

木津川砂州における河川水と伏流水の水交換過程に関する解析

名城大学理工学部 ○ 北川弘二
名城大学理工学部 正会員 原田守博

1. はじめに

河川水は単に河道を流下するだけでなく、河床への伏流浸入や河畔砂州からの伏流水の湧出など、周辺の地域と水交換を行いながら流れている。すなわち、河川近傍の伏流水には、広い流域から河川に向かって集まってきた地下水に加えて、直近の河川水が河床や側岸を通じて砂州との水交換によって流入したものとがある。そうした伏流水との水交換は、河川水の水質を浄化する役割も果たしていると言われており、その定量的評価に注目が集まっている¹⁾。本研究は木津川の中流部に位置する砂州を対象として、河川水と砂州中の伏流水の間の水交換過程について検討したものである。

2. 河川水と河畔砂州との水交換過程とその評価手法

河川と伏流水との水交換が浸入と湧出のいずれになるかは、図-1に示すように河川水位と河道周辺の伏流水位との比高によって決定される。すなわち、河川水位が伏流水位よりも相対的に高い場合は河道からの浸入となり、低い場合には砂州からの湧出となる。こうした水交換の実態を把握するには、大きく分けて次の3つの方法が考えられる。

- ① 水収支法：河川の一定区間の上・下流端で流量を同時に測定し、水収支式によって水交換量を計算するもの。
- ② トレーサー法：河川水質や周辺の地下水質を調査することによって水交換の程度や空間的広がりを推定するもの。
- ③ 水理解析法：河川近傍の伏流水位の分布を観測し、ダルシーの法則によって水交換量を水理学的に計算するもの。

これらの方法のうち、今回対象とする木津川中流部では河川の流量規模が平常時でも大きいうえ、測定区間を長く取ることもできないこと、また河畔の観測孔は数が限られていることから、方法①と②は適用が難しいと考えられる。そこで、2005年に設置した小数の観測孔を用い、方法③の水理解析によって水交換過程の評価を試みることにした。

3. 対象地域および河川水位変動

対象とする木津川砂州の左岸域には、図-2に示すように伏流水の観測孔が計6本設置されており、直ぐ上流には河川水位観測施設がある。そこで、この河川水位データと、観測孔のうち上流側の2本(C, D)の水位計のデータを用いて、河川水位と伏流水位の応答関係ならびに河川と砂州との水交換過程を検討した。

一般に砂州内の伏流水位は、河川水位の変化に影響を受けるほか、降雨に伴う雨水浸透によっても変動する。とくに河川水位が洪水によって変化する場合、大抵は雨も降っているため、伏流水位の変動が河川の影響なのか降雨の影響なのか判別することは難しい。そこで今回は、晴天時に上流のダム放流によって河道流量が増え河川水位が変化するケースを抽出し、河川水位のみによって伏流水位が変化する状況を検討した。なお、河川水位の観測地点と解析対象の砂州域の距離はわずかに400mであることから、河川水位変動の時間遅れは無視できると考えられ、観測された河川水位データを砂州の境界水位として用いることとする。

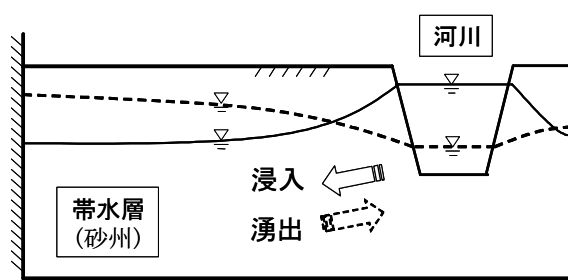


図-1 河川と帯水層（砂州）との水交換



図-2 対象とする木津川11番砂州左岸域

4. 解析手法および水理パラメータの同定

図-3は解析領域を模式的に表したものである. ここでは, 河川とそれに直交して位置する2本の観測孔 (C, D) について1次元の伏流水の流れを想定し, 不圧地下水方程式を線形化した次式を差分法によって解析した.

$$\frac{\partial h'}{\partial t} = \frac{Kho}{Sy} \frac{\partial^2 h'}{\partial x^2}, \quad h = h_0 + h', \quad |h'| \ll |h_0| \quad (1)$$

ここに, h : 伏流水位, K : 透水係数, h_0 : 平均水深, Sy : 比産出率である. 解析の境界条件は, 河川に接する境界で測定水位を, 河川から100m離れた地点に不透水条件を設定した.

つぎに, 水理パラメータ Kho/Sy の値を観測孔による伏流水位データを用いて同定する. 図-4は, 上記のパラメータ値として, $30 \text{ m}^2/\text{min}$ と設定した場合の解析である. 砂州における観測孔の位置は, 井戸Cが河岸から $x = 5\text{m}$ 付近, 井戸Dが $x = 35\text{m}$ 付近に相当することから, 図中に示したような観測値と計算値の対比となる. 図から明らかなように, 計算値と観測値の間で良好な一致を示している.

5. 河川水と伏流水の水交換過程の解析

同定されたパラメータ値を用いて河川近傍の伏流水位の場合的勾配を計算し, ダルシー則によって河川から砂州への浸入フラックスを求めた. 砂州の比産出率 Sy を0.2とした場合の計算結果を図-5に示す. この図は河川から砂州に向かう流れを正とし, 河道の長さ100m当りの流入量として表したものである. 図から分かるように, 河川水位の上昇に呼応して河川から砂州への流入が生じ, その後, 河川水位が低下する頃には水交換量は負となって, 砂州から河川に伏流水がゆっくりと湧出している様子が認められる.

次に, 河川水位の変動に伴って砂州への浸入水が砂州内のどの辺りまで入り込んでいるかについて考察する. 図-6は各時刻までの浸入水の総量を h_0 ($=3\text{m}$) と Sy ($=0.2$) で除すことにより, 平均的な浸入幅 W を推定したものである. これによると, 今回の40~50cm程度の河川水位変化によって砂州内には最大で約20mのところまで河川水が浸入したことになる. これはあくまで試算値に過ぎないが, 河川と砂州の水交換過程を考える上で一応の目安とみなすことができる.

6. おわりに

ダム放流による河川水位変動に伴う水交換過程の解析した. 今回のモデルは1次元の単純なものであるため, 今後, モデルを平面2次元に拡張し, さらに詳しい検討を進めていきたいと考えている. 最後に, 本研究は「河川生態学術研究会・木津川研究グループ」の活動の一環であることを付記する.

参考文献 1) 河川生態学術研究会:『木津川の総合研究』, 2003.

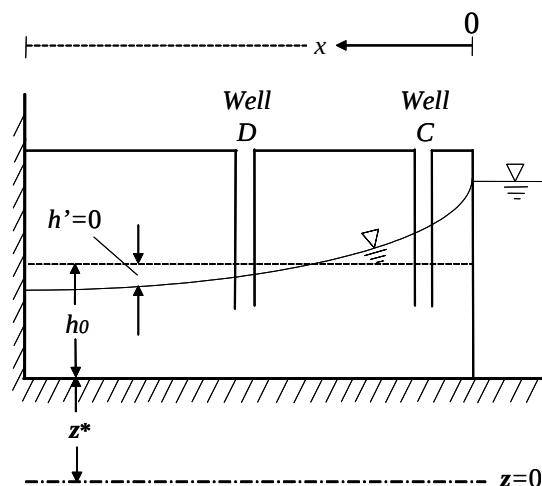


図-3 解析領域の模式図

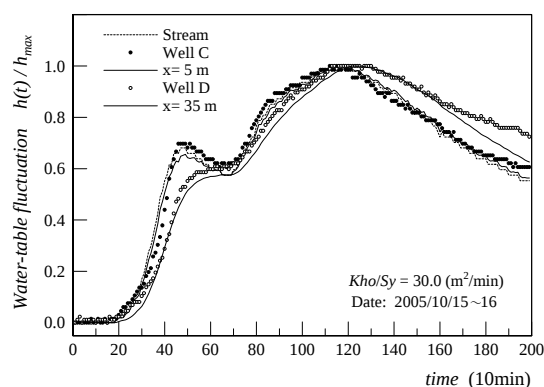


図-4 水理パラメータの同定

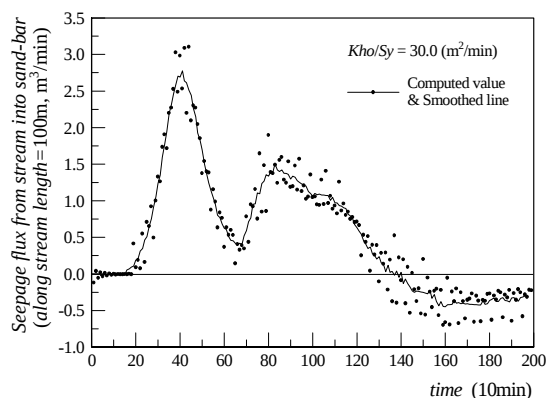


図-5 砂州への河川水の浸入流量

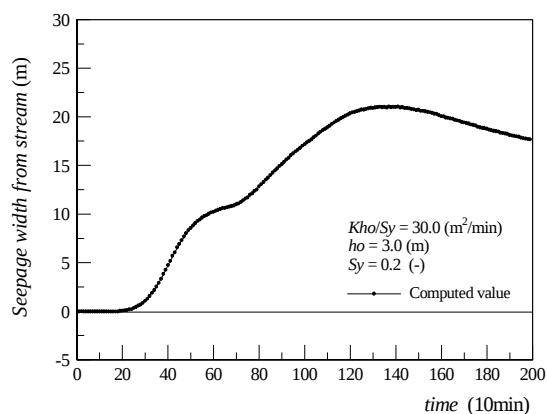


図-6 河川水の平均浸入幅