

\* 田中徹郎・大田彩佳・坂本智美・北岡豪一（岡山理大・理）

## 1. はじめに

近年、ポケット型の簡易イオンメータ（Na, K, Ca, NO<sub>3</sub>）が市販されるようになり、イオンクロマトグラフがなくても、誰でも容易に水質調査ができるようになった。簡易イオンメータは有効数字 2 桁で mg/l 単位で小数点より上の値が表示される。測定の精度はよいとは言えないが、アルカリ度は現地（あるいは実験室）で滴定法で測定できるので、Mg, Cl, および SO<sub>4</sub> を除く主要成分のあらましを現地で知ることができる。

試験対象の水域として、岡山県南部の標高 506 m の熊山を選んだ。その理由は、熊山がほぼ独立した釣鐘状の固い流紋岩からできていて地質条件が単純であること、山頂付近に涸れることのない湧き水があること、山体を縦断するように山頂に通じる車道があり、種々の標高で沢水を採取することができること、人家、田畑がないこと、大学から約 20 km の距離でアクセスしやすいこと、などである。本研究は、この水域の湧水、沢水、川水を対象に簡易水質計を用いて試験的に観測した。その結果、山体内部に地下水流動系の存在が示唆されたので報告する。

## 2. 対象流域の概要と方法

ポケット型の簡易イオンメータ（Na, K, Ca, NO<sub>3</sub>）、pH 計、EC 計（以上、HORIBA 製）、および温度計（ドイツ ebros 製）を用いて、現地で気温、水温と水質を調べ、持ち帰った水についてアルカリ度を測定することにした。

2013 年 10 月 22 日に、標高がほぼゼロ m から 500 m までの道脇で見出される水を対象に、湧水 4 カ所、沢水 12 カ所、川水 6 カ所の計 22 地点で調査した。採水点の位置を図 1 に示す。

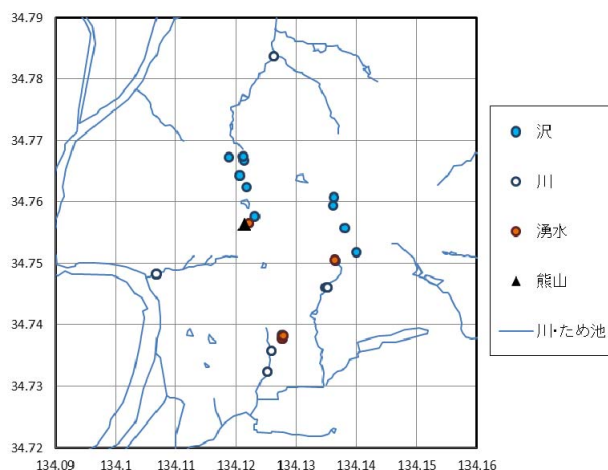


図 1. 採水地点

水の種類の分けについては、川は、堤防の有無を目安にすることとし、谷で表流している水を沢水とした。本研究では、地形的な谷で湧き水であっても伏流した沢水が湧出していると判断される場合は

沢水とした。湧水は、それよりも上流側で表流を起こしていないと考えられるものに限ることとした。

## 3. 結果と考察

湧水の湧出量は、低地の岩盤上、風化層から 0.1 ~ 0.2 l/min, 200 m 付近の岩盤割れ目から 9 l/min (No.8), 山頂付近の風化層から 1.2 l/min である。沢水は多くは岩盤の上、もしくは風化粘土の上を流れており、流量は 1 ~ 55 l/min, また、川水の流量は、2カ所で 340, 450 l/min であった。

## A) 水質、温度の高度分布

図 2 に水温と気温の高度分布を示す。湧水の温度は高度 100 m あたり約 0.6 °C の割合で下がっている。これは気温の遞減率にほぼ等しいので、地下水流動系は強くないと考えられる。沢水の水温は湧水の水温と気温の間にある。

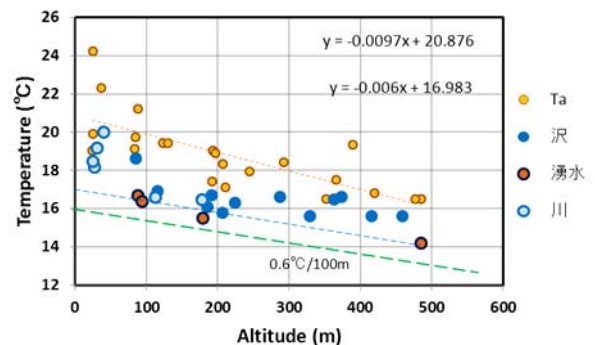


図 2. 水温と気温の高度分布(2013年10月22日)

図 3 は、EC の高度分布である。標高 200 m 以上では、EC に大きい違いがみられないが、それ以下の湧水で高い値が観測される。沢水は標高 200 m 以下で高度が下がるとともに徐々に高くなっている。

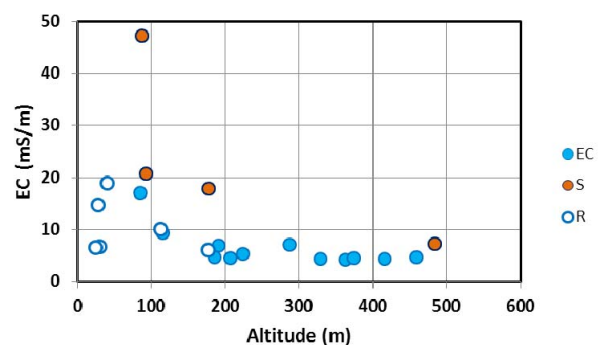


図 3. EC の高度分布（下図は上図の拡大）

図 4 に HCO<sub>3</sub>, Na, Ca, NO<sub>3</sub> の高度分布を示す。各成分とも湧水の濃度が沢水、川水よりも高い。標高 200 m 付近の山腹湧水(No.8)で Ca が極だて高い。これは岩の割れ目から湧出する水である。

沢水、川水は高度が下がるとともに成分濃度がゆるやかに上昇している。このような分布は、地下水流動系を表している可能性がある。

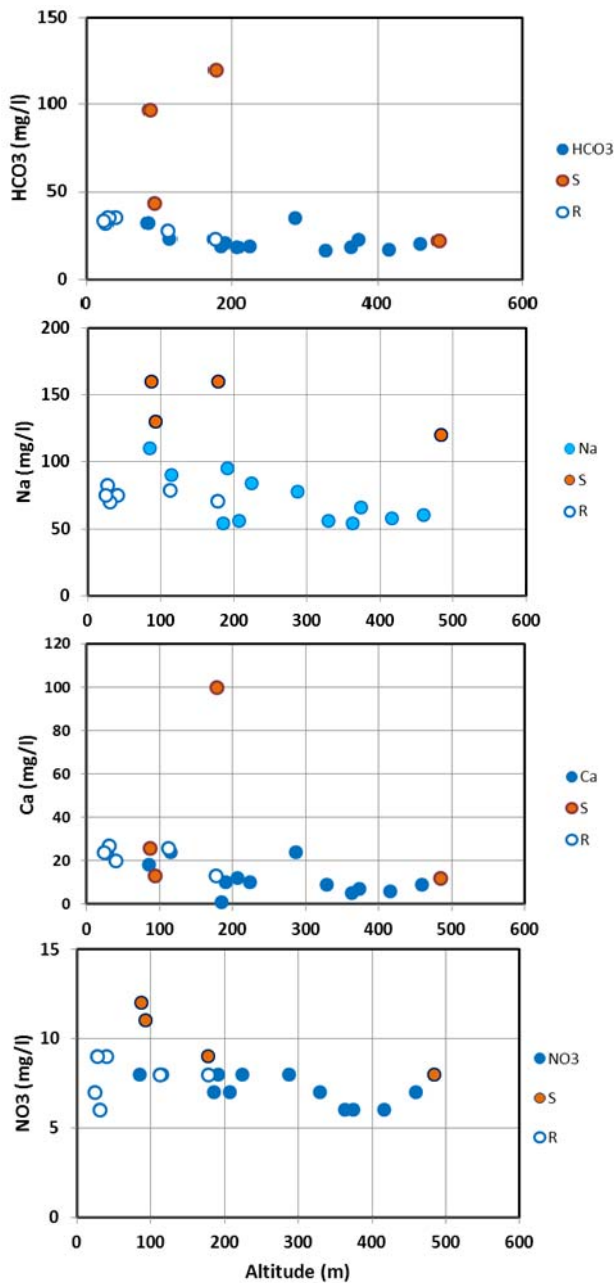


図 4 . 成分濃度の高度分布

B) 水質成分相互の関係

EC と相関の強いものは HCO<sub>3</sub> である。Na にも相関性がある。一般の地下水、湧水では、Na は Cl と相関がよく、Ca は HCO<sub>3</sub> と相関のよい場合が多い。Cl の分布は Na の分布に類似しているものと考えられる。Ca と HCO<sub>3</sub> の間には、Ca 著量の湧水を含め、相関性が認められる (図 5)。しかし、No.8 湧水では、HCO<sub>3</sub> が約 2 meq/l であるのに対して、Ca は約 5 meq/l もある。これは、Ca 源として炭酸塩鉱物ではなく、石膏のような硫酸塩鉱物の影響が推定される。沢水も同じ相関の上にあるので、この水域の水質の特徴として SO<sub>4</sub> イオンがかなり含まれているものと推定される。SO<sub>4</sub> のデータはないが、Ca と SO<sub>4</sub> の間でよい相関が推定される。

このように、簡易イオンメータでもある程度水質を把握することが可能である。

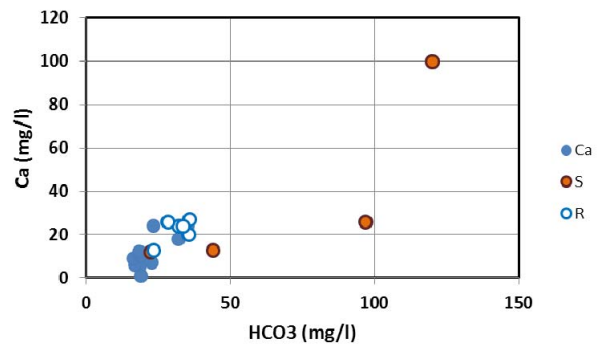


図 5 . Ca と HCO<sub>3</sub> の関係

C) 温度の変動

湧水の温度変動を Tidbit ロガ (Onset 社製) で観測した。山頂湧水 (池の底) の水温は付近の気温に比べて極めて安定しているが、その変動は気温に対応してなく、まとまった降水があるときに急激に低下し、その後徐々に回復している (図 6)。気温が水温よりも下がるときも水温は低下する。

このような変動は、まとまった降水があるときにのみ地下水面への浸透が起これ、それによってより深部の地下水が押し出される状況を示唆している。低地の湧水においても同様の現象が見られる。しかし、沢に湧き出る水 (伏流水) では、そのような降水による水温変動は現れていない。

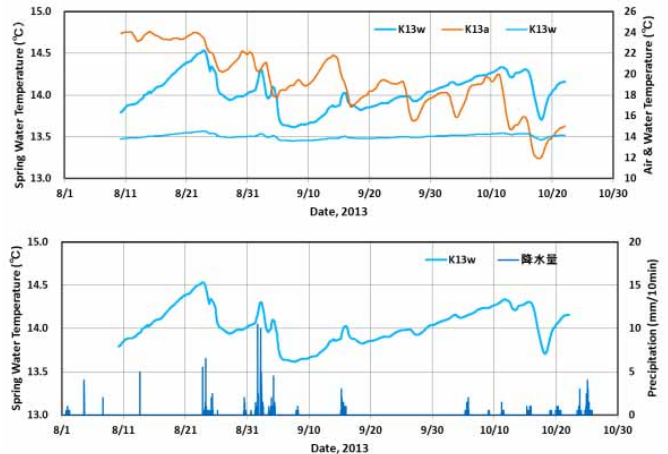


図 6 . 山頂湧水の水温変動 (付近気温と岡山降水量との対比)



図 7 . 山腹湧水の水温変動 (付近気温と岡山降水量との対比)

4 . まとめ

簡易イオンメータを用いて、高度別に水質を調べたところ、山体内に地下水流動系の存在 (供給域と流出域) を推定することができた。また、データロガで湧水の温度変動を観測したところ、山体における不連続な浸透過程、およびそれによる流出の過程を知る手がかりを得ることができた。