청송 주왕산 페퍼라이트의 산출상태 및 형태학적 특징

우현동 · 장윤득*

경북대 지질학과

Occurrence and Morphological Characteristics of the Peperite in Mt. Juwang, Cheongsong

Hyeon Dong Woo and Yun Deuk Jang*

Department of Geology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Peperite exposed along the Dajeonsa basalt in Mt. Juwang, Cheongsong emerged as a consequence of the simultaneity of volcano-sedimentary sequences. This study aims to classify peperites as morphological characteristics and infer the formation process by the field investigation, image analysis, X-Ray Diffractometer and polarization microscope for the magma-sediment interaction mechanism and paleoenvironment. As a result of the field investigation globular(fluidal) peperite is the representative feature at the bottom of Dajeonsa basalt, sub-angular peperite at the middle and irregular peperite at the top. Peperite domains range from sheet and pod or feeder conduit. Although the study that the morphologies of peperite are controlled by the sorts of sediment and lava or magma has tended to center around the peperite, the study addresses not single mechanism but the multi-stage mechanism because Mt. Juwang peperite, under the same conditions, varies in shapes and sizes and also the ratio of sediments that show the most change of the peperite affects to the formation of peperite.

Key words : Cheongsong, Dajeonsa basalt, paleoenvironment, peperite, syndepositional volcanism

청송 주왕산 화산암체의 최하부층인 대전사 현무암에서 산출되는 페퍼라이트는 화성활동과 퇴적작용의 동시성을 보여준다. 본 연구에서는 야외 조사와 이미지 분석, 편광현미경 분석, XRD 같은 실내 조사를 통해 주왕산 페퍼라이트의 형태를 분류하고 형성과정을 유추함으로써 반응 메커니즘과 고환경을 연구하였다. 야외 조사 결과, 하부에서는 구형, 중부에서는 아각형, 상부에서는 불규칙형 페퍼라이트가 대표적으로 나타나며, 노두 규모에서 페퍼라이트 영역은 판상형, 유동형 그리고 공급통로형의 특징적인 구조로 산출된다는 것을 알 수 있다. 페퍼라이트의 형태는 마그마 또는 용암과 퇴적물의 종류에 의해 좌우된다고 연구되어 왔지만, 동일한 공급물에도 불구하고 다양한 형태로 페퍼라이트가 산출되는 것은 형성과정이 단일 메커니즘으로 이루어진 것이 아니라 여러 메커니즘의 복합적인 결과임을 나타낸다. 상하부에 따른 변화 중 가장 뚜렷한 변화를 보이는 퇴적물비로부터 생성 당시 모퇴적물의 공급량이 페퍼라이트의 형성과정에 영향을 미쳤을 것으로 추정한다.

주요어 : 고환경, 대전사 현무암, 청송, 퇴적동시성 화성활동, 페퍼라이트

1. 서 론

페퍼라이트(Peperite)는 미고결된 퇴적물 위로 용암

이 흐르거나, 마그마가 미고결 퇴적층내로 관입하여 혼합되면서 형성된 암석을 칭한다. 퇴적물 내에 물을 함유한 채 미고결 상태이거나 수중에 퇴적되어 있는 퇴

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided original work is properly cited.

*Corresponding author: jangyd@knu.ac.kr

적층은 차가운 퇴적물과 뜨거운 마그마 또는 용암이 섞일 때 물성에 따라 여러 가지의 반응을 보인다. 그리고 이 반응에 의해 페퍼라이트의 조직은 다양한 특징을 보인다. 페퍼라이트는 초생암편(juvenile clasts)과 그 사이의 간극을 메우는 모퇴적물(host sediment)으로 구성되어 있으며, 퇴적물이나 화성암내에 위치하기 때문에 페퍼라이트가 발달한 부분은 페퍼라이트 영역(peperite domain)이라 부르며, 영역에 따른 형태적 분류도 시행된다(Doyle, 2000; Boulter, 1993). 페퍼라이트의 형태는 주로 초생암편의 모습에 따라 비폭발적인 반응에 의해 완만한 접촉경계를 이루는 유동형 페퍼라이트, 격렬한 반응에 의해 각진 접촉경계를 보이는 괴상 페퍼라이트 등으로 분류할 수 있다(Brooks *et al.*, 1982; Brooks, 1995; Busby-Spera and White, 1987). 이 밖에도 각 페퍼라이트를 형성하는 메커니즘을 페퍼라이트의 형태로부터 추정하는 연구들이 다양하게 진행되고 있으며, 미고결 퇴적물의 성질, 용암 혹은 마그마의 이동 속도와 양, 대기압 등 다양한 요인들이 페퍼라이트 조직 형성에 영향을 미친다.

국내에서는 변산반도 일대에 산출되는 페퍼라이트의 성인(Choi *et al.*, 2001) 및 안산암-실트암 페퍼라이트의 산출양상 및 특징(Noh *et al.*, 2009)에 대한 연구가 수행된 바 있다. 연구지역에 대해서도 청송 주왕산 대전사 현무암의 암석학 및 암석화학적 연구(Koh *et al.*, 2000; Yun *et al.*, 2000)의 일환으로 주왕산 페퍼라이트에 대한 기초적인 연구가 선행 되었으며 다양한 형태학적 산출상태를 보이고 있는 청송 페퍼라이트에 대한 형태학적인 특성규명과 성인에 대한 심도 있는 연

구의 필요성이 제기되어 왔다. 본 논문에서는 청송 주왕산에서 산출되는 페퍼라이트에 대해서 정밀한 지표조사와 발달 상태에 대한 이미지 분석을 통하여 마그마와 물 또는 퇴적물이 만나 이루어진 페퍼라이트의 형태를 연구하고 형성 과정과 고환경을 유추하고자 한다.

2. 지질개요

본 연구의 대상인 대전사 현무암이 분포하는 청송 주왕산 국립공원 일대에는 백악기 유천층군의 여러 암층과 관입암이 분포하고 있다. 화산암체의 기반을 이루고 있는 퇴적층암층인 가송동층은 경사가 주왕산 화산암체를 향해 경사진 분지구조를 나타낸다. 이 지역의 지질은 주왕산 일대의 암층 분류 작업을 토대로 주왕산 최하부 대전사 현무암층으로 분류되었다(Hwang, 2007). 페퍼라이트는 지질도 상(Fig. 1) 대전사 현무암의 북동쪽에서 나타나며 각 산출지점을 루트맵(Fig. 2)을 통해 자세히 나타내었다.

페퍼라이트의 모퇴적물에 해당하는 가송동층은 주로 저색이암, 저색세일, 알코스사암 및 녹회색이회암으로 구성된다. 이층의 하부는 저색 또는 암저색 세일 및 이암의 박층이 알코스 사암 또는 역암과 호층을 이루고, 중부는 주로 녹회색 이암층이 저색 또는 암저색 이암 및 세일과 호층을 이루며 상부는 저색, 암저색 세일 및 이암층이 잘 발달한다. 연구지역에서 관찰되는 가송동층 노두의 경우 저색의 사암층과 세일층으로 이루어져있으며, 페퍼라이트 내에서는 세립의 세일만이 관찰된다. 세일은 미립자(0.001-0.01 mm)들로 구성되

Fig. 1. Geological map of the study area of the Mt. Juwang area in Cheongsong.

Fig. 2. Route map of the study area(modified after Koh *et al.*, 2000).

어 있으며, 입자는 석영과 장석이 주를 이루고, 사암에는 상대적으로 조립의 석영과 미립의 석영이 혼재되어 있으며, 입자는 대개 아각형을 띤다. 적철석이 전반적으로 고루 분포한다.

초생암편을 구성하는 대전사 현무암은 전체적으로 암회색을 띠고 있으며 육안으로 반정이 관찰되지 않고 기공이 없는 치밀한 현무암이지만 한 단위의 용암층에서도 상부에서는 다공질의 현무암이 발견되기도 하는 등 국부적인 성질의 차이를 보인다(Koh *et al.*, 2000). 또한 지역에 따라 방해석과 석영, 아게이트, 녹염석 등 충진물과 기공 형태에서 차이를 보이는 행인상 구조가 관찰된다. 부분적으로 붉은 현무암편이 관찰되며 7-10 m 두께로 발달한 현무암층 내에 페퍼라이트가 협재되어 나타난다. 페퍼라이트의 발달이 뚜렷한 지점을 대표 연구 지역으로 설정하였고, 층후에 따른 변화 양상을 파악하기 위해 각 지점에서 시료를 채취하였다.

3. 연구방법

정밀 야외 조사를 통해 거시적 차원에서 형태 및 산출 양상을 파악하였으며, 각 페퍼라이트 산출지점에서 특징적으로 나타나는 형태를 대표하는 노두를 선정하여 페퍼라이트의 분포 및 산출양상을 심층 조사하였다. 이 후 실내 작업에서 페퍼라이트를 구성하는 세일과 현무암의 명확한 구분을 위해 이미지제이(Image J), 포토샵과 같은 이미지 프로그램을 이용하여 이미지 보정을 실시하였다. 포토 이미지 정량법을 이용, 페퍼라이트

내 퇴적물의 분포도를 계산하였으며, 이미지제이로 최대직경을 기준으로 한 암편의 평균 크기를 계산하였다.

미시적인 차원의 페퍼라이트 형태를 파악하고, 퇴적물과 용암 사이의 접촉부 양상 및 변질을 알아보기 위해 현무암과 세일의 경계부를 중심으로 박편을 제작하였다. 또한 암편의 단면에서 접촉부의 특징을 잘 나타내는 경우, 암편의 단면을 연마작업한 후 고해상도의 카메라를 이용하여 사진 촬영한 뒤 그 특징을 기재하였다. 세일과 현무암의 물성차이 때문에 박편 제작과 정에서 쉽게 부서져, 저밀도 에폭시로 시편을 고정시킨 후 연마제를 사용하여 박편을 제작하였다.

세일에 포함되어 있는 미정질의 광물들을 동정하기 위하여 X-선 회절분석기(XRD, X-Ray Diffractometer)를 이용하였다. 페퍼라이트 암편으로부터 순수 세일 부분을 채취하여, 다른 흙이나 불순물 등이 남아있지 않도록 초음파 세척기로 세척한 후, 상온에서 건조시켰다. 불순물이 포함되지 않도록 유의하여 분말화 하였으며, 105°의 온도에서 24시간 건조시킨 후 분석을 시행하였다. 분석기기는 한국기초과학지원연구원 대구분소의 Philips X' Pert-PRO/MRD모델이며 5-65°, 2세타의 조건으로 분석하였다.

4. 결 과

4.1. 산출 상태 및 형태학적 분류

기반을 이루는 퇴적층의 배향을 고려하여 대전사 현무암의 상·하부를 판단하였으며, 야외 조사를 실시하

Fig. 3. Morphologies of peperite domain. (a) peperite intruding along the basalt formation, (b) pod-like peperite, (c) sheet-like peperite, (d) feeder-conduit peperite.

였다. 루트맵 상(Fig. 2)에서 P1이 하부에 해당하며, P8이 상부에 해당한다. S1은 모퇴적물에 해당하는 가송동층 노두가 분포하는 곳이다.

페퍼라이트 영역에 대한 분류에서 괴상(pod)형 페퍼라이트는 국소적인 분출이 있었음을 의미하고, 공급통로(feeder conduit)형, 판상(sheet)형 페퍼라이트는 마그마가 하부에서 분출하여 형성당시의 경사를 따라 흘렀으며 이와 동시에 페퍼라이트의 형성이 이루어졌음을 제시한다. 연구지역의 페퍼라이트는 하부에서 상부로 감에 따라 형태적인 차이를 보인다. 암편의 형태가 구형 내지 아각형을 보이는 페퍼라이트는 주로 서로 밀집되어 발달하는 경향을, 암편의 형태가 불규칙한 페퍼라이트는 넓게 분산되어 분포하는 경향을 보인다. 또한 페퍼라이트 영역의 분포양상은 현무암층 내에 원형으로 분포하는 pod형, 현무암층 내 이수평으로 협재된 판상형, 노두를 따라 하부에서 상부로 뻗어나가는 모양의 공급통로형 등으로 다양하게 나타난다(Fig. 3).

야외 관찰과 실내 이미지 분석을 통해 산출된 퇴적물의 비와 암편 및 입자의 크기를 기준으로 연구지역의 페퍼라이트를 세 가지로 분류하였다. 하부에 해당하는 A type의 페퍼라이트의 경우, 현무암과 세일의

경계가 곡선을 이루며 초생암편의 모양이 구에 가까운 구형 페퍼라이트가 우세하다. 전체 면적 대 퇴적물의 비가 23-46%이며, 암편의 크기는 1-25 cm로 관찰된다. 중부의 B type 페퍼라이트의 경우 세일과 현무암의 경계가 대체로 등그나 각을 가지고 있는 아각형의 페퍼라이트가 특징적으로 관찰된다. 기공이 발달한 붉은 현무암편과 치밀한 암회색 현무암편이 뒤섞여 나타나며 이들 암편 사이를 소량의 세일이 메우고 있다. 전체 면적 대 퇴적물의 비가 12-25%이며, 암편의 크기는 5-27 cm, 평균 18.7 cm로 나타난다. 상부의 C type 페퍼라이트는 불규칙적인 형태가 특징적이다. 다른 지점과는 달리 현무암 내에 세일이 역의 형태로 나타나며, 전체 면적대 퇴적물의 비가 7-21%로 상·중부에 비해 낮은 값을 보인다. 암편의 크기는 4-19 cm, 평균 12.8 cm이다. 하부에서 상부로 갈수록 나타나는 변화양상은 Table 1을 통해 간략히 정리하였다.

4.2. 구조 및 조직

현미경 하에서 A type 페퍼라이트의 세일은 석영과 장석 입자가 관찰되며, 기질부가 충을 이루고 있음을 볼 수 있다. 세일이 현무암 내에 작은 입자로 분포되

Table 1. Microscopic texture and morphological features of peperite in Mt. Juwang.

	Bottom	Middle	Top	
Microscopic Texture
Structure on the rock samples
Structure on outcrop
Contents of sediments (%)	23-46	12-25	7-21	
Radius of rock fragments (cm)	1-25	5-27	4-19	

어 있으며, 세일과 현무암의 경계부에서 멀어질수록 그 수가 감소하는 경향성을 띤다. 현무암에서는 사장석입자가 세일의 가장자리를 따라 유동하였음을 볼 수 있으며, 변질된 감람석이 관찰된다. B type의 페퍼라이트에서는 야외에서 붉은 색 현무암과 암회색 현무암이 동시에 관찰되며 A type과 같은 세일 입자의 분포가 관찰되지 않는다. 세일 내에는 석영과 장석을 비롯한 입자들이 관찰되나, 세일에서 현무암 쪽으로 갈수록 기질 내 석영과 장석의 입자의 수가 감소하는 경향성을 띠며 세일 내에 비정질 석영이 관찰된다. 붉은 현무암 내의 기공은 대부분이 방해석이 충전하고 있으며 사장석의 흐름조직(trachytic texture)은 관찰되지 않는다. C type의 페퍼라이트에는 현무암 내에 세일이 망상으로 넓게 분포되어 있다. 현무암 내 사장석의 흐름조직이 관찰되지 않으며, 세일 내에 석영, 장석을 비롯한 광물 입자의 관찰이 어려운 기질로 존재하거나, 하나의 비정질 집합체로 산출된다(Figs. 4, 5).

페퍼라이트의 모퇴적물에 해당하는 S01지점과 A, B, C Type 페퍼라이트의 대표성을 보여주는 P02, P06, P08지점에서 채취한 세일 샘플에 대해 XRD 분석을 시행하였다(Fig. 6). 세일의 구성광물로는 석영이 가장 높은 함량을 보이며, 장석류, 적철석, 극소량의 점토광물이 수반된다. 모든 지점에서 관찰되는 적철석을

통해 세일층이 이로부터 붉은 색을 나타냄을 추정할 수 있다. 모퇴적층에 해당하는 S01시료의 경우 페퍼라이트 내의 세일에 비해 사장석의 함량이 적거나 사장석이 나타나지 않는다.

5. 토 의

5.1. 산출양상 및 형태학적 특징

본 지역에서 산출되는 페퍼라이트는 관찰 지점별 페퍼라이트 영역에 대한 형태적 분류와 암편의 모양에 따른 형태적 분류가 가능하다. 또한 형태와 편광현미경 하의 관찰에서 상하부에 따른 변화양상이 뚜렷한 것으로부터 형성환경에 변화가 있음을 추정할 수 있다. 이러한 페퍼라이트 영역의 다양한 형태와 현무암의 산출상태로부터, 페퍼라이트 생성 당시 현무암의 거동이 유동적이었으며, 7-10 m에 이르는 층을 이를 정도로 많은 양의 현무암이 공급되었음을 알 수 있다.

높은 온도의 마그마와 낮은 온도의 미고결 퇴적층이 만나는 것처럼, 온도차이가 큰 물질들이 서로 만나면 격렬한 반응이 일어난다. 이 때, 온도 차이를 상쇄시킬 수 있는 물질의 유무에 따라, 형성되는 페퍼라이트의 형태가 구분된다. 주왕산 페퍼라이트의 경우, 대부분이 불규칙한 형태의 페퍼라이트로 이루어져있으며, 일부

Fig 4. Morphological features of peperite. (a) lower globular type, (b) middle sub-angular type with two types of basalt, (c) upper irregular type, (d) uppermost boundary between basalt and sediments.

Fig. 5. Microscopic textures of the peperite samples. Figures show the boundaries between sediments and volcanics on the lower globular type(a, b), middle sub-angular type(c) and upper irregular type peperite.

Fig. 6. XRD of host rock and peperite samples. Note feldspar peaks in the host sedimentary rock(S01) with stratigraphic sampling level(P08 to P02) (Q: Quartz, F: Feldspar, H: hematite).

지역에서 아각형 페퍼라이트가 산출된다. 이러한 형태로부터 퇴적물 내의 충분한 수분이 급격한 온도에 의해 기화되면서 세일과 현무암 사이의 직접적인 반응을 막았을 것이라 추측할 수 있다(Wohlets, 2002; Hanson and Hargrove, 1999). 이와 동시에 퇴적물이 유동하여 암편들의 간극을 메웠으며, 세일 공급량의 차이에 따라 상쇄물질의 근원인 수분의 공급에도 차이가 발생하게 되어 급격한 온도변화에 바로 노출되고 각진 형태로 암편이 깨지는 급냉현상(queunching process)이 발생하여 아각형의 페퍼라이트가 형성된 것으로 판단된다(Breno *et al.*, 2007; Kokelar, 1985). 불규칙형 페퍼라이트의 경우 현무암 내에 극소량의 세일이 불규칙한 형태로 산재된 분포를 보이는 것과 풍화도가 높은 것으로부터 퇴적물의 공급이 극소량이었으며, 다른 조사지점의 페퍼라이트보다 변질에 더 노출된 환경이었음을 추측할 수 있다.

앞서 기술한 페퍼라이트의 최상부는 모퇴적물의 양이 적어 엄밀한 의미에서 페퍼라이트의 정의에서 벗어나지만 미고결 퇴적물과 용암과의 반응이 시작 및 종결된 시점을 기준으로 하는 넓은 범위에서 본 연구에 함께 논의하였다.

백악기 퇴적암인 가송동층과 페퍼라이트층의 직접적인 경계부가 관찰되지 않으며 현무암층 내에 페퍼라이트가 수 매 협재된 양상을 보인다. 또한 현무암층 내에 퇴적층이 협재되지 않음에도 불구하고 퇴적물과 현무암이 반응하여 페퍼라이트가 형성되었으며 이에 포함된 퇴적물들은 뚜렷한 퇴적구조를 보이지 않는다. 따라서 모암인 가송동층과 대전사 현무암의 반응에 의해

페퍼라이트가 형성되었기 보다는, 현무암질 화성활동 후 휴지기 동안에 일시적으로 퇴적물들이 쌓이다가 화성활동이 다시 일어날 때, 현무암과 모든 퇴적물들이 반응하여 페퍼라이트가 형성되었고, 이 때문에 현무암층 내에 페퍼라이트 층이 교호하여 나타나는 것으로 판단된다(Schmincke, 1967; Busby-Spera and White, 1987).

5.2. 페퍼라이트 형성과정과 생성 메커니즘

페퍼라이트는 미고결 상태의 퇴적물과 마그마 또는 용암이 만나 형성된 암석으로, 마그마의 점성도, 유동 속도, 모퇴적물의 암질 및 입도, 분급, 투수성 등 여러 가지 요인들에 의해 그 형태가 좌우된다. 주왕산 페퍼라이트는 유동성이 좋고, 점성이 낮은 대전사 현무암이 초생암편을 이룬다. 높은 유동성을 가진 현무암질 용암에 의해 페퍼라이트가 형성될 경우 그 분포 범위가 넓은 특징을 보인다. 또한 페퍼라이트에 포함되어 있는 퇴적물들은 일반적으로 함수율이 높은 미고결 세일층으로 보인다. 세일은 고결 전 수분을 다량 함유하므로 퇴적물과 마그마가 만나 일어나는 반응을 상쇄시키기 유리하기 때문에 페퍼라이트 생성시 유동형 페퍼라이트가 우세하게 산출된다(Corsara and Mazzoleni, 2002; Hanson and Wilson, 1993; Fuat *et al.*, 2006; Busby-Spera and White, 1987). 그러나 청송 페퍼라이트의 경우, 유동형을 보이기에 유리한 조건을 가졌으나 하부에서 상부로 갈수록 형태적 변화와 더불어

Fig. 7. Formation process of peperite based on the morphological features, the contents of sediments and oxidation in Mt. Juwang.

구형, 아각형 및 불규칙형 페퍼라이트가 산출된다. 변화양상에 따른 조건차이를 야외조사 및 실내 조사를 통해 관찰 했을 때, 대표적인 페퍼라이트 형태에 따라 세일의 함량과 변질 정도에서 큰 차이를 볼 수 있었다. 이로부터 페퍼라이트 형성에 퇴적물의 공급량이 영향을 끼쳤으며, 이로 인해 페퍼라이트가 단일 메커니즘이 아닌 복합적인 메커니즘에 의해 형성되었다고 판단하였다(Hooten and Ort, 2002).

따라서 이러한 증거들을 통해 주왕산 페퍼라이트는 다음과 같은 과정으로 형성되었을 것이라 추정할 수 있다. 먼저 미고결된 퇴적층(Fig. 7a)에 현무암질 마그마의 1차 분출이 발생하였다. 충분한 양의 미고결 퇴적물과 만난 현무암질 용암은 퇴적물 내의 수분이 상쇄물질을 형성하면서 암편 형태가 등글고 풍화도가 낮은 구형 페퍼라이트를 형성한다(Fig. 7b). 계속되는 퇴적으로 소량의 미고결 퇴적층을 형성하였고(Fig. 7c), 이 후 현무암질 용암이 재분출하였다. 1차 분출되었던 현무암편을 포획하면서 상승한 용암류가 소량의 미고결층과 만나 반응하면서 두 종류의 현무암편이 아각형의 암편으로 자리 잡고, 그 사이 간극을 소량의 세일이 메우는 형태로 산출된다(Fig. 7d). 또한 흐르는 용암에 포획된 세일이 상부에 불규칙형 페퍼라이트를 형성하였다(Fig. 7e). 이와 같은 작용과 과정을 통해 최종적으로 한 지역에서 페퍼라이트의 형태가 수직적으로 변화한 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 청송 주왕산에서 산출되는 페퍼라이트의 산출상태와 형태학적 특징에 대해 조사하고 이를 종합하여 페퍼라이트의 형성환경에 대해 고찰하였다. 주왕산 페퍼라이트는 두꺼운 현무암층 내에 페퍼라이트 층이 교호하는 형태로 나타나며, 층에 따라 대표적인 페퍼라이트의 형태가 변화하는 양상을 보인다. 현무암층 내 페퍼라이트층은 괴상형, 판상형, 공급통로형 페퍼라이트로 나타나며, 페퍼라이트 영역으로 한정하였을 때 하부에는 구상형 페퍼라이트, 중부에는 아각형 페퍼라이트 그리고 상부에는 불규칙한 형태의 페퍼라이트가 특징적으로 산출된다. 이러한 형태의 차이로부터 조사지점 별로 다른 메커니즘에 의해 페퍼라이트가 형성되었으며, 야외조사와 실내조사로부터 그 요인이 퇴적물의 공급량이라 판단하였다. 하부층의 경우, 퇴적물과 용암의 온도차를 상쇄시키는 물질 즉, 수분을 포함한 퇴적물의 공급이 충분히 이루어졌기 때문에 초생

암편이 등근 구상형 페퍼라이트를 형성한 것으로 추정한다. 중부의 경우 하부에 비해 낮은 세일 함량을 보이며, 여러 종류의 현무암편이 아각형의 초생암편을 이루고 있다. 이로부터 화성활동의 휴지시기 퇴적된 소량의 퇴적물이 재분출된 현무암과 만나 형성된 것으로, 용암과 퇴적물 사이의 온도차를 상쇄시키는 수분의 부족으로 인해 아각형의 페퍼라이트가 형성된 것으로 추측한다. 상부의 불규칙형 페퍼라이트의 경우, 미고결 퇴적물이 흐르는 용암에 포획되면서 널리 산재된 분포를 보이는 것으로 추정할 수 있다. 다른 지점에 비해 풍화가 심한 점은 위의 형성과정 중 소량의 세일이 현무암과 접촉하는 면적과 시간이 비교적 길었기 때문이라 판단된다.

사 사

본 연구를 위해 실내의 작업과 자료해석에 많은 도움을 주신 경북대학교 지질학과 이정아 양과 박진수, 추창오 박사에게 감사를 드린다. 논문에 대한 유익한 비평을 해주신 두 분의 심사자에게도 심심한 감사를 드린다. XRD분석은 한국기초과학연구원 대구 분소에서 시행하였다.

참고문헌

- Boulter, C.A. (1993) High-level peperitic sills at Rio Tinto, Spain: implications for stratigraphy and mineralization. *Trans. Inst. Min. Metall.*, v.102, p.B30-B38.
- Breno, L.W., Evandro, F.L., Carlos, A.S. and Romulo, L. (2007) Peperite formed by lava flows over sediments: An example from the central Parana Continental Flood Basalts, Brazil. *J. Volcano. Geo. Research*, v.159, p.343-354.
- Brooks, E.R., Wood, M.M. and Garbutt, P.L. (1982) Origin and metamorphism of peperite and associated rocks in the Devonian Elwell Formation, northern Sierra Nevada, California. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.93, p.1208-1231.
- Brooks, E.R. (1995) Palaeozoic fluidization, folding and peperite formation, northern Sierra Nevada, California. *Can. J. Earth. Sci.*, v.32, p.314-324.
- Busby-Spera, C.J. and White, J.D.L. (1987) Variation in peperite textures associated with differing host-sediment properties. *Bull. Volcano.*, v.49, p.765-775.
- Choi, S.W., Lee, Y.E., Park, K.H. and Lee, C.H. (2001) Occurrences and Formation Model of Peperite in the Jugmagri Area, Byeonsan Peninsula, Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, v.37, p.297-308.
- Corsara, R.A., Mazzoleni, P. (2002) Textural evidence of peperites inside pillow lavas at Acicastello Castle Rock(Mt. Etna, Sicily). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*,

- v.114, p.219-229.
- Doyle, M.G. (2000) Clast shape and textural associations in peperite as a guide to hydromagmatic interactions: Upper Permian basaltic and basaltic andesite examples from Kiama, Australia, *Aust. J. Earth Sci.*, v.47, p.167-177.
- Fuat Erkul, Cahit Helvaci, Hanson Sozbilir, (2006) Olivine basalt and trachyandesite peperite formed at the subsurface/surface of a semi-arid lake: An example from the Early Miocene Bigadic basin, western Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v.149, p.240-262.
- Hanson, R.E. and Hargrove, U.S. (1999) Processes of magma/wet sediment interaction in a large-scale Jurassic andesitic peperite complex, northern Sierra Nevada, California., *Bull. Volcanol.*, v.60, p.610-626.
- Hanson, R.E. and Wilson, T.J. (1993) Large-scale rhyolitic peperite (Jurassic, southern Chile), *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, v.54, p.247-264.
- Hooten, J.A. and Ort, M.H. (2002) Peperite as a record of early-stage phreatomagmatic fragmentation processes: an example from the Hopi Buttes volcanic field, Navajo Nation, Arizona, USA. *Journal of volcanology and geothermal research*, v.114, p.95-106.
- Hwang, S.K. (2007) Cooling Processes of the Juwangsan Tuff in Eastern Cheongsong, Korea. *Jour. Geological Society of Korea*, v.43, p.353-367.
- Koh, J.S., Ahn, J.Y. and Yun, S.H., (2000) Petrological Characteristics of the Daejeonsa Basalt in the Mt. Juwang area, Cheongsong-gun, Gyeongsang buk-do, Korea. *Jour. Korean Earth Science Society*, v.21, p.553-562.
- Kokelaar, B.P. (1985) Fluidization of wet sediments during the emplacement and cooling of various igneous bodies, *J. Geol. Soc. London*, v.139, p.21-33.
- Noh, B.S., Park, J.M., Kim, S.B. and Ryang, W.H. (2009) Basaltic Andesite-Siltstone Peperite in the Gyehwari Formation (Cretaceous). *Jour. Korean Earth Science Society*, v.30, p.33-39.
- Schmincke, H.U. (1967) Fused tuff and peperites in south-central Washington, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.78, p.319-330.
- Smedes, H.W. (1956) Peperites as contact phenomena of sills in the Elkhorn Mountains, Montana, *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.67, p.1783.
- Wohletz, K.H. (2002) Water/magma interaction: some theory and experiments on peperite formation, *J. Volcanology and geothermal*, v.114, p.19-35.
- Yun, S.H., Lee, M.W., Koh, J.S., Kim, Y.L. and Ahn, J.Y. (2000) Petrological study on the Daejeon-sa basalt in the Mt. Juwang area, Cheongsong. *Jour. Petrol. Society of Korea*, v.9, p.84-98.

2014년 2월 24일 원고접수, 2014년 4월 29일 1차수정,
2014년 4월 30일 게재승인