

CFCsによる地下水の滞留時間推定法とその火山地域への適用

Groundwater age dating method with CFCs and its application to the springs in volcanic area

浅井 和由 [1]; 辻村 真貴 [2]; 大田 清宏 [3]; 長谷川 和宏 [4]
Kazuyoshi Asai[1]; Maki Tsujimura[2]; Kiyohiro Ohta[3]; Kazuhiro Hasegawa[4]

[1] 地球科学研究所; [2] 筑波大・生命環境研; [3] 筑波大・院・環境科学; [4] 地球科学研究所
[1] Geo science lab; [2] Grad. Sch. Life Environ. Sci., Univ. Tsukuba; [3] Grad. School of Envir. Sci., Univ. of Tsukuba; [4] Geo Science Laboratory Inc.

<http://www.geolab.co.jp/>

地下水の滞留時間を見積もることは地下水の流動状況を把握する上で重要な課題である。これまで若い地下水の滞留時間推定には、トリチウム (^3H) が用いられてきたが、トリチウムのみで細かい時間設定を与えることは難しい状況になったため、近年では CFCs・SF₆・ ^{36}Cl ・ ^{85}Kr など複数のトレーサーを組み合わせることで滞留時間を推定する試みが行われている。これらの中でも CFCs (クロロフルオロカーボン類) は、人工的に合成された物質で化学的に安定であり、大気中の濃度が 1940 年代から 1990 年代まで単調増加しているという有利な性質を有しており、また分析も容易であることから、欧米を中心に研究例が多く、地下水の滞留時間推定に成果を挙げている。しかし国内では、これまで CFCs を地下水の滞留時間推定に適用した例はなく、採水・分析手法も確立されていなかった。このような背景から、筆者らは、CFCs を有効なトレーサーとして利用できる環境を整えるべく、既存研究事例のレビューや採水・分析方法の開発を行い、昨年度から実際のフィールドにおいて観測できる段階になった。本研究では、火山地域の山麓湧水の CFCs 濃度を測定し、地下水の滞留時間についての検討を行うと同時に本手法の適用性について評価する。

富士山・八ヶ岳・御嶽山の代表的な湧水において、2006 年の夏季と 2007 年の冬季に CFCs 測定用の採水を実施した。CFC-12, CFC-11, CFC-113 の分析は、Purge and Trap 法による分離・濃縮を行った後に、ECD 検出器付のガスクロマトグラフ (島津製・GC-8A) によって行った。

湧水の CFCs 濃度を測定した結果、全ての湧水で CFC-12, CFC-11, CFC-113 が検出された。湧水の CFCs 濃度は、CFC-12: 141~2330 pg/kg, CFC-11: 466~12800 pg/kg, CFC-113: 41~37900 pg/kg の範囲を示した。各火山とも湧水の間で濃度変動がみられるが、平均的な値を比較すると、八ヶ岳で最も低く、御嶽山・富士山の順に高い値を示した。特に富士山の値は八ヶ岳や御嶽山と比較すると 1~2 オーダー上の濃度で非常に特徴的であった。湧水の CFC-12, CFC-11, CFC-113 の濃度をヘンリーの溶解平衡の式を用いて、地下水が涵養された時の大気濃度に換算した。その際、地下水涵養時の温度として湧水の水温を採用し、地下水涵養標高は、各火山で報告されている水温と涵養標高の関係式に湧水の水温を代入して求めた。換算された地下水涵養時の大気濃度を過去の大気 CFCs 濃度曲線 (北半球の代表値) と対比し、いわゆるピストン流モデルでの涵養年代を求めた。対比結果は 1) CFC-12, CFC-11, CFC-113 の年代が一致、2) CFC-12 による年代値が CFC-11, CFC-113 による年代値よりも新しい、3) 換算値が過去の大気のピーク濃度より高く年代値が得られない、の 3 パターンに大別された。1) の結果は CFCs による滞留時間推定における理想的なパターンである。八ヶ岳と御嶽山の一部の湧水は各 CFCs による年代値が数年の範囲内で一致し、それぞれ平均滞留時間として 22 年~29 年、15 年~20 年が得られた。2) のパターンは、御嶽山の多くの湧水が該当し、CFC-12 で滞留時間が数年以内と推定されたのに対して、CFC-11, 113 では 15 年~20 年となった。3 種類の CFC の中では、CFC-12 が地下水中での濃度保存性が最も高いため、このような不一致がある場合、通常 CFC-12 の結果が優先される。その一方で、涵養時において Excess-air が供給された場合は、CFC-12 が最も影響を受けて年代値が新しくなる。この不一致を明らかにするためには、今後、溶存窒素やアルゴンの濃度を測定し、Excess-air の量を評価する必要があると思われる。3) の結果は富士山の大部分の湧水が該当し、特に CFC-11 と CFC-113 については換算された涵養時の大気濃度が、過去の大気のピーク濃度の数 10 倍から数 100 倍の濃度になった。富士山山麓の湧水周辺に工場が多く立地しているため、工場由来の CFCs が地下水に混入し、湧水の濃度を上昇させたと推測される。

以上のように、CFCs による年代測定手法を 3 つの火山山麓湧水に適用した結果、八ヶ岳と御嶽山の湧水については、Excess-air の評価の課題もあるが、CFCs による滞留時間推定が可能で、本手法の有効性を確かめることが出来た。一方、富士山の大部分の湧水では、工場起源の地下水汚染が本手法の適用に制限を与えることが示唆された。