

庄内川中州における溜まりの水理・水質挙動と伏流水の係わり

名城大学理工学部 正員 原田 守博

同 上 武井 剛

同 上 太刀川恭子

同 上 西村 智樹

1. はじめに

河川中流域の砂州上に点在する溜まりは、水棲昆虫や小魚の生息環境として、河川の生態系のなかで重要な役割を果たしていることが指摘されている。一般に溜まりには、降水が一時的に貯留されたものや、河川水が河床から砂州内へ浸透した伏流水によって維持されているものなど多様な形態があるが、詳細はよく分かっていない。本研究では、庄内川中流域における中州を対象に、人工的に掘削した溜まりにおいて、河川水位との応答特性や水質の変動特性について現地調査を行なうとともに、砂州内の伏流解析を行なって、溜まりの形成維持に果たす伏流水の役割について検討した。

2. 対象砂州の概要と観測方法

(1) 砂州の微地形と植生

本研究で対象とする砂州は、庄内川中流の水分橋下流（河口から 21.7km 地点）に位置する中州とする（図-1）。中州の形状は大きな出水のたびに变化するものの、近年は堆積が進み、植生が繁茂する傾向にある。中州の地形は中央の平坦地を挟んで、上流側に微高地、下流側に高地があり、これらの高地部分に土壌層が形成されてオギなどの植生が繁茂している。平坦地は砂礫層が堆積し、ツルヨシやカワヤナギなどが生育している。

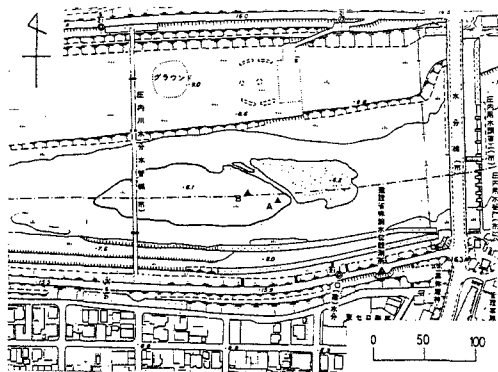


図-1 対象とする庄内川の中州

(2) 人工溜まりの掘削

溜まりの水理・水質挙動を検討する目的で、中州上の平坦地に溜まりを2箇所、人工的に掘削した。溜まりAは伏流が卓越すると思われる河道近くに、溜まりBはやや比高の高い地点に設置した。大きさはAが長径1.4m、深度0.27m、Bが長径1.4m、深度0.22mである。

(3) 観測項目

中州内の浸透流と、溜まりへのその影響を調べるために、中州周辺の河川水位と溜まり内の水位変化を、量水標により連続的に測定した。また、溜まりの水質項目として、塩水を投入したあとの導電率と、水温の時間変化を計測した。計測は1998年11月9日から11月19日の期間に実施した。

3. 溜まりにおける水理・水質挙動

(1) 塩水投入後の導電率の時間変化

図-2は溜まり内に塩水投入後の導電率の時間変化を示す。塩水投入前の導電率は溜まりA、Bともに0.2 mS/cmであり、河川水の導電率も同様であった。図によると、溜まりの水質が元の状態に落ち着くまでに2日以上を要している。溜まりAがBに比べ、元の水質に戻るまでの時間が短いのは、Aの方が伏流水による希釈効果が高いためと思われる。

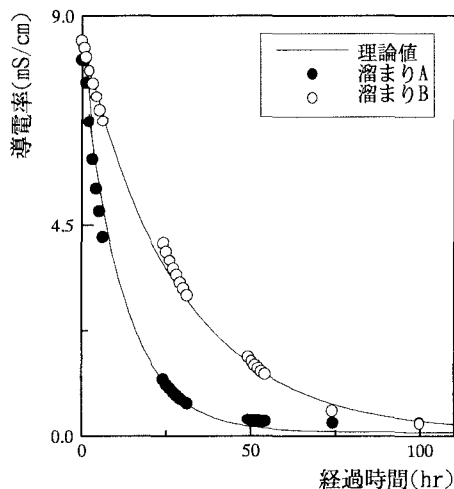


図-2 溜まりにおける導電率の時間変化

このことを確かめるために、伏流水による溜まりの水質変化モデルを作成した。塩分投入後の溜まり内の塩分質量 $S(t)$ について、塩分の流出量を $O(t)$ とすると、連続式(1)が得られる。体積 V の溜まりへの伏流水の流入・流出量 Q を定常と考えると、塩分流出量 $O(t)$ は式(2)となる。伏流水の流速はダルシー則に従い、透水係数 k は場所的に一定とする。初期条件を $t = 0 : S = S_0$ (塩分投入量) として解くと、式(3)となる。ここに、 I : 動水勾配、 a : 溜まり内の流出断面積である。溜まり内の塩分質量 $S(t)$ を式(4)によって塩分濃度 α で表わす。 ρ は淡水の密度である。 α と導電率 EC の関係を実験室で求めることにより、式(3)から EC の時間的変化の理論値を得ることができる。

パラメータのうち、溜まりまでの動水勾配は、後述する伏流解析の結果より、 $I_A = 0.0048$ 、 $I_B = 0.0034$ である。また、透水係数は砂質土であることから $k = 3 \times 10^{-3}$ m/sec 程度である。図-2の曲線は、これらの値を用いた場合の EC の理論値である。図より、 EC の計測値は理論値とよく適合することが分かる。したがって、溜まりAの方が溜まりBに比べて EC の低減が早いのは、河道から EC の低い伏流水が浸透することによって水質が浄化されるためであることが裏付けられた。

(2) 水温の日変化

図-3は河川および溜まりの水温と気温の日変化である。溜まりBでは気温の影響を強く受け、気温が上昇するにつれて水温も急上昇している。一方、溜まりAでは河川の水温変化と酷似した変動を示している。これは、溜まりAが河川に近く、伏流水の影響を強く受けているためと推察される。

4. 中州への伏流過程の数値解析

中州における伏流水を平面2次元流れと仮定し、支配方程式を MODFLOW によって解析した。境界条件として、測量から得られた中州周辺の河川水位データを与え、透水係数 k と有効間隙率 n_e には砂質土の値を採用した。解析により得られた伏流水の水位と流向の空間分布を図-4に示す。全体として、中州の上流端から下流に向かっての流れが認められるが、中州の下流部では、河川水が中州中央部を横断していることの影響を受けている。さらに、溜まりAに比べ溜まりB付近の方が緩やかに伏流している様子が読み取れる。

5. おわりに

中州に設けた人工溜まりと伏流水との係わりについて検討した結果、溜まりの水質や水温の変化に伏流水が密接に係わっていることが示された。今後、河川水位の非定常変動に対する溜まりの水位応答について解析を進め、観測結果との比較検討を行う予定である。

$$\frac{dS(t)}{dt} = -O(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$O(t) = S(t) \cdot Q/V \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$S = S_0 \exp\left(-\frac{Q}{V}t\right) = S_0 \exp\left(-\frac{kIa}{V}t\right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\alpha = S(t)/(\rho V) \quad \dots\dots\dots (4)$$

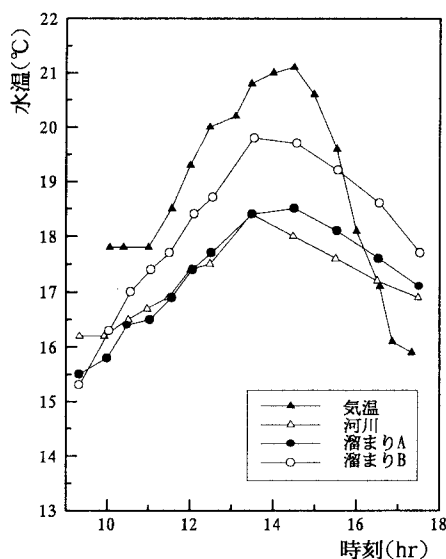


図-3 河川と溜まりの水温の時間的変化

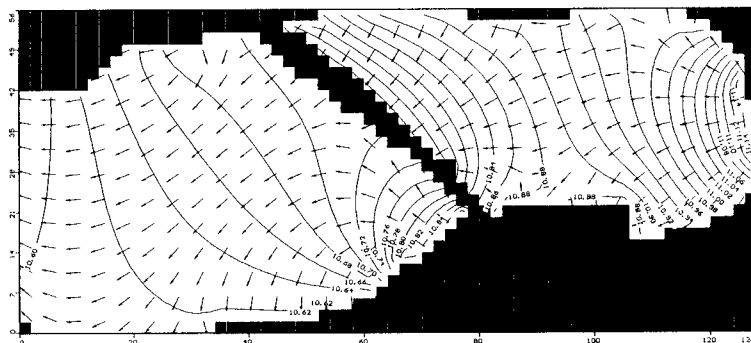


図-4 解析による伏流水の水位と流向の空間分布