

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
 名古屋大学大学院工学研究科 正 員 鷲見哲也
 名古屋大学大学院工学研究科 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、数値解析を援用して伏流水挙動及び収支を示す。また砂州域の蒸発散量を概算し、砂州全体での水輸送機構を議論する。

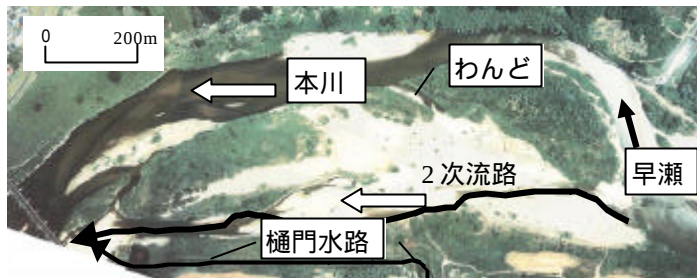


図-1. 研究対象砂州

2. 研究対象地域の概要 木津川の、淀川合流点から 12km 付近の単列交互砂州を研究対象とする。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、砂州中央部では近年の大規模洪水により河床が洗掘され、2 次流路が形成されている。また左岸堤防の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）。

3. 現地調査

(1) 調査方法 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。ここでは、本川流量がほぼ等しく、2 次流路が形成される以前と以降の観測値、平成 11 年 6 月 5 日（ $34.4\text{m}^3/\text{s}$ 、2 次流路なし）と平成 12 年 11 月 7 日（ $33.4\text{m}^3/\text{s}$ 、2 次流路あり）のデータを用いる。

(2) 調査結果 図-2、3 に 6 月 5 日と 11 月 7 日の伏流水位コンターを示す。図-3 で伏流水は、砂州上流部では 2 次流路から本川に向かって放射状に広がるように流れているが、早瀬部分の大きな落差によって 2 次流路と本川間の水位差が広がり、本川へ向かう大きな動水勾配が形成されるためと考えられる。砂州下流部では概ね本川に平行に流れているが、これは砂州下流部において 2 次流路と本川間の水位差が小さくなるためと考えられる。これに対して図-2 の砂州上流部では、ほぼ下流方向へ浸透している。2 次流路が存在せず、本川側へ向かう動水勾配が小さくなるためと考えられる。砂州中・下流部では、表流水境界が本川と樋門水路だけになるため、本川側から水位の低い樋門水路側に向かう流れとなっている。以上より、2 次流路の有無による境界条件変化に伴い、伏流環境が大きく変化したことがわかる。

4. 数値解析

(1) 水位分布の再現性 本研究では Dupuit の仮定及び等方均質で下端

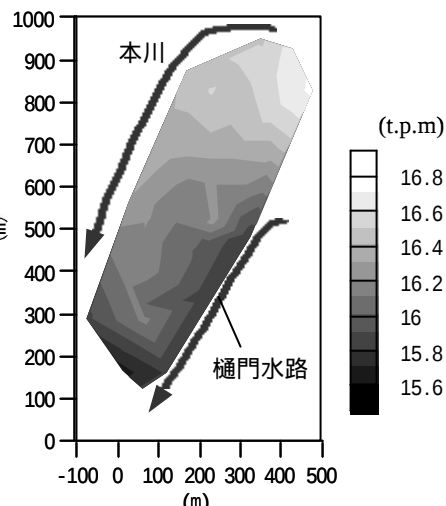


図-2. 伏流水位コンター(6/5)

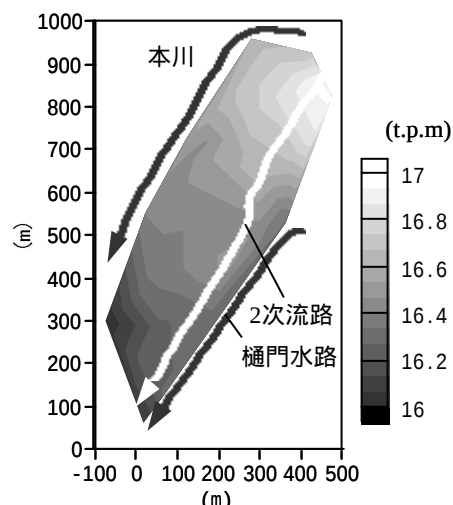


図-3. 伏流水位コンター(11/7)

キーワード：伏流水，蒸発散，砂州内水循環，水収支

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 TEL 052-763-4628

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．

$$\frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h^2}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

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-4 に示す．現地データである図-3 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射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、砂州全体スケール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と言える．

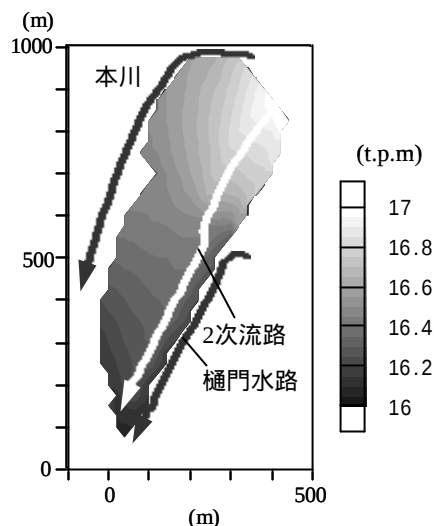


図-4．解析結果(11/7)

(2) 伏流水収支 本解析を用いて、砂州域を出入りする伏流水の収支を算出した．表流水との境界となるメッシュにおける、単位幅流出量・流入量のそれぞれの総和を計算した．表-1 から、2 次流路が流入することで伏流水の交換が大きく促進されており、境界条件の変化が伏流水の循環に對しても大きく影響を及ぼすことが分かる．

表-1．伏流水収支

観測日	本川流量(m^3/s)	伏流水交換量(m^3/day)
6月5日	34.4	366
11月7日	33.4	810

5. 蒸発散量を考慮した水収支 砂州内の水の流動は飽和伏流水が支配しているが、その上部に位置する不飽和土層（砂層）との鉛直方向の出入りも無視できない．そこで、対象砂州域における水平方向と鉛直方向の水移動のオーダーを見るために、蒸発散量の概算を行う．ここでは、Thorntwaite の式（京都府の月平均気温を採用）と大津市における観測値（鈴木，1983）等を参考（図-5）に 1,3,5mm/day の 3 つの値を用い、これに砂州域面積（ $230,000\text{m}^2$ ）を乗じて、対象砂州全体の日蒸発散量を算出した（表-2）．

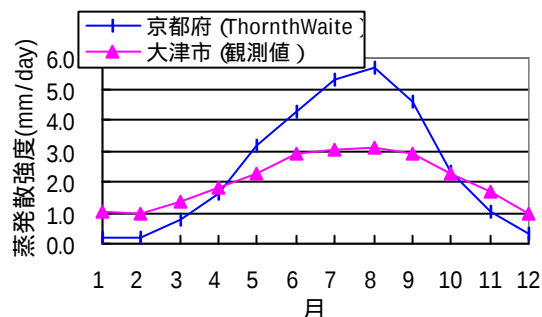


図-5．日蒸発散強度の月変化

表-1,2 を比較すると、冬季では蒸発散量が小さく、降雨も少ないため、水平方向の伏流水移動が相対的に大きくなることが分かる．これに対して夏季では、蒸発散量が大きくなり、伏流水移動と同等もしくはそれ以上の鉛直方向の水移動が行われることが分かる．また、降雨量も大きく、洪水による攪乱も起こるため、夏季は砂州内の水移動が促進されるとみられる．

本研究で、今回扱った規模の砂州においては、伏流水収支とほぼ同じオーダーで蒸発散が行われていることが分かった．このことは、図-6 に示すような砂州内水移動の多様性を示唆しており、伏流水による物質輸送や水質形成などを考える際に、これらを把握することが必要であると言える．

参考文献 鈴木雅一(1983)：降雨・流出過程における森林の影響．ハイドロロジー，p1-10

塚本良則(1998)：森林・水・土の保全，朝倉書店，p103-121

表-2．対象砂州における蒸発散量

-	蒸発散強度(mm/day)	日蒸発散量(m^3)
冬季	1	230
春 秋季	3	690
夏季	5	1150

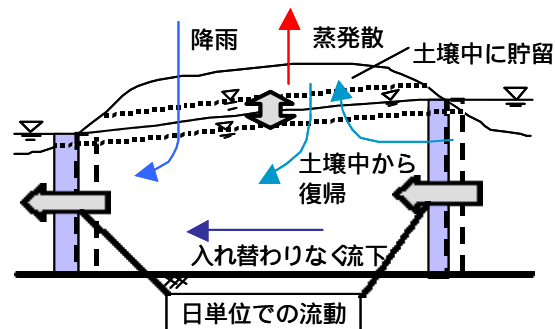


図-6．砂州内水移動の概念図