

백악기 후기 미시령 병반의 기하학적 복원과 백담분지의 규모에 관한 소고

최위찬 · 김유봉* · Kazuhiro Suzuki · 최성자

한국지질자원연구원 국토지질연구본부

An Exploratory Study on the Geometrical Reconstruction of the Late Cretaceous Misiryong Laccolith and the Lost Size of the Baekdam Basin

Ueechan Chwae, You Bong Kim*, Kazuhiro Suzuki and Sung-Ja Choi

Geological Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Gwahangno 124, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

As a product of geological mapping of the Changamjeom Sheet (1:50,000) located around Misiryong at a distance towards the west from Sokcho city, a small laccolith of hypabyssal rocks has been geometrically reconstructed to understand the original laccolith shape using structural contour lines of random spot sediments laid on the quartz feldspar porphyry and a schematic cross section. The laccolith age is constrained to ca. 84.4 ± 1.8 Ma (SHRIMP). The originated Baekdam sedimentary basin with the lost size has been yielded to 6 km wide and 16 km long.

Key words : geometrical reconstruction, Misiryong laccolith, quartz feldspar porphyry, comagmatic intrusive activity, Baekdam basin,

창암점 도폭 (1:5만)을 조사하는 과정에서 속초시 서쪽의 미시령 인근에서 반심성암으로 구성된 미시령 병반의 존재를 알게 되었으며, 원래의 병반 모양을 알기 위해 석영장석반암 직 상위에 산점상으로 분포하는 퇴적층에 대한 구조등고선과 단면도를 통한 기하학적 복원을 하였다. 병반의 형성시기는 상기 반암의 관입시기인 84.4 ± 1.8 Ma (SHRIMP)로 고려된다. 삭박되어 잃어버린 백담퇴적분지의 원래 크기는 동-서 폭이 6 km, 남-북 길이가 16 km에 달하는 것으로 산출되었다.

주요어 : 기하학적 복원, 미시령병반, 석영장석반암, 동원마그마 관입활동, 백담분지

1. 서 언

지식경제부 출연사업인 '지질도폭 조사 연구'의 일환으로 2009-2010년까지 2년에 걸쳐 수행된 창암점(窓巖店) 도폭 (Kim et al., 2010: 축척 1:50,000, N38°10'00" ~ 38°20'00", E128°15'00" ~ 128°30'00") 조사를 통해, 영동-영서를 가르는 미시령 인근에 백악기 후기 84~89 Ma [(코니아시안 (Coniacian) ~ 산토니안 (Santonian) 전기)]의 단기간 동안 일련의 특징적인 반심성암 관입 활동이 일어났음이 밝혀졌다. 그러나 아пти안 (Aptian) 최후기로 여겨지는 백담분지 (Kee et al., 2010)의 퇴

적물이 상대적으로 훨씬 후기인 산토니안 초기에 관입한 반심성암의 직 상위에 놓여있거나, 아울러 지형적으로도 높은 능선상에만 산점상으로 흩어져 있는 양상은 지질계통상 어긋나므로, 이를 이해하기 위해서 양자간의 상관관계를 형성단계별로 구분하고, 이를 기하학적으로 복원하였다. 아울러 백담분지의 형성과정과 당시 규모도 추정하여 보았다.

조사지역은 민간인출입통제지역이 부분적으로 해당하므로 군부대의 협조 하에 군 작전도료를 따라서 제한적으로 조사를 수행하였다. 설악산국립공원과 산림청 관할 출입제한지역은 관계기관의 협조를 얻어 수행하였다.

*Corresponding author: ybkim@kigam.re.kr

2. 지구조적 위치와 지구조사

한반도의 지체구조구를 분할할 때, 옥천습곡대의 북서 변과 남동 변 경계는 과거로부터 지구조적 규모의 단층들로 구획하였다. 이는 백악기 퇴적분지들이 이들 단층을 따라서 형성되었을 뿐만 아니라, 이들 단층과 옥천층군, 조선누층군, 평안층군 사이에 점유하고 있는 원생대 기반암 분포지 안에서도 대소규모의 옥천층군이나 조선누층군이 단속적으로 출현 (Chwae et al., 1995)하고 있음은 각각의 경계단층으로부터 충상단층 운동의 산물이거나 독립적으로 이격되어 있는 부정합 관계로 추정된다. 본 연구도 위의 경우를 따라서 옥천습곡대의 북서 변 경계를 정하였음을 첨언한다. 즉 공주, 음성, 풍암분지를 연결하는 지구조적 규모의 단층이 북동으로 연장되다 기린면 현리, 한계령, 미시령 인근을 거쳐 간성에서 침멸하는 것으로 보았다 (Chwae et al., 1995)(Fig. 1). 최근 학계 일부에서 학회발표 때에 옥천대는 옥천층군과 조선누층군이 분포하는 구역으로 일컬어지나, 이는 옥천대 북서 변 인근의 풍암내면, 신림송학, 청주, 부여-군산 지역과 남동 변의 태백-울진 등 지역에 출현하고 있는 변성퇴적암류의 층서·구조적 의미를 간과한 것이 아닌가 생각된다.

옥천습곡대의 북서 변 경계를 형성하는 단층은 최근

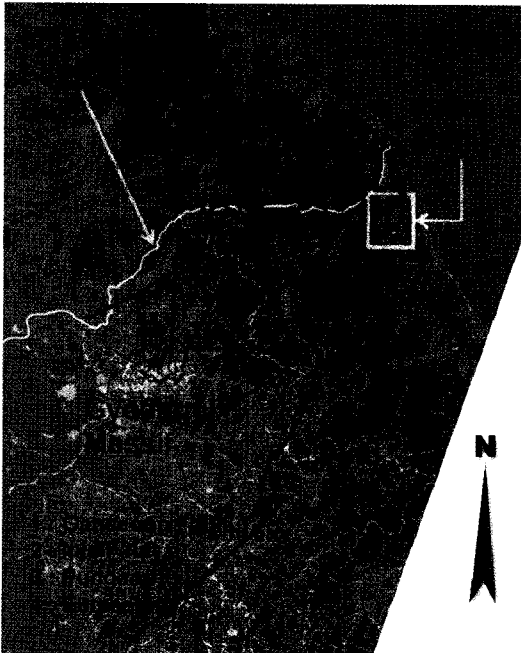


Fig. 1. Locality map of the Changamjeom sheet and the Gansong Fault extended from Eumseung.

까지 풍암분지 이북에서는 추적되지 못하였다. 그러나 최근 설악산도폭 (Kee et al., 2010) 조사 결과, 풍암분지에서 북동방향으로 상남을 거쳐, 기린면 현리, 한계령 이남까지는 금왕단층의 연장으로 인정되는 기린단층과 필레단층이 추적되었다. 한계령과 미시령 사이의 약 13 km 구간에서는 석영장석반암체 (84.4 ± 1.8 Ma)가 남-북으로 관입하고 있고, 이 암체를 동남동-서북서 방향으로 수 조 (組)의 좌수향 주향이동단층이 절단하는 관계로, 상기 분절단층들의 추적은 매우 어려운 실정이다. 그러나 미시령 인근을 거쳐 이북의 간성 사이에서는 단층연장이 20 km 이상 추적되므로, 이를 옥천습곡대 북서 변을 규제하는 북동주향 단층의 최북단 분절단층으로 보고 간성단층 (창암점도폭: Kim et al., 2010)이라 하였다 (Fig. 2). 간성단층은 간성 이북에서 그 흔적이 약해지면서 동해로 흐르는 북천강 하구언에서 침멸하는 것으로 추정된다 (Cho et al., 1998).

미시령 인근지역은 지구조사적으로 볼 때, ① 간성단층 재활동 (좌수향 운동): 백담퇴적분지 형성 (>108 Ma), 회류응회암 퇴적 (108.4 ± 3.1 Ma), ② 간성단층 인근에 설악산화강암 (89.2 ± 0.9 Ma), 화강섬록반암 (88.3 ± 1.0 Ma), 석영장석반암 (84.4 ± 1.8 Ma)의 순으로 동원 마그마 기원의 거대 맥암류 관입 (89~84 Ma), 미시령 병반 형성, ③ 백악기말 / 제3기초: 좌수향 동남동-서북서 미시령단층 형성, 공액단층 형성의 순으로 정리된다 (연대측정자료 참조: 창암점도폭, Kim et al., 2010).

3. 동원 마그마 기원의 천처관입

미시령 인접 서쪽에서 응회암 (108.4 ± 3.1 Ma) (Fig.

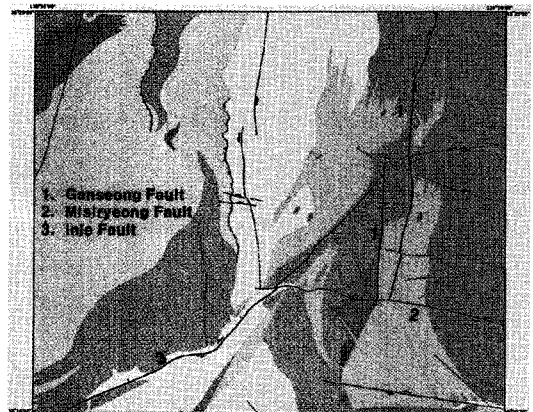


Fig. 2. Fault map around the Misiryong area

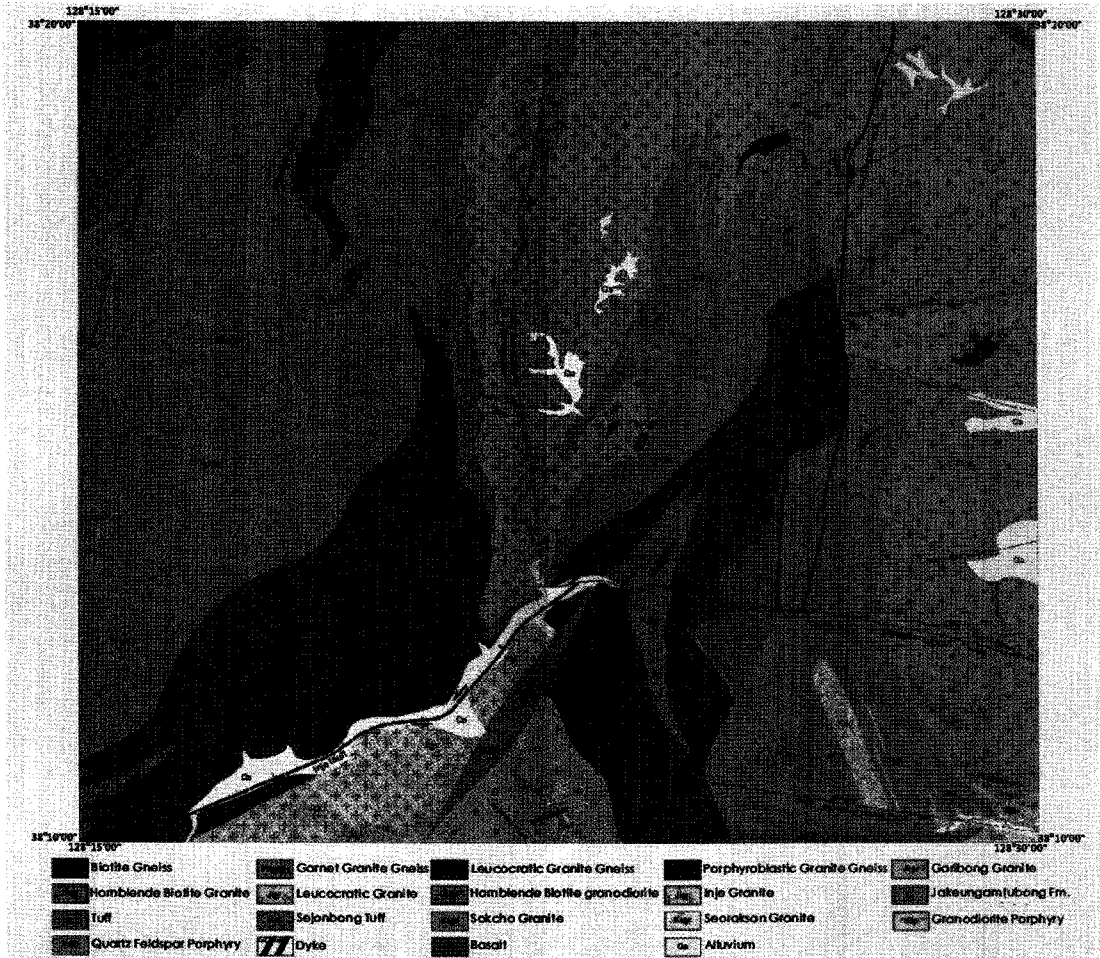


Fig. 3. Geological map of the Changamjeom sheet.

3)과 직접하는 관입응회암 (cf. 영국: intrusive tuff, 일본: vent breccia)이 소량으로 노정되어 있는데, 해발고도 500 m의 계곡부터 1,100 m의 능선까지 600 m의 차이를 보이는 수직상의 규모에 비해서, 수평의 분포 폭은 매우 소규모이고 단속적이며 불규칙한 맥상으로 출현하므로 1:50,000축척의 지질도 상에서는 석영장석반암에 묶을 수 밖에 없었다. 화강암과 석영장석반암 및 화강섬록반암은 동원마그마 기원으로 고려되었으며, 산출상태는 거대 맥암의 모양으로 나타난다. 이 맥암들은 반암류, 천저관입의 문상(文象)반암 (subvolcanic granophyres) 등으로 분류되는데, 이 경우에 열극이나 분출구 (vent)의 주변 벽을 따라서 먼저 관입응회암 (vent breccia)이 주변의 기반암 편을 뜯어내면서 관입하고 분출구의 중앙을 따라서 반암이 관입하는 것이 일반적 과정의 순서이다. 이 경우, 반암~관입응회암이

주변의 화강암편이나 회류응회암편을 가질 수 있으며 (Reedman *et al.*, 1987; Sichel *et al.*, 2008), 인접한 곳의 맥상 반암류 관입시키는 관입응회암과 거의 같거나 직후이며, 반암류와 관입응회암은 공융혼합물 (eutectic mixture)로 산출된다 (Fichter, 2000). 본 역에는 양적으로 반암이 절대적으로 우세하게 나타난다.

전항에서 기술한 설악산화강암과 일련의 반심성암체들 간의 동원마그마 여부를 알아보기 위해서 나고야 (Nagoya) 대학 부설 연대측정연구소에서 XRF 분석을 수행하였다. 진부령, 미시령 간에 출현하는 반심성암체와 한계령 인근에 분포하고 있는 심성암체에 대한 시료를 채취하고 (Fig. 4), XRF, ICP 성분분석 결과, 한계령이나 미시령, 진부령의 시료는 모두 Rb 함량이 높은 특징을 보인다 (Table 1). 일반적으로 Rb 양이 200-300 ppm을 넘는 경우에는 마그마 분화 후기 동안

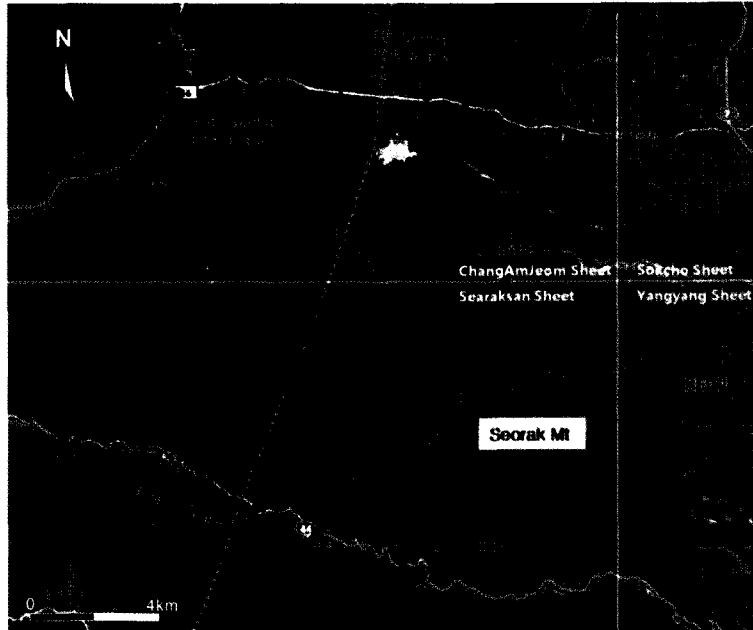


Fig. 4. Sample locality map of the Seoraksan Granite (A: Seorak sheet) and the quartz feldspar porphyry (B and C: Changamjeom sheet).

Table 1. Major elements (wt. %) and trace element abundances (ppm) of the Seoraksan Granite (A) and quartz feldspar porphyry (B: Misiryong, C: Jinburyong)

Sample No.	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
SiO ₂	76.42	73.98	75.11	75.11	75.78	75.32	77.05	76.48	76.45	78.50	73.70	70.63	72.03	75.83	76.49
TiO ₂	0.04	0.10	0.08	0.04	0.13	0.14	0.15	0.17	0.14	0.09	0.18	0.22	0.22	0.04	0.12
Al ₂ O ₃	12.37	12.92	12.84	13.04	12.25	12.94	12.63	12.65	12.30	12.03	14.18	15.33	14.96	12.78	12.78
Fe ₂ O ₃	1.10	1.43	1.42	1.35	1.12	1.60	1.62	1.91	1.82	1.27	2.34	2.82	2.67	1.23	1.66
MnO	0.02	0.04	0.03	0.02	0.07	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.01
MgO	0.03	0.04	0.03	0.02	0.12	0.08	0.11	0.12	0.11	0.02	0.04	0.06	0.06	0.01	0.09
CaO	0.11	0.57	0.61	0.11	0.58	0.35	0.25	0.51	0.60	0.26	0.24	0.18	0.23	0.49	0.15
Na ₂ O ₃	4.06	3.99	3.84	4.16	3.38	3.47	3.38	3.40	3.38	3.16	3.83	3.98	4.30	4.13	3.90
K ₂ O	4.29	4.73	4.61	4.58	4.31	5.04	4.86	4.79	4.72	4.59	5.57	6.11	5.89	4.52	4.50
P ₂ O ₅	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.02
Total	98.31	97.58	98.39	98.30	97.63	98.97	100.11	100.09	99.57	99.95	100.12	99.39	100.44	99.06	99.70
V	0.9	1.9	2.7	1.5	11.5	4.6	5.3	6.8	5.7	3.7	2.2	2.8	2.1	1.5	6.5
Cr	9.8	6.6	7.7	12.2	8.2	9.5	10.3	9.0	10.9	9.4	9.6	5.0	3.1	11.9	11.8
Co	0.8	1.6	1.3	1.1	1.0	2.1	2.0	3.4	2.9	1.3	4.3	5.7	5.4	1.2	1.9
Ni	3.5	2.0	2.3	2.7	3.5	1.2	2.2	1.2	3.1	2.3	2.2	0.3	1.5	5.4	2.6
Cu	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Zn	34.0	61.3	38.9	42.9	12.7	26.4	25.1	30.3	24.6	27.3	31.0	85.5	31.5	39.0	45.0
Rb	326.0	388.7	336.2	416.7	139.4	237.2	228.3	192.3	199.6	241.4	183.9	134.6	196.1	644.2	237.0
Sr	1.9	9.7	3.7	1.5	155.9	26.8	30.0	45.7	39.9	9.0	15.1	56.1	18.9	0.8	1.0
Y	41.9	57.0	54.7	34.7	28.2	36.4	37.1	31.6	31.5	35.1	24.9	32.0	34.5	104.5	41.6
Zr	149.5	167.9	142.5	175.8	99.6	158.9	157.0	171.3	150.4	114.7	327.5	471.9	472.5	117.8	131.7
Nb	72.3	36.3	33.6	87.6	9.6	9.9	7.3	3.7	3.4	10.8	9.2	8.5	5.1	69.2	24.0
Ba	23.9	156.0	78.3	25.8	460.9	202.5	239.3	291.1	235.3	119.9	211.0	465.0	419.1	41.3	139.7
Pb	34.4	55.0	40.2	42.6	19.6	32.2	29.2	29.0	26.8	39.0	20.0	56.5	15.8	38.0	25.8
Th	55.9	37.2	33.4	48.7	19.4	49.1	44.7	40.4	39.7	46.9	26.4	26.3	27.0	52.3	51.4

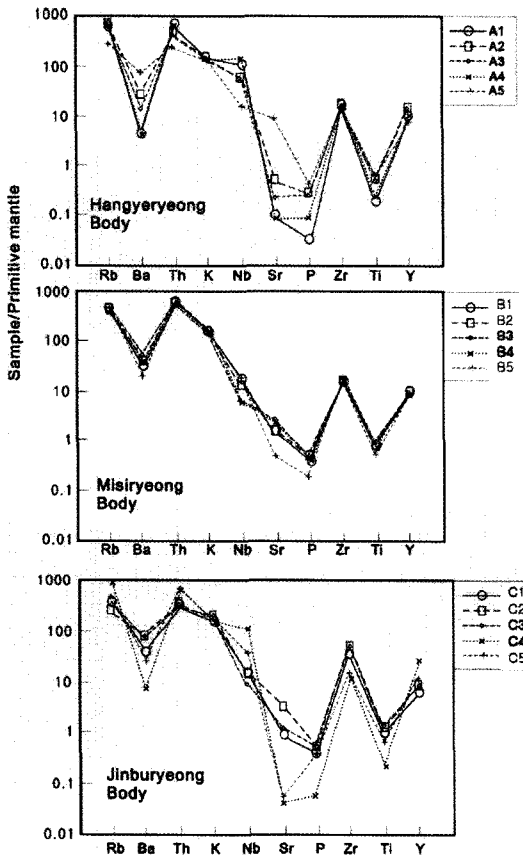


Fig. 5. Primitive mantle-normalized element abundance of quartz feldspar porphyry (Misiryong and Jinburyong) and Seoraksan Granite (Hangryeong).

에 열수변질을 받은 것으로 풀이된다. 설악산화강암과 석영장석반암 (진부령 시료)의 A4, C4 (Fig. 5)는 다른 시료보다 변질을 심하게 받았던 것으로 보인다. 설악산화강암 시료 (A1~A3)들은 석영장석반암 (미시령 시료; B1~B3, 진부령 시료: C1~C3) 보다 Nb의 양이 많고, Ba, Sr, Ti의 양이 적은 양상을 보였다 (Fig. 5).

석영장석반암은 분화 정치 당시에 휘발성을 소진하였으며, 마그마 유체 (magma-fluid) 반응 후기에 관입하였다고 본다. 설악산화강암은 석영장석반암보다 더 깊은 곳에서 휘발성을 유지하였으며, 석영장석반암보다 상대적으로 심한 마그마 유체 반응 작용을 겪었던 것으로 해석된다. 이 두 암체는 동일 마그마 기원으로 보이며, 단지 관입 후기 동안에 마그마 유체 반응정도가 차별화된 양상을 보인다. 전암분석에서 Sr은 주로 사장석, Ba과 Ti은 주로 흑운모 속에서 산출됨이 정상적인데 반하여, 설악산화강암에서 이런 성분들이 소모

되어 고갈된 특성을 보이고 있음은 설악산화강암의 사장석이나 흑운모가 후기의 열수변질을 받았음을 지지한다. 결론적으로 이들은 모두 동일 마그마 기원으로 본다. 즉 미시령이나 진부령의 석영장석반암에서 세립질인 석기는 분화 정치 직후에 휘발성 물질이 소진되었으며, 마그마 변질작용을 겪지 않은 것으로 보인다. 이에 반해서 설악산화강암체는 석영장석반암보다 깊은 곳에서 정치되었으며, 마그마 유체의 반응작용을 심하게 겪었던 것으로 해석된다.

4. 미시령 병반

병반 (餅盤, laccolith)은 ‘퇴적암 내로 암상처럼 들어간 화성암체의 일부가 차별적으로 두꺼워져 렌즈나 만두 모양으로 부풀어 오른 화성암체로 피 관입암체의 상부가 위로 굽어 돛형을 이룬다. 병반 구조의 바닥은 대개 수평을 이루며, 암주보다는 작은 직경을 갖는다. 두께는 다양하게 발달한다. 병반 상부의 지표쪽 부분은 일반적으로 침식삭박되어 없어지며, 화성암체의 중앙부분만 둥근 모양으로 남게 되어 원래의 모양을 복원하기는 매우 어렵다.’고 정의된다.

설악산도폭 (Kee et al., 2010) 에서 기재한 백담 (百潭) 층군은 분포 규모가 동서 6 km, 남북 <2 km로 매우 작으나, 분포지역의 남북간 고도차이는 이례적으로 850 m 정도의 차이를 보여주고 있다. 높은 분포지역은 주로 대승령 (大勝嶺, 1210.2 m)과 작은감투봉 (973 m) 인근이며, 이런 현상은 설악도폭에서 기재한 층상단층운동 결과로 보여진다. 그러나 본 역에서는 백담분지의 남북 장경이 >10 km, 동서 폭이 6 km 정도로 훨씬 큰 규모로 여겨지나, 백담분지에 속하는 퇴적층 자체의 분포면적 크기는 매우 소규모이며, 단속적인 산점상 (散點狀)으로 출현하고 있을 뿐만 아니라, 석영장석반암보다 하위의 퇴적층 (작은감투봉층)과 상위에 놓인 퇴적층 (작은감투봉층)이 각각 지형적으로 낮은 고도와 높은 고도에서 출현하고 있음이 특징적이다 (Figs. 3 and 6).

산점상의 퇴적암 분포지들을 고도 별로 분류하면, 해발 500 m~1,260 m까지 13군데의 퇴적암 분포지들은 미시령단층을 중심으로 남-북으로 양분되며, 각각 3~4개의 등고선 군집으로 묶어진다. 등고선 별 분포양상은 동쪽의 간성단층 쪽으로는 모든 등고선들이 수렴되어 매우 가파른 모양을 보이나, 서쪽으로는 상대적으로 완만한 기울기를 보이고 있다 (Fig. 7-a). 이들에 대한 남-북 개략단면 (schematic cross section)을 수

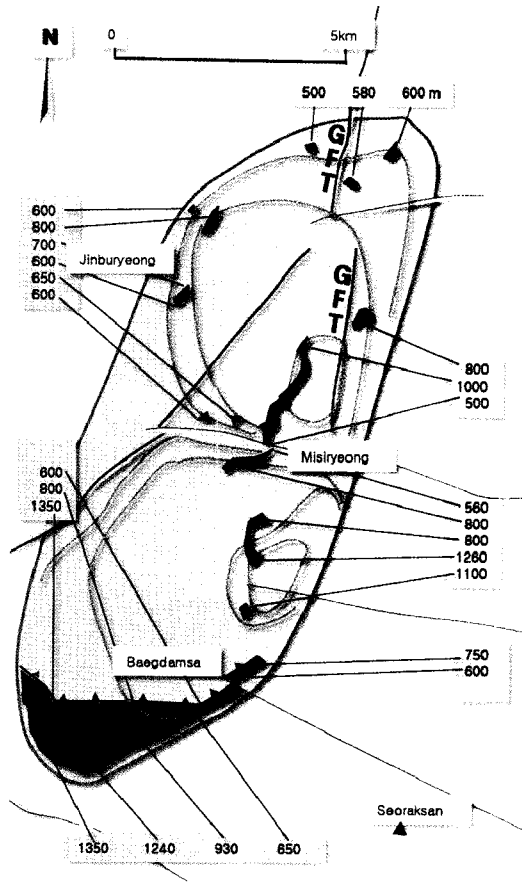


Fig. 6. A schematic plane map showing the estimated shape of the Baekdam basin and the structural contour lines of the Cretaceous sediments (green solid free-style) laid on top of the relatively younger hypabyssal rocks of the Misiryong laccolith. At present time remains the lower to bottom part of the sedimentary formation. Note the main upper laccolith part had been eroded out. GFT: Ganseong fault.

직/수평 5.4로 확대하여 보면, 퇴적층을 관입한 곳이 3군데로 나누어져 있었으며, 각 관입면은 돔(dome)형을 보인다 (Fig. 7-b). 이를 수직/수평 거리비율이 과장되지 않게 수정하고 (Fig. 7-c), 퇴적층 상위 공간에 침식 삭박되기 이전의 최소한의 고도로 지형단면을 첨가해보면 (Fig. 7-d), 개략단면 북쪽부분의 산점상 퇴적암 분포지 직하 (오렌지색, 노랑색)는 진부령단층과 인제단층 사이에 분포하는 반암에 해당되며, 초록색 부분은 삭박된 퇴적층, 상위의 오렌지색 부분도 삭박된 반암이었던 것으로 해석된다. 즉, 퇴적층 상하위에 천치 관입체가 버섯모양으로 점유하고 있었던 모델이 그려지며, 최소한 3~4조의 소규모 병반이 복합적으로 존

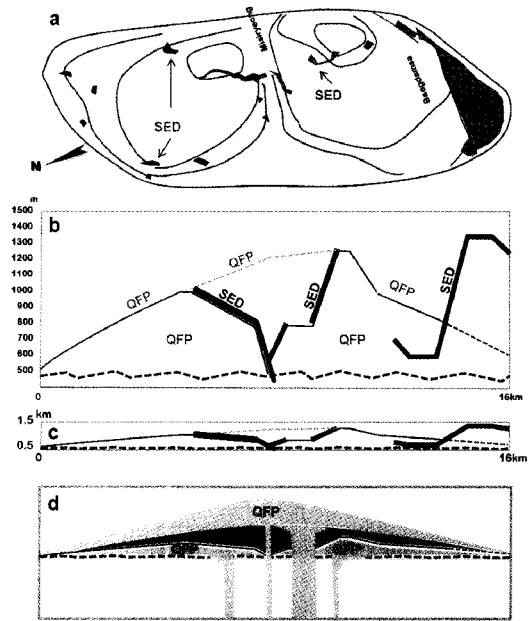


Fig. 7. Plane map, schematic cross sections, and reconstruction model of the Misiryong laccolith. (a) Plane map showing the scattered Cretaceous sedimentary rocks (SED: green solid free-style) laid on the quartz feldspar porphyry (QFP). Blue line is structural contour line of the SED. (b) Vertically exaggerated (1: 5.4) schematic cross section showing the SED's horizon (the Baekdam Group) which are represented by thick green lines. The SEDs had been intruded by QFP at the bottom and the top. Note: Red-QFP: crop-out QFP, Pink-QFP: eroded QFP, Sky-blue dotted line: present surface of QFP after erosion. (c) Normal schematic cross section of the above. (d) Reconstructed schematic cross section model of the Misiryong laccolith. Red-QFP: eroded QFP.

재했었다고 본다 (Fig. 7-d). 고각도 경사를 보이는 남단은 병반 형성 이후의 단층운동으로 인해 변위된 단면이므로 복원단면에서는 배제하였다. 병반의 흔적을 지지하는 양상으로 진부령 홀리 동쪽계곡에서는 퇴적층의 최하위 부분이 석영장석반암의 냉각연변(chilled margin) 인근이었던 것으로 고려되는 각력질 퇴적암편의 고화된 양상이 관찰된다.

미시령 병반 형성과정을 종합해보면, 1단계로 백담분지가 남북 15 km, 동서 6 km의 규모보다는 더 컸던 상태로 형성된 이후, 백담분지의 최남단 부분에서는 간성단층의 좌수향우향이동운동의 영향으로 충상단층운동 (참조: 설악산도폭)이 수반되었다. 반암의 관입이 3~4 군데에서 있었고 (ca. 84.4 Ma), 관입양상은 병반 형태였다. 2단계에는 침식 삭박작용과 간성단층의 좌향 운동으로 인해, 병반 상위부분의 반암은 볼 수 없고, 직하위의 퇴적층도 대부분 삭박되어 단지 13

군데에 산점상으로 흩어져 버린 관계로, 원래의 병반 모습과 당초의 분지규모는 찾아볼 수 없게 되었다.

동원마그마 기원의 천처관입체인 석영장석반암~반암의 측방 암상변화는 아화산성(亞火山性, subvolcanic)으로 이화되는 특성을 보인다. 혹자는 미시령 병반암체 내에서 천처(淺處) 관입암편을 갖는 결정질응회암처럼 보여지는 암상이 관찰되나, 이런 현상은 일종의 측방 암상변화로 보고 지질경계를 세분하지 않았다. 또한 결정질응회암은 회류응회암이어서 관입한 암석 용어로는 논리적이지 못하다. 이와는 별개로 관입응회암상은 병반 형성 초기 과정에서 분출구(vent)의 주변벽을 따라서 형성된 소규모의 분포양상이므로, 여기서는 총괄한 단위로 석영장석반암으로 표현하였다.

5. 토의 및 결론

- 미시령 인근에는 석영장석반암으로 구성된 반심성 암체가 주상절리를 형성하며 가파른 지형을 보이고 있다. 현재는 상위의 대부분이 침식삭박되어 볼 수 없으나, 원래의 관입체 모양을 알기 위해 석영장석반암 직상위인 능선상에 산점상으로 분포하는 반암류보다 고기인 퇴적층에 대한 구조등고선과 개략단면도를 통한 기하학적 복원을 하였다. 복원 결과는 병반의 정의에 부합되므로, 미시령 병반은 존재하였다고 해석된다. 병반의 형성시기는 상기 반암의 관입시기인 84.4±1.8 Ma (SHRIMP)로 고려된다.

- 삭박되어 잃어버린 백담퇴적분지의 원래 크기는 동서 폭이 6 km, 남북 길이가 16 km에 달하였거나, 이보다 컸던 것으로 추정되며, 분지형성은 간성단층의 좌수향 주향이동 운동과 연관하다고 본다.

- 미시령 인근에는 설악산화강암 (89.2±0.9 Ma) 관

입 이후, 화강섬록반암 (88.3±1.0 Ma), 석영장석반암류 (84.4±1.8 Ma)의 순으로 동원 마그마 기원의 거대 반심성암 암체들이 관입 (89~84 Ma) 하였다.

사 사

이 논문은 지식경제부 출연사업인 '지질 도폭조사 연구'의 일환으로 수행된 연구 결과이다. 본 논문에 대해서 세심한 심사와 친절한 배려를 하여준 권상훈 교수, 손 문 교수, 김성원 박사에게 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

Cho, D.-L., Hong, S.H., Chwae, U., Lee, B.-J. and Choi, P.-Y. (1998) Geological Report of the Goseong-Ganseong Sheet (1:50,000). KIGAM, 59p.

Chwae, U., Kim, K.B., Hong, S.H., Lee, B.J., Hwang, J.H., Park, K.H., Hwang, S.K., Choi, P.Y., Song, K.Y. and Jin, M.S. (1995) Geological Map of Korea (1:1,000,000). KIGAM.

Fichter, L.S. (2000) "Igneous Phase Diagrams". Igneous Rocks. James Madison University. <http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/IgnRx/Phasdgrm.html>. Retrieved 2006-04-29.

Kee, W.-S., Kim, H., Kim, B.C., Choi, S.-J., Park, S.-I. and Hwang, S.K. (2010) Geological Report of the Seoraksan Sheet(1:50,000). KIGAM, 94p.

Kim, Y.B., Chwae, U. and Hwang, S.K. (2010) Geological Report of the Changamjeom Sheet (1:50,000). KIGAM, 80p.

Reedman, A.J., Park, K.H., Merriman, R.J. and Kim, S.E. (1987) Welded tuff infilling a volcanic vent at Weolseong, Republic of Korea. Bull. Volcanol., v.49, p.541-546.

Sichel, S.E., Motoki, A., Savi, D.C. and Soares, R. (2008) REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto., v.61, p.423-432, out. dez. 2008.

2011년 6월 21일 원고접수, 2011년 8월 10일 게재승인