

木津川砂州における伏流水の流動過程

名城大学理工学部 正 員 原田 守博
名城大学理工学部 正 員 板橋 一雄
名城大学大学院 学生員 ○ 牧 幸治

1. はじめに

河川中流域に形成される砂州は、主に砂礫から構成されるため透水性がきわめて高く、周囲の河川水は砂州内に盛んに浸透し伏流水として流動する。河川から浸透した伏流水は、砂州に生息する植生に水分を供給し、それらの形成・維持に重要な役割を果たしていると考えられる。しかしながら、砂州全体における伏流水の流れについて調査された例はほとんど無い。本研究では、淀川支流の木津川の砂州を対象に多数設置された伏流水の観測孔を用いて、水位の測定および数値解析の結果から砂州内の伏流水の挙動を考察する。

2. 対象砂州の概要と伏流水の観測孔

対象とする砂州は、京都府を流れる木津川中流域（宇治川合流点から 11～12km 地点）の左岸に位置し、長さ約 1 km、幅は最大で 0.4km である。砂州の地形は木津川的主流路に近い部分に微高地、高水敷との間に低い平坦地がある。微高地の表層には土壌があり、ヤナギ類やセイタカアワダチソウなど種々の植生が繁茂している。平坦地の表層は砂礫質で、ツルヨシなど植生が繁茂している。出水時にはこの平坦地に河川水が侵入して二次流路が形成され、微高地は流水中に孤立した中州となる。砂州内には、図-1 のように伏流水の観測孔 47 本が設けられた。これら観測孔は、全層にストレーナが設けられた平均水位測定孔（深度 3 ～ 5 m）38 本と、先端以外に開口部の無いピエゾ水頭測定孔（深度 3, 6, 9 m）各 3 組から成る。

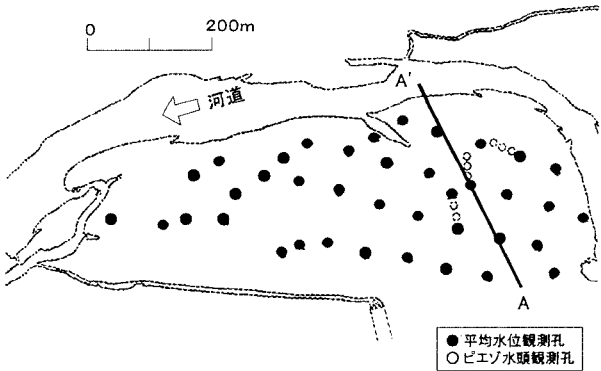


図-1 伏流水観測孔の設置箇所

3. 砂州の堆積構造と透水係数分布

深層ボーリングデータ 5 本と浅層ボーリングデータ 3 本により、砂州の堆積構造を推定した。図-2 に深層ボーリングデータの一例を示す。図-3 は、ボーリングデータより推定した断面の一例（図-1 の A-A' 断面）である。これによると、砂州の地下には木津川によって長期間に形成された砂礫層が厚く堆積するが、標高 0 m 付近には粘性土層が層厚 2 ～ 9 m で連続して分布することから、これを浅層の不圧地下水および伏流水の難透水性基盤とみなしてよいと考えられる。

観測孔の掘削時のボーリングコア試料 3 8 本を用いて透水試験を行ない、透水係数の空間分布の検討を行った。試験結果によると、透水係数の値は空間的に 0.001 ～ 1.0 (cm/sec) のオーダーで変化しており、複雑な堆積過程を反映した不均質な分布になっているものと推察される。

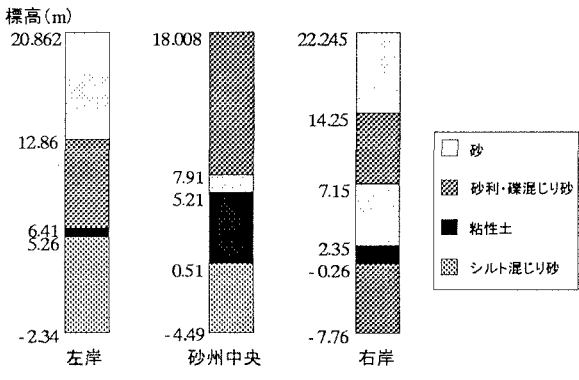


図-2 深層柱状図の例

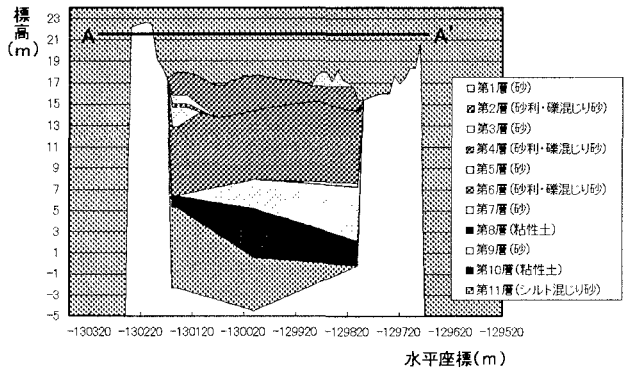


図-3 対象砂州の断面図

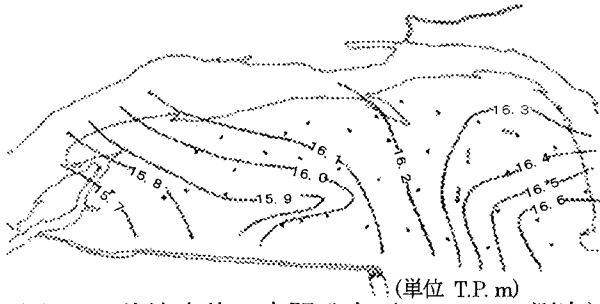


図-4 伏流水位の空間分布 (1999.12.3 測定)



図-5 解析による伏流水位と空間分布

4. 砂州内の伏流水位分布と流動解析

(1) 伏流水の観測結果：観測孔を用いて行なった伏流水位の測定結果の一例を図-4に示す。図では、砂州の上流域に尾根状の伏流水位分布が見られるが、この分布域は出水時に二次流路となる凹地部に対応し、観測時には溜まりが形成されていたことを反映したものである。したがって、砂州内では河道からの流入水と溜まりからの浸透水が下流に向かって放射状に流動していたと推察される。流れの経路を詳細に明らかにするには現状の観測孔の密度では困難であり、伏流水の支配方程式を数値解析する必要がある。

(2) 伏流水解析モデルによる観測水位の再現性：伏流水を平面2次元定常流と仮定し、地下水流の支配方程式を差分解析パッケージの MODFLOW¹⁾によって解析した。解析領域である対象砂州を10m角の差分格子に分割し、境界条件として、本川側については河川水位を、高水敷側については境界上の観測孔水位を補間して与えた。砂州全体を均質場と仮定したうえで、水理パラメータについては、透水係数 0.1cm/sec、間隙率 0.2、層厚 15m と設定して定常解析を行った。解析により得られた伏流水位と流向の空間分布を図-5に示す。これによると、伏流水の流向については、観測結果(図-4)と同様に、砂州の上流端(右方)から下流(左方)に向かった流れが認められる。また、計算水位と観測水位との比較を図-6に示す。計算水位と観測水位の平均誤差は 0.0284m と小さく、数値モデルによる伏流水の解析結果は、現象の大略を表現できているといえる。

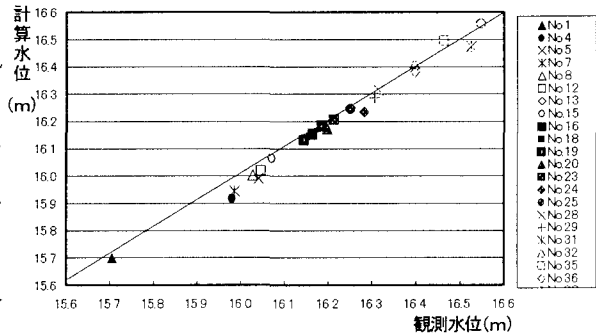


図-6 計算水位と観測水位の比較

(3) 伏流水の流動経路および砂州内滞留時間の解析

砂州内の伏流水の流動経路および流動に要する時間の解析結果を図-5に併せて示す。太線矢印で表された流動経路によると、本川および上流部の溜まりから浸入し、下流部の溜まりと二次流路へ浸出する流れが認められる。流動に要する時間(矢印の長さ=100日)に関しては、短時間で本川に流出する地点から、長時間砂州内を流動する地点までまちまちであり、長いものでは砂州上流部から中央部まで約 650 日かかる。また、伏流水の平均滞留時間は、砂州の間隙体積 534,300m³を解析で得られた砂州への流入水量 3,100m³/日で除することにより約 170 日となる。伏流水の挙動のより詳細な検討を行なうために、現在、透水係数や土質粒度のデータを考慮した不均質モデルの構築を進めている。

5. おわりに

本研究では、今後、自記水位計の記録を活用して、河川水位の変動が砂州内に影響する範囲や、時間的遅れなどについて、伏流水位の非定常解析により検討する予定である。また、砂州には、水質を浄化する作用があるといわれており、河川から砂州に浸入した水の水質がどのように変化するかについて水質調査を行ない、溶質輸送の数値モデルと比較・検討を行なう予定である。

参考文献

1) M.G.McDonald, and A.W.Harbaugh: A Modular Three-dimensional Finite-Difference Ground-water Flow Model,USGS Open-File Report 83-875,1988