

## Natrocarbonatite Dykes at Oldoinyo Lengai transformed to Calcite Carbonatites

JÖRG KELLER<sup>1\*</sup> and ANATOLY N. ZAITSEV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Universität Freiburg, Albertstrasse 23b, 79104 Freiburg, Germany

<sup>1,2</sup>Department of Mineralogy, University of St. Petersburg, St. Petersburg 199034, Russia

**ABSTRACT.** — For the first time carbonatite dykes are described from the active natrocarbonatite volcano Oldoinyo Lengai, Tanzania. The dykes have a microporphyrritic texture with polycrystalline, granular calcite micropheocrysts. The porous texture is indicative of leaching and alteration. The dykes are interpreted as the typical transformation products of a Lengai-type natrocarbonatite. Besides the major component calcite, groundmass phases are fluorite with 2.1-3.9 wt.% SrO, Mn-rich magnetite (up to 10.2 wt.% MnO), REE and silica-rich apatite (up to 20.6 wt.% REE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 9.9 wt.% SiO<sub>2</sub>) and a Mn-Ba oxide/hydroxide. The chemical composition is Ca-carbonatitic with high concentrations of Sr, F, and Mn. Alkalis are <1%. Compared with fresh natrocarbonatites of Oldoinyo Lengai enrichment of trace elements include the REE, Sr, Y, Nb, Pb, Th, and depletion is shown for Rb, Cs, Ba, U.

Stable isotope ratios are  $\delta^{13}\text{C} -1,95\text{‰}$  (PDB),  $\delta^{18}\text{O} +24,12\text{‰}$  (SMOW), showing a great distance from the primary Lengai mantle box (Keller & Hoefs 1995), and indicating extensive atmospheric exchange and re-equilibration, in particular of the oxygen isotopes. All calcite is of secondary origin. Noteworthy for secondary calcite are the high Sr contents (up to 3.5 wt.% SrO), and varying Ba contents (0.1-2.2 wt.% BaO). Distinction from primarily calciocarbonatitic extrusives is based on textural evidence mimicking the porphyritic texture of natrocarbonatites, and on the polycrystalline nature of calcite pseudomorphs after nyerereite. The distinctive sheaf-like intergrowth texture of fluorite in natrocarbonatites is preserved as the only primary feature in the dyke calciocarbonatite.

Oldoinyo Lengai is the only active carbonatite volcano and is known for the unusually alkali-rich composition of its natrocarbonatites, not found elsewhere (e.g. Dawson 1989, Keller & Krafft 1990). From an actualistic point of view the questions are obvious: (1) Is the present carbonatite activity of Oldoinyo Lengai a key for the interpretation of past carbonatite magmatism? and (2) Where are the natrocarbonatites of the geological past? And how would we recognize these possible past equivalents of the present activity?

**RIASSUNTO.** — Per la prima volta vengono descritti dicchi carbonatitici presenti sul vulcano attivo natrocarbonatitico Oldoinyo Lengai, Tanzania. I dicchi hanno tessitura microporfirritica con microfenocristalli di calcite granulare policristallina. La tessitura porosa della roccia è indicativa di dissoluzione e alterazione. I dicchi sono interpretati come i tipici prodotti di trasformazione della natrocarbonatite tipo-Lengai. A parte il maggior componente che è calcite, nella massa di fondo sono presenti fluorite con 2,1-3,9% di SrO, magnetite ricca in manganese (fino a 10,2% di MnO), apatite ricca in REE e silice (fino a 20,6% di REE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 9,9% di SiO<sub>2</sub>) e un ossido/idrossido di Mn-Ba. La composizione chimica è Ca-carbonatitica con alte concentrazioni di Sr, F e Mn. Gli alcali sono < 1%. Comparati con le lave fresche dell'Oldoinyo Lengai i dicchi mostrano arricchimento in elementi in tracce quali REE, Sr, Y, Nb, Pb, Th, ed un impoverimento in Rb, Cs, Ba e U.

I rapporti degli isotopi stabili sono  $\delta^{13}\text{C} -1,95\text{‰}$  (PDB),  $\delta^{18}\text{O} +24,12\text{‰}$  (SMOW), e sono a molta distanza dal *box* del mantello primario dell'Oldoinyo Lengai (Keller & Hoefs 1995), questo indica un

\* Corresponding author,  
E-mail: Joerg.Keller@minpet.uni-freiburg.de

notevole scambio con l'atmosfera e re-equilibratura, in particolare degli isotopi dell'ossigeno. Tutta la calcite è di origine secondaria. Da notare per la calcite secondaria gli alti contenuti di Sr (fino a 3,5% di SrO), e variabili contenuti in Ba (tra 0,1-2,2% di BaO). La distinzione con le calciocarbonatiti effusive primarie è basata sulle evidenze tessiturali che mimano la tessitura porfiritica delle natrocarbonatiti e sulla natura policristallina degli pseudomorfi di calcite che rimpiazzano la nyerereite. La tessitura tipo fascio, compenetrata, distintiva della fluorite nelle natrocarbonatiti è l'unica caratteristica primaria preservata nel dicco calciocarbonatico.

L'Oldoinyo Lengai è l'unico vulcano carbonatico attivo ed è conosciuto per l'inusuale composizione ricca in alcali delle sue natrocarbonatiti, che non si trova da altre parti (es. Dawson 1989, Keller & Krafft 1990). Da un punto di vista attualistico le domande sono ovvie: (1) L'attività carbonatica attuale dell'Oldoinyo Lengai è la chiave d'interpretazione per il magmatismo carbonatico del passato? (2) Dove sono le natrocarbonatiti nel passato geologico? Quali sono le caratteristiche per riconoscere questi equivalenti nel passato dell'attuale attività?

**KEY WORDS:** *Oldoinyo Lengai, calciocarbonatic dykes, natrocarbonatite, transformation, secondary calcite, chemistry, stable isotopes.*

#### CONCLUSION

Carbonatites world-wide are dominantly calcitic or dolomitic in composition, and a transformistic origin has been suggested by number of authors (Deans & Roberts 1984, Clarke & Roberts 1986, Dawson *et al.* 1987, Hay 1983).

Our results elucidate characteristic differences between "genuine" primary crystallisation of calcite-carbonatites and calcitised natrocarbonatites, secondary in mineralogical and chemical compositions. It is concluded from the evidence at Oldoinyo Lengai that calcite carbonatites can have different origins: primary crystallisation of a calciocarbonatite melt, and secondary alteration, leaching and replacement of original natrocarbonatites. Criteria for this distinction are presented with this contribution. The processes of transformation from alkali-rich

carbonatite to alkali-poor to alkali-free calcitic carbonatites can be traced with these Oldoinyo Lengai dykes. Alkali carbonates (nyerereite) are texturally pseudomorphed into polycrystalline calcite. Noteworthy is the fact that secondary calcite is strontium-rich. Sr contents of calcite is often considered evidence for primary crystallization. Chemical transformation is complete, practically no alkalis remain. Sheaf-like fluorite is preserved in its original texture. Chemical enrichment/depletion is very distinctive (REE, F, Ca/alkalis, Rb, Cs, etc.)

#### REFERENCES

- DAWSON J.B. (1989) — *Sodium carbonate lavas from Oldoinyo Lengai, Tanzania: implications for carbonatite complex genesis.* In: Bell K (ed) *Carbonatites - genesis and evolution.* Unwin Hyman, London, pp. 255-277.
- DAWSON J.B. (1993) — *A supposed sövite from Oldoinyo Lengai, Tanzania: result of extreme alteration of alkali carbonatite lava.* *Mineral. Mag.*, **57**, 93-101.
- CLARKE M.G.C. and ROBERTS B. (1986) — *Carbonated melilitites and calcitized alkali carbonatites from Homa Mountain, western Kenya: A reinterpretation.* *Geol. Mag.*, **123**, 683-692.
- DAWSON J.B., GARSON M.S. and ROBERTS B. (1987) — *Altered former alkalic carbonatite lava from Oldoinyo Lengai, Tanzania: Inferences for calcite carbonatite lavas.* *Geology* **15**, 765-768.
- DEANS T. and ROBERTS B. (1984) — *Carbonatite tuffs and lava clasts of the Tinderet foothills, western Kenya: A study of calcified natrocarbonatites.* *J. Geol. Soc. Lond.*, **141**, 563-580.
- HAY R.L. (1983) — *Natrocarbonatite tephra of Kerimasi volcano, Tanzania.* *Geology* **11**, 599-602.
- KELLER J. and HOEFS J. (1995) — *Stable isotope characteristics of natrocarbonatites from Oldoinyo Lengai.* In: *Carbonatite Volcanism: Oldoinyo Lengai and the petrogenesis of natrocarbonatites* Bell K. and J. Keller (Eds) IAVCEI Proceedings in Volcanology. 113-123.
- KELLER J. and KRAFFT M. (1990) — *Effusive natrocarbonatite activity of Oldoinyo Lengai, June 1988.* *Bull. Volc.*, **52**, 629-645.