

Orta Anadolu'daki Niğde Volkanitlerinin Dokusal ve Jeokimyasal Özellikleri Magma Karışımı ve Kristallenme Şartları için Bulgular

*Textural and Geochemical Characteristics of Niğde Volcanics, Central Anatolia:
Evidences for Magma Mixing and Crystallization Conditions*

Faruk AYDIN¹, Orhan KARSLI²

¹Department of Geological Engineering, Niğde University, TR-51200 Niğde – Turkey
faydin@nigde.edu.tr

²Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University, TR-29000 Gümüşhane – Turkey

ÖZ

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'nin (OAVB) güneyinde yer alan Niğde volkanik sahası Miyo-Pliyosen yaşlı (Besang ve diğ., 1977; Göncüoğlu ve Toprak, 1992; Türkecan ve diğ., 2003) dört farklı stratovolkandan (Tepeköy, Çınarlı, Melendiz ve Keçiboyduran) ve Pleyistosen yaşlı (Ercan ve diğ., 1992; Türkecan ve diğ., 2003) çok sayıdaki monojenetik volkandan (volkanik koni ve dayklardan) oluşmaktadır. Bölgedeki volkanik etkinlik ilk safhada lav akıntularıyla başlayıp, geniş yayımlı ignimbiritleri oluşturan piroklastik ürün çıkışlarıyla devam etmiştir. Bu aktiviteyi daha sonra çok sayıda dayk çıkışları izlemiştir (Bor ve Kitreli lavları gibi).

Miyo-Pliyosen Volkanitleri (MPV) çoğunlukla andezitik bileşimli olup, bunlar yüksek oranda iri kristal içeriği ile karakterize edilir (% 27-42). Porfiritik, glomeroporfiritik ve seri dokusu gösteren bu volkanik kayalar, plajiyoklas, ortopiroksen, klinopiroksen, hornblend, biyotit ve Fe-Ti-oksitten oluşan geniş bir mineral birlikteliği sunar. Bazı dengeli kristallenme dokuları yanında, iri kristallerin birçoğunda dengesiz kristallenmenin kanıtları gözlenir (Aydın ve diğ., 2005; Karlı ve diğ., 2005). Örneğin; (i) osilatory ve ters zonlu iri plajiyoklas ve piroksenler, (ii) elek, emilme ve hücremsi dokuya sahip plajiyoklaslar, (iii) kenar opasitlemiş amfibol ve biyotitler, (iv) ksenokristik kökenli kemirilmiş iri kuvars kristalleri. Bu kayalardaki plajiyoklas kristalleri andezin ve labradorit bileşimlidir. Ortopiroksen (enstatit) ve klinopiroksenlerin (ojit) birçoğunun kenar kısımları merkeze göre Mg'ca daha zengindir. Biyotitler Mg'ca, amfiboller ise Ca'ca zengindir (edenitik bileşimli). Bazı titanomagnetitler iyi gelişmiş eksolüsyon lamelleri içerir ve bunların Fe²⁺, Fe³⁺ ve Ti içerikleri oldukça değişkendir. Diğer taraftan Pleyistosen Volkanitleri (PV) mikrolitik-porfirik doku gösteren alkalin bazaltlarla sınırlıdır. Bu kayalar, kalk-alkalenlere göre, daha düşük oranda kristal içeriğine sahiptir (% 16-18). Alkalin bazaltların tipik fenokristalleri genellikle forsteritik bileşimli olivin, normal zonlu Ca'ca zengin klinopiroksen (ojit) ve daha az orana sahip kalsik plajiyoklaslardır (labradorit ve bitovnit). İki-piroksen ile oksit termometrelerini ve klinopiroksen barometresini kullanarak (Lindsley, 1983; Spencer and Lindsley, 1981; Nimis, 1999), dengeli fenokristal bileşimlerinden hesaplanan püskürme öncesi kristalizasyon şartları şöyledir: Kalk-alkalen andezitik magmalar için kristallenme sıcaklığı 777 ila 1073 °C, kristallenme basıncı ise 2.2-8.1 kbar arasında değişir. Buna karşın alkalin bazaltik magma için kristallenme sıcaklığı ve basıncı sırasıyla, 885-944 °C ve 2.6-7.6 kbar şeklindedir. Bu basınç değerleri Orta Anadolu kabuğunda depolanan her iki magma için yaklaşık 8-24 km lik geniş bir kristallenme derinliğine karşılık gelir. Her iki volkanik seriden elde edilen oksijen fugasite (LogfO₂) değerleri NNO buffer çizgisinin üzerindedir. Dolayısıyla bu veri magmaların oldukça yüksek oksidasyon şartlarında kristallendiklerine işaret eder.

MPV kayalarının SiO₂ içerikleri % 55-65 arasında değişmekte olup, bunlar orta ve yüksek-K kalk-alkalen afiniteye sahiptirler. Bu kayaların MgO ve TiO₂ içerikleri sırasıyla % 4 ve % 1 den düşüktür. Ana ve iz element içeriklerindeki kimyasal değişimler piroksen, hornblend, apatit ve Fe-Ti-oksitlerin fraksiyonel kristallenmesini gösterir. İlkel mantoya normalize edilmiş iz element diyagramları, kalk-alkalen volkanitlerin K, Rb, Th ve U gibi LIL elementlerce zenginleştiğini, HFS elementlerce fakirleştiğini ve negatif Nb, Ta, P ve Ti anomalisi sunduklarını göstermiştir. Bu özellikler yitimle ilişkili bir prosesle değişime uğramış zenginleşmiş bir litosferik manto kaynağı ile uyumluluk gösterir. Diğer taraftan alkalin karakterdeki PV kayaları, MPV ile karşılaştırıldığında, daha düşük SiO₂ (% 49-51), K₂O (% 0.5-1.7) içeriğine ve daha yüksek MgO (% 5.1-7.3), TiO₂ (> % 1) içeriğine sahiptirler. Olivin, klinopiroksen ve Fe-Ti-oksitlerin fraksiyonel kristallenmesi, bu kayalardaki magmatik gelişimin en

önemli prosesidir. Alkalen kayaçların iz ve NTE değişimleri MPV dekilere benzemekle birlikte, onlardan biraz daha farklı NTE değişimleri sunarlar. Özellikle alkalen kayaçların (La/Yb)_N oranları (4-11), MPV ile karşılaştırıldığında (La/Yb)_N: 9-16) daha düşüktür. Hatta bu kayaçların düşük Rb/Nb (1.2-1.7) ve K/Nb (695-762) oranları, doğu ve batı Anadolu'daki alkalen serilerde olduğu gibi, OIB-benzeri bir manto kaynağını (yani astenosferik bileşeni) işaret eder.

Kalk-alkalen karakterli MPV kayaçlarının dengesiz kristallenme dokuları, jeokimyasal özellikleri ve fenokristallerindeki bileşimsel değişimler, bu kayaçların farklılaşma ve magma karışım proseslerini birlikte içeren karmaşık bir gelişim tarihçesine sahip olduklarını gösterir. Jeokimyasal veriler yitim prosesiyle değişime uğramış litosferik bir mantodan türeyen magmalarla uyumluluk gösterir. Sonuç olarak, zenginleşmiş litosferik mantodan türeyen bir bazik magma, kabuğun derinliklerinde, muhtemelen mafik alt kabuğun dehidrasyon ergimesinden (Rudnick ve diğ., 1986) türeyen felsik bir ergiyikle karışıma uğramıştır. Bazik ve silisik ergiyikler arasındaki hibridleşme alt kabuktaki magma odasında oluştuktan sonra, meydana gelen melez magmada fraksiyonel kristallenme başlamış ve bu kristallenme magmanın üst kabuktaki sığ bir magma odasına doğru yükselimi süresince devam etmiştir. MPV kayaçlarından açığa çıkarılan kristallenme şartları, uzun süreli ve yüksek kristallenme oranına sahip magma odalarının varlığını desteklemektedir. Bu kayaçlardaki kümülat ksenolitlerin oluşumu geniş bir basınç aralığındaki kristallenmeyi (yaklaşık 2-8 kbar) destekleyen önemli bir veridir. Diğer taraftan alkalen PV kayaçlarından elde edilen mineralojik ve jeokimyasal veriler, yitim yerine levha içi bir afiniteyi göstermektedir. Bu kayaçların kristallenme şartları MPV ile benzerlik sunmasına rağmen volkanizmanın jeokimyasal karakterindeki farklılık, OAVB'ndeki tektonik rejimin zaman içindeki değişimi olarak yorumlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Orta Anadolu, Kalk-alkalen/alkalen volkanitler, Dengesiz kristallenme dokuları, Magma karışımı, Kristallenme şartları

ABSTRACT

Niğde volcanic area located in the south of the Central Anatolian Volcanic Province (CAVP) comprises four separate stratovolcanoes (Tepeköy, Çınarlı, Melendiz and Keçiboyduran) of Mio-Pliocene age (Besang et al., 1977; Göncüoğlu and Toprak, 1992; Türkecan et al., 2003) and a number of monogenetic vents (cinder cones and dyke injections) of Pleistocene age (Ercan et al., 1992; Türkecan et al., 2003). In the area, the early stage of volcanic activity began with large lava flows and continued with pyroclastics consisting of extensive ignimbrite sheets, and then the activity was followed by several dyke injections (i.e., Bor and Kitreli lavas).

Mio-Pliocene Volcanics (MPV) are generally andesitic in composition and are characterized by their high phenocrysts contents (27 to 42 %). They show porphyritic, glomeroporphyritic and seriate texture and contain wide variety of phenocrysts consisting of plagioclase, orthopyroxene, clinopyroxene, hornblende, biotite and Fe-Ti oxide. In addition to some equilibrium-crystals, most of the phenocrysts indicate evidence of disequilibrium textures (Aydin et al., 2005; Karsli et al., 2005). For example; (i) oscillatory and reversely zoned plagioclase and pyroxene phenocrysts, (ii) sieved, resorbed and boxy-cellular textured plagioclase, (iii) reacted amphibole and biotite, and (iv) xenocrystic embayment quartz. The compositions of the plagioclase crystal are andesine and labradorite. Most of the orthopyroxenes (enstatite) and clinopyroxenes (augite) have a rim with a more Mg-rich composition than the core. Biotites are Mg-rich, and amphibole crystals are Ca-rich (edenitic in composition). Some titanomagnetites display well-developed exsolution lamellae and they have variable ferric and ferrous Fe and Ti contents. However, the Pleistocene Volcanics (PV) are alkaline basalts with microlitic-porphyritic texture, and they have lower phenocrysts contents (16 to 18 %) compared to the calc-alkaline rocks. Typical phenocrysts of the alkaline rocks are generally forsteritic olivine and Ca-rich clinopyroxene (augite) with normal zoning and lesser Ca-rich plagioclase (labradorite and bitownite). Pre-eruptive conditions, calculated from the equilibrium-phenocryst composition, using two-pyroxene and oxide thermometers and the clinopyroxene barometer (Lindsley, 1983; Spencer and Lindsley, 1981; Nimis, 1999), ranged from approximately 777 to 1073 °C and 2.2-8.1 kbar for calc-alkaline andesitic magma, 885 to 944 °C and 2.6-7.6 kbar for alkaline basaltic magma, which correspond to a depth of 8-24 km for storage region of the Central Anatolian crust. Oxygen fugacity (LogfO₂) values obtained from both volcanics fall above the NNO buffer curve, indicating highly oxidizing conditions.

The SiO₂ contents of the MPV rocks vary from 55 to 65 wt% and they define medium to high-K calc-alkaline affinities (K₂O: 1.1-3.7 wt %). Their MgO and TiO₂ contents are lower than 4 and 1 wt%, respectively. Chemical variations in major and trace element contents exhibit fractional crystallization of pyroxene, hornblende, apatite and Fe-Ti oxides. In the primitive mantle-normalized trace element diagrams, the calc-alkaline volcanics show enrichment of LIL elements such as K, Rb, Th and U, depletion in HFSE with negative Nb, Ta, P and Ti anomalies, suggesting an enriched lithospheric mantle source metamorphosed by a subduction-related process. On the other hand, the PV rocks are alkaline in character. Compared to the MPV, they have lower SiO₂ (49-51 wt %) and K₂O (0.5-1.7 wt %), and higher MgO (5.1-7.3 wt%) and TiO₂ (> 1 % wt) contents. Fractional crystallization of the observed phenocrysts phases such as olivine, clinopyroxene and Fe-Ti-oxides is the main process in the magmatic evolution of the alkaline rocks. Their trace and rare earth element patterns are similar to those of the MPV but they have slightly lower fractionated REE patterns with (La/Yb)_N ratios of 4-11 compared to the MPV [(La/Yb)_N: 9-16]]. Moreover, the rocks have low Rb/Nb (1.2-1.7) and K/Nb (695-762) ratios such as eastern and western Anatolian alkaline series, suggesting an OIB-like mantle source (i.e. asthenospheric component).

Disequilibrium textures, geochemical characteristics and the compositional variations of the phenocrysts indicate that the calc-alkaline MPV rocks have a complex evolutionary history including crystal fractionation and magma mixing processes between mantle- and crust-derived magmas. The geochemical data are consistent with derivation of magmas from a lithospheric mantle source metamorphosed by subduction processes. Finally, a basic magma-derived from the enriched lithospheric mantle could have interacted with a felsic melt originating from dehydration melting of the mafic lower crust (Rudnick et al., 1986). Hybridization between basic and silicic melts occurred in a lower crustal magma chamber. Then, fractional crystallization began crystallizing from the magma at depth and continued crystallizing during magma ascent into the upper crust and a shallow magma chamber. The inferred magma storage conditions of the MPV are consistent with the presence of a long-lived, highly crystallized magma reservoir. The occurrence of cumulate xenoliths in the MPV rocks supports the interpretation of crystallization over a wide P range (about 2- 8 kbar). On the other hand, obtained mineralogical and geochemical data from the PV rocks show within-plate signature instead of subduction. Although their magma storage conditions are very similar to those of the MPV, the difference in geochemical character of the volcanism in the CAVP can be interpreted as a change of the tectonic regime in time.

Keywords: Central Anatolia; Calc-alkaline/alkaline volcanics; Disequilibrium textures; Magma mixing, Crystallization conditions

Değinilen Belgeler

- Aydin F, Karlı O, Şen C, Sadıklar MB, Uysal İ (2005) Disequilibrium textures and chemical compositions of phenocrysts in the Central Anatolian Volcanics (Niğde-Çiftlik-Altunhisar), KTU, 40th symposium, Trabzon, Abstract, 51-52, In Turkish with English abstract.
- Besang C, Eckhardt FJ, Hare W, Kreuzer H, Müller P (1977) Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geol. Jb. B* 25, 3-36.
- Ercan T, Tokel S, Matsuda J, Ul T, Notsu K, Fujitani T (1992) New geochemical, isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia). *TJK Bülteni* 7, 8-21, In Turkish with English abstract.
- Göncüoğlu MC and Toprak V (1992) Neogene and Quaternary volcanism of central Anatolia: a volcano-structural evaluation. *Bull. de la Section de Volcanologie Soc. Géol. France* 26, 1-6.
- Karlı O, Aydın F, Uysal İ, Sadıklar MB (2005) Mineral chemistry and petrological relationships of Mio-Pliocene to Quaternary volcanism, Central Turkey: Evidence for magma genesis. *IESCA 2005, İzmir, Abstracts*, 60.
- Lindsley DH (1983) Pyroxene thermometry. *Am. Mineral.*, 68, 477-493.
- Nimis P (1999) Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 2. Structural geobarometers for basic to acid, tholeiitic and mildly alkaline magmatic systems. *Contrib. Mineral. Petrol.* 135, 62-74.
- Rudnick RL, McDonough WF, McCulloch MT, Taylor SR (1986) Lower crustal xenoliths from Queensland, Australia: evidence for deep crustal assimilation and fractionation of continental basalts. *Geochim Cosmochim Acta* 50:1099-1115
- Spencer KJ and Lindsley DH (1981) A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *Am. Mineral.*, 66, 1189-1201
- Türkecan A, Akçay AE, Satır M, Dönmez M, Ercan T (2003) Volcanism of the Melendiz Mountains (Niğde). 56th Geol. Congress of Turkey, Ankara, Abstracts, 16-17.