

京都大学大学院 学生員 中井 俊雄  
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗  
 京都大学工学部 正 員 綾 史郎

1. はじめに；河川においては，降雨に伴い多量の濁質が流入するが，多くの場合，降雨終了とともに，濁度はすみやかに低下していく。しかしながら，貯水池がある場合には，流入した濁水が貯水池に貯留され，長期にわたって濁水が放流されることもあり，このような濁水の流下に伴う挙動を明らかにすることは，河川環境を考えるうえで極めて重要な課題であると考えられる。本報は，このような濁度の挙動に関する基礎的知見を得ることを目的として行われた室内実験結果について報告するものである。

2. 減衰速度の定義；次節で詳述するように，水路上流端より一定濃度の濁水を流下させ，流下方向にその濁度を測定すれば，Fig. 1のように濁度は流下方向に低減し，距離と濁度の関係を片対数紙上にプロットすれば1つの直線にのり，濁度は指数関数的に低減することがわかる。すなわち，

$$dC/dx = -RC \quad (1)$$

の関係を導くことができる。ここに， $R$ は，直線の傾きより求まる減衰係数である。一方，濁質を保存性物質と考えて，質量保存則としての移流分散方程式を考えると

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (AD \frac{\partial C}{\partial x}) - Sf(Cb) \pm gC' \quad (2)$$

とすることが出来る。ここに， $C$ ；濁度， $A$ ；流断， $Q$ ；流量， $D$ ；分散係数， $S$ ；潤迎， $g$ ；単位長さあたりの表面流出入流量， $C'$ ；表面流出入水濁度， $C_b$ ；境界面 $S$ を流出入する濁水濃度であり，(2)式右辺第2項は，境界面(潤迎 $S$ )を通じて，種々の形態で流出入する濁度フラックスを示している。(2)式において，表面流出入は無く流れは等流であること，濁度の時間的変化はないこと，分散場の影響は無視できることを仮定すれば，(4)式と(2)式の式形より，

$$-\frac{\partial}{\partial x} f(Cb) = -RC \quad \text{i.e.,} \quad -\frac{\partial}{\partial x} \nabla_b C = -RC \quad (3)$$

とすることが出来る。ここに， $\nabla_b$ ；減衰速度であるが，これは潤迎を通して種々の形式で流出入する濁水による総合的な濁度の減衰速度を示しているものと考えられる。

3. 実験方法；実験は，所定流量の清水流を流している水路上流端1～2 m付近の点より，水路幅方向に一様に懸濁液を定常的に投入し，光電式濁度計により流下方向の濁度を1～4 m毎に測定し，定常状態の濁度の縦断分布を調べるという方法で行われ，減衰速度 $\nabla_b$ と水路床条件等の関係をみるため，Table 1に示すとおり水路床状態(粗径・層厚)，使用懸濁液および濃度，流量，路床勾配を種々に変化させ，計46通り(Run A～J Series)行われた。実験諸量については紙面の都合上省略する。また，層厚3.1 cm (Case 1)と5.1 cm (Case 2)を有する浸透性粗面について，染料投入点を種々に変えて，瞬間もしくは連続投入によって染料実験を行った。なお，染料としては，メチレンブルー，ローダミンBを用いた。

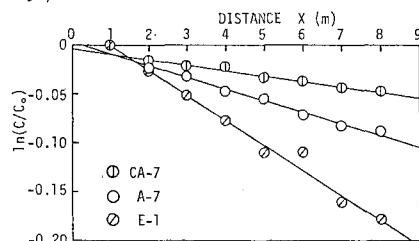


Fig. 1  $C \sim x$  曲線

Table 1 実験ケース一覧

| Run NO. | (1) 使用水路 | (2) 代表粗径<br>$d_m$ (cm) | (3) 層厚<br>$H_b$ (cm) | (4) 水路床状態 | (5) 使用懸濁液 |
|---------|----------|------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| A       | A        | 0.264                  | 0.264                | R         | K         |
| B       | A        | 0.264                  | 1.0                  | P         | K         |
| CA      | A        | —                      | —                    | S         | K         |
| CB      | C        | —                      | —                    | S         | K         |
| D       | A        | 0.402                  | 2.0                  | P         | K         |
| E       | A        | 0.692                  | 4.0                  | P         | K         |
| F       | A        | 1.16                   | 4.0                  | P         | K         |
| G       | B        | 0.264                  | 3.1                  | P         | K         |
| H       | B        | 0.264                  | 3.1                  | P         | DP        |
| I       | B        | 0.264                  | 3.1                  | P         | D         |
| J       | B        | 0.264                  | 3.1                  | P         | DP        |

(1) 使用水路  
 A；アルミ製水路 (10m x 0.1m)  
 B；アクリル製水路 (10m x 0.1m)  
 C；アクリル製水路 (34m x 0.1m)  
 (2) 水路床状態  
 R；粗面  
 P；浸透性粗面  
 S；滑面  
 (3) 使用懸濁液  
 K；カオリン ( $d_{50}=10\mu$ ,  $\rho=2.65\text{g/cm}^3$ )  
 DP；ダイカライト パーライト ( $d_{50}=4\mu$ ,  $\rho=1.87\text{g/cm}^3$ )  
 D；ダイカライト ( $d_{50}=1\mu$ ,  $\rho=1.98\text{g/cm}^3$ )

4. 結果とその考察；得られた濁度分布の例を示せば、前述のFig. 1のようであり、不透水性斜面(S)，不透水性粗面(R)，浸透性粗面(P)のいずれの路床状態の場合でも、流下に従い指数関数的に濁度が低減していくことがわかる。(2)式を考えた段階では、濁度の減衰は、浸透性路床内の流れと主流部間の濁質の移動によるものと仮定していたが、実験結果からは、(2)式右辺第2項の意味としては、淵辺Sを通じて付着等の要因による主流部からの濁質の離脱(あるいは、濁質の捕獲)をも考慮した項と考えるべきである。

Fig. 2は、このような濁度の減衰速度の濁度値による依存性を調べる目的で、ほぼ同一の水理、路床条件のもとで、D.P.懸濁液を用いて投入濁度をかえて行った実験結果を示したものであるが、減衰速度の上流端濁度への依存性は、さほど大きいものではない。

また、同一の水理、路床条件のもとで、濁質として、カオリン(K)、ダイカライトパーライト(DP)、ダイカライト(D)の3種を用いて行った実験結果からは、カオリンの減衰速度が著大で、DP、Dの両者は、ほぼ同一であるが、カオリンの場合よりやや小さい減衰速度であった。

次に、得られたすべての $V_b$ を用いて、次元解析した結果を示すFig. 3、4のようである。ただし、滑面水路においては、水路腐敗材料の粒径 $d_m$ に相当する量として粘性底層厚 $\delta (=5\nu/u_*')$ を用いた。Fig. 3より、同一の水路床状態に対して、

$$V_b/u_*' \sim d_m/h$$

の関係が明らかであり、またFig. 4より、次の関係が得られる。

$$\frac{V_b}{u_*'} \frac{h}{d_m} = 1.80 \times 10^{-5} (U/u_*')^3 \quad (4)$$

染料実験の結果を示したものが、Fig. 5(a)~(e)である。染料はbの位置に投入し、(b)では、路床面上に、(c)、(e)では、主流部、浸透層上部、下部より定常に投入した場合のパターンを示している。これらの図より浸透層上部においては、主流と浸透層との交換は頻繁に行われているが、浸透層下部の流れは容易に主流と交換されないことがわかるが、その詳細は明らかではない。また、従来から指摘されている浸透層内流速の指数分布則との関係も明らかではない。

5. おわりに；本報では、減衰速度 $V_b$ と水理量や河床材料との関係の考察を行ったが、浸透層内の流れについては不明な点が多く、今後、浸透層内の流れおよびそれと主流との交換について研究をすすめてゆきたい。最後に、本研究をすすめるにあたり、実験解析に御助力いただいた、牛島省氏(電力中央研究所)、三石真世氏(京都大学大学院)に謝意を表します。

〈参考文献〉

- 1) 牛島 省；京都大学修士論文，1984
- 2) 芦田 他；京都大学防災研究年報第23号B-2，1980
- 3) 山田 正，川端 規久；土木学会論文報告集 No. 325，1982

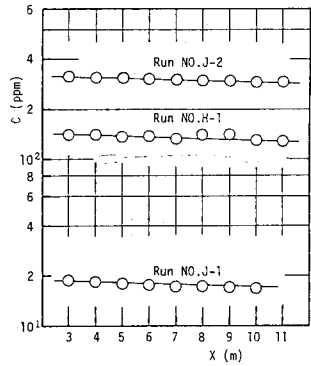


Fig. 2 c ~ x 曲線

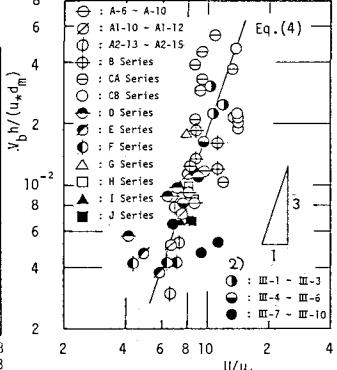


Fig. 4  $\frac{V_b}{u_*'} \frac{h}{d_m} \sim U/u_*'$  の関係



Fig. 5 (a) 染料実験の結果



Fig. 5 (b) 染料実験の結果



Fig. 5 (c) 染料実験の結果



Fig. 5 (d) 染料実験の結果



Fig. 5 (e) 染料実験の結果