

野洲川扇状地における河川水の伏流過程に関する考察

名城大学理工学部 正員 原田 守博, 木村 俊夫
名城大学理工学部 ○岡嶋 和義, 中島 悠

1. はじめに

河川水は水資源としてダムや頭首工において取水されるが、その下流部では河道の流量が減少し、水質や生態系・景観等に悪影響が出ることもある。とくに河川が扇状地のように透水性が高い地盤を流れる場合、流水は河床から伏流し河道流量は一層乏しいものとなる。したがって河川環境を保全する上では、周辺の地下水との水交換も考慮しつつ維持流量を評価する必要がある。本研究は、河道の一部が枯渇する滋賀県の野洲川を対象に、河道流量の伏流現象を現地観測するとともに、その原因について考察を加えたものである。

2. 野洲川下流部における河道の流況

野洲川は図-1のように、湖東平野に扇状地を形成しつつ琵琶湖に流入する流域面積 387km^2 の河川である。扇頂部には自然越流型の堰が設けられ、頭首工によって農業用水が取水されるため、河道の流量が減少する。下流の基準地点・野洲における流量データによると、流量が $3\text{m}^3/\text{s}$ を下回る日数は平均して年間約 100 日である。さらに、流水がすべて伏没して河道が枯渇する期間は、図-2のように年間数日～40 日も発生し、「水無し川」となっている。

頭首工の下流で流量がどのように変化するかを明らかにするために、図-1に示すA～Fの6地点において流量観測を行った。観測は東邦電探(株)製プロペラ流速計ほかを使用し、測定精度は5%であった。図-3は、筆者らの観測結果と日本建設コンサルタントによる測定データをもとに、調査地点間の流量変化率を求めたものである。図から分かるように、地点D～E間には支川が合流するため流量が増加するが、地点B～C～D区間は年間を通じて流量が減少している。この区間では支川の分岐はないため、この流量減少は河床への伏流浸透に起因する可能性がある。

3. 河川水の伏流区間と周辺地下水との係わり

河川流量の減少が伏流によるか否かを判断するには、河道水位と周辺の地下水位の比高を検討する必要がある。野洲川扇状地には国土交通省の観測井が多数分布しているが、詳細なデータが入手できた5本について地表からの地下水面深度を示したものが図-4である。これによると、各井戸における地下水面の深さは、井戸が河道から離れるにつれて若干増加するものの、概ね5m程度である。そこで、野洲川の河床高を基準として、河道から1km離れた路線の地盤高と、そこから5m下に想定される地下水位までの比高を求め、その分布を描くと図-5が得られた。これによると、地点B～Dに

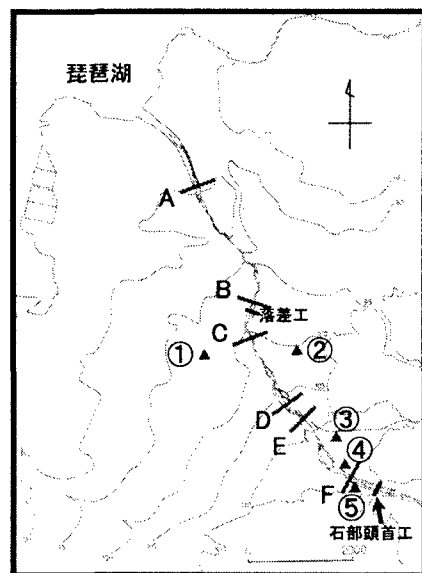


図-1 野洲川扇状地

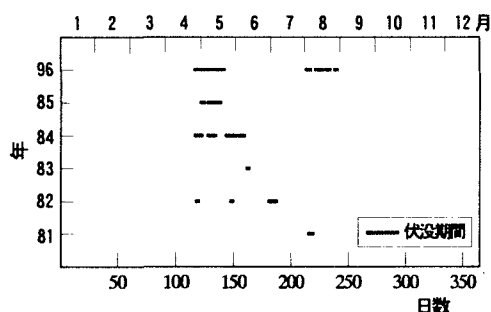


図-2 野洲地点における伏没期間

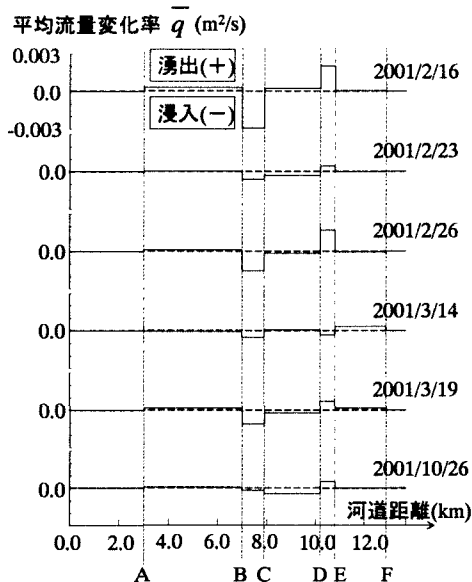


図-3 河道の流量変化率の分布

(2～3月: 日本建設コンサルタント測定)

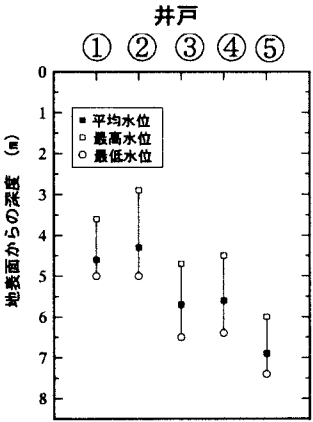


図-4 各井戸の地下水面深度 (1997)

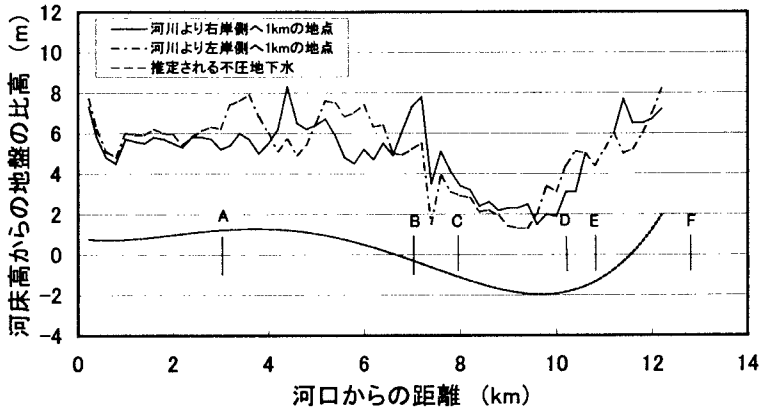


図-5 河床高を基準とした周辺地盤と地下水位の比高

相当する区間において地下水位の比高が負となっており、河床高よりも地下水位の方が低いことが分かる。このことは、B-D 区間での流量減少が河床から帯水層への伏流浸透によることを裏付けるものといえる。しかしながら、図-5の地下水位は概略の推定値に過ぎず、河床からの伏流現象を定量化するには扇状地全体での地下水と河川の係わりを解析する必要がある。

4. 仮想扇状地における水理解析モデルの構築

河川の流れと扇状地地下水との水交換を評価する目的で、河川-帯水層の結合系について定常水理モデルを作成した。図-6に示す仮想地形を対象として、河川と地下水の相互作用と伏没現象の再現を試みた。

河道上流端での流量を Q_0 、流下距離 s における帯水層への伏流流束を $q^*(s)$ で表すと、河道流量 $Q(s)$ は連続式(1)で与えられる。地下水位 $\phi(x,y)$ は、Dupuit の仮定により式(2)に従い、河川水位等の境界条件を与えることにより計算できる。河道近傍の地下水位から伏流流束 $q^*(s)$ が、式(1)により流量 $Q(s)$ が求められる。河道の水深 $h(s)$ は Manning 則を用いた等流近似の式(3)を用いて $Q(s)$ から逆算される。得られた $h(s)$ を帯水層の境界水位に用いて地下水位の計算を反復することにより、相互作用の結果としての河道水面形が確定される。

図-7は上流端流量 $Q_0=2.3\text{m}^3/\text{s}$ 、透水係数 $k=5.0\times 10^{-3}\text{m/s}$ 、河道幅 $B=30\text{m}$ 、Manning の粗度係数 $n=0.04$ 、河床勾配 $I=1/560$ 、 $H_0=40\text{m}$ として解析を行った場合の地下水位分布である。この図をもとに河道からの伏流量を計算すると、河道の流れは上流端から 7km 地点より約 2.5km にわたって伏没する結果が得られた。

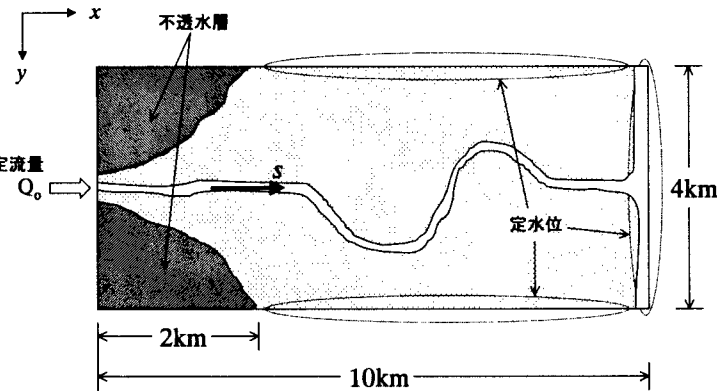


図-6 解析の対象とした仮想扇状地

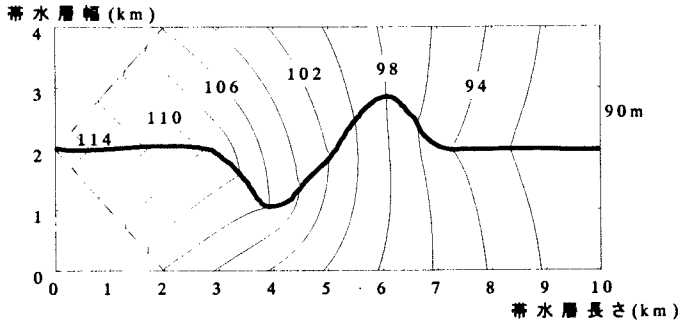


図-7 地下水位分布の解析結果

5. おわりに

扇状地における河道の伏没現象について、野洲川での実測データと仮想地形に対する数値解析の両面から検討した。今後、作成した解析モデルを野洲川扇状地に適用し、実際の現象の定量化を行なう予定である。