

木津川砂州域における伏流水挙動に関する研究

名古屋大学大学院工学研究科 学生員 河戸則和  
正 員 鷺見哲也  
正 員 辻本哲郎

**1. はじめに** 河川水はその蛇行に伴い、河畔砂州域を流動する伏流水と、表流水とが絶えず交換しながら流下していく。伏流に伴う浄化作用として表流水の水環境に影響を及ぼすとともに、伏流水は間隙内生物の生息場や植生の土壌水理的な環境を支配するなど、砂州域生態系への影響が注目されている。

本研究では、伏流水流動の砂州スケールでの挙動を明らかにするため、伏流水位の現地調査を元に、河川水位の変化に伴う伏流水位の状態を把握した上で、数値解析を援用して伏流水挙動を示し、砂州域の水収支等を検討する。

**2. 研究対象地域の概要** 木津川の、淀川合流点から 12km 付近に位置する単列交互砂州の一つを研究対象とする。木津川は計画高水流量  $6,100\text{m}^3/\text{s}$ 、年最大流量  $1,799\text{m}^3/\text{s}$ 、平水流量は  $23.6\text{m}^3/\text{s}$  で対象砂州付近の河床勾配は約 1/1150 である。砂州の本川側には植生域が発達し、砂州中央部には 2 次流路が流入している。また左岸堤防には樋門があり、樋門から砂州左岸側を流下し下流部で本川、2 次流路に合流する水路で結ばれている (図-1)。

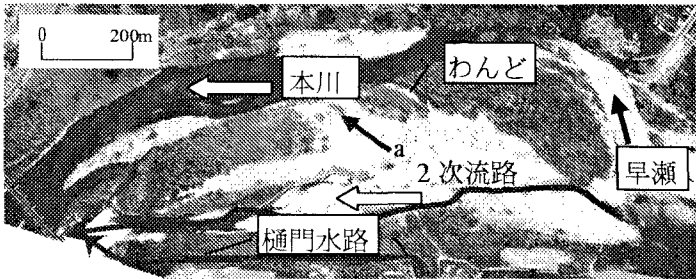


図-1. 研究対象砂州

**3. 現地調査** 対象砂州全体に設置された 40 本の水位観測井戸 (深度 3~5m, ストレーナ式) を用い、伏流水位の平面観測を行った。表流水位の観測は、打設された杭頭の標高を基準にして得た。また、伏流水位の低減特性や、様々な表流水位における伏流の状態を調べるため、平成 12 年 9 月 12 日の洪水低減期にあたる 9 月 14 日 (午前, 午後の計 2 回)、及び 11 月 3 日の洪水低減期にあたる 11 月 5 日, 7 日の計 4 回の現地観測を行った。なお、図-2 に示す水位は、対象砂州の上流約 4km 地点にある、飯岡水位観測所におけるデータである。

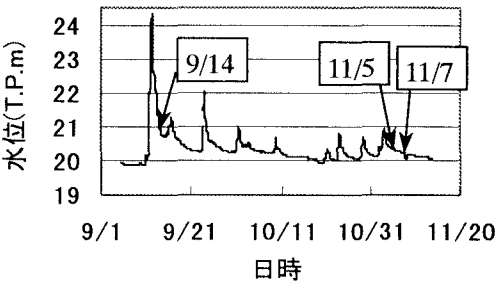


図-2. 飯岡観測所水位

**4. 伏流水位分布及び数値解析**

**(1) 現地調査結果** ここでは水位の高い 9 月 14 日の午後、及び水位の低い 11 月 7 日の伏流水位コンターをそれぞれ図-3, 4 に示す。観測前日の 9 月 13 日は、2 次流路流入部から裸地を横断して本川まで 2 次流路が繋がっている状態であった (図-1 矢印 a)。一方、11 月 7 日は水位もほぼ安定しており、平水位程度であった。また、9 月 14 日の 2 点, 11 月 5, 7 日の 2 点から、それぞれの水位低減率を求めた。図-5 に、11 月 5-7 日のデータを示す。図-6 に現象の要因をまとめた。

図-3,4 において、砂州上流部では両図共に 2 次流路側から本川側に伏流水が流れている。これは早瀬部分に約 30cm の急激な落差があるため、砂州上流部の 2 次流路と本川の間の水位差が広がり、動水勾配が大きくなる。その効果によって、この部分を横断する伏流量は比較的多いことが推測される。図-3 においてこの現象は特に顕著で、図中の矢印 A の方向への勾配が大きい。これは洪水時に形成されるもう一つの 2 次流

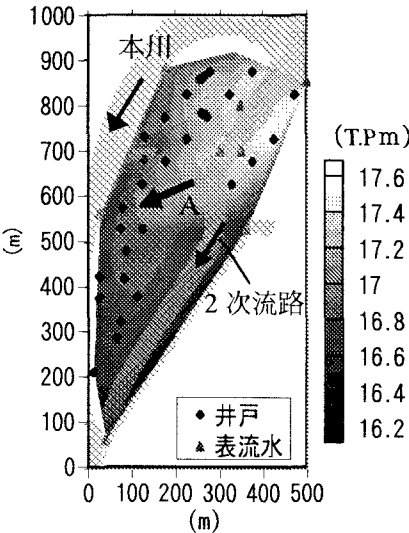


図-3. 伏流水位コンター (9/14)

路の流下方向（図-1 矢印 a）と一致しているが、前日(13 日)まで 2 次流路に覆われていた際の地表からのしみ込みにより伏流水面が上昇し、土壌の貯水機能により 2 次流路（図-1 矢印 a）が切れた後もその影響が効いていたためと考えられる。一方、図-4 の下流部で伏流水はほぼ本川と平行に流下しているが、砂州下流部では 2 次流路と本川の水位差が小さくなり、水供給は表流水ではなく上流部伏流水に依存しているため、下流方向へ比較的直線的に緩く流下していると考えられる。

図-5 では早瀬付近の伏流水位低減率が大きい、砂州上流部の伏流水が表流水に大きく依存しており、伏流する距離も短く、表流水位の低下にすばやく反応するためと考えられる。一方、水供給を上流からの伏流水に依存している下流部では、表流水位変化の影響が及ぶまでに比較的時間を要すると考えられる。

以上より、伏流水挙動に大きく影響を及ぼす要素を以下に記す。

- ・表流水境界間（ここでは 2 次流路と本川）の水位差
- ・表流水流入部、伏流水流出部（伏流域の上端,下端）の距離
- ・冠水による地表からの流入

(2) 数値解析 本研究では Dupuit の仮定及び等方均質で下端の水平な帯水層の仮定のもとで、平面 2 次元不圧地下水流動の支配方程式として、次式(1)を差分法（スタッガード格子）を用いて数値的に解く。

$$\frac{\partial h^2}{\partial x^2} + \frac{\partial h^2}{\partial y^2} = 0 \tag{1}$$

ここで、 $h$  は不透水層上面を基準（現地のコアボーリング調査により T.P.0m 付近）とした時の伏流水位である。現地サンプルによる測定を元に、透水係数  $k=2.0 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$  とした。境界条件として本川側は河川水位を、堤防側は樋門水路の水位を、また内部境界条件として 2 次流路の水位を用いた。解析範囲は砂州全体とし、1 メッシュを  $25\text{m} \times 25\text{m}$  とした。11 月 7 日のデータを境界条件とした計算結果を図-7 に示す。現地データである図-4 と比較すると、局所的な特徴は再現しきれていないものの、2 次流路流入部からの放線状の広がりや樋門付近の水位の落ち込み、また下流部の傾向

など、全体として現地の伏流状況を再現できており、砂州全体の特性を表すには一様な等水性を仮定しても近似できることが言える。

今後はこの数値解析を用いた砂州域全体での水収支の推定や、非定常計算による解析を行う予定である。

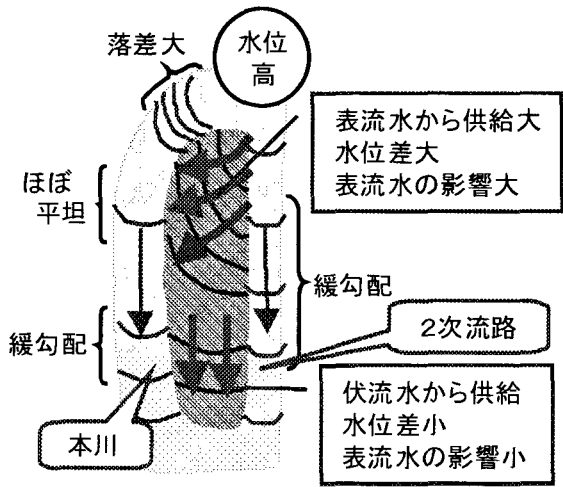


図-6. 伏流水挙動の要因

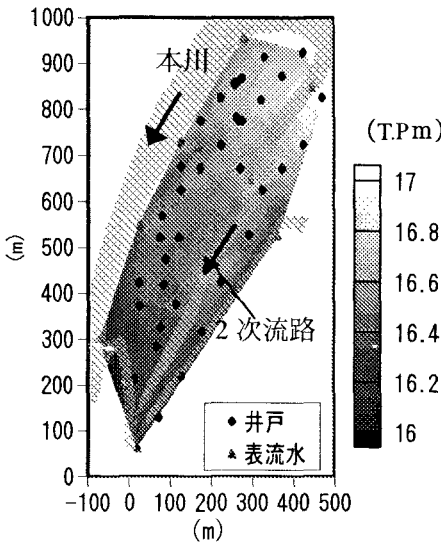


図-4. 伏流水位コンター(11/7)

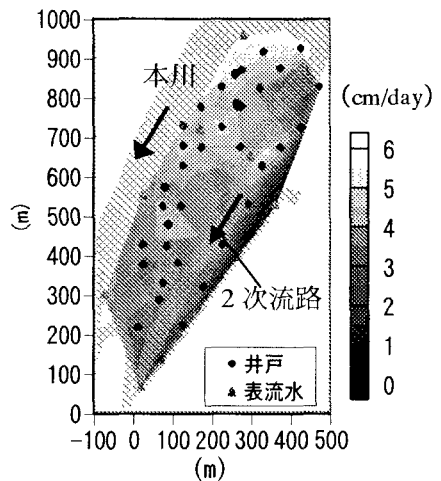


図-5. 水位低減率(11/5-7)

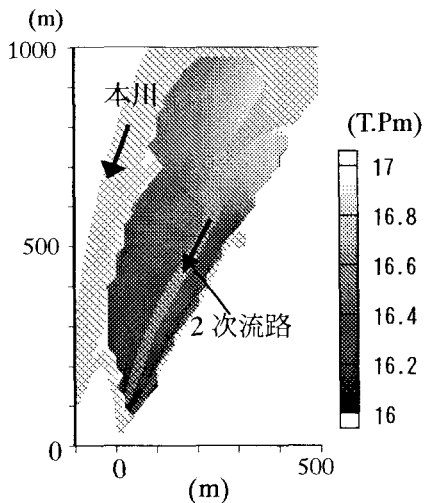


図-7. 計算結果(11/7data)

〔参考文献〕 1). 鷲見，顚原：「砂州内の伏流水挙動とたまりの水交換性に関する研究」，河川技術に関する論文集，2000，p89～p94  
2). Jacob Bear : dynamics of fluids in porous, American Elsevier Publishing Company, Inc, 1972