

Manto– ve Alt Kabuk–Kökenli Üst Kretase İntusif Magmatizması: Jeokimyasal ve Sr–Nd İzotopik Veriler, Artvin-Yusufeli, Kuzeydoğu Türkiye

Mantle– and Lower Crust–Origin of Upper Cretaceous Intrusive Magmatism: Geochemical and Sr–Nd Isotopic Evidence, Artvin-Yusufeli, Northeast Turkey

Abdurrahman DOKUZ¹, Orhan KARSLI¹, Bin CHEN²

¹*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, TR–29000 Gümüşhane – Türkiye,
e-posta: dokuz@ktu.edu.tr*

²*School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China*

ÖZ

Sumbated kuvars monzodiyoriti (SKM), Keçikaya graniti (KG) ve Dutlupınar granodiyoriti (DG) Artvin-Yusufeli (Kuzeydoğu Karadeniz, Türkiye) yöresinde Üst Kretase–Eosen aralığında Alt Jura yaşlı volkanik-kırıntılı tortular içine yerleşmiş stoklardır. QAP diyagramında SKM ve KG bileşimsel olarak kuvars diyoritten granite kadar değişen K' ca zengin kalk-alkali yönseme (Lamayre and Bowden, 1982) sergilerler ve başlıca amfibol, plajiyoklas, biyotit, kuvars, K' lu feldspat, ilmenit ve klinopiroksenden oluşurlar. Tali mineral olarak da zirkon, apatit, klorit ve serizit içerirler. Buna karşılık tonalit ve granodiyorit gibi çok sınırlı bir kaya çeşidi ile DG orta K' lu yönseme gösterir ve klinopiroksen hariç aynı minerallerden oluşur. Amfibol-plajiyoklas çiftleri için yapılan termometrik ve amfibollerin merkez ve kenar noktalarındaki alüminyum konsantrasyonları için yapılan barometrik hesaplamalar; SQM, KG ve DG' nin sırası ile 850–760 °C ve 3.7–1.2 kbar, 660–550 °C ve 2.2–0.4 kbar ve 690–600 °C ve 1.5–3.1 kbar koşullar altında kristallendiklerini göstermektedir. Kenar kısımlar için elde edilen basınç değerleri 5 km den daha sığ derinliklere karşılık gelmektedir ve bu derinlikler, özellikle KG' nde yer yer gözlenen ince taneli grafik, porfiritik ve sferulitik dokularla uyumludur.

Jeokimyasal olarak SKM kuvvetle metaluminus iken, 0.88–1.17 arasındaki molar A/CNK oranları ile KG metaluminusden peraluminuse kadar değişen bir dağılım sergilemektedir. Buna karşılık, 0.94 lük A/CNK oranına sahip bir örnek dışında, DG kayalarının hepsi peraluminusdur. Göreli olarak yüksek ferromagnazyen bileşen içeriklerine sahip SKM kayaları, yüksek çekim alanlı elementlerde tüketilmeler gösterirler ve ilksel Sr (0.70504–0.70559), hafifçe pozitif $\epsilon\text{Nd}_{(70\text{My})}$ (1.4–1.9) değerleri ile tüketilmiş izotopik bileşimlere sahiptirler. Bu özellikler SKM kayalarının tüketilmiş bir mantodan kaynaklandığını göstermektedir. Bu durum tüketilmiş mantonun % 5–7 lik iz element kısmi ergime modellemesi sonucunda, kuvars monzodiyoritik ana magmanın elde edilmesi ile de desteklenmektedir.

Nd ve Sr izotop oranları arasında negatif ilişkinin olmayışı, granitoidlerde yan kayaç asimilasyonu gibi, Alt Jura yaşlı sığ derinliklerdeki kabuktan gelen bir katkının olmadığını göstermektedir. Diğer taraftan, SKM örneklerinin Nd ve Sr izotop oranları, bazı örneklerde bir miktar klinopiroksenin varlığı ve mafik bileşen içerikleri; mato peridotitleri ile dengeli bir bileşime sahip kalk-alkali bazaltik bir ergiyikten itibaren oluştuğunu öngörmektedir. Göreli olarak yüksek Sr (300–378 ppm) içeriğinin ve önemli bir Eu anomalisinin olmayışı, kökenin plajiyoklas içermediğini ve bu nedenle olasılıkla manto içerisinde yer aldığını göstermektedir. Ayrıca, düşük La/Yb (5.4–7.3) oranları nedeniyle SKM ana magmasının granat içeren bir kökenden itibaren oluşumu mümkün görülmemektedir. Göreli olarak yüksek $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (1.8–6.0) ve orta Rb/Sr (0.07–0.43) oranları ve hidroksilli mineral içerikleri, manto kökenden bir miktar sulu minerallerin (amfibol, flogopit) varlığı ile uyumludur.

Tüketilmiş manto (TM) ve alt kabuk (AK) Rb' ca kuvvetlice tüketilmiş ve benzer $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ve $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ oranlarına sahip olduklarından DG' nin kaynak alanı için izotopik bir ayırım vermemektedirler. DG' ne ana magma olabilecek tonalitik kayaç (799), 0.70438 lik $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ oranı ile AK ve TM kökenli birincil kayaçlarla dengelidir. Bu nedenle izotopik oranları, olası iki köken arasında belirgin bir ayırım sağlamamaktadır. Diğer taraftan hafifçe pozitif (+2.6) $\epsilon\text{Nd}_{(70\text{My})}$ değeri, DG ana magması için TM kökeni öngörmektedir. Bununla birlikte ana kayanın MgO (1.15 wt %) ve Ni (9 ppm) gibi düşük mafik bileşen içeriği, 0.68–0.72 aralığında Mg numarası ve 300–500 ppm aralığında Ni içeren manto kökenli birincil

magmalar (Frey et al. 1978) ile dengeli olmaktan çok uzaktır. DG' nin mafik ince taneli anklavlar içermeyişi, çok düşük Mg numarası (<0.34) ve oldukça yüksek silika içeriğine (% 71–74) sahip olması gibi diğer veriler, alt kabuk kökenli olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, ister magma karışımı, ister asimilasyon ve bağlantılı kesirli kristallenme (DePaolo, 1981) olayları şeklinde olsun, köken olarak manto kaynaklı bir magmanın varlığı olası görülmemektedir. Diğer taraftan, hafif negatif Eu anomalisi ve SKM kayalarından bile daha düşük nadir toprak element (NTE) içeriğine sahip olması, DG kayalarının kesirli kristallenme ile daha bazik kuvars monzodiyoritik ana magmadan itibaren oluşmuş olabileceğini de ortadan kaldırmaktadır. DG kayaları monzodiyoritik bir magmadan itibaren kesirli kristallenme yolu ile oluşmuş olsalardı, NTE konsantrasyonları bakımından daha zenginleşmiş ve Eu anomalisindeki çanak, önceki plajiyoklas ayırılması nedeniyle gittikçe derinleşmiş olacaktır. Bütün bunlar DG kayalarının plajiyoklas duraylılık alanı içerisinde yer alan toleyitik bazik kayalardan itibaren oluştuklarını göstermektedir.

İntrusif birimler arasında özellikle KG' ni karakterize eden bileşimsel farklılaşma, kayalarda yer alan minerallerin Rayleigh-tip ayrışması ve daha az olarak da asimilasyon-kesirli kristallenme olaylarının olası bir sonucudur. Farklı kabuk derinliklerinde olabilen yan-kayaç asimilasyonu ve kesirli kristallenme; Rb–Sr izotop oranları ve bazı ana ve iz elementlerdeki değişimleri açıklayabilir. KG' nin özellikle porfir gibi ileri derecede farklılaşmış ürünlerinde bir takım bazaltik ksenolitlerin varlığı, bir miktar yan-kayaç asimilasyonuna işaret etmektedir. Ksenolitlerin köşeli ve yarı yuvarlaklaşmış, daireselden elipsoide kadar değişen şekillerde ve doleritik dokuya sahip olmaları, asimilasyonun çok sınırlı veya tamamlanmamış olduğuna ve KG magmasının sığ derinliklere yerleştiğine işaret etmektedir. Granofir ve porfirlerin Rb ve Sr izotop oranlarındaki sapmalar da bu verileri desteklemektedir. Bununla birlikte, kesirli kristallenme KG' nin bileşimsel değişiminden sorumlu temel olaydır ve plajiyoklas, hornblend, biyotit ve ilmenitin baskın olduğu ana ve iz element kesirli kristallenme modelleri ile de desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Artvin-Yusufeli, granitoid, source area, izotopik veriler, ana ve iz element modellemesi

ABSTRACT

Sumbated quartz monzodiorite (SQM), Keçikaya granite (KG) and Dutlupınar granodiorite (DG) were emplaced into Lower Jurassic volcanic-clastic sediments from early of Late Cretaceous to Mid-Eocene period in the Artvin-Yusufeli area, northeast of Turkey. The SQM and KG together display a distinct K-rich calc-alkaline trend (Lamayre and Bowden, 1982) ranging in composition from quartz diorite to granite on a QAP diagram and consists essentially of amphibole, plagioclase, biotite, quartz, K-feldspar, ilmenite and clinopyroxene. The accessory minerals are zircon, apatite, chlorite and sericite. In contrast, the DG has a very limited rock types including tonalite and granodiorite, with an intermediate-K differentiation trend and also consists of the same minerals with an exception of lacking clinopyroxene. Al-in-hornblende barometric and coexisting amphibole-plagioclase thermometric estimates for core and rim compositions show that the SQM, KG and DG crystallized at 850–760 °C and 3.7–1.2 kbar, 660–550 °C and 2.2–0.4 kbar and 690–600 °C and 1.5–3.1 kbar, respectively. These estimates correspond to depths of shallower than 5 km and are consistent with the observed textural features especially for the KG, in places, including micrographic, porphyritic and spherulitic textures.

Geochemically, the SQM is strongly metaluminous, while the KG displays a spectrum changing from metaluminous to peraluminous with a molar ratio of A/CNK from 0.88 to 1.17. On the contrary, the DG rocks are all peraluminous, with the exception of a sample having 0.94 A/CNK ratio. The SQM rocks show relatively high ferromagnesian element contents, depletion of HFSE and are depleted in isotopic compositions, with Isr ranging from 0.70504–0.70559 and slightly positive $\epsilon Nd_{(70 Ma)}$ (1.4–1.9) values. These features suggest that SQM rocks were derived essentially by partial melting of a depleted mantle, which is also favored by modeling based on trace element contents suggesting that 5–7 % melting of a depleted mantle source produced the quartz monzodioritic parent.

The absence of negative correlation between Nd and Sr isotope ratios also indicates no additions of ambient Lower Jurassic crust, e.g., by wall rock assimilation in the SQM from the shallow section. On the other hand, Nd and Sr isotope ratios, certain amount of clinopyroxene contents, mafic components of the SQM samples suggest that they could have been derived by slightly fractionation from the calc-alkaline basaltic melts in equilibrium with the mantle peridotites. The relatively high abundances of Sr (from 300

up to 378 ppm) and the lack of significant Eu anomalies indicate that the source was plagioclase free and therefore probably located in the mantle. Furthermore, the formation of SQM parental magma by variable partial melting of garnet bearing source is precluded by small range (from 5.4 up 7.3) of La/Yb ratio in SQM rocks. The relatively high Na₂O/K₂O (1.8–6.0) and moderate Rb/Sr (0.07–0.43) ratios and their hydrous oxidizing mineralogy are consistent with hydrous minerals (amphibole, phlogopite) being present in their mantle source.

Source discrimination for the DG rocks can not be done in terms of isotopic ratios as both depleted mantle (DM) and lower crust (LC) are strongly Rb depleted and have similar ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd ratios. The tonalitic rock (799) as a parent to the DG has the lowest ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratio with a value of 0.70438 in equilibrium with LC and DM derived primary rocks. So, it can not provide an obvious separation between these two probable sources. On the other hand, it has slightly positive εNd_(70 Ma) value of +2.6, suggesting a DM origin for the DG parent magma. However, concentrations of mafic components such as MgO (1.15 wt %) and Ni (9 ppm) of the parent rock are far away from being in equilibrium with the mantle-derived primary magmas which have high Mg-numbers of 0.68–0.72 and Ni concentrations in the range of 300–500 ppm (Frey et al. 1978). Other features such as scarcity of mafic enclaves, very low Mg# (<0.34) and mafic components, relatively narrow compositional variation, elevated peraluminosity (A/CNK = 0.94–1.11) and silica contents (71–74 wt %) of the DG argue against mantle source. Therefore, the involvement of a mantle-derived magma in the DG genesis either in a mixing process or an assimilation and combined fractional crystallization process (DePaolo, 1981) is regarded as unlikely. Also, presence of slightly negative Eu anomalies and lower REE contents, even less than the SQM rocks, ruled out derivation of the DG by fractional crystallization from more basic monzodioritic magma. If the DG rocks were originated by fractionation from the monzodioritic parent, they would be enriched more in concentrations of REE and trough in Eu anomaly would be deepened as it would be gradually depleted by fractionally crystallized preceding phases of plagioclase. All these support derivation from a tholeiitic basic source for the DG rocks within the plagioclase stability field.

Compositional variation characterizing especially the KG among the intrusives is a likely consequence mainly of Rayleigh-type fractionation involving minerals that occur in the rocks and, to a lesser extent, of AFC process. Combined wall-rock assimilation and fractional crystallization at various crustal depths could possibly explain the variations of Sr–Rb isotopic ratios, major and some of the trace elements in the KG. The existence of certain amount of basaltic xenoliths especially in highly differentiated end-members such as porphyres of the KG obviously indicates certain amount of wall-rock assimilation. The xenoliths are circular to ellipsoidal in shape with generally angular to half rounded corners and non-modified doleritic texture, suggesting an incomplete or very limited amount of assimilation and an emplacement to shallower crustal depths for the KG magma. Scattering in Rb and Sr isotopic ratios of granophre and porphyre samples show a good agreement with these observations. However, despite the above explained process, crystal fractionation is the fundamental process responsible for the compositional variations in the KG. This is also favored by major and trace element modeling of crystal fractionation dominated by plagioclase, hornblende, biotite and ilmenite from monzodioritic magma.

Keywords: Artvin-Yusufeli, granitoid, source area, isotopic evidence, major and trace element modelling

Değinilen Belgeler

DePaolo DJ (1981) Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallisation. *Earth Planet Sci Lett* 53, 189-202

Frey FA, Green EH, Roy SD (1978) Integrated models of basalt petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from southeastern Australia, utilizing geochemical and experimental data. *J Petrol* 19: 463-513

Lameyre J, Bowden P (1982) Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *J Volcanol Geotherm Res* 14:169-186