

2011年におけるカメルーン、ニオス・マヌーン湖の水質について Water chemistry of lakes Nyos and Monoun, Cameroon in 2011

佐々木 由香^{1*}, 大場 武¹, 日下部 実², 吉田 裕³, 上田 晃², 穴澤 活郎⁴, 金子 克哉⁵, 宮縁 育夫⁶, Issa Issa¹, F.T. Aka⁷, W. Fantong⁷

SASAKI, Yuka^{1*}, OHBA, Takeshi¹, KUSAKABE, Minoru², YOSHIDA, Yutaka³, UEDA, Akira², ANAZAWA, Katsuro⁴, KANEKO, Katsuya⁵, MIYABUCHI, Yasuo⁶, ISSA, Issa¹, F.T. Aka⁷, W. Fantong⁷

¹ 東海大学, ² 富山大学, ³ 吉田技術士事務所, ⁴ 東京大学, ⁵ 京都大学, ⁶ 熊本大学, ⁷ カメルーン国立地質調査所

¹Tokai Univ., ²Toyama Univ., ³Yoshida Consulting Engineer Office, ⁴Univ. Tokyo, ⁵Kyoto Univ., ⁶Kumamoto Univ., ⁷IRGM Cameroon

1. 序

1980年代の半ばにカメルーンのニオス湖とマヌーン湖で起きたCO₂ガスの突発的な放出(=湖水爆発)は約1800名の犠牲者をもたらした。湖水爆発の直接的な原因は、湖水に蓄積したマグマ起源のCO₂であった(Kusakabe et al., 1989; Kling et al., 1989; Sigvaldason, 1989; Evans, et al., 1994)。この蓄積は、湖底でCO₂に富む温泉水が湧出し、湖水の密度成層のため上昇が阻害されるために起きる。湖水の溶存成分を詳細に調べ、成層構造の形成過程を解明することは将来の湖水爆発を予測する上で重要である。

2. 観測

本研究では、2011年1月にニオス・マヌーン湖で深度別に湖水を採取し、陰イオン組成と水の安定同位体比を、それぞれ、イオンクロマトグラフ、レーザー光吸収法で定量した。溶存CO₂とHCO₃⁻(以下、炭酸成分)の総濃度は、Kusakabe (2001)が開発したアルカリ溶液による現場固定法と微量拡散分析法を組み合わせ定量した。

2. ニオス湖

湖水の主要な成分である炭酸成分は湖底(約-210m)から-200mの層で濃度が高く、最高値は372mmol/Lに達する。-200mから-80mに向けて濃度は緩やかに低下し、-60mより浅くなると、6mmol/L以下に下がる。Cl⁻とSO₄²⁻の最高濃度はそれぞれ1mg/L、0.5mg/Lと低いが、炭酸成分濃度とおおよそ比例関係にある。湖水のdD値は、水面から-80mの層は均一に近く-8permil (to SMOW)であった。-80mから深くなると-10permilへ急に低下しそこからは-200mまで変化に乏しく、-200mから湖底に向けて低下し最深の-210mで-11.2permilとなった。NO₂⁻とNO₃⁻の総濃度は、水面から-50mの層で0.3mg/Lと高く、-80mから-170mの層では最高が0.02mg/Lと低かった。NO₂⁻とNO₃⁻は-175m以深では検出されなかった。

3. マヌーン湖

炭酸成分濃度は-98mから-86mの深度で73~93mmol/Lと高いが、浅くなるにつれて急激に低下し、-70mで6mmol/Lまで低下する。ニオス湖の場合と同様に、Cl⁻とSO₄²⁻の最高濃度はそれぞれ2.6、1.9mg/Lと低いが、炭酸成分濃度とおおよそ比例関係にある。dD値は、水面から-70mの層は-18~-17permilで、-80mから深くなると-21~-20permilと相対的に低い値を示した。NO₂⁻とNO₃⁻の総濃度は、-98mと-40mの層で2.6mg/Lと高い値が観測されたが、それ以外の深度では0.1mg/L以下であった。ニオス湖と違い、湖底付近でもNO₂⁻が検出された。

4. 成層構造

ニオス・マヌーン両湖とも水面から-80~-70mの浅層で同位体比が相対的に深層よりも高いことから、蒸発の効果が示唆される。深層にみられる低い同位体比は、湖底で湧出する温泉水の水が局地天水起源であることを示唆する。浅層と深層の間領域は、蒸発効果を受けた湖水と深層水の混合領域に相当する。ニオス湖周辺地域では牧畜が営まれおり、家畜のし尿成分は地表水に運ばれニオス湖に流入するだろう。NO₂はこのような生物活動に由来すると考えられ、-170mより浅い深度で検出されたNO₂は表面水が湖水に及ぼす影響の限界を示している。マヌーン湖では深層でNO₂が検出されるので、ガス抜きを進捗に伴って地表水の影響が湖底近くまで及んでいることを示している。

5. マグマ成分

ニオス・マヌーン湖の深層湖水には微量のCl⁻、SO₄²⁻イオンが含まれ、Cl/CO₂モル比は、それぞれ、5.08E-5、5.31E-4、SO₄/CO₂比は、それぞれ、5.31E-6、6.41E-5と推定される。この値は、玄武岩質マグマのCO₂、S、Cl濃度を東太平洋海嶺の海底溶岩の濃度(Byers et al., 1986)で代表させ、Giggenbach (1996)の提唱する分配係数を用いて計算した平衡気相の値(Cl/CO₂=1.5E-6~1E-5、S/CO₂=4.7E-4~1.3E-3)と比較すると、とくにS/CO₂比で差が大きく、マグマと平衡にある気体が両湖に注入されていると考えた場合、極端にSに欠乏したマグマを想定する必要が出てくる。一方で、マグマの揮発性成分組成は東太平洋海嶺の海底溶岩のそれに近いと考えた場合、マグマと湖の間に熱水系が存在し、そこで何らかの化学的分別作用でマグマ成分がSに乏しい流体に変質した後、両湖に注入している可能性がある。

キーワード: ニオス, カメルーン, 二酸化炭素, 湖水爆発

Keywords: Nyos, Cameroon, CO₂, Limnic eruption