

信楽山地流域における流出特性と流出水の酸素・水素安定同位体比の関係

Relationship between discharge characteristics and oxygen and hydrogen isotope ratios of discharge water at Shigaraki mountainous catchment

Key words: $\delta^{18}\text{O}$, δD , Discharge, Base flow

水環境工学分野 橋本 宏平

1. はじめに

人類にとって良質な水資源を安定的に供給することは、今後解決すべき重要な課題の一つである。また、都市部の地下水の汚染や過剰揚水が深刻化する中、良質な地下水を有する山間部の水文・水質特性を知ることは非常に意義がある。しかし、同一山地内での複数の集水域において、水文・水質特性の関係を考察した研究は少ない。そこで本研究では、通水する地層中で他の物質と反応せず¹⁾、軽い水分子から蒸発し、重い水分子から凝結しやすという性質をもつ^{2), 3)}酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) をトレーサーとして利用することで、信楽山地流域の複数の集水域を対象に、流出水の水文・水質特性の関係性を考察した。

2. 材料と方法

2.1 調査流域

滋賀県甲賀市信楽町に位置する金山を調査対象地域とした。金山の基岩地質は堆積岩である。金山において観測された湧水地点を元に6つの流域を設定し、それぞれC, D1, D2, E, F, G流域と名付けた。金山の流域概要を図1に示す。各流域の末端部はほぼ同じ標高になるように決定し、この地点の流量を流出水量として観測した。D1流域は流量が多いため、上流部の湧水箇所にも調査地点(D1a, D1b)を設けた。

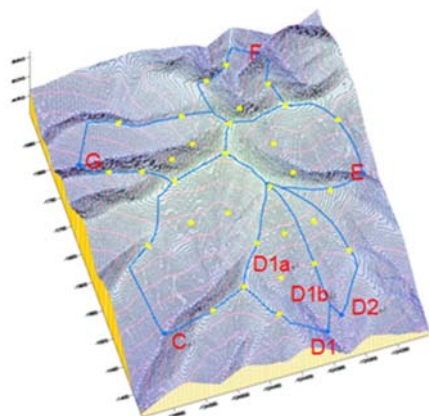


図1 信楽山地流域(金山)の流域概要

2.2 水文観測・水質分析

流出水量は調査地点に三角堰と水位計を設置し、5分間隔で計測した。採水は3日毎に自動採水器で行い、採水期間はC, D1, D2, E, F流域では2012年9月13日~2013年8月18日、D1a, D1b流域では2012年10月13日~2013年8月18日、G流域では2012年10月16日~2013年8月18日で、採水時刻は10時に設定した。

降水イベント時の流出水を採取するために、C, D1, D1a, D1b流域において自動採水器で採水を2時間毎に行った。2014年10月5日12:00~10月7日10:00に採取した。さらに、山の麓に雨量計を設置し、降水を観測し、降雨採取器によって降水の採水を行った。降水のデータ期間は、2012年9月13日~2013年8月28日である。酸素・水素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$, δD) は、レーザー分光式アナライザー測定器によって分析した。

3. 結果と考察

3.1 短期安定同位体比特性

C流域とD1a流域を比較した。D1, D1b流域はC流域と似た傾向を示したため、ここでは割愛した。C, D1a流域における2014年10月5日12:00~10月7日10:00の流量、降水量の経時変化を1時間間隔で、 $\delta^{18}\text{O}$, δD の経時変化を2時間間隔で示した(図2)。2日間合計の降水量は60.8mmであった。降水開始から2時間後に、降水量に比例して流量が増加することが示された。増加した流量は次第に減少するが、10月7日10:00の段階では元の流量(10月5日12:00~10月6日0:00までの流量)よりも多かった。また、C流域では最大流量が元の流量の10倍以上になったが、D1a流域では最大流量が元の流量の2倍程度にしかならないことから、D1a流域からの流出水量は降水の影響を受けにくいことが示唆される。C流域で最も $\delta^{18}\text{O}$, δD の値が小さくなるのは、最大流量が観測された10月6日8:00であった。また、 $\delta^{18}\text{O}$, δD の値は流量が増加すると小さくなり、流量が減少すると大きくなる。これは、増加した流量は主に $\delta^{18}\text{O}$, δD の値の小さい降水によるものであるからと考え

られる。D1a 流域で降水による $\delta^{18}\text{O}$, δD の値の変動が見られなかったのは、C 流域と比べて流出水中に降水が含まれていないからであると考えられる。

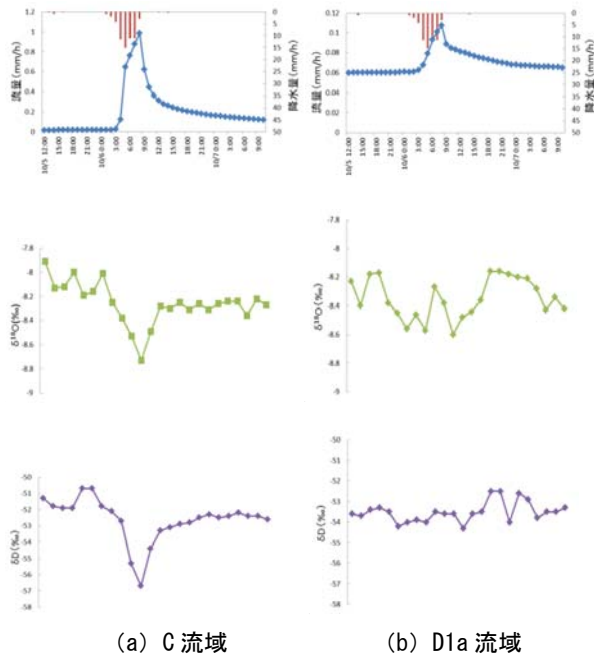


図2 降水量, 流量, $\delta^{18}\text{O}$, δD の経時変化

C, D1a 流域における流出水の δ -ダイアグラムおよびその直線近似式と決定係数を示した (図3)。また、降水と各流域の低水時の流出水(基底流)の $\delta^{18}\text{O}$, δD の平均値を示した。C 流域の δ -ダイアグラムは直線的に推移しており、経時変化の最初のプロット(10月5日 12:00)は基底流の $\delta^{18}\text{O}$, δD の平均値の付近にあったが、降水に反応して降水の $\delta^{18}\text{O}$, δD の平均値に近づき、その後再び時間の経過とともに基底流の $\delta^{18}\text{O}$, δD の平均値に近づくことが示された。したがって、流出水は初め基底流が主であったが、降水とともに降水の割合が増えることが示唆された。その後降水が支配的になり、降水後に降水の割合が低下し、基底流が主の流出水になると考えられる。D1a 流域の $\delta^{18}\text{O}$, δD のプロットは、基底流の $\delta^{18}\text{O}$, δD の平均値の付近に集中していた。そのため、降水の影響をほとんど受けず、流出水は基底流が主であることが示唆された。

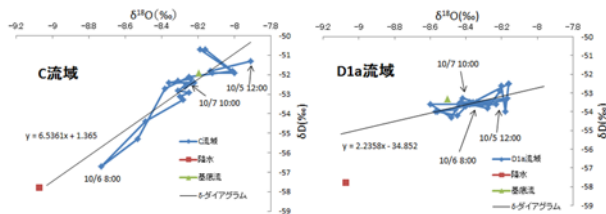


図3 流出水の δ -ダイアグラム (短期)

3.2 長期安定同位体比特性

C 流域と D1a 流域を比較した。D1, D1b, D2, E, F, G 流域は C 流域と似た傾向を示したため、ここでは割愛した。C, D1a 流域の流出水の δ -ダイアグラムおよびその直線近似式と決定係数を示した (図4)。C 流域の非降水時が降水時よりも高い相関が得られたのは、降水時には降水の影響で流出水の水質が安定しなかったからであると考えられる。降水時の $\delta^{18}\text{O}$, δD の値が非降水時の $\delta^{18}\text{O}$, δD の値よりも小さい傾向が得られたため、降水量が多いと $\delta^{18}\text{O}$, δD の値が小さくなる性質⁴⁾が確認された。D1a 流域は、降水時と非降水時の δ -ダイアグラムの直線近似式、決定係数がほぼ同じである。よって、降水の影響を受けにくい流域であり、降水時においても基底流の割合が大きいと考えられる。また、データ範囲が狭いため、決定係수에誤差が生じ、その値が小さくなったと考えられる。 $\delta^{18}\text{O}$, δD の値は蒸発によって変化するため、地下水の滞留時間が長い流域は他流域と異なる性質を持っていると示唆される。D1a 流域は降水の影響を受けにくいことから、C 流域よりも滞留時間が長い地下水の割合が大きいと考えられる。したがって、C 流域の δ -ダイアグラムは D1a 流域のそれと傾きが異なると考えられる。

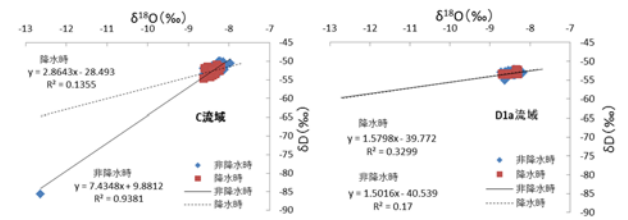


図4 降水時, 非降水時の δ -ダイアグラム (長期)

4. 結論

C 流域は降水後に流出水量が増加しやすいが、D1a 流域は流量の増加が緩やかである。そのため、流出水に含まれる降水の割合に違いが生じ、C 流域では降水後に $\delta^{18}\text{O}$, δD の値が大きく変動するが、D1a 流域は $\delta^{18}\text{O}$, δD の値があまり変動しないことが示された。以上より、 $\delta^{18}\text{O}$, δD の降水時の変動が流出特性を反映したものであることが明らかになった。

参考文献

- 1) 中山友栄, 谷口真人, 嶋田純 (2000) : 琵琶湖流域における降水と地下水の安定同位体比特性, 陸水学雑誌 61, 119-128.
- 2) 脇山義史, 牧野裕紀, 山中勤, 鈴木啓助 (2013) : 中部山岳地域における降水の d-excess の時空間変動, 地学雑誌 122 (4), 666-681.
- 3) 藪崎志穂 (2010) : 埼玉県熊谷市の降水の酸素・水素安定同位体比の特徴, 地球環境研究, vol.12, 121-125.
- 4) 藪崎志穂, 田瀬則雄, 辻村直貴, 林陽生 (2008) : 筑波山南斜面における降水の安定同位体比特性, 筑波大学陸域環境研究センター報告 No.9, 15-23.