

洪水時の河川水と地下水の強い連関性を利用した土壌特性の推定

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 正会員 ○天方匡純
 正会員 川崎将生
 正会員 富澤洋介
 正会員 安田成夫

1. はじめに

地下水解析を行う際の涵養条件の1つとして河川からの伏流現象が考えられる。河川と地下水の浸透関係については、従来からその解析が試みられ、ダルシー則に従った物理的な理論^{1), 2)}は確立されている。しかし、そのモデル化に当たり浸透特性を表現する透水係数等を設定する際には、根拠資料が極めて少ないため、好ましいと思われる値が仮想設定されることが多い。

本論文では、河川近傍地下水位に対して河川水位の影響力が高くなる、年に数回発生する程度の洪水時において、河川水位と地下水位の関係から透水係数等の推定を試みたものである。

2. 観測水位データ概要

1) 各水位観測位置及び周辺概要

対象区域は筑後川水系の一次支川である佐田川沿い（両筑平野）にある。その位置関係は概ね以下になる。A-1 地点では河川水位、A-2、A-3 地点では地下水位が測定されている。なお、A-2、A-3 地点共に浅層地下水位の観測を目的としたものである。

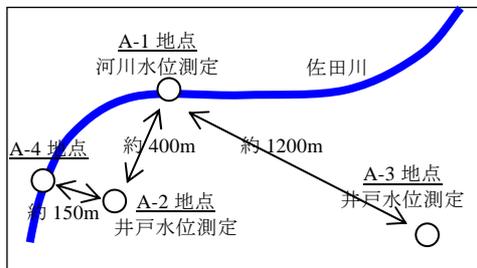


図 1 水位観測位置図

河川沿いの土地利用は水田によるものが主であり、河川からの取水は頭首工より行われている。また、水量が少ない非灌漑期には、伏流による瀬切れ現象が確認されている。

付近の地下水帯水層は3層に分かれ、最上部の地下水帯水層は沖積低地であり層厚は10m程度である。本論文で扱う水位は全てこの層内のデータとし、この浅層における土壌特性の推定を目的とする。

2) 各データ整理結果

図 2 に各水文観測データ結果を示す。観測期間は2004/2/3～8/27であり、毎時測定を行った。しかし、データ集計後に毎時観測データと毎日観測データ（午

前9時）を比較したところ、地下水位変動形状に関しては大きな差は無かったため、午前9時データを日代表値として以後の解析を行った。また、頁の都合から5/1～6/19のグラフ表示とし、雨量データは佐田川流域内にある甘木雨量観測所（気象庁）を用いて、日雨量表示とした。

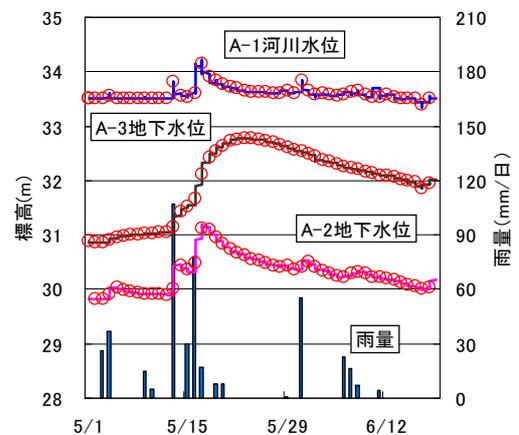


図 2 観測データ結果

図 2 より以下の特徴が読み取れる。折れ線グラフは時間観測値を示し、丸印は日観測値を示している。

- ① 水位は、A-1 河川水位、A-3 地下水位、A-2 地下水位の順で低くなっている。
- ② A-2 地下水位は A-1 河川水位変動に近い動きをしている。すなわち、A-1 と A-2 の水位変動は降雨変動の鋭敏な波形に類似している。
- ③ A-3 地下水位は A-1 河川水位や A-2 地下水位とは異なる水位変動波形を示しており、変動機構が他の二箇所とは異なることが予想される。

以上の確認より、5/1～6/19の期間については、A-1 地点からの伏流の影響は A-2 地点に強く反映され、A-3 地点との相互反映は少ないことが伺える。このため、本論文では簡便化のため、A-1 地点と A-2 地点の水位データから伏流区間周辺の土壌特性を推定する。

3. 河川水と地下水の相関性の確認

A-1 河川水位変動量と A-2 地下水位変動量の相関解析により、両データの連動性を確認した。

1) 全期間における単相関解析

図 3 に2004/2/3～8/27までの毎日地下水位変動量に対して相関解析を行った結果を示す。A-1 と A-2 の水

Keyword : 河川、地下水、伏流、透水係数、貯留係数
 連絡先 : 〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地、TEL029-864-3052、FAX029-864-2688

位変動量の間に一義的な強い関係は確認できない。

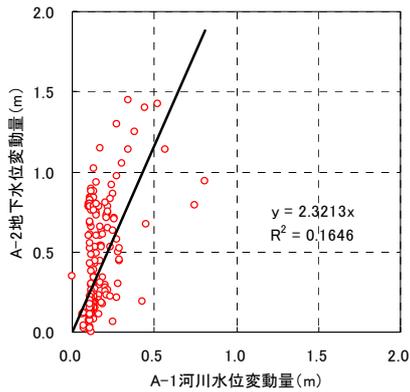


図 3 単相関解析図 (2/3-8/27)

2) 特定期間の単相関解析

図 2 で A-1 河川水位と A-2 地下水位の連関性が認められたことから、特定期間の単相関解析を行う。降雨に対する地下水の応答特性から解析対象期間を 5/13～5/23 とした。なお、一連の降雨終了後のデータ解析期間は、A-1 河川水位から A-2 地下水位への影響力が弱まる期間までとし、A-1 河川水位に対する A-2 地下水位の時間遅れを任意に数ケース設定し、相関係数が急激に悪くなるまでの 3 日間とした。

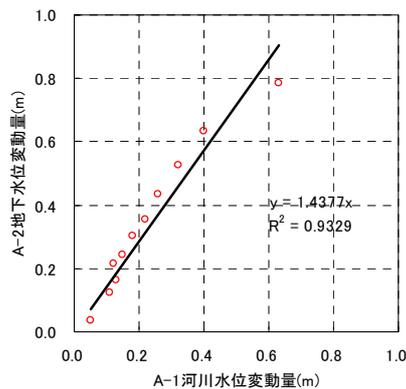


図 4 単相関解析図 (5/13-23)

A-1 河川水位変動量と A-2 地下水位変動量の関係を図 4 に示す。相関係数は $0.97(=\sqrt{0.933})$ となり、非常に高い相関を得た。また、水位データのプロット位置と回帰式の関係から、A-1 河川水位変動量と A-2 地下水位変動量は概ね線形関係にあることが確認できる。

4. 伏流区間周辺地域の土壌特性の推定

1) 貯留係数の推定

降雨量に対する地下水位上昇量から貯留係数を推定する。地下水位データは佐田川水位の影響が無いと推定される A-3 地点のものを用いた。なお、貯留係数は体積格子の空隙割合であるため（空隙分のみ雨量が蓄えられる）、地下水方程式より「貯留係数×地下水位上昇量＝降雨量」と考えた。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_{ij} \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - q = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{地下水方程式})$$

K_{ij} : 透水係数, h : 水頭, q : 流入・流出量, S_s : 貯留係数

表 1 貯留係数算定表

降雨名	降雨量(mm)	地下水上昇量(mm)	貯留係数
5/13降雨	107	290	0.37

過去の文献³⁾より、当該付近の貯留係数は 0.249（甘木市中島田）と整理されており、検討値は概ね妥当であると考えられる。

2) 透水係数の推定

洪水時の佐田川から A-2 地点までの浸透経路が河川法線に対して垂直になると仮定し、A-4 河川水位(図 1 参照、A-1 データで代替)と A-2 地下水位を用いて A-2、A-4 地点間の土壌の透水係数を推定する。A-1 地点と A-4 地点の水位変動の時間遅れは微小とみなし、図 4 の関係が A-2 と A-4 の間でも成立すると考える。

表 2 A-2 及び A-4 水位等諸元

項目	A-2 平均水位	A-4 平均水位	水位差	距離	到達時間
諸元	31.14m	33.72m	2.58m	150m	25時間

上記諸元より透水係数は以下のように求められる。なお、下付き添え字 y は鉛直方向成分を示す。

$$\frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{2.58}{150} = 0.0172$$

$$v_y = \frac{2.58}{25 \cdot 3600} = 0.0000287(m/s) = 0.00287(cm/s)$$

$$\therefore k_y = \frac{v_y}{\frac{\Delta h}{\Delta x}} = \frac{0.00287}{0.0172} = 0.1666 = 1.7 \times 10^{-1}(cm/s)$$

過去の文献³⁾より、周辺の鉛直方向透水係数は $2.70 \times 10^{-1}(cm/s)$ （甘木市三奈木）と整理されており、オーダー的には同様の値が算定されたと考える。

5. おわりに

本論文では、洪水時の河川水位と地下水位の連動性に着目し、伏流区間周辺の土壌特性の推定を試みた。算定した貯留係数、透水係数ともに過去に整理された値と概ねの一致をみせ、モデルキャリブレーション前の一次推定値としての有用性を確認できた。

今後は、本論文で検討した貯留係数、透水係数を参考とし、実現象を反映した地下水解析を行い、両筑平野の広域的・局所的な地下水動向を把握していきたい。

¹ R.Allan Freeze,John A.Cherry,GROUNDWATER,pp193-236

² Freeze,R.A.,Role of subsurface flow in generating surface runoff:1.Baseflow contributions to channel flow,Water Resources Res.,Vol.8,No.3,pp609-623,1972.

³ 水資源開発公団筑後川開発局,昭和 61 年度 両筑平野地下水利用実態調査 報告書,p39,1987.