

*水谷佳加理(岡山理大・院), 北岡 豪一(岡山理大・理)

1. はじめに

山麓に湧出する水の温度は、年間を通じて安定している場合が多い。これは、山体に染み込んだ水が、気温の年変動を受けにくい程度の深部を經由しているためと考えられる。一般に湧水は、地下水が透水層と難透水層との境、岩盤上の風化層の下限や火山や石灰岩地域のように間隙や割れ目から出る場合がある。深部まで発達した割れ目系などを經由すると、湧出温度が一定の温泉になる。

岡山県北部の蒜山高原に、湧出量が多く、湧出水温が一定した塩釜冷泉がある。湧出水温が一定であるといわれるが、色々な気象、水文現象の影響を受けている可能性がある。このような、水温が一定である湧水の微小な水温変動の観測を行えば、山麓湧水の湧出機構を知る手がかりが得られる可能性がある。そこで、データロガーを用いて、湧出温度と湧出量の観測を行った。

その結果、湧出水温、湧出量に微細な変動が見られたので、それについて検討した結果を報告する。

2. 観測地点・方法

湧水は、岡山県と鳥取県の県境に聳える蒜山三座の中蒜山(1123.3 m)の山麓、標高 530 m にあり、集水面積は 0.72 km² である。湧出量は、300 l/s とされているが、地域住民が上水道として利用しているため、全湧出量を測定することはできない。

観測は、JFE アレック電子製 COMPACT-TD (精度: ± 0.05 °C, 分解能: 0.001 °C), Onset 社製 HOBO U-20-001-01 (精度: ± 0.5 cm, 分解能: 0.21 cm), TidbitV2 (精度: ± 0.2 °C, 分解能: ± 0.02 °C) を用い、出口の水路で行った。水温の観測期間は 2010 年 8 月 1 日~2012 年 8 月 10 日である。また、酪農大学校構内で、日射量を測定し、岡山理科大学蒜山学舎にて気温を、データロガーを用いて観測を行った。また、地面の下 20 cm 深にデータロガーを埋め込み、浅層地下水の観測を行った。降水量と積雪は、気象庁アメダス(上長田)のデータを使用した。

3. 結果と考察

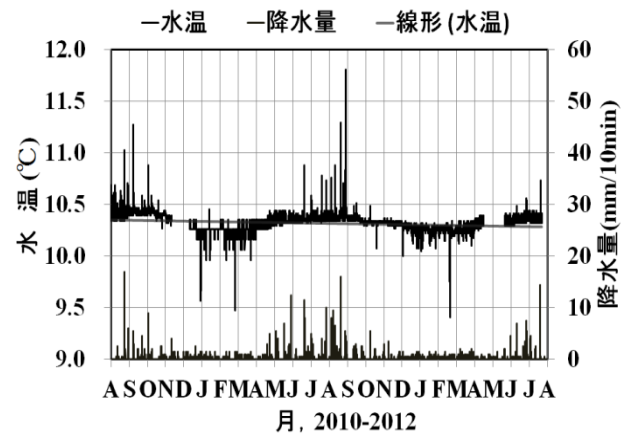


Fig 1 全観測期間にわたる水温と降水量

Fig. 1 は、水温 (Tidbit) の 2010 年 8 月 1 日~2012 年 8 月 10 日までの 24 カ月間の観測記録である。全期間より、季節変動が見られるが、ほぼ一定である。また、全期間の中に見られるスパイク状の微小変動は、降雨、降雪に起こっている。

① 水温の季節変動

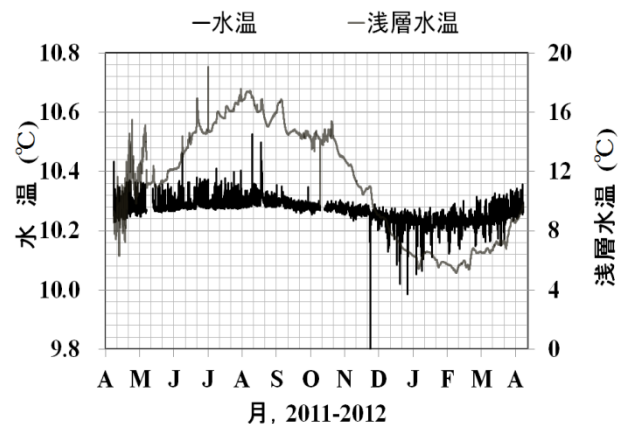


Fig 2 浅層水温と水温の関係

Fig 2 は、水温 (COMPACT-TD) と浅層の地温 (Tidbit) とともにプロットしたものである。浅層水温が水温よりも高い時期は、湧水の水温は、降雨によってスパイク状に上昇し、地温の低い時期は、水温は低下している。この、水温の微小な変動は、降雨、降雪時に浅層水が湧水池に入っていることによって生じていることを示している。

Fig 3 に、地温の年変動の深さ分布を示した。

このことを理解するために、熱伝導の式を用いる。地表における振幅を A_0 としたとき、地下 x における

T は $A = A_0 \cdot e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2\kappa}}x}$ で表される。ここに、

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ (day^{-1})、 T : 周期、 $\kappa = 0.0432$ (m^2/day) とし、

水温の振幅は $0.025^\circ C$ 、気温の年変動の振幅は $13.5^\circ C$ を A_0 とする。上記の式を用いて、計算した結果、図より $14m$ の深さで地温の年変動に対応することが分かった。このことより、塩釜冷泉の湧出変動は、地表下 $14m$ 前後であると考えられる。

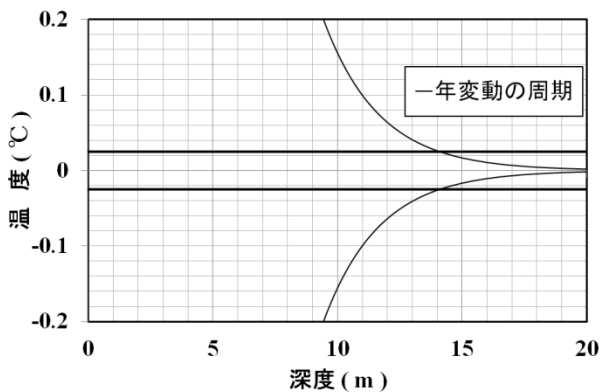


Fig 3 年変動における地温変動

② 水温の日変動

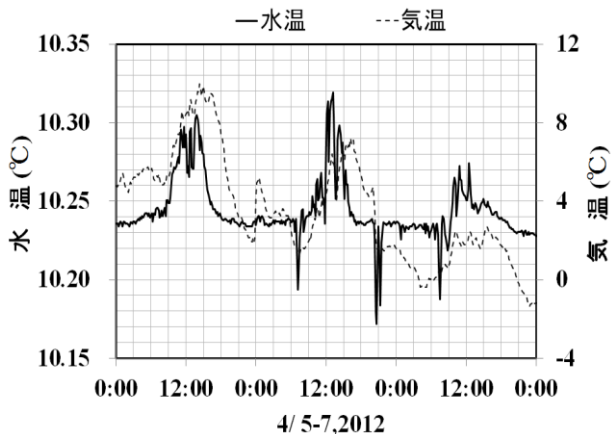


Fig 4 水温と気温の関係

Fig 4 の水温 (COMPACT-TD) と気温 (Tidbit) の関係を見てみると、夜間、気温が低下しても湧出水温に変化が見られるので、水温は気温の影響をほとんど受けていないと考えられる。

Fig 5 は、水温 (COMPACT-TD) の変動と日射量の変化を対比させたものである。極めてよい対応が見られる。これは、日射エネルギーが直ちに水温上昇を起こして、100% 水温上昇に寄与したものととして、次式を仮定してみる。

$$A \cdot S = \rho \cdot c \cdot Q \cdot \Delta T$$

A : 湧水池の面積 (m^2)、 S : 日射量 (W/m^2)

ρ : 水の密度 1×10^3 (kg/m^3)

c : 水の比熱 4.2×10^3 ($J/kg \cdot ^\circ C$)

Q : 流量 (m^3/s)、 ΔT : 日射による水温上昇 ($^\circ C$)

-(1)式を用いた日射量から計算した水温の変化 — 水温

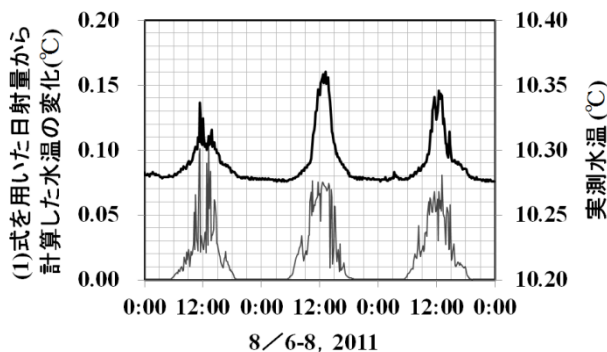


Fig 5 水温の日変動と日射量による水温の変化

その結果を、Fig 5 に示す。Fig 5 より、実測水温が $0.1^\circ C$ 上昇するのに対し、計算から得た水温の変化も $0.1^\circ C$ 上昇していることが分かる。このことより、水温の日変動に影響を与えているのは、日射量であるということが認められた。

③ 潮汐変動

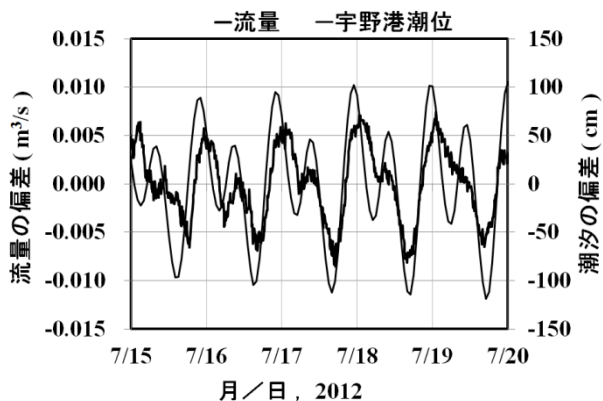


Fig 6 流量の1日移動平均からの偏差

Fig 6 に流量の変動を示す。流量は、川幅、水深、流速計で流速を測定し求めた。また、データロガー (HOBO U-20-001-01) で得た水深の変動を、マニングの式を使用して流量の変動に変換した。その観測を行った、流量の1日移動平均からの偏差を出し、宇野港の潮位も同じように偏差を出した。その結果、流量に半日を周期とする地球潮汐の影響と思われる変動が見られた。これは、潮汐力の変動が火山体の内部に、歪みの変動を生じさせ、それによって間隙水が出入りしていることを示していると思われる。