

## 백악기 계화리층 내 현무암질 안산암-실트암 페퍼라이트

노병섭<sup>1</sup> · 박재문<sup>1,\*</sup> · 김승범<sup>2</sup> · 양우현<sup>3</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 과학교육학과, 561-756, 전주시 덕진구 덕진동 664-14

<sup>2</sup>한국석유공사 탐사사업처 국내팀, 431-711, 경기도 안양시 동안구 관양동 1588-14

<sup>3</sup>전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소, 561-756, 전주시 덕진구 덕진동 664-14

## Basaltic Andesite-Siltstone Peperite in the Gyehwari Formation (Cretaceous)

Beyong-Seob Noh<sup>1</sup>, Jae-Moon Park<sup>1,\*</sup>, Seung Bum Kim<sup>2</sup>, and Woo Hun Ryang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Science Education, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

<sup>2</sup>Domestic Exploration Team, Korea National Oil Corporation, Gyeonggi 431-711, Korea

<sup>3</sup>Division of Science Education/Institution of Fusion Science, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

**Abstract:** This paper presents the occurrence and characteristics of the basaltic andesite-siltstone peperite in the lower part of the Gyehwari Formation (Cretaceous), Buan-gun, Jeonbuk province, SW Korea. The peperite is associated with tabular basaltic andesite body, concordantly intercalated with red siltstone and silty sandstone interbeds of floodplain facies. Development of the peperite along the upper margin of the andesite and its textural transition from a dispersed blocky type inward into a closely packed type collectively indicate an intrusive origin (?sill) of the andesite. Magma intrusion and subsequent peperite formation suggest an active syndepositional volcanism since the early stage of evolution of the Gyeon Basin. The andesite is dated at Late Cretaceous (Santonian) by K-Ar whole-rock radiometric method.

**Keywords:** Gyehwari Formation, andesite-siltstone peperite, basaltic andesite

**요약:** 전북 부안군 백악기 계화리층 하부에 나타나는 현무암질 안산암-실트암 페퍼라이트의 산출양상과 특성을 보고한다. 페퍼라이트는 판상의 현무암질 안산암에 수반되어 산출되며, 안산암은 적색의 범람원 기원 실트암과 실트질 사암 교호층 내에 조화적으로 협재되어 있다. 페퍼라이트가 안산암 상부 경계부에서 산출되는 점과 경계부에서는 분산형 페퍼라이트가 우세하나 안산암 내부쪽에서는 밀집형 페퍼라이트가 우세해지는 점은 안산암이 관입기원(?관입암상)임을 시사한다. 마그마 관입과 페퍼라이트 형성은 계화분지 형성 초기부터 퇴적동시성 화산활동이 활발하였음을 시사한다. 안산암의 K-Ar 전암 절대연령은 백악기 후기(Santonian)로 측정되었다.

**주요어:** 계화리층, 안산암-실트암 페퍼라이트, 현무암질 안산암

## 서론

‘페퍼라이트(peperite)’는 마그마 또는 용암이 미고결 퇴적물과 직접 접촉할 때 형성된 화산암-퇴적암 혼합 암석이다(White et al., 2000; Skilling et al., 2002). 과거에는 기원에 관계없이 화산암-퇴적암 혼합 암석을 통칭하는 용어로 사용되기도 하였으나, 현재는 ‘뜨거

운’ 마그마와 ‘미고결’ 퇴적물의 혼합암만을 지칭하는 용어로 사용된다(White et al., 2000). 따라서, 이미 정지하여 식은 마그마(용암)에 퇴적물이 유입되어 형성된 혼합 암석이나 마그마(용암)의 정치과정에서 주변의 고결된 퇴적암을 포획하여 형성된 혼합 암석과는 엄격한 구별이 필요하다. 페퍼라이트의 조직은 마그마의 화학조성과 퇴적물 특성에 따라 다양한 형태를 보이지만, 역의 가장자리가 각진 형태를 보이는 괴상형(blocky type)과 둥근 형태를 띠는 유체형(fluidal type) 또는 구형(globular type)의 두 가지 형태로 크게 대별된다(Busy-Spera and White, 1987).

\*Corresponding author: jook963@hanmail.net

Tel: 82-18-328-9634

Fax: 82-63-836-7774

페퍼라이트는 주로 마그마가 물기가 많고 고화되지 않은 퇴적물을 관입할 때 형성되는 데, 마그마는 급랭되면서 과쇄되고, 퇴적물은 수분의 기화로 인해 유체화되어 파편화된 화산역 사이를 파고들면서 혼합되어 형성된다. 때로 수증기 폭발이 일어나기도 하며, 이때는 화산역이 다양한 크기와 형태로 부수어지면서 확산된다. 용암류나 화쇄류 기저에서도 유사한 작용에 의해 페퍼라이트가 형성될 수 있다. 따라서, 페퍼라이트의 발견은 퇴적물이 매몰되어 충분히 고화되기 이전에 화산활동이 있었음을 지시하며, 이는 지질학적 시간개념상 퇴적동시성 화산활동으로 이해된다 (Busy-Spera and White, 1987). 따라서, 페퍼라이트가 발달하는 화산암의 절대연령은 주변 퇴적물의 퇴적시기를 매우 정확하게 반영한다고 할 수 있다.

페퍼라이트는 현무암으로부터 유문암까지 다양한 성분의 마그마에서 발견되며 (Skillings et al., 2002), 퇴적물의 입도도 세립질부터 조립질까지 다양하다 (Lorenz, 1984; Busby-Spera and White, 1987; Squire and Mcphie, 2002). 해외에서는 페퍼라이트에 관한 연구 활동이 활발한 편이나, 국내의 연구결과는 매우 부족한 실정이다. 다만, 전라북도 부안군의 백악기 격포분지에서 유문암질 용암류 하부에서 흑색 셰일과 혼합되어 형성된 페퍼라이트에 대한 자세한 기술과 해석이 시도된 바 있으며 (Kim, 2000), 청송 주왕산의 대전사 현무암 (고정선 외, 2000; 윤성효 외, 2000), 대구지역 학봉 현무암 (Kim et al., 2002; Jeon et al., 2006) 및 청룡사 현무암 (전용문 외, 2006) 등 경상분지 백악기 화산암에서도 페퍼라이트 산출이 보고된 바 있다. 한편, Yoon et al. (1990)은 경북 경주시 매곡의 제3기 퇴적층에서 역암과 현무암 혼합암을 마그마 관입시 형성된 페퍼라이트로 해석한 바 있으나, Son et al. (2000)은 페퍼라이트 해석을 부정하였고, 최근 Kwon and Sohn (2008)은 수증기 마그마분출에 의한 화도퇴적체 (diatreme)로 재해석하고 있다.

본 논고는 전북 부안군 계화면 계화도 해안 일대에서 안산암과 적색 실트암으로 구성된 페퍼라이트 (Fig. 1) 2매를 최초 보고한다. 페퍼라이트의 산출상태와 조직특성을 기재하고 형성기원을 논의하였다. 아울러, 안산암의 절대연령을 측정하여 화산활동 및 계화분지의 형성시기를 규명하고자 하였다.

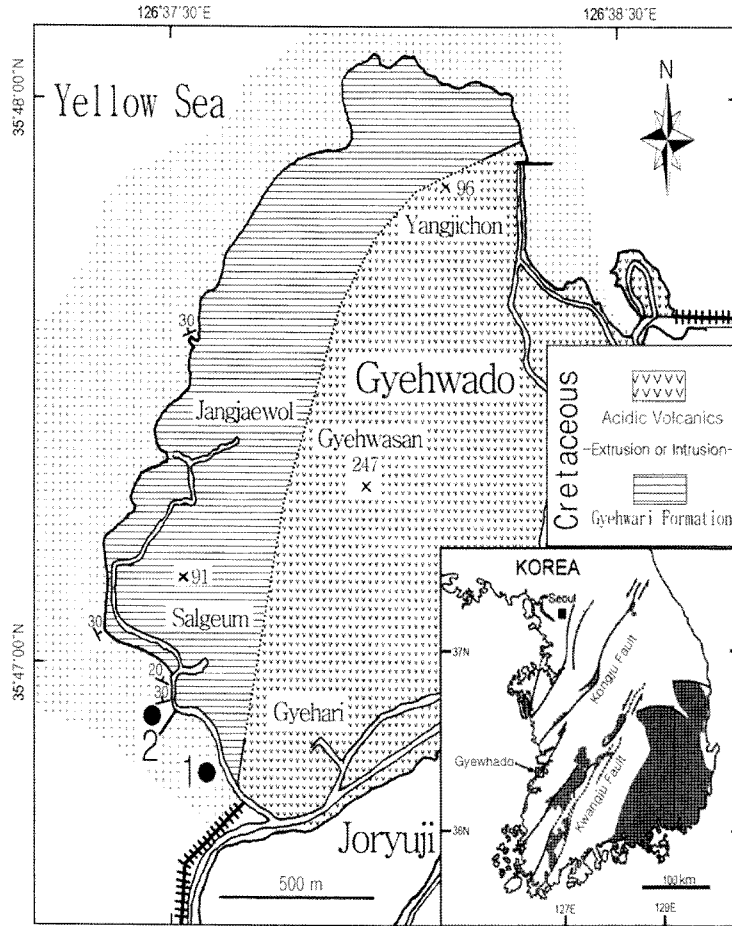
## 지질개요

중생대 백악기 동안 한반도에는 북동-남서 방향으

로 발달한 주향이동 단층작용에 의해 크고 작은 여러 개의 퇴적 분지들이 형성되었다 (Chough et al., 2000; Fig. 1). 전북 부안군 계화면 계화도에 위치한 계화분지는 이들 백악기 소분지 중 하나이다. 계화분지를 충전한 계화리층은 화산암과 쇄설성 퇴적층 (화산쇄설성 역암, 역암, 역질사암, 사암, 실트암)으로 구성된다. 계화리층은 주로 해안 절벽을 따라 노출되어 있는데, 접근이 용이하고 노두 상태가 양호할 뿐만 아니라, 퇴적 시퀀스를 연속적으로 관찰할 수 있다. 계화리층에 관한 이전 연구는 전무하며, 다만 광주 지질도폭 (1:250,000)에서 계화도 지역을 동서로 거의 절반씩 나누어 해안방향은 중생대 백악기 사암과 이암으로, 육지방향은 백악기 산성 화산암으로 기재한 바 있다 (이병주 외, 1997; Fig. 1). 계화리층에 대한 층서학 및 퇴적학 연구는 현재 진행 중이나, 적색의 실트암과 실트질 사암이 다량 포함되어 있어, 하성기원 퇴적층으로 추정할 수 있다.

## 화학조성과 절대연령

페퍼라이트가 발달하는 화산암 시료를 2개소에서 채취한 후, X-선 형광분석법을 이용하여 주성분원소 화학분석을 실시하였다 (Fig. 1; Table 1). 시료분석은 한국기초과학지원연구원의 PHILIPS PW2004 기기를 사용하였다. 분석결과 TAS도 도시결과 화산암의 화학조성은 현무암질 안산암으로 나타났다 (Fig. 2). 또한, K-Ar 전암 절대연대측정을 실시하였다. 연대측정은 한국기초과학지원연구원의 Static Vacuum Mass Spectrometer (VG5400 Micromass)를 사용하였으며, 각각  $93.19 \pm 1.83$  Ma와  $84.88 \pm 1.66$  Ma로 측정되었다 (Table 2). 그런데, 1번 노두에서 채취한 시료 GH1의 풍화정도가 심하여 높은 강열감량 (loss on ignition: LOI) 값을 보이므로, 2번 노두에서 채취한 시료 GH2의 절대연령 측정값이 보다 정확도가 높은 것으로 판단된다. 따라서, 계화도 안산암은 후기 백악기 Santonian에 형성된 것으로 해석된다. 한편, 계화도의 남서쪽 20 km 거리에 위치한 격포분지의 격포리층 상부에 발달하는 유문암질 페퍼라이트의 K-Ar 전암 연대도  $83.5 \pm 2.4$  Ma 측정된 바 있으므로 (Lambiasi and Bosworth, 1995; Kim et al., 2003), 유사한 시기에 변산반도 일대에 활발한 화산활동이 있었던 것으로 사료된다.



**Fig. 1.** Geologic map of the Gyehwado area. Dotted area represents the tidal flat in the northern and western outsides of Gyehwado (modified after Lee et al., 1997). Double lines indicate roads and single solid lines indicate piers. Crosses with numerals indicate topographic highs with their altitudes in meters. Solid dots with numerals indicate the sites of peperite outcrops. Inset map represents the distribution of Cretaceous sedimentary basins (shaded areas) and fault systems (solid and dashed lines) in southern Korea (Chough et al., 2000). An arrow marks the location of Gyehwado.

**Table 1.** Major element composition of the andesite (in wt %). For sample locations, see Fig. 1.

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	LOI**	Total
GH1	52.37	17.29	3.80	7.15	6.29	0.06	1.18	3.11	0.31	0.80	7.42	99.77
GH2	55.63	17.65	7.15	7.10	1.91	0.12	2.86	2.57	0.40	0.94	2.80	99.13

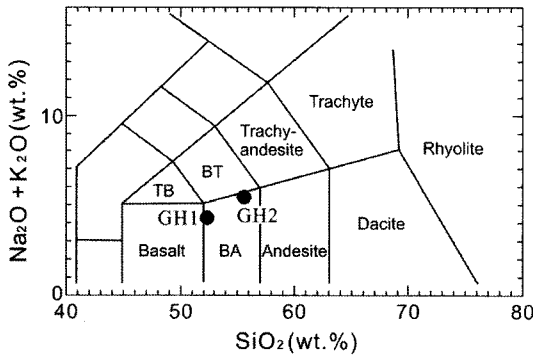
\*Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

\*\*LOI=loss on ignition

### 페퍼라이트의 산출 상태

계화도 남쪽 방조제 부근 살금마을 해안가 노두 2 개소에서 페퍼라이트가 관찰된다(Fig. 1). 1번 노두의 페퍼라이트에서는 상하부 경계면이 나타나지 않으나, 2번 노두에서는 페퍼라이트의 상부 경계면이 잘 나타난다. 페퍼라이트가 산출되는 지층은 계화분지의 최

하부층에 해당된다. 본 연구지역의 페퍼라이트는 유체형(fludial type) 역이 거의 나타나지 않으며, 대부분 괴상형(blocky type)에 해당한다. 괴상형 페퍼라이트는 화산암편과 퇴적물의 상대적인 비율에 따라 밀집형(closely packed type)과 분산형(dispersed type)으로 분류된다(Hanson and Wilson, 1993).



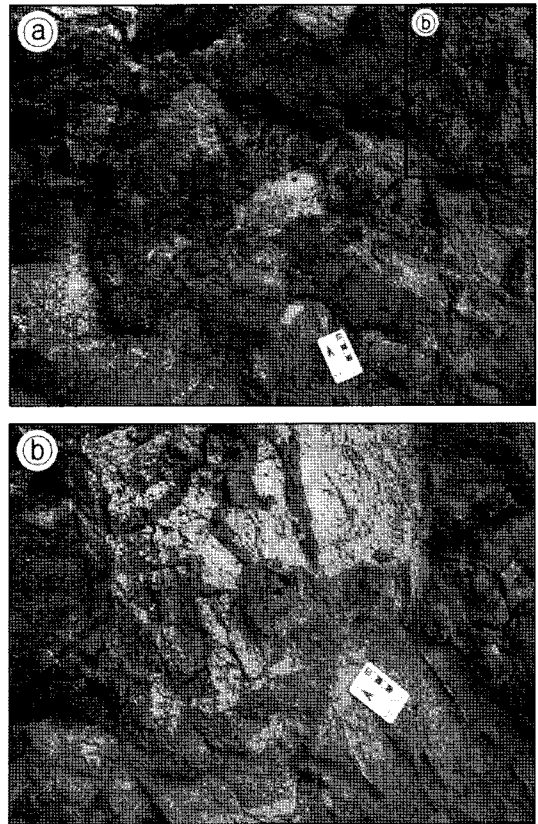
**Fig. 2.** Classification of volcanic rocks using the total alkali-silica diagram (Le Maitre et al., 1989). Note that the two specimens from GH1 and GH2 belong to basaltic andesite (BA). TB=trachybasalt, BT=basaltic trachyandesite.

**관찰지점 1 (35°46'42.5"N, 126°37'43.5"E)**

관찰지점 1은 계하리에서 살금마을 방향으로 도로를 따라 계화도 남쪽 방조제 입구에서 북서쪽 50 m 해안가에 위치한다(Fig. 1). 페퍼라이트 노두가 50 m × 11 m 넓이로 분포하여 페퍼라이트의 특징을 잘 관찰할 수 있지만, 상하부 경계면이 노출되지는 않는다. 안산암질 암편의 크기는 수 mm에서 수십 cm로 매우 다양하며, 모서리가 각진 다각형 모양이 우세하다(Fig. 3). 기질은 적색 실트암으로 구성되며, 균질한 조직을 보인다. 왕자갈~거력 크기의 안산암편은 넓게 분산되어 있어 서로 모양을 맞추기 어려우나, 큰 역의 가장자리에 분포하는 왕모래~잔자갈 크기의 역들은 떨어져 나온 부분의 모양과 서로 일치하는 경우가 많다. 작은 역끼리도 그림 짜맞추기 조직(jigsaw-fit texture)을 보이는 경우가 흔하다. 큰 역의 내부에는 균열이 잘 발달하는데, 벌어진 균열 틈으로 실트암이 관입하여 충전한 경우도 흔하다(Fig. 3b). 이 노두의 페퍼라이트는 대체로 분산형(dispersed type)으로 분류할 수 있다.

**관찰지점 2 (35°46'47.7"N, 126°37'36.4"E)**

관찰지점 2는 지점 1에서 북서쪽 살금마을 방향으로 약 100 m 지점에 위치하며, 부근에 선착장이 있다(Fig. 1). 관상의 안산암이 적색 실트암 퇴적층 내

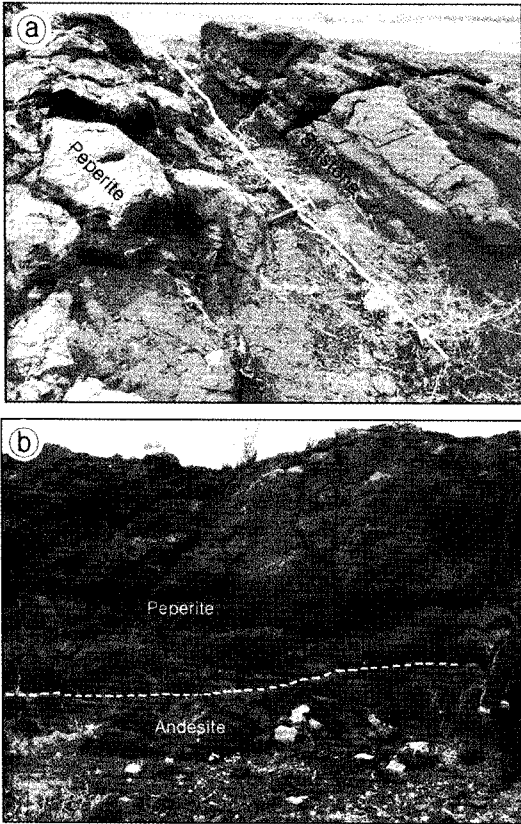


**Fig. 3.** (a) Photograph of dispersed peperite at Site 1. (b) Enlarged photograph of the boxed area in (a), showing the andesite clasts with siltstone-filled veinlets, mimicking closely packed textures. Scale bars are in centimeters. For location, see Fig. 1.

에 조화적으로 협재되어 있으며, 안산암 내에 페퍼라이트가 발달한다. 안산암은 괴상이며, 암회색을 띠고, 일부 기공이 발달한다. 노두상에서 확인되는 안산암의 두께는 약 4 m 이상이다. 적색 실트암은 분급이 불량하고 회미한 층리를 보이며, 협재한 사암층은 하도상 구조를 보인다(Fig. 4a). 안산암 상부 경계면 근방에서는 분산형 페퍼라이트가 우세하고 안산암 내부 쪽으로는 밀집형 페퍼라이트가 우세하게 나타나며 점차 응집상(coherent facies)의 안산암으로 전이한다(Fig. 4b). 밀집형 페퍼라이트의 안산암편 크기는 수 cm에서 수십 cm 정도이고 사각형 모양이 우세한 반

**Table 2.** K-Ar whole-rock ages of the andesite. For sample locations, see Fig. 1.

sample	wt (g)	K (wt %)	<sup>40</sup> Ar radiogenic (10 <sup>-8</sup> ccSTP/g)	uncertainty	<sup>36</sup> Ar (10 <sup>-10</sup> ccSTP/g)	uncertainty	Age (Ma)	uncertainty	Air (%)
GH1	0.01865	0.922	342.31	±0.86	12.98	±0.17	<b>93.19</b>	±1.83	10.07
GH2	0.01783	2.091	705.40	±0.50	35.19	±0.04	<b>84.88</b>	±1.66	12.85

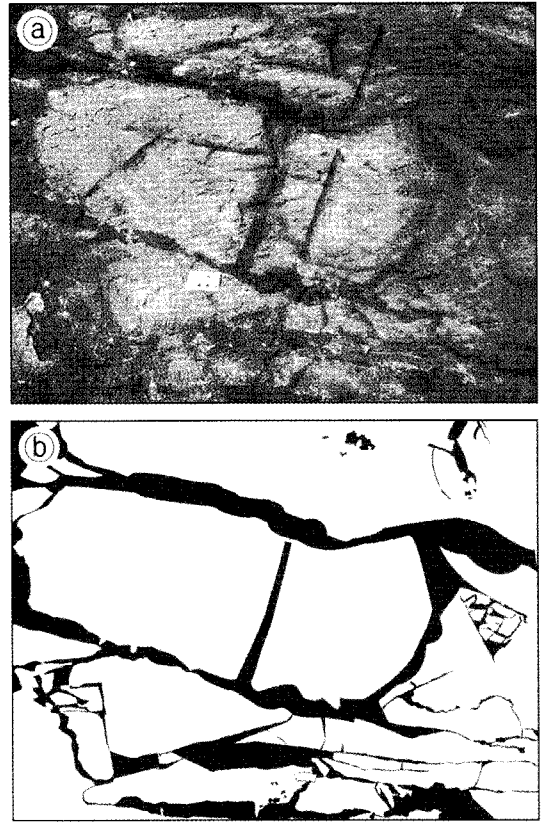


**Fig. 4.** (a) A relatively flat boundary (white line) between the lower peperite and the upper stratified, red sandy siltstone at Site 2. The peperite is mainly of the dispersed type. Hammer is 26.5 cm long. (b) Transitional contact (white line) between the lower coherent andesite and the upper peperite at Site 2. A person for scale.

면, 분산형 페퍼라이트의 암편 크기는 수 mm에서 수십 cm이며, 보다 다양한 형태의 다각형 모양이 나타난다(Figs. 5 and 6). 밀집형 페퍼라이트의 암편은 가장자리가 비교적 매끈한 반면, 분산형 페퍼라이트에서는 가장자리가 불규칙하거나 갈썩갈썩한 경우가 많다.

### 해석 및 토의

페퍼라이트가 발달하는 안산암의 하부 경계면은 노두상에서 확인할 수 없으나, 상부 경계면이 상부 퇴적층과 조화적인 관계를 보이는 것으로 보아 안산암의 형태는 판상으로 판단된다. 판상의 화산암이 퇴적층과 조화적으로 놓여있는 경우, 용암류에 의해 퇴적된 것인지 관입암상(sill) 형태의 관입암인지를 판별하는 것은 쉽지 않은 문제이다. 이를 해결하기 위해서



**Fig. 5.** Photograph (a) and line drawing (b) of closely packed peperite at Site 2. Scale bars in centimeters. For location, see Fig. 1.

는 화산암 상부 경계면의 접촉관계와 조직특성을 분석하여 관입에 의한 퇴적층의 변형 구조가 발달하는지, 아니면 퇴적/침식 작용에 의한 충전/삭박 구조가 나타나는지를 판별하여야 한다. 화산암 상부 경계면에서 페퍼라이트가 발달하는 경우에는 뜨거운 관입암이 상부의 퇴적물과 반응하여 형성된 것으로 해석할 수 있으므로, 관입의 결정적 증거가 된다(Branney and Suthren, 1988). 본 연구 대상인 계화도 안산암-실트암 혼합암의 경우 불규칙한 다각형 모양의 안산암편과 엽층리가 소실된 균질한 조직을 보이는 적색 실트암 기질부로 구성되어 있는데, 이는 마그마 관입시의 급랭에 의한 안산암 파쇄와 주변 퇴적물의 공극수 기화에 의한 퇴적물 유체화 현상에 의해 혼합형성된 페퍼라이트임을 지시한다. 안산암 상부 경계부에서 페퍼라이트가 산출되는 점으로 보아 계화도 안산암은 관입에 의해 형성된 것으로 해석된다.

계화리층에서 산출되는 페퍼라이트는 모두 괴상형

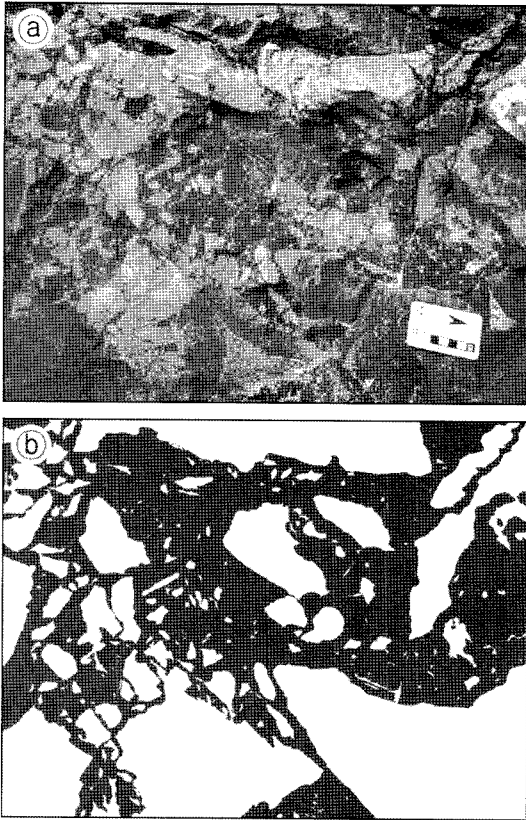


Fig. 6. Photograph (a) and line drawing (b) of dispersed pegerite at Site 2. Scale bars in centimeters. For location, see Fig. 1.

으로 유체형 페퍼라이트는 나타나지 않는다. 유체형 페퍼라이트는 퇴적물의 입도가 세립일 경우 불량한 투수율로 인해 퇴적물과 마그마 사이에 수증기막(vapor film)이 형성되는 경우에 주로 생성되고, 괴상형 페퍼라이트는 퇴적물 입도가 조립할 경우 높은 투수율로 인해 공극수의 이동이 빠르게 일어나서 마그마와 퇴적물이 직접 접촉하는 경우에 주로 생성되는 것으로 알려져 있다(Busy-Spera and White, 1987). 계화도 페퍼라이트의 경우, 기질 물질이 세립의 실트암으로 구성되어 있어, 퇴적물의 투수율 보다는 마그마의 높은 점성도가 페퍼라이트 조직특성을 결정짓는 주요 요인이었던 것으로 판단된다(Goto and McPhie, 1996; cf. Busy-Spera and White, 1987). 또한, 분산형 페퍼라이트는 안산암 상부 경계부에 주로 발달하고, 밀집형 페퍼라이트는 안산암 내부에 주로 발달하는 것은 마그마 관입시 차가운 퇴적물과의 접촉부에서 급랭 파쇄가 활발히 일어난 반면 내부에

서는 파쇄작용이 비교적 약하였기 때문으로 해석된다(Hanson and Wilson, 1993). 퇴적물과의 접촉경계부에서는 유체화된 퇴적물의 활발한 이동에 의해 파쇄된 안산암편이 멀리 분산될 수 있었고, 이 과정에서 분산된 역은 계속적인 급랭 파쇄를 겪음으로써 작은 역들이 형성되었을 것이다. 반면, 안산암 내부에서는 관입한 퇴적물의 이동이 균열내로 제한되어 안산암편의 이동이 거의 없었고, 급랭파쇄 현상도 단기간에 종결되어 작은 역들이 생성되지 못하였을 것이다. 이러한 이유로 밀집형 페퍼라이트는 주로 비교적 큰 역으로(수 cm-수십 cm)로 구성되고 균열을 따라 관입한 실트질 암맥으로 구획된 양상을 보이는 반면, 분산형 페퍼라이트는 큰 역들이 서로 멀리 이동하여 인접한 역끼리 모양을 맞추기가 어렵고, 수 mm 크기의 작은 암편도 다량 포함하며, 적색 실트암 기질부의 함량이 높은 특징을 갖는 것으로 생각된다.

## 결론

전라북도 부안군 계화분지에 나타나는 페퍼라이트는 안산암 역과 적색 실트암 기질부로 구성되어 있으며, 안산암의 상부 경계면에서는 분산형 페퍼라이트가 우세한 반면 안산암 내부에서는 밀집형 페퍼라이트가 우세한 특징을 보인다. 따라서, 미고결 상태의 범람원 퇴적층에 안산암이 암상 형태로 관입하는 과정에서 형성된 페퍼라이트로 사료된다. 계화리층 하부에서 페퍼라이트가 산출되는 점은 계화분지 형성 초기부터 화산활동이 활발하였음을 시사한다. 안산암의 절대연령은 후기 백악기(Santonian) 측정되었으며, 동시기에 계화분지가 형성되기 시작하였을 것으로 해석된다.

## 사사

계화도 페퍼라이트를 최초 발견하고 제 3저자에게 알려주신 경북대 유인창 교수님께 감사드립니다. 야외지질조사와 논문작성과정에서 함께 토론을 해주신 소광석 선생님과 화산암 해석에 조언을 주신 조규성 교수님께 감사드립니다. 논문심사와 논문의 부족부분을 세심하게 지적해 주신 손영관 교수님과 익명의 심사자께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 고정선, 안지영, 윤성호, 2000, 경북 청송군 주왕산지역의 대전사 현무암의 암석학적 특성. *한국지구과학회*, 21, 553-562.
- 윤성호, 이문원, 고정선, 김영라, 안지영, 2000, 청송 주왕산지역 대전사 현무암의 암석화학적 연구. *암석학회지*, 9, 9-27.
- 이병주, 김정찬, 김유봉, 조동룡, 최현일, 전희영, 김복철, 1997, 1:250,000 광주지질도폭 설명서. KR-97(S)-1, 과학기술부, 82 p.
- 전용문, 기진석, 손영관, 2006, 청룡사현무암의 암상과 정치과정. *대한지질학회 2006년 추계학술발표회*, p. 27.
- Branney, M. and Suthren, R., 1988, High-level peperitic sills in the English Lake District: Distinction from block lavas, and implications for Borrowdale Volcanic Group stratigraphy. *Geological Journal*, 23, 171-187.
- Busby-Spera, C.J. and White, J.D.L., 1987, Variation in peperite textures associated with differing host-sediment properties. *Bulletin of Volcanology*, 49, 765-775.
- 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.
- Goto, Y. and McPhie, J., 1996, A Miocene basanite peperitic dyke at Stanley, northwestern Tasmania, Australia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 74, 111-120.
- Hanson, R.E. and Wilson, T.J., 1993, Large-scale rhyolitic peperites (Jurassic, southern Chile). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54, 247-264.
- Jeon, Y.M., Kim, S.B., Park, K.H., Jeong, J.O., and Sohn, Y.K., 2006, Mixed peperitic/clinkery deposits formed by complex interactions of a lavas and alluvial-plain sediments in the Cretaceous Gyeongsang Basin, Korea. 17th International Sedimentological Congress (Abstracts), p. 282.
- Kim, S.B., 2000, Sedimentary Processes and Environments of the Kyokpori Formation (Cretaceous), SW Korea. Ph. D. dissertation, Seoul National University, 200 p.
- Kim, S.B., Park, K.H., Jeon, Y.M., and Sohn, Y.K., 2002, The Hakbong Basalt (Cretaceous gyeongsang Basin, SE Korea): Extrusive flows in alluvial-plain environment and their significance. *Eos Transactions, American Geophysical Union*, 83, Western Pacific Geophysics Meeting Supplement, Abstract SE51B-04.
- Kim, S.B., Chough, S.K., and Chun, S.S., 2003, Tectonic controls on spatio-temporal development of depositional systems and generation of fining-upward basin fills in a strike-slip setting: Kyokpori Formation (Cretaceous), south-west Korea. *Sedimentology*, 50, 639-665.
- Kwon, C.W. and Sohn, Y.K., 2008, Tephra-filled volcanic neck (diatreme) of a mafic tuff ring at Maegok, Miocene Eoil Basin, SE Korea. *Geosciences Journal*, accepted.
- Lambiase, J.J. and Bosworth, W.P., 1995, Structural development and stratigraphy of the Kyokpo pull-apart basin, South Korea and tectonic implications for inverted extensional basins. In Buchanan, J.G. and Buchanan, P.G. (eds.), *Basin inversion*. The Geological Society, London, UK, 457-471.
- Lee, B.J., Kim, J.C., Kim, Y., Cho, D.L., Choi, H.Y., Chun, H.Y., and Kim, B.C., 1997, 1:250,000 Explanatory Note of the Gwangju Sheet. KR-97(S)-1, Ministry of Science and Technology, Korea, 82 p. (in Korean with English abstract)
- LeMaitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Lebas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooldey, A.R., and Zanettin, B., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, UK, 193 p.
- Lorenz, B.E., 1984, Mud-magma interactions in the Dunaige Melange, Newfoundland. In Kolelaar, B.P. and Howells, M. (eds.), *Volcanic and associated sedimentary and tectonic processes in modern and ancient marginal basins*. The Geological Society, London, UK, 271-277.
- McPhie, J., Doyle, M., and Allen, R., 1993, *Volcanic Texture: A guide to the interpretation of texture in volcanic rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, Australia, 198 p.
- Skilling, I.P., White, J.D.L., and McPhie, J., 2002, Peperite: A review of magma-sediment mingling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 114, 1-17.
- Son, M., Seo, H.J., and Kim, I.S., 2000, Geological structure and evolution of Miocene Eoil Basin, southeastern Korea. *Geosciences Journal*, 4, 73-88.
- Squire, R.J. and McPhie, J., 2002, Characteristics and origin of peperite involving coarse-grained host sediment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 114, 45-61.
- White, J.D.L., McPhie, J., and Skilling, I., 2000, Peperite: A useful genetic term. *Bulletin of Volcanology*, 62, 65-66.
- Yoon, S., Hwang, J.Y., and Jung, C.Y., 1990, Peperite in the Tertiary basin, Korea: Peperite at Maegok. *Journal of Geological Society of Korea*, 26, 187-194.

2008년 9월 5일 접수

2008년 12월 10일 수정원고 접수

2009년 1월 15일 채택