

Kuzeydoğu Türkiye’de Miyo-Pliyosen Yaşlı Trabzon Alkalen Volkanitlerinin Jeokimyasal ve Sr-Nd İzotop Bileşimleri: Magma Kökeni ve Gelişim Süreci için Uygulamalar

Geochemical and Sr-Nd Isotope Compositions of the Mio-Pliocene Trabzon Alkalen Volcanics, Northeastern Turkey: Implications for Magma Genesis and Evolution

Faruk AYDIN¹, Orhan KARSLI², Bin CHEN³, M. Burhan SADIKLAR⁴

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

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

³*School of Earth and Space Sciences, Peking University, 100871 Beijing – China*

⁴*Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University, TR-61080 Trabzon – Turkey*

ÖZ

Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki (KD-Türkiye) Trabzon alkalen volkanitlerinin (TAV) mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile Sr-Nd izotopik bileşimleri, bu kayaların kökeninin, gelişim sürecinin ve kristallenme şartlarının anlaşılması için incelenmiştir. Çarpışma sonrası karakterli bu volkanik kayalar Miyo-Pliyosen yaşlı olup (Hoskin ve Wysoczanski, 1988; Aydın ve diğ., 2001) mineralojik olarak üç değişik, farklılaşmış seriden oluşur (feldispat-içermeyen, feldispat ve feldispatoid-içeren, feldispatoid-içermeyen). Feldispat-içermeyen serinin (Grup A) kimyasal bileşimi bazanitten tefrite değişir. Silikaya doymamış bu seri feldispat ve amfibol iri kristalleri içermemesi ile karakteristiktir. Genellikle porfiritik, glomeroporfiritik ve vitrofirik dokuya sahiptirler. Forsteritik bileşimli olivin (Fo₉₁₋₈₃) ve zonlu iri klinopiroksen (Mg#: 0.66-0.87) kristalleri, klinopiroksen, sodalit, analsim, yalancı lösit, olivin, biyotit, apatit ve opak minerallerden oluşan ince taneli bir hamur içinde bulunur. Feldispat ve feldispatoid minerallerini birlikte içeren seri (Grup B), silikaya doymamış olan Grup A’nın bir alt serisi olarak görülebilir ancak ondan feldispat ve daha düşük oranda mafik mineral içermesiyle ayrılır. Bu seri çoğunlukla porfiritik, glomeroporfiritik, subofitik ve seri dokuları gösterir ve serinin kimyasal bileşimi Ol-tefritten fonotefrite değişir. Bu kayalar sodalit, analsim ve lösit gibi foid minerallerinin yanında, osilatory ve sektör zonlu iri klinopiroksenler (Mg# = 0.71-0.79], Ca’ca fakir (An₂₃₋₃₈) ve Ca’ca zengin (An₅₀₋₅₇) plajiyoklaslar ve daha az oranda olivin (Fo₈₀₋₇₇; büyük oranda klorite dönüşmüş), amfibol, biyotit ve apatit mineralleri de içerirler. Diğer taraftan feldispatoid-içermeyen seri (Grup C), alkali bazalt, trakibazalt, trakiandezit, trakit ve riyolit bileşimli çok sayıda silikaya doymuş kayalardan oluşur ve bunlarda olivin minerali bulunmaz. Porfirik dokuya sahip alkali ve traki bazaltlardaki iri klinopiroksen kristalleri (Mg#: 0.67-0.84), Ca’ca fakir (An₂₅₋₄₀) ve Ca’ca zengin (An₅₁₋₇₀) plajiyoklaslar, kalsik amfibol ve Mg’ca zengin biyotitlerle birlikte ince taneli, fakat kristallenme oranı yüksek bir hamurda bulunurlar. Porfiritik ve fluidal dokulu trakiandezitlerde ise, iri klinopiroksen ve plajiyoklas kristalleri daha küçük klinopiroksen, andezin, sanidin ve opak minerallerden oluşan bir hamur içindedir. Trakitler tipik olarak trakitik dokuya sahiptir ve mineral bileşimi açısından, alkali feldispat oranı hariç, trakiandezitlere benzerler. Son olarak riyolitik kayalarda alkali feldispat mikrofenkristallerince baskın olan ortofirik doku gözlenir. Bu kayalardaki klinopiroksen kristalleri çok küçük ve diğer kayaç türlerine göre daha az orandadır. Mikrokristalin hamur feldispat, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşur.

TAV kayalarının Grup A ve B serilerinde gözlenen osilatory zonlanma, alkalen magmanın farklılaşmasıyla birlikte, kristallenme şartlarındaki ani değişimlerin (basınç, soğuma oranı vs.) bir sonucu olarak oluşmuştur. Buna karşın sektör zonlanma ergiyikteki belli iyonların difüzyon oranları arasındaki reaksiyonla ve kristalin büyüme oranıyla kontrol edilmiştir. Diğer taraftan Grup C serisindeki iri klinopiroksenlerde gözlenen zonlanma normal zonlanmadır; yani klinopiroksenlerin kristal merkezinden kenarına doğru Fe, Ti ve Na elementlerinde zenginleşmeler gözlenir. Bu da farklılaşmanın bir sonucudur (Aydın ve diğ., 2004).

Her bir serideki dokusal özellikler ve klinopiroksen barometresine göre (Nimis, 1999) hesaplanan basınçlar, alkalen kayaların düşük basınç şartları altında sığ bir magma odasından itibaren kristallendiklerini göstermektedir. Grup A ve B serisine ait kayaların kristallenme basıncı 4-4.5 kbar iken, Grup C ise 3 kbar civarındadır; bu da yaklaşık 9-14 km lik bir kristallenme derinliğine karşılık gelir.

TAV'ın silikaya-doymamış serileri (Grup A ve B), silikaya-doymuş Grup C serisine göre (SiO₂: % 47-69, CaO: % 10.3-2.1, MgO: % 5.3-0.6), daha düşük SiO₂ (% 40-48) ve daha yüksek CaO (% 15.6-10.3) ve MgO (% 8.0-3.6) içeriklerine sahiptir. Birçok örneğin düşük Mg# (< 0.55), Cr (< 50 ppm) ve Ni (< 70 ppm) içeriklerine sahip olması, onların önemli derecede farklılaşmaya maruz kaldıklarına işaret eder. Gerçekten her bir seriye ait kayaçların benzer iz ve NTE değişimleri sunması, onların ana magmasının aynı manto kaynağından türediğini ve bu kayaçların gelişiminde fraksiyonel kristallenmenin önemli bir rol oynadığını gösterir. Kayaç serilerinin jeokimyasal özellikleri, örneğin LILE ve LREE zenginleşmesi, HREE ve HFSE tüketilmesi, yüksek Ba/Nb ve low Nb/Y oranları, negatif Nb, Ta, P ve Ti anomalileri, yitimle ilişkili magmalarınki (Pearce, 1983) ile uyumludur. Bununla birlikte, kuzeydoğu Türkiye'de Miyo-Pliyosen zamanında aktif bir yitim bugüne kadar bilinmemektedir. Dolayısıyla çalışılan volkanitlerin kökenini o zamandaki aktif bir yitimle ilişkilendirmek mümkün değildir. Onların kökeni önceki bir yitimle metazomatizmaya uğramış genç bir litosferik manto kaynağının düşük dereceli kısmi ergimesiyle açıklanabilir. TAV'ın uyumsuz elementlerindeki aşırı zenginleşme (kondrite göre 500 kat zenginleşmiş) ya manto malzemesinin farklı bileşimdeki (alkalen ya da karbonatitik) ergiyikler ve sıvılarla etkileşime girmesiyle ya da kaynak alandaki farklı bileşenlerin katkılarıyla (ya zenginleşmiş manto ya da yiten slab) ilişkilidir (Carr ve diğ., 1990; Patino ve diğ., 2000)..

Tüm serilerin ilksel Nd-Sr izotopik bileşimleri, özellikle Grup A ve B'nin çok benzerdir. Ayrıca oldukça homojen ve hafifçe tüketilmiş bir izotopik bileşime sahiptirler. Bunların I_{Sr} değerleri 0.70500'den 0.70564'e ve ε_{Nd}(13 Ma) değerleri +0.7'den +1.7'ye değişir ve genç Nd model yaşları (T_{DM}=0.51-0.59 Ga) onların kökeninde genç bir litosferik mantonun varlığına işaret eder. İlksel Sr izotopik oranları SiO₂, Rb ve ε_{Nd} ile herhangi bir korelasyon göstermez. Bu özellikler, diğer jeokimyasal verilerle birlikte, asimilasyon+fraksiyonel kristallenme (AFC) ve magma karışım süreçleriyle uyumlu değildir.

Anahtar Kelimeler: Kuzeydoğu Türkiye, Alkalen volkanizma, Fraksiyonel kristallenme, Düşük basınç kristalizasyonu, Sr-Nd izotop bileşimleri

ABSTRACT

In order to understand their genesis, evolution and crystallization conditions, mineralogical-geochemical and Sr-Nd isotope compositions of the Trabzon alkaline volcanics (TAV) in the Eastern Black Sea Region, northeastern Turkey, were investigated. Post-collision related these volcanics are of Mio-Pliocene age (Hoskin and Wysoczanski, 1988; Aydin et al., 2001), and they mineralogically consist of three diverse evolutionary series (feldspar-free, feldspar & foid-bearing and foid-free rocks). Feldspar-free series (Group A) ranges in chemical composition from basanite to tephrite. It is silica undersaturated and characterized by the lack of feldspar and amphibole phenocrysts. These rocks have usually porphyric, glomeroporphyric and vitrophyric textures with high-Mg olivine (Fo₉₁₋₈₃) and zoned Cpx with Mg# of 0.66-0.87 in a microcrystalline groundmass composed of cpx, sodalite, analcite, leucite pseudomorphs, olivine, biotite, apatite, and opaques. Feldspar- & foid-bearing series (Group B) is subordinate as compared to the silica undersaturated Group A, but it has feldspar and lower contents of mafic minerals. The Group B series ranges in chemical composition from Ol-tephrite to phonotephrite. These rocks have usually porphyric, glomeroporphyric, subophitic and seriate textures, and they contain foid minerals (sodalite, analcite and leucite) with oscillatory and sector zoned clinopyroxenes (Mg# = 0.71-0.79), Ca-poor (An₂₃₋₃₈) and Ca-rich plagioclase feldspars (An₅₀₋₅₇) and minor amounts of olivine (Fo₈₀₋₇₇; widely altered to chlorite), amphibole, biotites and apatites. On the other hand, foid-free series (Group C) is just silica saturated. It consists of alkaline basalt, trachybasalt, trachyandesite, trachyte and rhyolite in composition and is characterized by the lack of feldspathoid and olivine crystals. Alkaline and trachybasalts have porphyritic texture with cpx-phenocrysts (Mg# = 0.67-0.84), Ca-poor (An₂₅₋₄₀) and Ca-rich plagioclase feldspars (An₅₁₋₇₀), calcic amphibole and Mg-rich biotites in a fine-grained, holocrystalline groundmass. Trachyandesites have porphyritic to fluidal textures and contain cpx and plagioclase phenocrysts in the groundmass composed of cpx, andesine, sanidine, biotite and opaques. Trachytes typically have trachytic texture and are mineralogically similar to the trachyandesite with the exception that they contain abundant alkaline feldspar. Finally, rhyolite samples have orthophyric textures dominated by alkaline feldspars microphenocrysts. The phenocrysts of cpx are very small and less abundant. The groundmass is microcrystalline and consists of feldspar, cpx, biotite and opaques.

Oscillatory zoning in the basic rock types of the Group A and B series of TAV is the result of the abrupt changes in crystallization conditions (i.e. pressure and cooling rate) during the differentiation of the alkaline magma whereas sector zoning is controlled by the reaction between the diffusion rates of certain ions in the melt and the growth rate of the crystals. However, the cpx phenocrysts of the Group C series show zoning with enrichment of Fe, Ti and Na from core to rim as compared to the other series, which is the direct result of magmatic differentiation (Aydin et al., 2004).

Textural features and calculated pressures based on cpx-barometer (Nimis, 1999) in the each series indicate that the alkaline rocks crystallized from shallow crustal magma chambers under a low-pressure regime of about 4-4.5 kbar for the Group A and B series, and 3 kbar for the Group C series, which approximately corresponds to a crystallization depth of 9–14 km.

The silica-undersaturated series (Group A and B) of TAV exhibit lower SiO₂ (40-48 wt.%) content and higher CaO (15.6-10.3 wt.%) and MgO (8.0-3.6 wt.%) contents than the silica-saturated Group C series (SiO₂: 47-69 wt.%, CaO: 10.3-2.1 wt.%, MgO: 5.3-0.6 wt.%). Most samples have low Mg# (< 0.55), Cr (< 50 ppm) and Ni (< 70 ppm) contents, which indicate that they have undergone significant fractional crystallization from mantle-derived melts. Indeed, similar trace and REE patterns of the rocks in each series also point out that their parental magmas were derived from the same mantle source and that fractional crystallization played an important role in the evolution of the TAV. Geochemical characteristics of the rock series such as enrichments in LILE and LREE, depletion in HREE and HFSE, and high Ba/Nb and low Nb/Y ratios, negative Nb, Ta, P and Ti anomalies, are consistent with those of subduction-related magmas (Pearce, 1983). However, in northeastern Turkey, an active subduction is so far not known in Mio-Pliocene times. Therefore, the origin of the studied volcanics is impossible to relate to an active subduction at that time. Their origin could be explained by small degree partial melting of a young lithospheric mantle source metasomatized by previous subduction. Overall enrichment of incompatible elements (up to 500 times chondritic) of TAV may either be related to the mantle materials that have interacted with fluids and melts of different composition (either alkaline or carbonatitic) and provenance (from either the enriched mantle or the subducted slab) (Carr et al., 1990; Patino et al., 2000).

Initial Nd-Sr isotopic compositions for the all series, particularly Group A and B series, are very similar. They are also show quite homogeneous and are slightly depleted in isotopic compositions, with I_{Sr} ranging from 0.70500 to 0.70564, ε_{Nd}(13 Ma) from +0.7 to +1.7. Young Nd model ages (T_{DM}=0.51-0.59 Ga) suggest that a young lithospheric mantle involved in their genesis. Initial Sr isotopic ratios do not display correlation with SiO₂, incompatible elements such as Rb and ε_{Nd}. These features, in conjunction with other geochemical data, are not consistent with assimilation fractional crystallization (AFC) or magma mixing processes.

Keywords: Northeastern Turkey, Alkaline volcanism, Fractional crystallization, Low-pressure crystallization, Sr-Nd isotope compositions

Değinilen Belgeler

- Aydin F, Karsli O, Sadiklar MB, Altherr R (2001) Mineralogy and chemical characteristics of the sector and oscillatory zoned diopsides from Pliocene alkaline volcanic suites, south of Trabzon / NE-Turkey. *Beih. z. Eur. J. Mineral., Potsdam, Abstract*, 13/1, 17.
- Aydin F, Karsli O, Sadiklar MB, Uysal I (2004) C2/c pyroxenes in calc-alkaline volcanic rocks from eastern Black Sea region, NE-Turkey: Crystal chemistry and petrological relationship. *Beih. z. Eur. J. Mineral., Karlsruhe, Abstract*, 16/1, 7.
- Hoskin PWO, Wysoczanski RJ (1998) In situ accurate and precise lead isotopic analysis of ultra-small analyte volumes (10⁻¹⁶ m³) of solid inorganic samples by high mass resolution secondary ion mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 13, 597-601.
- Nimis P (1999) Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 2. Structural geobarometers for basic to acid, tholeiitic and midly alkaline magmatic systems. *Contrib. Mineral. Petrol.* 135, 62-74.
- Pearce JA (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, CJ Norry NJ (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Cheshire, UK, pp. 230-249.
- Carr MJ, Feigenson MD, Bennett EA (1990) Incompatible element and isotopic evidence for tectonic control of source mixing and melt extraction along the Central American arc. *Contrib. Mineral. Petrol.* 105, 369–380.
- Patino LC, Carr MJ, Feigenson MD (2000) Local and regional variations in Central American arc lavas controlled by variations in subducted sediment input. *Contrib. Mineral. Petrol.* 138 (3), 265–283.