

平成22年 6月 7日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19560518

研究課題名 (和文) 河川表流水・伏流水の交換に伴う水温・水質環境改善機能の評価

研究課題名 (英文) Evaluation on self-control function of temperature and water quality with surface-subsurface water exchange

研究代表者

鷲見 哲也 (SUMI TETSUYA)

大同大学・工学部・准教授

研究者番号：50303673

研究成果の概要 (和文)：

主に現地調査を通して、河道の砂州を横断して河川水から河川水へ復帰するような水交換現象では、その水温形成、特にその水温安定化作用を評価ときには伏流水面上部の土被り厚さが重要な要素であることが明らかになった。また交互砂州を持つ河道での水交換現象は、砂州を通じての水平方向水交換と、河床の鉛直水交換が組み合わさった形での交換が全体像を形成し、河床間隙やわんど・たまりの一次水域の生息環境形成において本現象の重要性が示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

Investigations, including field observation mainly, shows that thickness of unsaturated zone above subsurface water level is important for temperature stability of river water by exchange flow across sandbars. In a riparian reach with a simple alternative sandbar, water exchange between surface water and subsurface water is combined by horizontal one through sandbars and vertical one through submerged bed surface, and shows importance to keep habitat's environment in pore of bed surface and backwater (embayment, pond).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：砂州伏流水、水温安定性、河床鉛直水交換、わんど、たまり

1. 研究開始当初の背景

河道表流水と周辺伏流水の水交換現象は、河道内に形成される砂州や、水面下河床を流れ

る伏流水帯との交換であり、河道内で収まる循環を示す。(図-1)

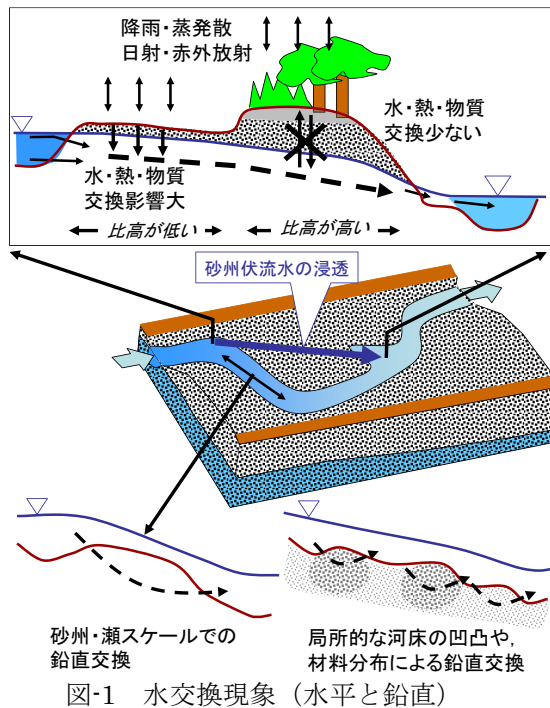


図-1 水交換現象（水平と鉛直）

この課題の背景としては、河川の水質形成に対する観点と、水温形成に対する観点とが挙げられる。

我が国の比較的大きな河川においては、周辺からの栄養塩負荷があるにもかかわらず、流下方向に濃度がほぼ一定あるいは低減する現象がみられ、河道内の浄化機能の存在は広く認識されている。しかし、その機能を発揮する諸プロセスとそれらの定量的説明はなされていない。例えば窒素除去機能に着目すれば、河床間隙水や砂州伏流水における脱窒機能による効果などが期待できる。水温の観点：

水温は、様々な生物・藻類、さらには下流域のプランクトン等の生息環境や生息場の分布を大きく支配するため、正常な流量の確保を考える際に重要なファクタとなる。河道の流量が少ない場合を考えると、夏期においては熱収支の結果水温上昇の影響を受けやすいが、周辺伏流水との交換現象は、水温の安定化に作用するか不安定化に作用するのか、この点についてははっきりしない上、その効果の定量的評価は全くできていないといって良い。

平野区間での砂州や河床との水交換(図-1)に伴う水温への影響については明らかでない。これまでに申請者が把握している状況では、木津川下流砂州のような大きな、伏流水面から地表までで1 m以上あるような砂州においては、夏冷たく、冬温かく、砂州へ浸透した伏流水は水温を安定化させて河川へ復帰させる効果が認められている。

また、こうした伏流水の流出部にあるわんどや浅い水域は、本川主流部とは異なった水

温域が形成され、水生生物の生息場の多様性を提供する貴重な場であり、漁業関係者が保全を望む例もみられる。

このような水温の安定化・不安定化の機構を明らかにし、定量的にその特性を説明するモデルは、河床・砂州の管理や流量制御等の最適化に役立つ。

2. 研究の目的

本研究は、図-1のようなプロセスのうち、表流水→砂州伏流水→表流水および表流水→河床間隙水→表流水、という水交換現象の挙動について扱う。砂河川である木津川と、礫河川である天竜川をサンプルケースとし、研究のゴールを以下のように設定する。

(1)水平水交換現象：

諸条件によって左右される、水交換に伴う水温や水質の安定化・不安定化の作用について把握するとともに、河川水へ影響を定性的に捉える。特に影響の強いとみられる、砂州伏流水による効果について捉える。

(2)鉛直水交換現象：

河床間隙水との鉛直水交換による効率を評価するために必要な、「表流水→河床間隙水→表流水」における交換現象の実態を現地観測および室内実験によって把握を試みた。

3. 研究の方法

(1)砂州伏流水との水交換現象と水温・水質環境形成の把握

①天竜川における調査（砂州通過伏流水の環境）

一部砂州を通過する伏流水とその出口の水温・水質環境の特徴を把握するため、井戸を設置し、その水位分布から伏流水流動の特徴を捉えると同時に、水温の連続観測と微気象観測を通じて、水温の安定化・不安定化について把握した。また、水質計測より、窒素除去機能等についての効果も捉えた。

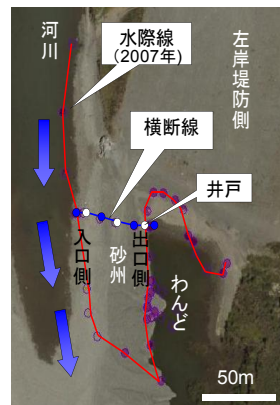


図-2 天竜川 9km 左岸付近

②木津川における調査（一次水域環境形成） 砂州内部や周辺に形成される「たまり」や

「わんど」のような一次水域は滞留性が高く、相対的に伏流水との水交換がその水域の水質・水温環境を大きく支配する可能性が高くなる。木津川中流域砂州（10km 砂州）下流端において、井戸と、水位・水温連続観測センサを設置するとともに、夏季から冬季の現地観測を実施し、砂州末端での、河川・伏流水・わんど・たまりの水交換現象の全体像と、一次水域の水温環境形成の概略を明らかにした。



図-3 木津川 10km 砂州下流端（上が下流）

(2) 河床鉛直水交換現象の把握と交互砂州伏流水流動全体像の把握

①天竜川の調査

網状河川为天竜川下流域の一部の流路（図-1 中の西寄り水路）において、差圧マノメータを用い、河床と内部 20cm 深さとの間の鉛直浸透ポテンシャルを計測する方法を考案した。その平面分布を把握することで、瀬淵構造のある河床における鉛直水交換現象の全体像を把握できるようにした。

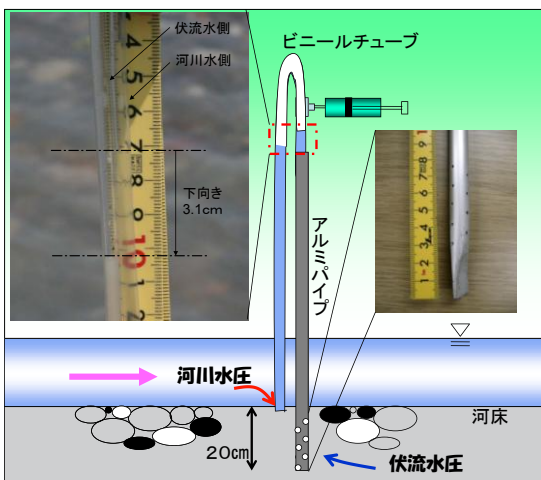


図-4 河床に適用する差圧マノメータ

②牧田川での調査

上記の方法を、牧田川山地河川区間の 0.5 リーチ（淵・瀬・淵）において適用し、河床の鉛直水交換現象を本川において明らかにするとともに、砂州に井戸を設置することで、鉛直水交換と一部つながる砂州内伏流水への水平流動・水交換との連続性についても捉えた。

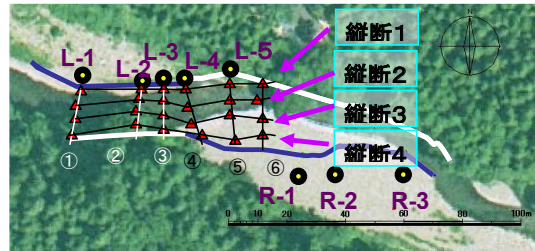


図-5 牧田川山地区間（左が下流）

4. 研究成果

(1) 砂州伏流水との水交換現象と水温・水質環境形成の把握

①天竜川調査（砂州通過伏流水の環境）

図-6 のように、砂州を伏流横断する間に、日変動する河川水温は安定化に向かうことがわかった。また不飽和層の厚さが 50cm 以下になると、夏季には日射の熱が伝導し、伏流水の水温は冷却ではなく温められる側に作用することが明らかになった。また、硝酸イオン濃度などからは、伏流により濃度の低減・安定に移行していくことも確認された。

こうして、網状河川の小さな砂州を横断する伏流水との水交換は、河川の水質・水温の安定化作用に貢献することを示唆するデータが示された。

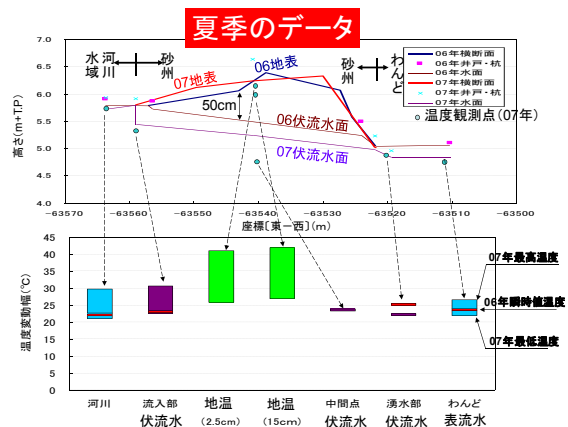


図-6 天竜川砂州横断調査結果

②木津川における調査（一次水域環境形成）

砂州上流域の河川・砂州伏流水・河川といった水交換現象は過去に調べられているが、本研究では図-7 のようにわんどを持つ砂州

末端でも同じような水平水交換が生ずることが明らかになった。これにともない、その内部にある「たまり」や「わんど」については、冬季には伏流中に温められた水が安定して供給・交換しているたまりでは水温も高い(図-8)。また、河川からの横断流れが強い範囲においては、殆ど水質・水温の変化を受けずに河川水の影響が強い範囲が存在することもまた示された。

こうして、多様な生物の生息場としての重要性を持つ、こうした一次水域の水環境の形成を考える場合には、砂州全体での伏流水流動パターンの推定が重要であることが示唆される。

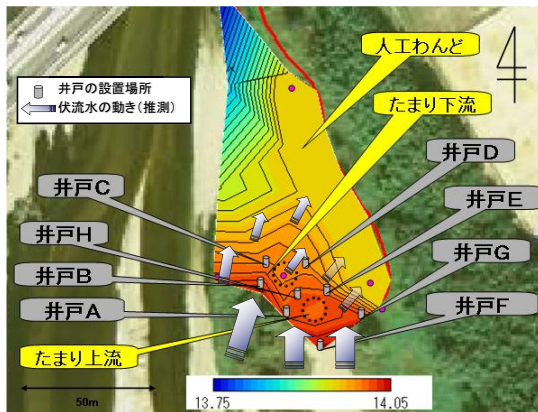


図-7 木津川 10km 砂州下流端水位分布 (2010年1月7日)

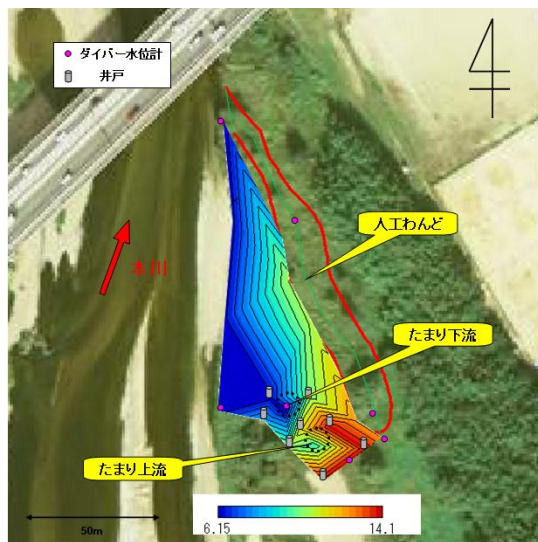


図-8 木津川 10km 砂州下流端水温分布 (2010年1月7日)

(2) 河床鉛直水交換現象の把握と交互砂州伏流水流動全体像の把握

①天竜川の調査

河床での鉛直水交換を把握するため、本研究で新たに考案した、図-4の差圧マノメータを用いて、瀬・淵構造がある水路での水交換

現象の把握を試みた。

図-9のように、瀬の上流で浸み込みが卓越し、下流側で湧き上がりが卓越することが確認された。これは、別途行っている室内実験での水交換現象と全く整合する結果である。また、瀬の上流の浸み込み部では浮遊物質が隙間に目詰まりを起こすため、サンプリングして調査下透水係数は低下する傾向にあることが分かった。しかし、これと差圧マノメータ水位差による鉛直ポテンシャル勾配とを乗じた Darcy 流速は、上流、下流でほぼ同じオーダーとなり、水交換の連続性(浸み込んだ水が湧き出す)はある程度この区間で閉じている可能性が高いことも示された。

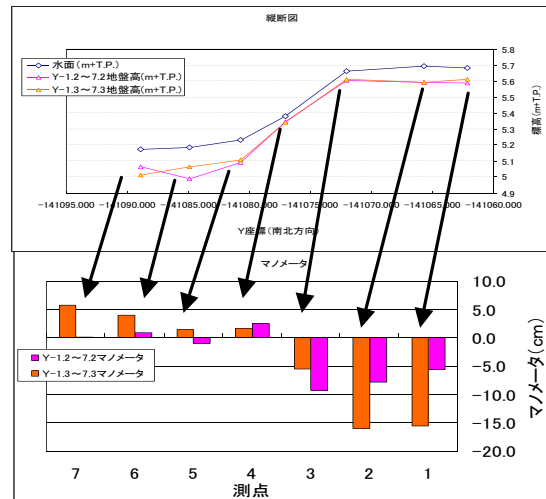


図-9 天竜川下流行き一部水路 縦断面図と差圧マノメータ水位差の分布 (2010年1月7日)

②牧田川での調査

上記の差圧マノメータを山地河川河床に適用した結果、瀬の上流側では、本川中央では浸み込みが卓越し、上記の結果と一致した。また水際には、砂州との水平水交換との関係について、井戸と河川の水位差からわかる水の横断方向と接合し、互いが説明可能であることがわかった。一方、図-7の右岸側では山地からの浸み出し水などの河道内部だけでは説明できないポテンシャル差が現れることも明らかになった。

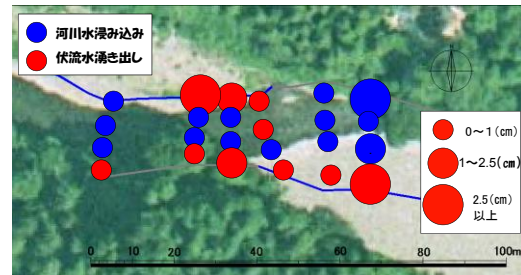
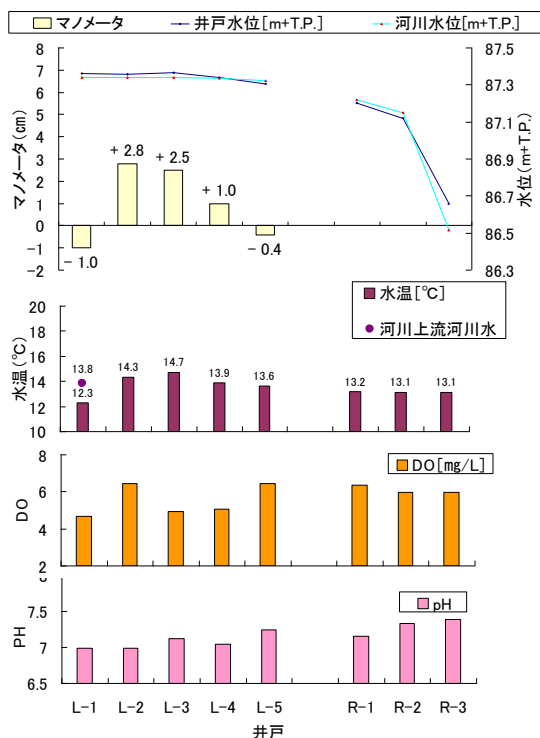


図-7 天竜川下流域一部水路 縦断面図と差圧マノメータ水位差の分布 (2010年1月7日)



砂州水際に沿って設置した井戸では、伏流水で長く流れてきた水が復帰する部分では、温度・水質ともに安定する傾向が見られるが下流砂州のように山側からの水の流入と考えられる影響も無視できないことも示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 山岸哲、松原始、平松山治、鷺見哲也、江崎保男、チドリ3種の共存を可能にしている河川物理、洪水にともなう砂礫の分級、応用生態工学、査読有、12巻、2009、79-85

[学会発表] (計5件)

- ① 光部昭彦・山門隆史・鷺見哲也、河道内に定着した植生の生育環境に関する研究、土木学会中部支部研究発表会、2008、金沢市
- ② 光部昭彦、鷺見哲也、河道内に定着した植生の生育環境に関する研究、土木学会、第63回年次学術講演会、2008、広島市
- ③ 光部昭彦、山門隆史、鷺見哲也、天竜川砂州の伏流水流動と温度環境及び水質に関する研究、土木学会、63回年次学術講演会、2008、広島市
- ④ 山下理代・鷺見哲也、礫河床での鉛直水交換現象に関する研究、土木学会、第64回年次学術講演会、2009、福岡市

- ⑤ 山下理代・鷺見哲也、牧田川における差圧マノメータを使った河床水交換現象の調査、土木学会、中部支部研究発表会、2010、石川県野々市町

[その他]

ホームページ等

<http://www.daido-it.ac.jp/~t-sumi/lab/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鷺見哲也 (SUMI TETSUYA)

大同大学・工学部・准教授

研究者番号：50303673

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし