

감포지역의 마이오세 쌍모식(bimodal) 화산활동과 화산암류의 암석학적 연구

이정현¹, 고정선², 윤성효³

¹ 부산대학교 대학원 지구과학과, ² 부산대학교 과학교육연구소

³ 부산대학교 사범대학 과학교육학부 지구과학교육전공

1. 서언

동해의 확장으로 인한 신생대 마이오세 지각변형 동안 우리나라 동남부에는 소규모로 지각이 확장되고 침강되면서 화산활동과 함께 퇴적분지들이 만들어졌다. 이들 마이오세의 분지들을 충진하고 있는 암석들은 장기통과 연일통으로 구분되며(Tateiwa, 1924), 장기통은 전기 마이오세의 현무암과 산성 화성쇄설물 및 용암류로 구성되어 있고, 하성 및 호성 퇴적물을 포함하며 포항분지를 제외한 그 남쪽의 양남분지를 주로 충진하고 있다(Tateiwa, 1924; Yoon, 1997; 손문, 1998). 연일통은 장기통을 부정합으로 피복하며 중기 마이오세의 화산물질을 전혀 함유하지 않은 해성 퇴적물로 구성되어 있으며, 양남분지의 일부를 제외하고는 대부분 포항분지를 충진하고 있다. 이는 포항분지가 확장되기 이전에 그 남쪽에서는 이미 지각이 활발히 신장되는 사건이 발생하였으며, 이와 함께 화산활동이 빈번하였음을 시사한다. 그러나 이러한 지각 사건에 연관된 화산활동의 특징에 대한 자료는 매우 미비하며, 화산암류에 관한 암석학적 특징에 대한 연구(Song et al., 1997; 위수민과 이선구, 1999; 김영라 등, 2000)는 주로 중·염기성 화산암류에 대하여 단편적으로 진행되었다.

이 연구에서는 우리나라 동남부 감포지역의 어일분지 내 충전물의 특징과 시·공간적인 암상의 변화, 그리고 화산물질의 암석학적 연구를 통해 마이오세 지각변형과 화산활동과의 연관성을 밝히고자 한다.

2. 지질과 암상분포

어일분지는 경주시 감포읍 양북면의 동부 일원에 위치하며, 길이 약 12km, 최대 폭 약 5km인 북동방향으로 길쭉한 함몰지로서 단층으로 구획된 여러 개의 지구(graben) 내지 반지구(half-graben)로 구성된다(손문 등, 2001). 손문 등(2001)은 어일분지의 기하학적 형태와 지질구조 그리고 충전물의 암상과 상대연령에 근거하여 어일분지를 북동소분지와 남서소분지로 나누고, 북동소분지는 다시 북동방향의 정단층에 의해 북부지괴와 남부지괴로 구분하였다. 본 연구에서는 북동 소분지를 연구 대상으로 하였다.

분지의 기반암류는 백악기의 퇴적암류, 고제3기 화강암류와 산성화산암류로 구성되며, 북동소분지의 분지 충전물을 퇴적환경과 암상에 근거하면 하위로부터 전기 마이오세의 감포층과 어일층으로 구성된다. 분지 충전물의 기저 지층인 감포층은 하천성 역지지성(clast-supported) 역암과 역질사암으로 구성된다. 역은 대부분이 기반암인 백악기 퇴적암류와 고제3기 산성 화산암류로 구성되며 상부로 갈수록 세립화하는 경향을 나타낸다. 감포층의 하부에는 사장석과 흑운모의 결정편을 포함하는 응회암과 응회질 사암을 협재하며 그 상부에는 측방 연속성이 양호하고 누적라필리(accretionary lapilli)를 가지는 백색의 부석을 함유한 분비(噴飛)응회암층이 약 8m의 두께로 산출된다.

어일층은 염기성 화산활동에 의한 용암류와 화성쇄설암류, 그리고 퇴적암으로 구성되는

데, 암상과 지층의 층서적 위치에 따라 하부 현무암, 응회질 역암과 사암, 상부 현무암, 화산 집괴암, 응회암을 협재하는 호성퇴적암으로 구성된다.

하부현무암 용암의 K-Ar 전암연대는 20.4~19.3Ma, 상부현무암은 19.2~18.7Ma로 알려져 있다(이현구 외, 1992; Song et al., 1998).

3. 화산암류의 암석학적 특징

가. 암석기재 및 구성광물 특성

현무암 : 현무암은 경하에서 반상조직, 인터서탈 조직을 나타내며, 부분적으로 하이알로 펠리틱 조직, 포이킬리틱 조직, 필로택시틱 조직 등을 나타낸다. 주요 반정광물은 사장석, 휘석, 감람석이며, 사장석은 반정으로 산출되는 것은 Bytownite($An_{75.7-82.6}$)와 Labradorite($An_{56.5-65.4}$)이며, 기질부의 래쓰(lath) 성분은 대부분이 Labradorite($An_{52.9}$)이다. 본암은 단사휘석과 사방휘석을 다 가지는 양휘석 현무암이며, 단사휘석은 반정, 미반정 및 기질부에 나타나며 모두 보통휘석(augite)이고, 사방휘석은 반정으로 브론자이트(bronzite)~하이퍼신(hypersthene)이다. 감람석은 반정으로 산출되는 것은 Mg#이 0.63~0.75, 미반정은 0.55~0.57, 기질부에는 0.53으로 크기가 작아짐에 따라 Mg#이 감소한다.

데사이트질 화류응회암 : 본 암에는 전형적인 유리질 용결구조가 나타나며 반정광물로는 사장석과 휘석, 각섬석 등이 산출된다. 사장석은 안데신($An_{37.3-18.3}$)이 대부분이고, 휘석은 단사휘석(augite)과 사방휘석(bronzite~hypersthene)이 나타나는데 그 조성은 현무암의 반정에서 보이는 것과 거의 같다. 각섬석은 칼식 각섬석에 속하며 Edenite~Edenitic hornblende에 속한다.

나. 암석화학적 특성

SiO_2 -(Na_2O+K_2O) 성분도에서 연구지역의 화산암류는 SiO_2 47.4~52.4wt.%의 현무암 영역과 67.2~70.5wt.%의 데사이트 영역에 집중 분포하며 SiO_2 53~67wt.% 사이의 중성 성분은 결여되어 있어 현무암과 데사이트(유문데사이트)로 구성되는 bimodal 양상을 보인다. 이러한 양상은 MgO-oxide 성분 변화도에서도 뚜렷하게 관찰된다. SiO_2-K_2O 성분도에서 현무암은 일부 medium-K의 하부에 산재되나 대부분 low-K에 속하며, AFM 성분도에서 쉐레이아이트와 칼크-알칼리의 경계부에 걸쳐 도시된다. 주성분 원소 조성의 특징으로 볼 때, 중성 성분의 화산물질이 결여된 bimodal 화산체를 지시한다.

미량원소 중에서 맨틀 광물에 대해 불호정성인 미량성분은 MORB값(Pearce et al., 1981)으로 표준화하여 나타낸 거미그림에서 본 역 현무암과 데사이트화류응회암, 함부석응회암은 섭입과 관련되어 형성된 호상열도 화산암의 전형적인 특징을 보여준다. 현무암은 K, Rb, Ba, Th과 같이 함수유체에서 유동성이 높은 원소들은 MORB에 비해 상당히 부화되어 있는 반면, Nb, Zr, Hf, Y, Yb와 같은 유동성이 낮은 원소들은 MORB와 거의 같거나 조금 결핍된 양상을 보여준다. 데사이트화류응회암과 함부석응회암은 현무암에 비하여 Sr, Ti을 제외한 미량원소들이 부화되어 있으며, Nb와 Ti은 더 큰 부(-) 이상을 나타낸다.

희토류원소 함량을 평균 콘드라이트값(Sun and McDonough, 1989)으로 표준화하여 도시한 그림에서 본 역의 화산암류는 평균 운석에 비해 희토류원소가 부화되어 있으며, 경희토류원소 함량은 현무암에서는 35~45배, 산성암에서는 80~120배, 중희토류원소 함량은 현무암에서 10~12배, 산성암에서 19~30배 부화되어 있다. 산성암은 현무암에 비하여 전체적으로 희토류원소의 함량이 부화되어 있다. 본 역 화산암류는 전체적으로 경희토류원소가 중희토류원소에 비해 부화되어 있고, 희토류원소의 패턴은 기울기가 거의 같으며, 대체로 평행한

배열을 보여준다.

Hf/3-Th-Nb/16 판별도와 Hf/3-Th-Ta 판별도(Wood, 1980)에서 본 역 화산암류는 지판이 침강 섭입하는 지판 경계부(destructive plate margin)의 영역에 도시된다.

참고문헌

- 김영라, 임성아, 고정선, 윤성호 (2000) 우리나라 동남부 제3기 양남분지와 장기지역 내의 화산암류의 암석학적 연구. 2000년도 한국암석학회 · 한국광물학회 공동학술발표회 논문집, p. 17.
- 손문 (1998) 한반도 동남부 제3기 마이오세 분지의 형성과 발달-구조지질학 및 고자기학적 고찰-. 부산대학교 이학박사 학위논문. p.233.
- 손문, 김인수, 옥수석 (2001) 한반도 동남부 제3기 마이오세 어일분지내 등지형 화산암물구조. 암석학회지, 10권, p. 121-131.
- 이현구, 문희수, 민경덕, 김인수, 윤희수, 이타야 테츠마루 (1992) 포항 및 장기분지에 대한 고지자기, 층서 및 구조연구; 화산암류의 K-Ar 연대. 광산지질, 25권, p. 337-349.
- 위수민, 이선구 (1999) 양남분지 내에 분포하는 제3기 화산암류에 대한 지화학적 연구. 지구과학회지, 20권, p. 423-436.
- Pearce, J.A., Alabaster, T., Shelton, A.W. and Searle, M.P. (1981) The Oman ophiolite as a Cretaceous arc-basin complex: evidence and implications. Philosophical Transactions of Royal Society Series A300, p. 299-300.
- Song, S.H., Lee, H.K., and Yun, H.S. (1997) Petrogenesis of the Tertiary volcanic rocks from the southeastern part of Korea. Tectonic Evolution of Eastern Asian Continent: Short papers for the international symposium on the occasion of the 50th Anniversary of the Geological Society of Korea, p. 219-224.
- Song, S.H., Lee, H.K., and Yun, H.S. (1998) Petrogenesis of the Tertiary volcanic rocks from the southeastern part of Korea. J. Min. Petr. Econ. Geol. v. 93, p. 441-461.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In Magmatism in the Ocean Basins(Saunders, A.D. and Norry, M.J. Eds.). Geol. Soc. Spec. Publ. v. 42, p. 313-345.
- Tateiwa, I. (1924) Geological Atlas of Chosen. No. 2, Ennichi, Kuryuho and Choyo sheets. Geol. Surv. Chosen (in Japanese).
- Wood, D.A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth Planet. Sci. Lett. v. 50, p. 11-30.
- Yoon, S. (1997) Miocene-Pleistocene volcanism and tectonics in southern Korea and their relationship to the opening of the Japan Sea. Tectonophysics, v. 281, p. 53-70.