

流量変動を考慮した河川水・地下水量の解析

岐阜大学工学部社会基盤工学科 学生会員 ○野田裕太
岐阜大学工学部 正会員 大橋慶介
岐阜大学工学部 正会員 神谷浩二
岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 児島利治
岐阜大学総合情報メディアセンター 正会員 篠田成郎

1. 研究目的

濃尾平野北部に位置する岐阜市は、長良川扇状地を有しており、河川水や地下水と密接に関わっている。しかし、河川水や地下水の量や流れ方向は詳細に分かっていない。河川水の地下水涵養量を調べた昨年の研究では、旧派川の分派点で大量の漏水の存在が指摘された¹⁾。また、伊自良川合流点付近で、地下水位が河川水位を上回っていたことから、地下水が再び河川に復帰することが予想された。そこで、本研究は5側線での河川流量観測、流量変動を考慮に入れた解析を行う。その結果から、河川水と地下水が行き来する量である河川水・地下水交換量と、その発生位置を明らかにする。

2. 研究方法

昨年の研究では、図-1に示すS₁、S₂、S₃の3側線を測定断面とした河川流量観測で、長良川旧派川の分派点があるS₁-S₂間で大量の漏水が確認された。本研究では、伊自良川合流点付近で復帰流の確認を目指すため、伊自良川合流点より下流のS₄を加えた4側線を測定断面とする。河川流量観測には超音波ドップラー式多層流向流速計(ADCP:Acoustic Doppler Current Profiler)を用いる。伊自良川の流量は、プライス

型流速計を用いてS₅で測定する。伊自良川以外の支川や用水路からの流入出量は、本川流量と比較して十分に小さいため、無視した。異なる流況を観測し、河川流量の違いが河川水・地下水交換現象に及ぼす影響を調べた。

3. 結果と考察

1) 調査日の概要

流量観測は2014年7月22日と9月19日に実施した。7月22日の流量は、7月19日に始まった出水の影響を受け、豊水流量に相当した。一方、9月19日の流量は、直近にまとまった降雨がなく2週間続けて水位が低下しており、渇水流量に相当した。

2) 観測データの流量解析

ADCPによる測定断面に直交する流速 u の分布を図-3に例として示す。この流速値には欠測部分が存在し、表層と河床付近はADCP不感帯となっており、流量を算出するには詳細な解析が必要である。流速ベクトルから微小断面通過流量への変換、複数計測データの時間平均化、欠測部分およびADCP不感帯の内挿・外挿補間により、各測定断面の流量を算出した。

3) 洪水波伝搬時間を考慮した交換量推定

7月22日は、特に水位変動が大きく、ADCP観測時刻によって河川流量が異なるため、単純に各測定断面での流量差から河川水・地下水交換量を求めることができない。そこで、次元不定流計算を用いて非定常的な流量変化を推定する²⁾。次元不定流計算の支配方程式は、連続式および次元浅水流方程式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gn^2 u^2}{h^3} = 0 \quad (2)$$

である。ここで、断面積 A (m²)、流量 Q (m³/s)、断面平均流速 u (m/s)、重力加速度 g (m/s²)、水位 H (m)、

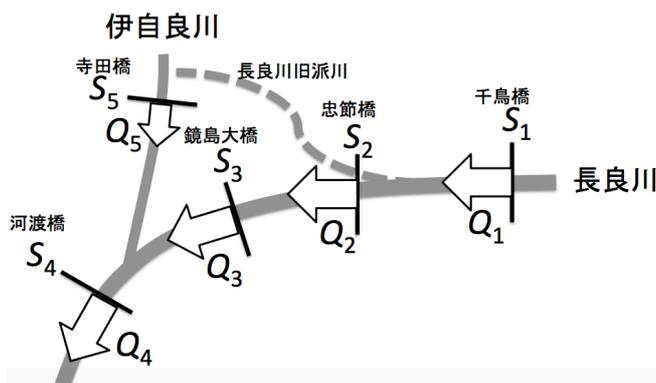


図-1 流量観測断面の位置

マンニングの粗度係数 n ($m^{1/3}/s$) , 平均水深 \bar{h} (m) である。観測水位と計算水位の位相および ADCP 観測流量と計算流量が一致するように粗度係数を決定し、河川水・地下水交換量がゼロであった場合の、任意時刻および任意地点の流量 Q'_i を算出した。このときの観測流量 Q_i , 計算流量 Q'_i , 推定河川水・地下水交換量 X_i を図-4 に示す。なお、 $X_i = Q'_i - Q_i$ であり、 Q_4 は合流する伊自良川流量を考慮して S_4 観測流量から Q_5 を減じたものとする。交換量 X_i の変動から、 S_1 - S_2 間で漏水、 S_2 - S_3 間はほぼ変化なく、 S_3 - S_4 間で漏水していると推定できる。調査区間全体を通して、 S_1 における河川水の約 50% が漏水している。なお、9 月 19 日も 7 月 22 日と同様の区間で漏水が発生し、調査区間全体を通して S_1 における河川水の約 40% が漏水しているという結果となった。いずれの流況においても交換現象の発生位置はほぼ同一であり、交換量は河川流量に線形比例していることがわかった。

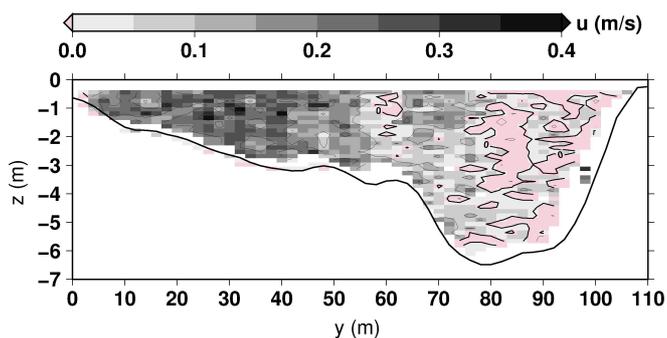


図-3 S_1 断面での流速分布の一例 (9 月 19 日)

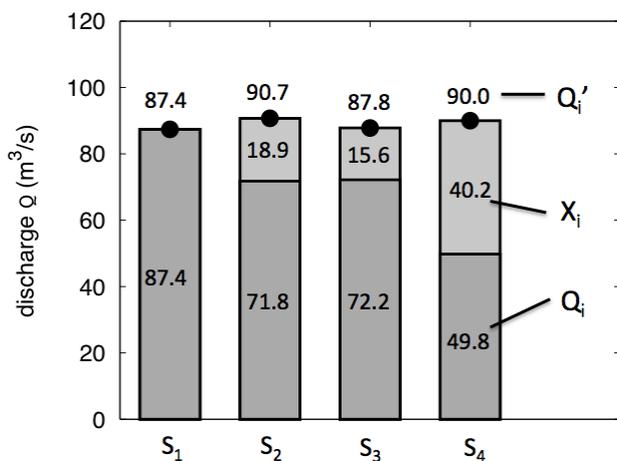


図-4 観測流量、計算流量および推定河川水・地下水交換量 (7 月 22 日)

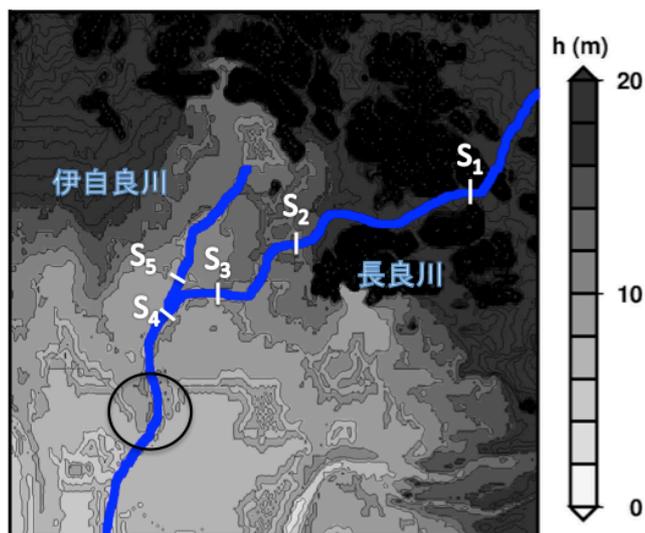


図-5 岐阜市長良川周辺の標高分布

3) 復帰流発生位置の考察

S_3 - S_4 間での漏水は、同区間で地下水が河川水へ復帰しているという予想と異なる結果である。一般に、扇状地における復帰流は、扇端部分で発生することが多い。そこで、岐阜市長良川周辺の標高 h の分布を図-5 に示す。この図から、丸印で囲んだ部分が扇端であることがわかり、この地点で復帰流が発生していることが予想される。

4. まとめ

流量変動を考慮に入れることにより、正確な交換量を把握することができた。 S_1 - S_2 間、 S_3 - S_4 間で河川水から地下水への交換、すなわち漏水が発生しているという結果が得られた。 S_1 - S_2 間での漏水は昨年の研究成果を裏付ける結果である。また、復帰流は本研究の調査区間より下流で発生している可能性が高いと予想した。

参考文献

- 1) 大橋慶介, 神谷浩二, 児島利治: 沖積平野における地下水の動態解明と涵養量の推定, 河川技術論文集, 第 20 巻, pp. 461-466, 2014.
- 2) 大橋慶介, 神谷浩二, 児島利治: 濃尾平野扇状地における河川による地下水涵養機構の評価, 地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集, pp. 49-53, 2014.