

\*丸山 豊 (広島大・院), 小野寺真一 (広島大・総合), 北岡豪一 (岡山理大・理)

1. はじめに

河川や湖沼近傍では地表水と地下水の交流が見られることがあり、水・物質循環に影響を与え、その結果特有な生態系の形成に寄与している可能性がある。特に河川近傍では一般的な地下水と比べ速い地下水流速が観察されることがあり、激しい水・物質循環によって生態系に大きな影響を及ぼしていることが考えられる。このような例として江川湧水が挙げられる。江川湧水は徳島県吉野川扇状地を流れる伏流水が起源とされ、その湧水温は付近を流れる吉野川の水温変動に対して2~4ヶ月遅れ、15℃以上の大きな年較差を有することが新井・横島(1990)などによって報告され“異常水温”と呼ばれてきた。同様な事例は、他の地域でも報告されてきた(敦賀平野被圧地下水; 塚野ほか, 1965, 火力発電所の冷却湖周辺; Andrews and Anderson, 1979, 足柄平野; 横山ほか, 1985, 旭川氾濫原; 北岡・大窪, 2007)。これまで、肥沼(1939)や新井・横島(1990)などにより“異常水温”の形成に関する解析がなされ、5~53 m/dの地下水流速が見積もられているものの、検証は十分なされていない。本研究では、江川湧水と同様に“異常水温”を呈する旭川氾濫原の湧水を対象として、河川近傍地下水の流動モデルを簡便な形で考案し、水の酸素と水素安定同位体比を用いてモデルの検討を行った。

2. 研究地域と方法

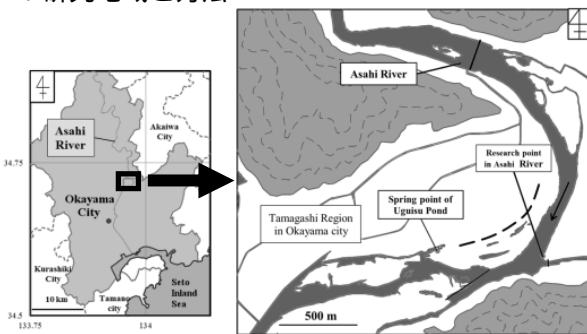


図1. 観測地域

岡山県旭川及びその近傍の湧水(図1)において1週間間隔の定期観測を実施した。安定同位体比の分析は分光法を利用するPicarro社製L2130-iを用いて行った。スタンダードの誤差は $\delta^{18}O$ で $\pm 0.05\text{‰}$ 、 $\delta D$ で $\pm 1.0\text{‰}$ である。水温の解析手法は(1)式のように水みち状の伏流水の流動を1次元移流拡散モデルで、水みち周囲との熱交換を1次元モデルでそれぞれ仮定した。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - \frac{\rho_w c_w}{\rho c} q \frac{\partial \theta}{\partial x} - v(\theta - \theta_g) \quad (1)$$

ここで、 $\kappa$ は水みちの熱拡散係数( $m^2/s$ )、 $q$ はダルシー流速( $m/s$ )、 $\rho_w$ と $c_w$ は水の密度( $kg/m^3$ )と比熱

( $J/kg \cdot K$ )、 $\rho$ と $c$ は水みちの密度( $kg/m^3$ )と比熱( $J/kg \cdot K$ )である。また、 $k_s$ を水みちと地層の熱伝達率( $W/m^2 \cdot K$ )、 $D$ と $W$ を水みち厚さ( $m$ )と幅( $m$ )とすると $\nu$ は、

$$\nu = \frac{2k_s}{\rho c} \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{W} \right) \quad (2)$$

で定義される定数である。(1)式を解いて解析解を求め、ダルシー流速を一定として解析を行った。また同位体比の変動から地下水流速を推定し水温の解析モデルの検討を行った。

3. 結果と考察

2000年5月から2013年2月までの水温変動観測の結果、湧水温の年変動は河川水温の年変動と比べて明確な遅れと変動幅の減衰が見られた。また変動パターンが三角関数的であることから、年変動をsin関数で近似すると遅れは約68.8日であり、変動幅は0.490倍になっていることが分かった。この湧水温変動を(1)式にて解析したところ、地下水フラックスは5.51 m/dと見積もられた。ただし、流動距離は地形や植生などから約1000mとした。2011~2012年における1ヶ月毎の水の酸素安定同位体比の分析結果を図2に示した。河川水・湧水双方に明確な変動がみられ、時間分解能はあまり良くないものの、河川水の同位体比変動は1ヶ月ないし2ヶ月遅れて湧水へと現れるという傾向が確認された。この変動は水の水素安定同位体比でも同様であった。この結果から推定される地下水フラックスは、間隙率を0.2とすれば3~6 m/dとなり、これは上述の水温解析より得られた結果とオーダ上は一致した。これによって、温度モデルの妥当性が示され、また、河川近傍の速い地下水流れを確認することができた。

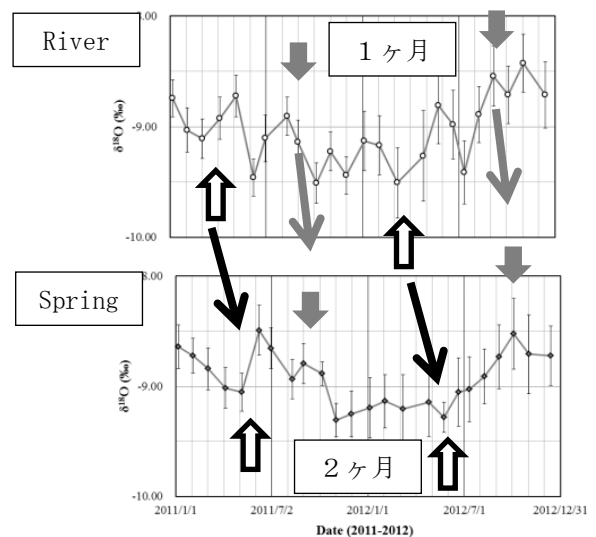


図2. 河川水と湧水における酸素安定同位体比変動