

講演：湧水系の溶存酸素の三酸素同位体組成：なぜ富士山湧水系は酸素に富んでいるのか？

発表：角皆 潤 名古屋大学大学院環境学研究科 教授

研究：角皆 潤¹、南 翔¹、佐久間博基¹、大山拓也¹、小松大祐¹、中川書子¹、加藤憲二²

(¹名大院環境、²静大理)

【はじめに】

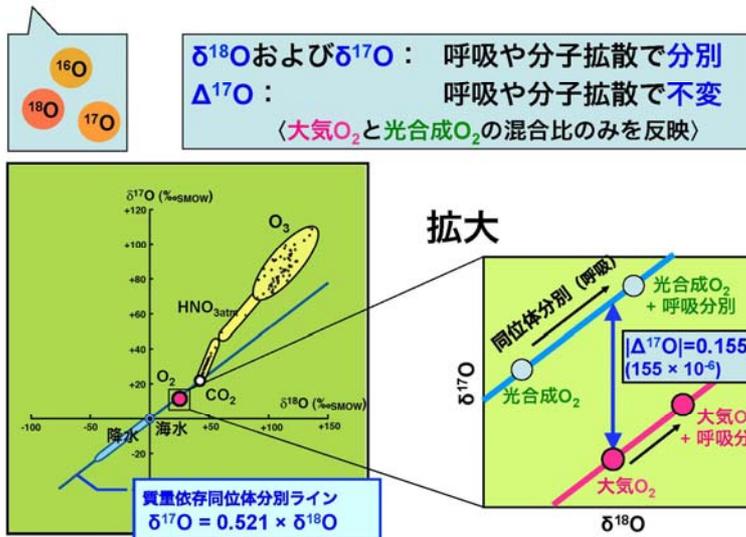
火山の山麓には湧水が形成されることが多い。富士山はその代表的なものの一つで、柿田川湧水をはじめとして、たくさんの湧水が山麓域に分布している。このような山麓湧水は、飲料用などに適した酸化的水質であることが多く、富士山湧水系も、そのほとんどが大気との気体交換平衡に近い、高い O₂ 濃度 (0.2 から 0.3 mmol L⁻¹ 程度) を示す。しかし、その一方で、溶存無機炭素 (DIC) (最高 1.2 mmol L⁻¹) や NO₃⁻ (最高 0.12 mmol L⁻¹) にも富んでおり、その δ¹³C(DIC) 値や Δ¹⁷O(NO₃⁻) 値から考察すると、これらは有機物を起源として、呼吸反応 (再無機化反応) による分解によって生成したことを示唆している。O₂ は呼吸反応において消費されるため、DIC や NO₃⁻ に富んでいることと、O₂ に富んでいることは、矛盾しているように見える。そこで本研究では、富士山麓の自噴湧水中の溶存 O₂ の酸素同位体組成 (δ¹⁸O 値および Δ¹⁷O 値) を測定することで、湧水 (=富士山地下水) 中の溶存 O₂ の起源や、この地下水が大気平衡に近い O₂ 濃度を保持するシステムに関して考察した。なお、地下水中の溶存 O₂ について Δ¹⁷O 値の定量を報告するのは、本研究が初めてであると思われる。

【結果・考察】

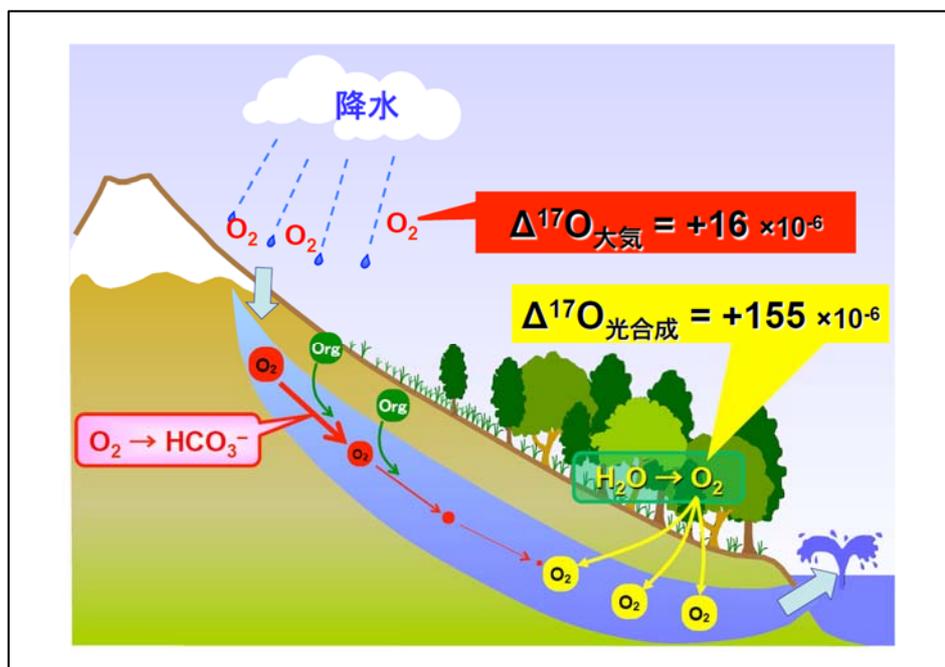
溶存 O₂ の Δ¹⁷O 値は、大気 O₂ の Δ¹⁷O 値とほぼ一致した。これは地下水中の溶存 O₂ は大気 O₂ のみを起源としており、光合成などに由来する O₂ の寄与は無視出来ることを示している。しかしながら、δ¹⁸O 値の方は、大気 O₂ に比べて最も小さいもので 11% 近く低い δ¹⁸O 値を示した。これは大きな動的同位体効果を伴う大気 O₂ の補給システムが、地下水に対して稼働していたことを示唆している。

我々は、富士山体中の地下水は大気に対して完全な閉鎖系となっておらず、土壌や岩石の間隙を経由してゆるく大気とつながっているものと結論した。地下水中で呼吸反応が進行することで、DIC や NO₃⁻ は蓄積する一方で、溶存 O₂ 濃度は低下する。この溶存 O₂ 濃度が低下した地下水に対して、岩石等の間隙を分子拡散することで δ¹⁸O 値が低下した大気 O₂ が補給されていると考えられる。地下水が大気に対して閉鎖系になっていないとすると、気体トレーサーを用いた年代測定や涵養環境推定は注意が必要となる。

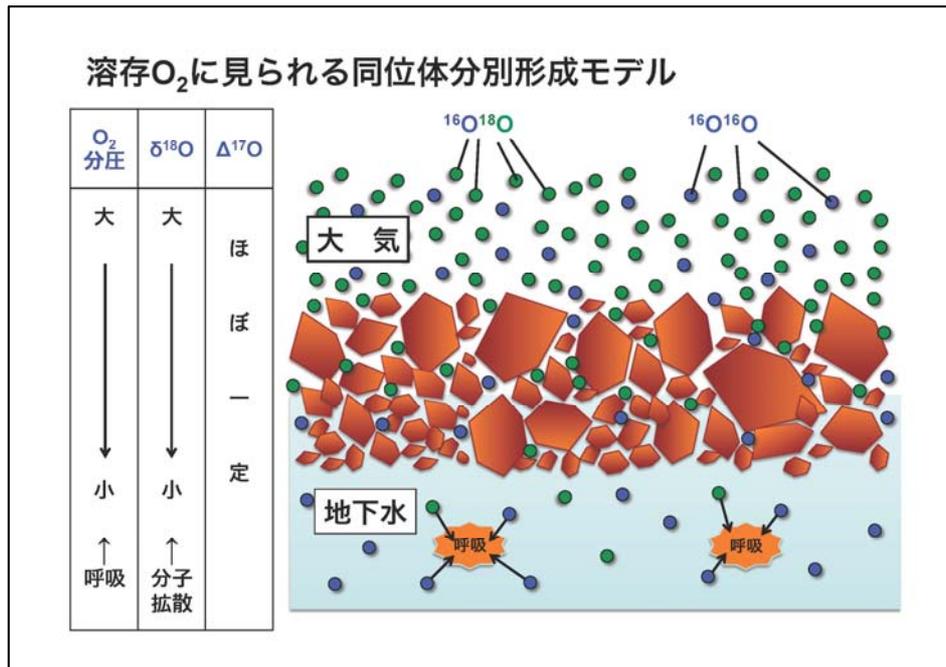
O₂の三酸素同位体組成 (Δ¹⁷O) について



光合成由来の O₂ と大気中の O₂ の ¹⁸O/¹⁶O 比 (δ¹⁸O 値) と ¹⁷O/¹⁶O 比 (δ¹⁷O 値) の関係。H₂O から一般的な (= 質量依存同位体分別する) 化学反応を経て生成する光合成由来の O₂ は、他の一般的な酸素分子と同様に質量依存同位体分別ライン上にプロットされるが、質量非依存同位体分別するオゾン (O₃) 生成反応に参与している大気中の O₂ は、質量依存同位体分別ラインから下方に僅かにずれている。このズレの大きさは三酸素同位体異常と呼ばれ、Δ¹⁷O と表記される。Δ¹⁷O は一般の質量依存同位体分別では変化せず、大気中の O₂ と光合成由来の O₂ の混合比のみを反映するため、O₂ の起源推定の指標として有用である。



三酸素同位体異常 (Δ¹⁷O 値) を利用した地下水中の溶存 O₂ の起源判別法。Δ¹⁷O は呼吸等の一般の質量依存同位体分別では変化せず、大気中の O₂ と光合成由来の O₂ の混合比のみを反映するので、富士湧水系に豊富な溶存 O₂ の Δ¹⁷O 値を測定することで、それがどこから供給されているのか判別出来る。



富士湧水系における溶存O₂の供給モデル。富士湧水系の溶存O₂は、三酸素同位体異常(Δ¹⁷O値)は大気O₂とほぼ一致する一方で、¹⁸O/¹⁶O比(δ¹⁸O値)は大気O₂と比べて著しく低下することから、その起源は大気O₂であるものの、溶存O₂の供給過程で、分子拡散による同位体分別が生じているものと推定される。