옥천대를 구성하는 조선누층군의 지층으로 해석함이 타당하다. 또한 송봉층은 탄산염암을 주 구성암으로 하는 평창층군의 지층들에 의해 정합적으로 덮여있어, 층서적으로 양덕층군에 대비된다. 다만, 이 층은 장산규암과 묘봉층으로 분류되는 양덕층군과 지층구성이 다르게 나타난다. 즉, 양덕층군은 규암이 최하위 지층을 이루는데 반하여 송봉층은 편암이 최하위 지층으로 분포한다.

송봉층의 주 구성암은 녹색의 건운모석영편암, 녹니석석영편암이며, 대부분의 노두에서 매우 많은 석영맥이 편암 내에 전이(transposed)되어 존재하는 것이

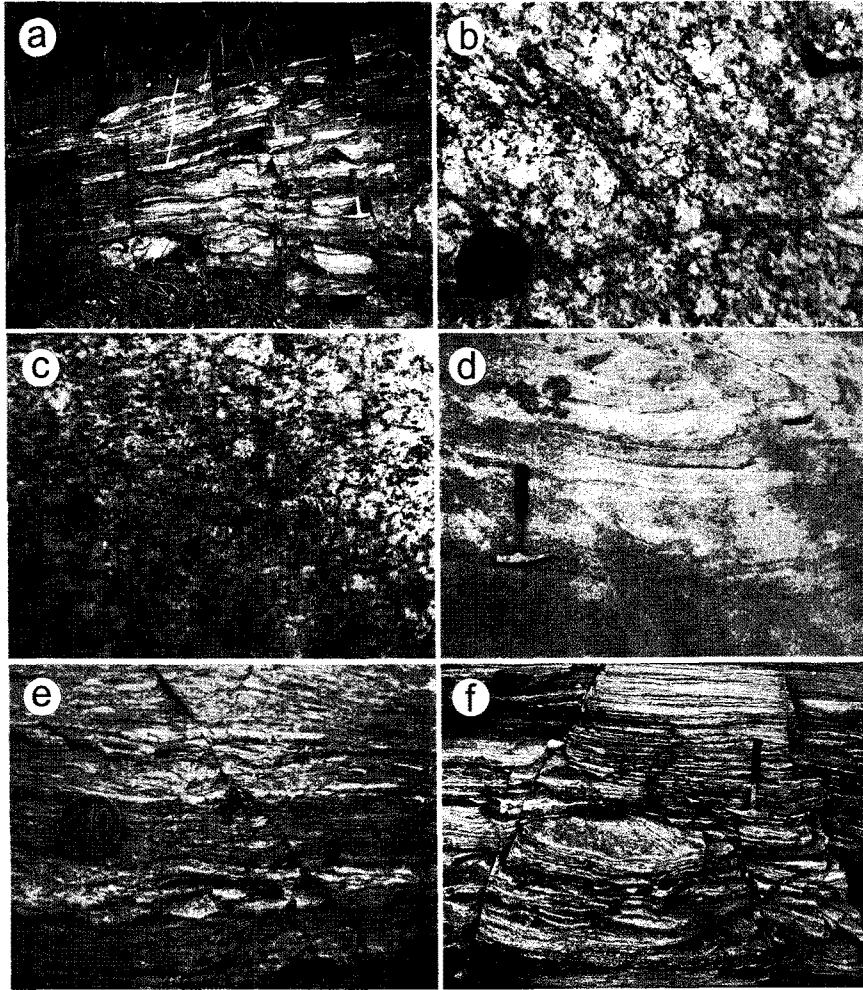


Fig. 3. Outcrop photographs of Precambrian banded gneiss and granite gneiss. (a) Banded gneiss. (b) Undeformed two mica granite. (c) Weakly foliated two mica granite. (d) Foliated two mica granite. (e) Mylonitized leucocratic granite. (f) Mylonitized granite.

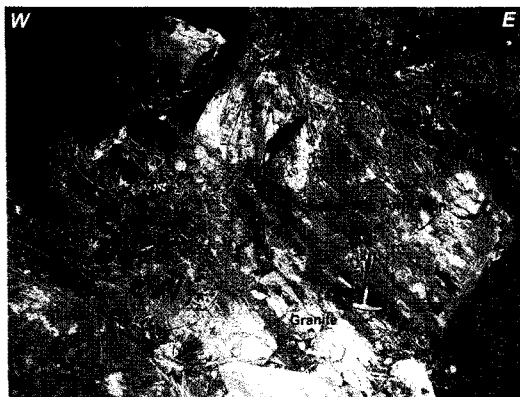


Fig. 4. Schist of the Songbong Formation unconformably overlying the mylonitic leucocratic granite

매우 뚜렷한 특징이다(Fig. 5a). 송봉층은 암상적 특징에 의해서 크게 상부와 하부 두 부분으로 나눌 수 있다. 송봉층의 하부에는 편암 내에 1-3매의 규암(Figs. 5b, c)과 변성사질암이 협재하며, 상부에는 석회암이 많이 협재하여(Fig. 5d) 편암과 호층을 이룬다(Fig. 5e). 상부로 갈수록 석회암의 협재 빈도수가 증가하면서 상부의 평창층군과 정합적인 관계일 가능성을 지시한다.

평창층군은 연구지역에서 남동부에 넓게 분포하며, 남동 이동 방향의 층상단층에 의해서 송봉층 하위에 분포한다. 연구지역 내의 평창층군은 주로 리본암(ribbon rock)과 염리상석회암으로 구성되며(Fig. 5f), 리본암은 차별침식을 보여 층식상 구조를 보인다. 방림층상단층을 경계로 송봉층과 접하는 평창층군은 판

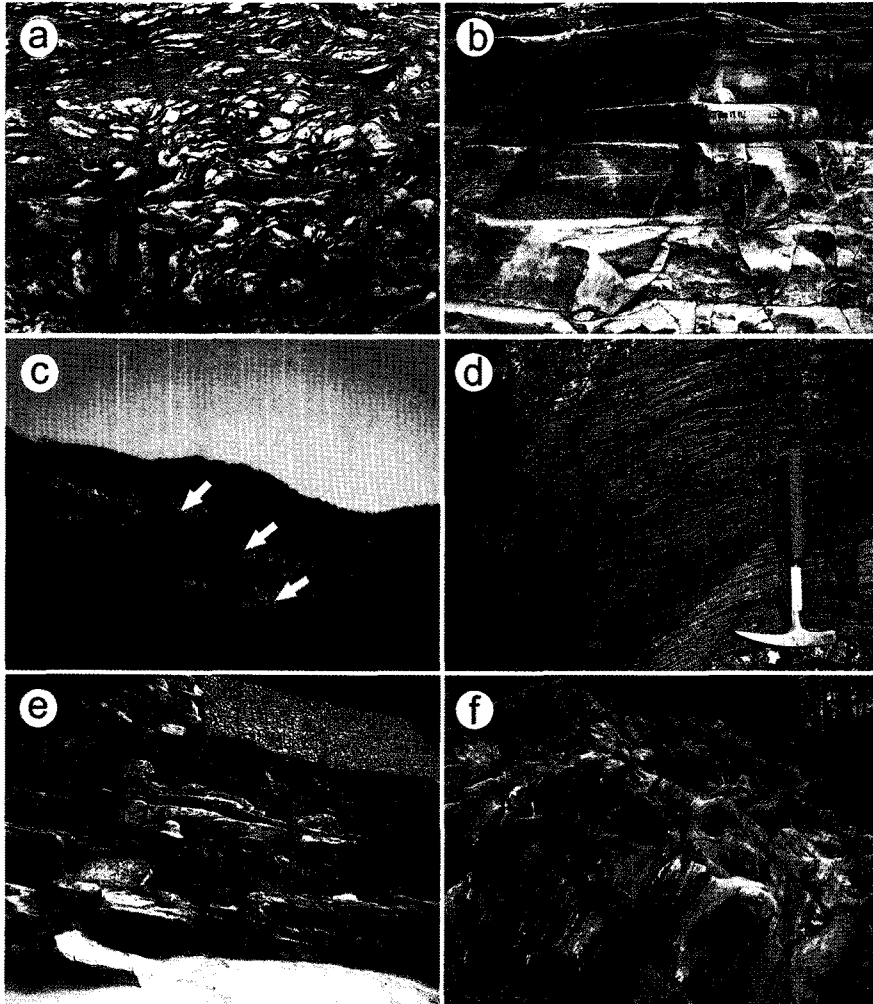


Fig. 5. Outcrop photographs of early Paleozoic sedimentary rocks. (a) Sericite quartz schist containing strongly transposed quartz veins. (b) Quartzite intercalated in the Songbong Formation. (c) Quartzite layers, indicated by white arrows, alternated with schist. (d) Highly folded laminated limestone intercalated in the Songbong Formation. (e) Alternation of limestone and schist with a few meters width. (f) Laminated limestone of the Pyeongchang Group.

윤리 지역의 미화석 연구를 통해서 일부가 초기 내지 중기 오르도비스기 지층으로 대비되었다(Lee *et al.*, 1986).

흑운모화강암은 주라기 제천화강암의 동북단으로 상기 지층들을 모두 관입한다. 흑운모화강암은 중립 내지 조립질로서 대부분 등립질이나, 부분적으로 큰 정장석 반정을 함유하는 반상조직도 보여준다.

3. 지질구조

주천 지역에는 송봉층과 평창층군을 기준으로 최소

3회의 변형작용이 인지된다. 세 번의 변형작용은 각각 기존에 보고된 송림조산운동, 대보조산운동, 불국사조산운동과 그 특징이 일치한다(Kim, 1996; Kihm and Kim, 2003).

3.1. D1 변형작용

D1 변형작용은 연구지역 내에 발달하고 있는 광역적인 엽리구조(regional foliation, S1)를 형성하였으며, 기반암을 송봉층 상위로 전이시킨 전단대와 암쇄엽리구조(Sm)가 대표적인 지질구조이다. 또한 이에 수반된 비대칭적인 소습곡과 광물신장 선구조(L1)를 형성하였다.

D1 변형작용에 의해서 형성된 광역적인 S1 엽리구조는 암상이나 지질구조상의 위치에 따라서 지역적으로 다른 형태로 발달한다(Fig. 6). 송봉층 내의 엽리구조는 주로 녹니석, 견운모, 백운모 등의 운모류의 배열과 신장된 석영맥에 의해 정의되며, 기존의 면구조인 층리(S0)나 석영맥들을 심하게 전이시키며 발달한 편리구조이다(Fig. 6a). 송봉층 내에 발달한 편리구조는 부분적으로 우백대와 우흑대의 분리가 일어났으나, 편마구조까지는 발달하지 못 하였다. 평창층군의 석회암 내에 발달하는 S1 엽리구조는 대부분의 노두에서 층리와 평행하게 형성된 점판벽개(slaty cleavage)이며, 방해석, 백운석이나 일부 운모류의 배열에 의해 정의된다. 전단대가 발달하는 기반암에서 편마구조나 편리구조 외에 압쇄엽리구조(Sm)가 S1으로 나타난다. 이런 노두에서는 압쇄엽리구조는 석영리본(quartz ribbon), 신장되거나 회전한 장석반정, 유색광물의 배열에 의해서 정의된다(Fig. 6b).

측정된 S1 엽리구조를 입체투영도에 투영한 결과는 Figs. 7a, b와 같다. 연구지역은 지질구조적 특징에 따라서 당골단층과 누르하지 단층 사이의 지역을 구조구 1, 누르하지 단층 북동부를 구조구 2로 구분하였다(Fig.

2). Fig. 7a는 구조구 1에서 측정된 S1 엽리면의 투영 결과이며, Fig. 7b는 구조구 2에서 측정된 S1 엽리면의 투영결과이다. 두 구조구에서 S1 엽리구조는 주향은 거의 동일하나 경사방향은 구조구 1에서는 북서방향의 경사가 압도적으로 우세한 반면에, 구조구 2에서는 북서방향 뿐만 아니라 남동방향의 경사도 강하게 나타난다. 이러한 특징은 구조구 2에 발달하고 있는 관운리향사를 반영한 것으로 구조구 1에도 관운리향사의 연장부가 일부 남아있으나, 구조구 2에 비해서 엽리구조의 경사방향에 미치는 영향이 작다.

D1 변형작용이 형성시킨 가장 특징적인 구조라 할 수 있는 압쇄대는 주로 와촌클리페 경계부를 따라서 발달한다. 이 압쇄대는 와촌전단대(Wachon Shear Zone)로 명명된 바 있다(Yoon, 1994). 이 압쇄대의 폭은 송봉층과의 경계에서부터 약 200 m 정도이며, 이 압쇄대 외에도 기반암 내에 소규모의 전단대가 단속적으로 발달한다. 이는 D1 변형작용인 연성전단작용이 기반암 전체에 영향을 미쳤음을 지시한다. 이 연성전단작용에 수반되어 형성된 L1 광물 신장선구조는 대부분 일관되게 20° 이하의 낮은 경사각을 이루며 남남서 방향으로 침강한다(Figs. 7c, d). 따라서 전단대의 이동

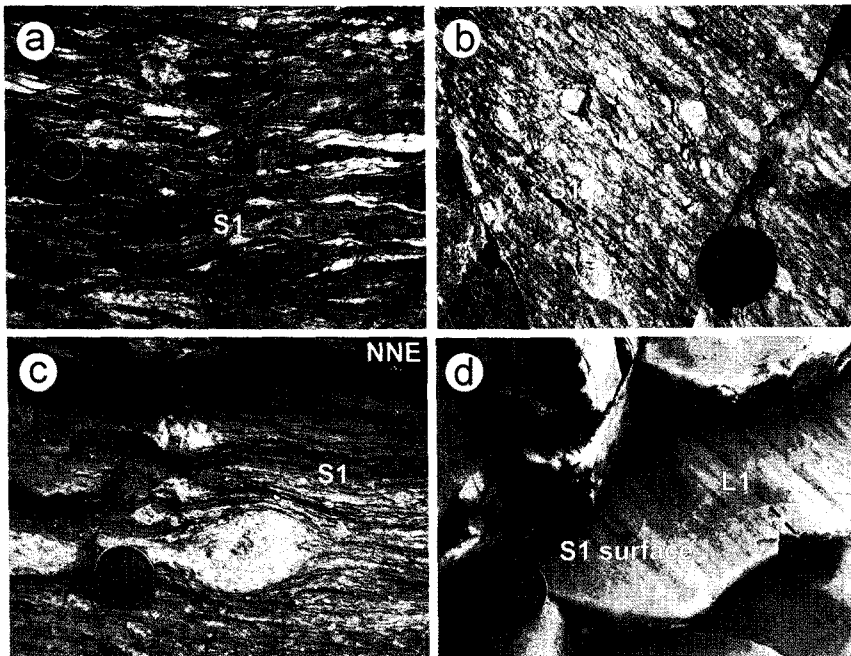


Fig. 6. Outcrop photographs showing S1 foliation. (a) S1 foliation defined by transposed quartz veins and mica flakes. Songbong Formation. (b) Mylonitic foliation defined by quartz ribbons and elongated porphyroclasts. Granite gneiss. (c) Porphyroclasts showing dextral shear sense. Granite gneiss. (d) L1 mineral lineation on S1 surface. Quartzite in the Songbong Formation.

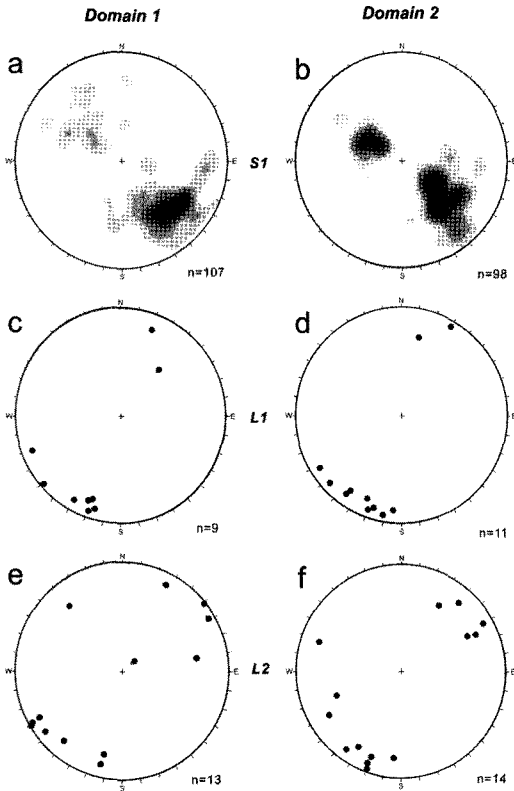


Fig. 7. Equal-area stereograms of poles to S1 foliation and L1, L2 lineations for two domains.

방향은 북북동 내지 남남서 방향이다.

구조구 1과 2에서 측정된 광물 신장선구조를 입체투영도에 투영한 결과, 두 구조구에서 발달하는 L1 선구조의 방향성의 차이는 거의 없다. 비대칭적인 소습곡과 전단방향을 지시하는 반정들은 기반암을 송봉층 상위로 전이시킨 D1 전단작용이 남남서에서 북북동방향으로 일어났음을 지시한다(Fig. 6c). 그러나 신장되고 회전된 반정들은 대부분 거의 대칭적인 모습을 보이고 있어서 D1 연성전단작용이 압축작용이 강한 전단작용이었을 것으로 생각된다.

F1 습곡구조는 일반적으로 횡외등사습곡 형태가 일반적이며(Fig. 8a), 노두에 따라서 무근습곡(rootless fold; Fig. 8b), 칼집습곡(sheath fold; Fig. 8c), 층간습곡(intrafolial fold; Fig. 8d) 등의 형태로 나타난다. 무근습곡은 전이된 석영맥과 편암과의 물성차이가 큰 송봉층 내에 많이 관찰된다. Fig. 8c와 d에서 알 수 있듯이 F1 습곡구조는 S1 엽리면의 습곡으로 형성되었으며, 이는 F1 습곡작용이 일어나기 전에 이미 전단작용에 의해서 S1 편리구조가 형성되었음을 지시한다. 칼

집습곡이나 층간습곡과 같은 습곡구조들은 좌굴작용(buckling) 보다는 전단작용(shearing)이 우세한 조건에서 형성되며, 이는 D1의 주된 작용이 연성전단작용이었음을 의미한다. 따라서 D1 변형작용은 S1 편리구조가 형성된 후 연성전단작용에 의해서 전단대, 습곡구조, 광물신장 선구조 등이 형성되었다. Yoon(1994)은 S1 편리구조를 만든 변형작용을 D1으로, 연성전단작용과 관련된 변형작용을 D2로 분리하였으나, 이 연구에서는 모두 점진적인 변형작용의 결과로 보고 D1으로 설정하였다.

3.2. D2 변형작용

D2 변형작용은 남동 이동방향의 층상단층과 이에 수반된 습곡구조(Fig. 9a), 파랑선구조(crenulation lineation), 파랑벽개구조(crenulation cleavage) 등을 형성하였다. D2 변형작용은 여러 구조요소들의 자세나 지질의 분포를 현재와 같이 규제한 변형작용이다.

D2 변형작용에 의해서 형성된 면구조 S2는 S1 면구조의 파랑습곡에 의해 형성된 파랑벽개구조이다. 특히 운모류의 함유량이 많은 송봉층과 평창층군의 리본암에서 잘 관찰된다(Fig. 9b). S2 파랑벽개는 송봉층에서는 불연속적인 파랑벽개(discrete crenulation cleavage)의 양상을 보이며, 평창층군에서는 연속적인 파랑벽개(zonal crenulation cleavage) 쪽에 가깝다. 그리고 S2 면구조를 따른 변성광물의 성장은 보이지 않는다(Fig. 9d).

S2 엽리구조가 F2 습곡구조가 발달하는 곳에서만 관찰되는 반면에, L2 선구조는 전 지역에 걸쳐 매우 잘 발달한다. L2 선구조는 S1 엽리면과 S2 엽리면의 교차선구조(intersection lineation) 또는 파랑선구조로 관찰되며(Fig. 9c), 일반적으로 F2 습곡축과 일치한다. L2 파랑선구조를 입체투영도에 구조구 별로 투영한 결과(Figs. 7e, f), 구조구 1과 2에서 파랑선구조의 방향성의 차이는 없으며, 두 구조구에서 모두 북동 내지 남서 방향으로 20° 이하의 낮은 경사각을 갖고 침강한다.

방림층상단층과 도원리층상단층은 D2 변형작용의 대표적인 지질구조로 남동 이동방향의 층상단층이다(Fig. 2). 방림층상단층은 송봉층을 평창층군 상위로 층상시키며, 누루하지단층에 의해서 약 4 km 우수향으로 변위되어 있다. 누루하지단층 서쪽에서는 방림층상단층에 의해서 송봉층의 상부가 평창층군을 층상하고 있으나, 동쪽에서는 송봉층의 하부가 평창층군을 층상한다. 도원리층상단층은 기반암류를 송봉층 상위로 층상시키고 있다. 도원리층상단층은 누루하지단층의 남서쪽인 구조구 1에서만 발달하며, 북동쪽으로는 연장되지 않는다.

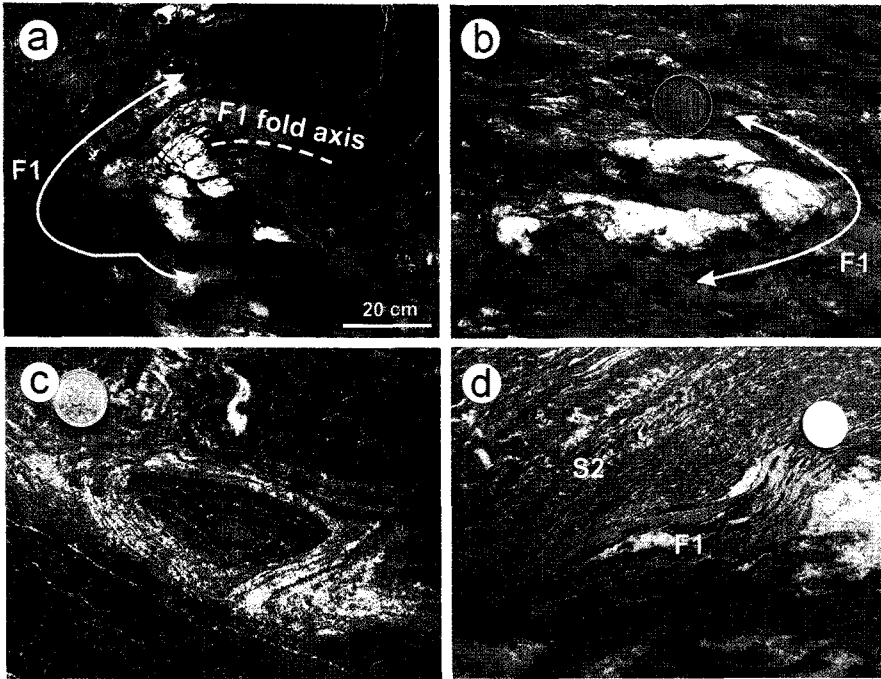


Fig. 8. Outcrop photographs of F1 folds. (a) Recumbent isoclinal fold. Pyeongchang Group. (b) Rootless fold of transposed quartz vein. Songbong Formation. (c) Sheath fold. Songbong Formation. (d) Intrafolial isoclinal F1 fold and S2 crenulation fold. Songbong Formation.

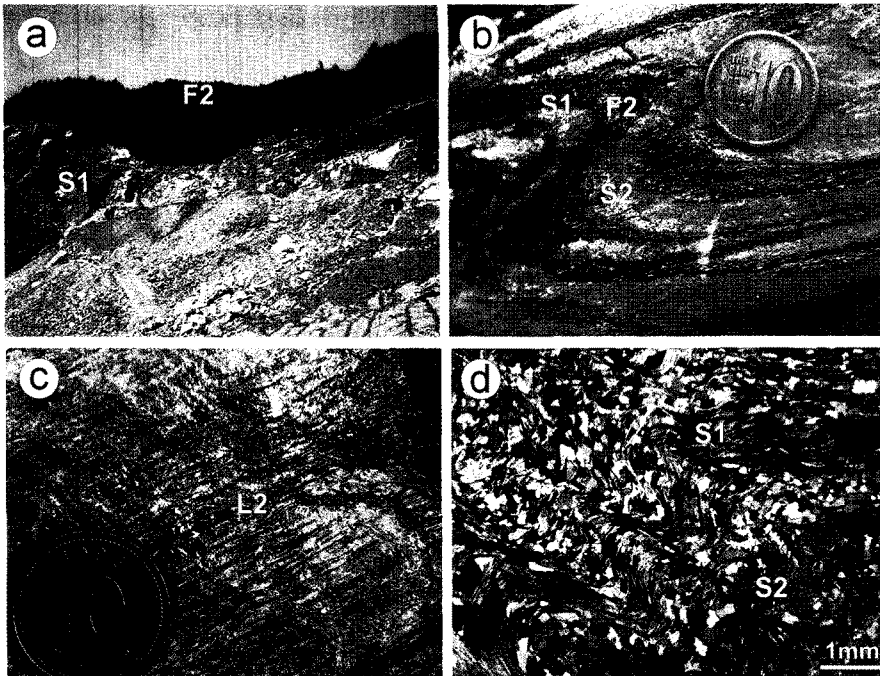


Fig. 9. D2 structures. (a) F2 anticline. Quartzite of Songbong Formation. (b) SE-vergent F2 fold with S2 cleavage. Pyeongchang Group. (c) L2 crenulation lineation on S1 surface. Songbong Formation. (d) Microphotographs of F2 crenulation fold and S2 crenulation cleavage. Songbong Formation.

이러한 특징은 도원리층상단층 부근의 엽리의 자세 변화에서도 분명하게 인지된다. 즉, 구조구 1에서는 기반암을 고생대 퇴적암 상위로 충상시키는 운동(도원리층상단층)이 일어났으나, 구조구 2에서는 이러한 구조운동이 발생하지 않았다. 이러한 구조발달양상의 차이로 인하여, 구조구 1에서는 기반암과 퇴적암 내에 발달한 광역적 엽리구조의 경사방향이 대부분 북서방향이며 경사각은 중각에서 고각이다. 그러나 구조구 2에서 광역적 엽리구조는 북서, 남동의 경사방향을 보이며 완만한 습곡구조를 이루고 있다. 특히, 누루하지단층의 북동쪽에서는 기반암과 송봉층과의 경계부에서 엽리면은 저각으로 남동 경사하여 일반적인 부정합 관계를 보이는 반면에, 단층의 남서쪽에서는 비교적 고각으로 북서쪽으로 경사하여 전형적인 충상단층의 특징을 보인다. 이러한 특징은 연구지역의 북동쪽인 대화면 지역에서도 확인된다(Kim *et al.*, 1999). 따라서 D2 변형작용 시에 구조구1과 구조구2에서 변형작용 분리(deformation partitioning)가 일어난 것으로 보인다.

이 두 충상단층의 상반에 여러 조의 배사구조와 향사구조가 발달하고 있다(Figs. 2, 9a). 특히 와촌클리페(Wachon klippe)에는 판운리 향사구조가 좋은 연장성을 보이며 발달하여 연구지역 내에 가장 큰 습곡구조를 형성하고 있다. 이 판운리향사는 와촌클리페 밖으로도 연장되어 이 습곡운동이 클리페의 형성 이후라는 것을 지시한다. 판운리향사는 북서 주향방향의 누루하지단층에 의해서 충상단층과 함께 약 4 km 이상 우수향으로 변위되어 서쪽으로 연장된다(Fig. 2). 이 습곡 외에도 와촌클리페의 동쪽에 배사구조가 발달한다. 이 배사구조에 의해서 연구지역의 동단에서 송봉층 내의 규암이 말발굽모양으로 분포하고 있다(Fig. 2). 이러한 습곡구조들은 대부분 직립개방습곡의 형태를 보인다(Fig. 9a).

3.3. D3 변형작용

D3 변형작용의 대표적인 구조는 충상단층들을 변위시키는 북서-남동 방향의 누루하지단층이다(Fig. 2). 누루하지단층은 와촌클리페를 약 4 km 이상 우수향으로 변위시켰다. 누루하지단층의 북동쪽에서는 광역적 엽리구조가 습곡구조를 따라서 남동 또는 북동방향의 경사를 보여주는 반면에, 단층의 남서쪽에서는 전체적으로 북서방향의 경사가 우세하다(Figs. 2, 7a, b). 이는 누루하지단층의 남서쪽과 북동쪽이 받은 D2 변형작용의 양상이 서로 다르다는 것을 지시하며, 따라서 누루하지단층은 D2 변형작용에 의해 형성된 인열단층(tear fault)이나 구획단층(compartment fault; Davis &

Reynolds, 1996)이 D3 변형작용에 의해서 우수향의 주향이동으로 재활성되었을 가능성이 높다.

4. 토 론

4.1. 방림층군과 송봉층

Son and Jeong(1971)은 송봉층 내의 규암층을 기준으로 규암층 하부의 편암대를 방림층군으로 구분하고 그 시대를 선크브리아 시대로 해석하였다. 그리고 규암층을 포함한 그 상위의 지층들을 캠프브리아기의 안미리층군으로 정의하고, 방림층군과 경사부정합관계로 기술하였다(Table 1). 그러나 방림층군으로 지칭된 하부 편암대는 화강암 상위에 부정합적으로 놓여 있는 것이 야외노두에서 관찰되어(Fig. 4), 소위 방림층군은 선크브리아 시대 화강암 관입 이후의 고생대 지층임이 확실하다.

Son and Jeong(1971)이 안미리층군과 방림층군이 경사부정합을 이루고 있다고 해석한 이유는 두 층군의 경계층으로 설정한 규암층(행화동규암층)이 지역에 따라 편암 또는 석회암과 접하는 현상을 잘 못 해석한 결과로 판단된다. 그들의 주장과는 달리 규암층 하위에 서로 다른 암석이 분포하는 것은 두 가지 이유로 해석할 수 있다. 그 중 하나는 동일 층군에서 렌즈상의 석회암층이 편암층 내에 단속적으로 분포하는 상변화로 해석할 수 있으며, 이것은 송봉층 내에 석회암층이 빈번하게 협제되는 현상과도 어느 정도 연관성이 있을 것으로 생각된다. 다른 하나는 송봉층 내의 규암층이 하나의 층군이 아니며, 지역적으로는 최대 3 개 층군에 걸쳐 분포한다는 사실이다(Fig. 5c). 따라서 각 규암층의 하위에 다른 암상이 분포하고 있을 가능성이 매우 높다.

기존에 발간되거나 보고되었던 주천 지역의 지질도에는 방림층군에 해당하는 지층들의 분포양상이 일정한 층후를 보이지 않고 매우 불규칙한 형태를 이루고 있는 것으로 표현되어 있어, 일견 화강암의 관입에 의한 결과로 해석하기 쉬우나, 이것은 화강암을 송봉층 또는 평창층군의 상위로 충상시킨 대규모 연성전단작용의 결과로서 해석된다.

그리고 송봉층을 시대가 다른 두 지층군으로 분류할 수 없는 결정적인 이유는 무엇보다도 규암층의 상하위에 각각 분포하는 편암대는 층군만 다를 뿐 변성도나 조직에 있어 서로를 구분할 수 있는 차이점이 전혀 없는 동일한 암상이라는 점이다. 이것은 지금까지의 모든 연구자들이 공통적으로 인정하고 있는 사항이다. 따

라서 송봉층은 동일분지에서 순차적으로 형성된 퇴적 연계층(sequence)으로 해석함이 타당하며, 이러한 해석이 정확하다면 여러 연구자들이 인용하고 있는 Son and Jeong(1971)의 방림층군은 잘못된 해석에서 명명된 것으로서 이 층의 층서적 의미는 상실된 것으로 판단된다. 그렇다면, 최초로 이 지역의 편암류를 구분하고 정의한 Husakawa(1943)의 주장에 따라서 '송봉편암'으로 지칭하는 것이 타당하나, 소위 '송봉편암'은 석회암, 규암, 변성사질암 등 다양한 성분으로 구성되므로 송봉층으로 함이 적당하다고 생각된다.

4.2. 송봉층의 대비

송봉층은 선캠브리아 시대의 기반암 상위에 부정합으로 존재하고 대석회암층군인 평창층군에 의해서 부정합으로 덮이므로 두위봉형 조선누층군의 양덕층군에 대비된다고 본다. 송봉층의 구성암상이 층서적으로 대비되는 지층들(두위봉형 조선누층군의 양덕층군 또는 영월형 조선누층군의 삼방산층)과 다른 이유는 동일시기에 지리적으로 떨어져 있던 퇴적환경의 차이로 해석할 수 있다. 즉, 평창지역의 송봉층을 비롯하여 태백산 지역의 양덕층군과 영월지역의 삼방산층은 모두 조선누층군의 하부를 구성하는 지층들로서 서로 다른 퇴적 환경으로부터 유래된 각자 고유의 퇴적상 및 지층구성을 보인다는 점이다. 그리고 이 지층들의 상위에 분포하는 대석회암층군의 지층들도 지역 마다 서로 달라 암층서학적으로 직접적인 대비가 어려운 것도 같은 맥락으로 이해할 수 있다.

4.3. 방림단층과 South Korea Tectonic Line (SKTL)

방림단층은 송봉층과 평창층군의 경계를 이루는 단층으로, 방림단층을 경계로 송봉층이 평창층군의 석회암을 침상하고 있다(Fig. 2). 기존의 연구들은 송봉층을 경기육괴의 일부로 보고 방림단층을 경기육괴와 옥천대의 경계단층으로 설정, 이에 기반하여 해석을 하였다. 그러나 이 연구의 해석대로 송봉층이 선캠브리아 시대의 기반암이 아니고 양덕층군에 대비된다면, 방림단층을 두 지구구조의 경계단층으로 가정하고 이루어진 기존의 연구들은 의미가 없어진다. 특히 Chough *et al.*(2000)은 남북중국 충돌대의 연장부를 방림층군과 평창층군의 경계로 보고, 이를 청산전단대에서 이어지는 SKTL의 일부로 보았으나, 이는 재고되어야 할 것이다.

4.4. 옥천대와 경기육괴

이 연구의 결과처럼 경기육괴와 옥천대 사이에 충돌

대가 존재하지 않고 부정합 관계이며 그 부정합면을 따라서 연성전단작용이 일어났다면, 이는 영남육괴와 옥천대 사이의 관계와 거의 동일하다고 볼 수 있다. 즉, 영남육괴와 옥천대 사이도 기본적으로는 부정합 관계이며, 이 부정합면을 따라서 역시 전단대가 발달하고 있기 때문이다(Kim *et al.*, 1989). 이러한 특징은 옥천대가 형성되었을 당시인 고생대에는 경기육괴와 영남육괴는 하나의 지괴로서 옥천대 고생대 퇴적암들의 기반암이 되었음을 지시한다.

이와 관련하여 최근에 제기되고 있는 또 다른 해석으로는 주천지역의 기반암이 경기육괴가 아닐 가능성이 있다. 즉, 주천지역의 기반암은 영남육괴에 대비되고 경기육괴와 영남육괴의 경계는 주천지역보다 더 북서쪽에 있을 가능성이 있다. 이러한 해석은 최근에 남북중국 충돌대의 연장으로 주목받고 있는 경기육괴 남서부에 대한 연구결과에 기반하고 있으며, 기존에 알려진 지체구조구의 정의와 경계에 대한 재정립을 필요로 한다. 이러한 문제는 앞으로 경기육괴 남서부와 북동부에 대한 비교연구가 더 진행되어야 해결될 것으로 보인다.

5. 결 론

옥천대와 경기육괴 접경지역인 강원도 영월군 주천면 일대를 연구하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 논란이 되어온 소위 방림층군은 선캠브리아 시대의 기반암이 아니라 조선누층군의 양덕층군에 대비되며, 편암, 규암, 석회암 등 다양한 암상으로 구성되므로 층명은 송봉층이라고 하는 것이 적절하다.

(2) 기존에 옥천대와 경기육괴의 경계단층으로 해석되던 방림단층은 두 구조구의 경계단층이 아니고 옥천대 내의 단층으로 해석된다.

(3) 송봉층과 선캠브리아 시대 기반암과의 관계는 기본적으로 부정합 관계이며, 누루하지 단층의 남서부에서는 후기 변형작용에 의해서 침상단층 관계를 보인다. 따라서 옥천대의 양쪽 경계부의 선캠브리아 시대의 기반암은 최소한 고생대 초에는 하나로 연결되어 있었을 것이다.

(4) 첫 번째 변형작용은 선캠브리아 시대의 기반암을 고생대 퇴적암 위로 침상시킨 북동 이동방향의 연성전단운동으로 연성전단대, 광물신장선구조, 압쇄엽리구조, 등사습곡구조 등을 형성하였다.

(5) 두 번째 변형작용은 북서-남동 방향의 압축작용으로 북동 방향의 침상단층, 파랑선구조, 파랑벽개구조, 직립개방습곡 등을 형성하였다. 특히 두 번째 변형작용

의 후기에는 변형작용 분리가 일어나 누루하지단층 남서부에서는 기반암이 퇴적암 위로 충상하였으나, 누루하지단층 북동부에서는 부정합관계가 그대로 남아있다.

(6) 세 번째 변형작용은 남-북 방향의 압축작용으로 누루하지단층을 우수향의 주향이동단층으로 재활성시켰다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원의 기본사업인 ‘국토중서부 천부지각의 지구조 진화 연구(GP2009-012-01)’ 과제의 일환으로 수행되었습니다. 이 논문의 개선을 위해서 건설적인 비평과 유익한 조언을 해주신 최위찬 박사님, 류충렬 박사님, 편집위원님께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- Cheong, C.H., Lee, D.Y., Yu, Y.S. and Kang, K.W. (1979) Geological Report of the Pyeongchang-Yeongweol Sheet, Korea Institute of Energy and Resources, 19p.
- Cho, M., Kwon, S.-T., Ree, J.-H. and Nakamura, E. High-pressure amphibolite of the Imjingang belt in the Yeoncheon-Cheongok area. *The Journal of the Petrological Society of Korea* 4, 1-19.
- Chough, S.K., Kwon, S.-T., Ree, J.-H. and Choi, D.K. (2000) Tectonic and sedimentary evolution of the Korean peninsula: a review and new view. *Earth-Science Review* 52, 175-235.
- Cluzel, D., Cadet, J.P. and Lapierre, H. (1990) Geodynamics of the Ogcheon Belt (South Korea). *Tectonophysics* 183, 41-56.
- Davis, G.H. and Reynolds, S.J. (1996) *Structural Geology of Rocks and Regions*. Wiley, New York, 776p.
- Hukasawa, T. (1943) Geology of Heisho District, Kogendo, Tyoseon. *Journal of the Geological Society of Japan* 50, 29-43.
- Kihm, Y.H. and Kim, J.H. (2003) Structural characteristics of the central Ogcheon Belt, South Korea: orogen-parallel tectonic transport model. *Journal of Asian Earth Sciences* 22, 41-57.
- Kim, J.H. (1996) Mesozoic tectonics in Korea. *Journal of Southeast Asia Earth Sciences* 13, 251-265.
- Kim, J.H., Cheong, C.-S., Son, Y.C. and Koh, H.J. (1997) Geology and Sr, Nd and Pb isotopic compositions of Precambrian granitoids in the Pyeongchang area, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 33, 27-35.
- Kim, J.H., Koh, H.J. and Kee, W.S. (1989) The Okdong Fault. *Journal of the Korean Institute of Mining Geology* 22, 285-291.
- Kim, J.H., Son, Y.C. and Koh, H.J. (1999) Characteristic of the so called Banglim Fault and structures of its adjacent area, Pyeongchang, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea* 35, 99-116.
- Kobayashi, T. (1953) Geology of South Korea with special reference to the limestone plateau of Kogendo. *The Cambro-Ordovician Formations and the Faunas of South Chosen (Korea)*. part IV. *Jour. Fac. Sci., Tokyo Univ.* 145-293.
- Kwon, S., Sajeev, K., Mitra, G., Park, Y., Kim, S.W. and Ryu, I.-C. (2009) Evidence for Permo-Triassic collision in Far East Asia: The Korean collisional orogen. *Earth and Planetary Science Letters* 279, 340-349.
- Lee, H.Y., Yu, K.M. and Lee, J.D. (1986) Sedimentological, stratigraphical and paleontological study on the Sambangsan Formation and its adjacent formations in the Yeongweol-Pyeongchang area, Kangweondo. *Journal of the Geological Society of Korea* 22, 69-86.
- Oh, C.W., Kim, S.W., Choi, S.G., Zhai, M., Guo, J. and Krishnan, S. (2005) First Finding of Eclogite Facies Metamorphic Event in South Korea and Its Correlation with the Dabie-Sulu Collision Belt in China. *The Journal of Geology* 113, 226-232.
- Ree, J.-H., Cho, M., Kwon, S.-T. and Nakamura, E. (1996) Possible eastward extension of Chinese collision belt in South Korea: the Imjingang belt. *Geology* 24, 1071-1074.
- Ryoo, C.-R. (1995) Recherches tectoniques en Corée. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, France, 135p.
- Ryoo, C.-R. (1997) Tectonics in the contact zone between the Precambrian basement (Gyeonggi Massif) and the Paleozoic sedimentary cover (Okchon Belt), Korea. In Lee, Y.I. and Kim, J.H. (eds.) *Tectonic Evolution of Eastern Asian Continent*, 59-64, Geological Society of Korea 50th Anniversary International Symposium, Seoul, Korea.
- Son, C.M. and Cheong, J.G. (1971) Geology of the Northwestern Part of Pyeongchang District, Gangweon-do, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea* 7, 143-152.
- Won, J.K., Yoo, H.S., Lee, Y.J. and Kim, C.C. (1974) Geological Report of the Shinlim Sheet (1:50,000). Korea Institute of Energy and Resources, 28p.
- Yanai, S., Park, B.S. and Otoh, S. (1985) The Honam Shear Zone (South Korea): Deformation and tectonic implication in the Far East. *Sci. Pap. Coll. Arts Sci., University Tokyo*, 35, 181-210.
- Yin, A. and Nie, S. (1993) An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault systems, Eastern Asia. *Tectonics* 12, 801-813.
- Yoon, W.S. (1994) Geologic structures and deformational sequence of the Jucheon-Yeongweol area, Mt. Taebaeg Region, Korea. MSc. Thesis (Unpubl.), Seoul National University, 119p.