

礫河床での鉛直水交換現象に関する研究

大同大学 学生会員 ○山下 理代
大同大学 正会員 鷺見 哲也

1. はじめに

多くの自然河川において河床では河川水と伏流水の水循環が絶えず起きていると考えられている。^{1) 2) 3)} しかしこれまでの研究では、これらの水交換現象は実際に起きているのか、またどのような場所でどの程度起きているかという研究はあまりされてこなかった。

本研究では差圧マノメータを使い河川水と伏流水の圧力差を利用し、今まで調べられてこなかった河床における河川水の鉛直水交換の調査を行い、これらのその分布を把握しようと試みた。

2. 調査対象区域

調査は天竜川河口から9キロメートル地点の左岸側砂州付近で行った。左岸側にはわんどに向けて本川から流れる分流部(支流)があり、その入口部から、水路上流部にわたる範囲を計測対象範囲とした(写真-1)。この分流部(支流)は、10m~6m程度の川幅であり、上下流で緩やか、下流への中間部で急な瀬があり、変化する河川勾配を持つことから、河川水の鉛直方向の浸透-伏流水の湧き出しが調査区間内で共に観測できることが期待されるためこの場所を対象にした。



写真-1 調査地点分流部

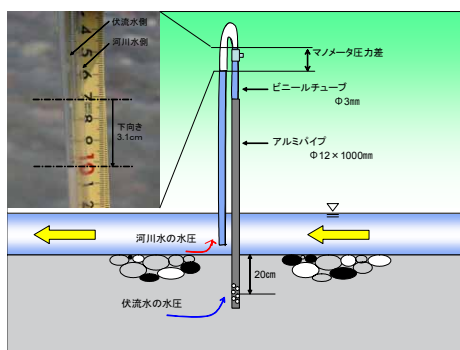


図-1 マノメータの仕組み

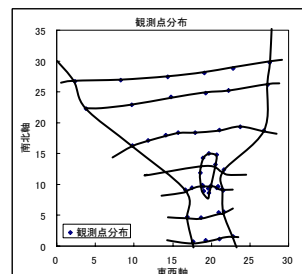


図-2 観測点分布図



写真-2 航空写真

3. 調査方法

調査対象区域において二度にわたって調査した。

水路内横断方向に7測線を取り、各測線上で、横断方向に4地点以上の測点を設置した。伏流水・河川水間の鉛直浸透強さを定性的に把握するため各測点で差圧マノメータを使った計測(図-1)を行う。アルミパイプ製井戸を河床下20cmまで打ち込んで設置し、井戸と河川水の間に差圧マノメータを接続し、シリンジで空気的位置を制御した上で、河床内部の伏流水と河川水との水圧差を上向きを正として圧力差を観測した。

そして、GPS平面測量・水準測量で河床の位置の測量を行うとともに表流水の水深の測定を行った。

その他調査区域の水際線と中州周辺を対象にGPS測量と水準測量をした。最後に調査区域上流側2ヶ所の表層部と深層部、下流側の2ヶ所の河床材料サンプル(計6本)を採取した。

さらに河床材料サンプルは、持ち帰った後変水位透水試験⁴⁾により透水係数を求め、ふるい分け試験によって粒径の情報を得た。

4. 調査の結果と考察

第一回調査、第二回調査ともにマノメータによる圧力差の観測により、河床において河川水の浸透と伏流水の湧き出しをそれぞれ観測することができた。この二回の調査のうち、より顕著にデータがとれた第二回調査のマノメータ圧力差と水面形、地盤形の各縦断観測点の関係を図-3に示す。これより、縦断図の瀬の上流と見られる

キーワード 伏流水, 砂州, 鉛直浸透, 河床, 差圧マノメータ

連絡先 〒457-8532 愛知県名古屋市中区白水町40

大同大学白水キャンパス TEL 052-612-5571

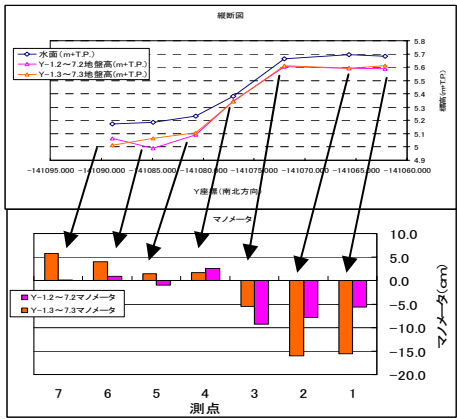


図-3 横断面図とマノメータ (第二回調査)

箇所では、右岸側、左岸側とともに河川水のしみ込みが見られ、下流に行くにつれ伏流水の湧き出しが徐々に見られるようになり、滞へと流れる。滞りがくりかえされる河川では、次の滞の上流部で再び徐々に河川水のしみこみが見られるようになると考えられる。しかし、マノメータ圧力差を見る限りでは、滞上流部での河川水のしみ込みが下流部・滞での伏流水の湧き出しよりも大きい。これは、河床材料（浸透流量）の違いにより圧力差が大きくなったと考えられる。

以上計2回の調査から、どちらの調査結果も確実に滞、または滞に近い部分では河川水のしみ込みがみられ、滞から滞にかけては伏流水の湧き出しがみられることがわかった。しかしながらこの結果だけではどのくらいの水が河床を行き来しているのかが分からない。そのため、後述の河床材料による透水係数の違いを考慮した上での流量フラックス（Darcy 流速）の上流側と下流側での分布を粒径、河床地形、水面形とあわせて比較することが必要となってくる。

河床サンプルのふるい分け試験の結果より次のような粒径分布が得られた。これより、右岸側、左岸側での若干の違いはあるが、上流側表層部サンプル（2-1 表層部、2-4 表層部）の砂質がいずれも抜きん出て細かく次に上流側深層部、下流側深層部となっている。これは、上流側の河床材料は砂が多く表層の礫には藻類やシルトが絡みついていたため、透水係数が低い（浸透流量が少ない）ことを示している。次に、浸透実験の結果から透水係数各河床サンプル内における粒径分布を表-1 で示す。ここからもわかるように上流側の河床では透水係数は小さく下流側では透水係数は大きいことがわかる。

5. まとめ

流量を各縦断測点でグラフに表したものを図-4 に示す。これよりマノメータ圧力差と同様にグラフ右側上流

表-1 透水係数と粒径

地点	D50(mm)	1.2mm以下	透水係数K (cm/s)
2-1表層部	8.977	22.6%	—
2-4表層部	5.997	29.5%	—
2-1 20cm	11.308	11.5%	0.207
2-3 20cm	14.729	13.2%	0.095
5-1 20cm	16.750	8.1%	0.411
5-3 20cm	21.218	4.7%	0.863

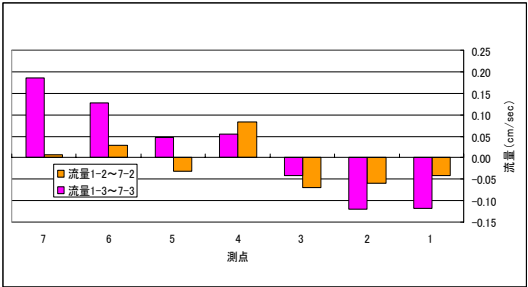


図-4 流量フラックス（Darcy 流速）

部より滞にかけて河川水のしみ込みが、グラフ左側滞部分にかけて伏流水の湧き出しが共に確認できる。また、この河床を行き来する流量フラックスのオーダーはほぼ等しいといえる。

これらの現地調査、実験などから耐えず河川水と伏流水は水循環を繰り返していることはもとより、大方、滞で河川水がしみ込み、滞では伏流水が湧き出すということがいえる。また浸透実験や河床材料の分析によって透水係数、流量を求めた結果より、河川水のしみ込みと伏流水の湧き出しはある程度同程度の流量が循環していると言っていることができるだろう。しかし、同じ横断測線上にある測点でも細かい透水性の違いや、河床地形の形状や条件、水位などによって地点ごとに浸透（湧き出し）流量、流れの向きは異なっていると今回の実験結果から言える。

また、透水性は、粒度に大きく左右され、それは出水後の堆積土砂の粒度分布や、出水後平水時における細粒分や有機物の目詰まりにも影響を受けるなど、浸透流量の変化については今後の課題となる。

参考文献

1) 片貝・亀井・鷺見・辻本：裸地景観と植生景観を有する砂州における保存性イオンを利用した伏流水の流動特性、水工学論文集、第50巻、2006。
2) 原田・西村・牧・河辺：木津川砂州における伏流水の流動過程と水質特性、河川技術論集、第8巻、2002。
3) 原田・岡嶋・山田：野洲川扇状地における河川水と地下水との水交換に関する研究、水工学論文集、第48巻、2004。
4) 富田 武満ら：最新土質力学、第2版、朝倉書店、2003