

汚染物質の流下に与える堰の影響に関する研究

(株) 福田水文センター

正会員 神尾謙太郎

北海道開発局

正会員 玉川

尊・渡邊 康玄

1. はじめに

水質事故対策における汚染物質の流下予測手法は、実河川において不等流計算や移流拡散方程式を用いて予測を行う¹⁾²⁾³⁾が、堰による流れが変化する場合の予測及び比較は行われていない。一般に河川には、堰や床止め工等の横断構造物が存在し、水質事故における汚染物質の流下予測手法についてその精度向上を図るためには、堰が有る河川での流入物質の流下時間と濃度がどのように変化するかを把握することが重要となってくる。

本研究では、精進川及び実験室内の模型水路において食塩水をトレーサーに用いて、堰が有る場合と無い場合における実測濃度変化を不等流計算、移流拡散方程式を用いた予測手法による再現性を検討した。

2. 実験概要

2.1 模型水路における実験概要

模型実験には長さ 50.0m、幅 0.3m の水路を用いた。実験条件としては流量 3,000cm³/s、水路勾配 1/500 である。堰は投入点より 30.0m 下流に設置した。なお、堰が無い場合は等流状態での実験である。トレーサーとして使用した食塩水は 250g/L の濃度で、投入量は 30cm³とした。濃度測定には電導度計を使用し、測定値はあらかじめ食塩濃度と電導度との相関を求めそれを検量線として、塩分濃度に換算した。また、2次元電磁流速計を用いて平均流速の測定も行った。濃度の測定は堰上げ背水の影響を考慮し、11 測線で実施した。また、各測線において横断方向の濃度を求めるために L、C、R の 3 箇所測定を実施した。

2.2 精進川における実験の概要

精進川の調査位置図を図-1 に示す。図中の数値は、投入点からの距離(m)である。なお、調査区間において河道形状を把握することを目的とし、縦断方向に約 3m ピッチで横断測量を行った。

堰が無い場合の実験日と、堰が有る実験日は異なる。

このため、各実験で若干流量が異なっており、流量は堰が無い時は 0.031~0.039m³/s、堰が有る時は 0.024~0.031m³/s であった。堰は投入点より 30.5m 下流に設置し、実験を行った。トレーサーとして使用した食塩水は 324 g/L の濃度で、流心と左岸側で投入した。また、濃度が希釈により測定不能とならないようにするため、測定地点までの距離に応じて投入量を調節した。測定位置には模型水路と同様に電導度計を使用した。流速分布を考慮し、測線の横断方向に 6 箇所の測定地点を設けた。測線の位置は、図-1 に示すように合計 6 測線である。また、両日ともに投入点から 46.6m 下流の位置で流量観測を行うとともに、横断測量を行った全 33 測線において同時水位観測を実施した。そのデータは後に不等流計算を行うための検証データとした。投入量が調査日、及び調査測線で一定でないため、両日の時系列濃度分布は比較できないが、実測値の流下時間、濃度を参考に不等流計算と移流拡散方程式を用いて流下特性を比較した。

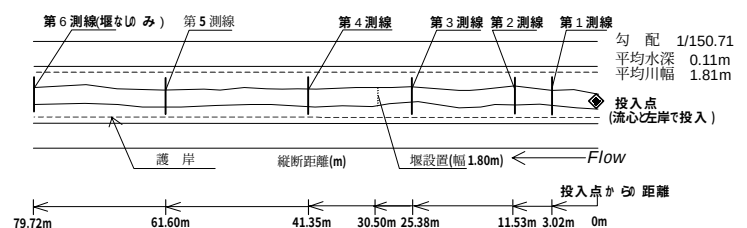


図-1 精進川実験水路図

3. 実験結果

3.1 流下時間の比較

不等流計算によるピーク濃度の流下時間の比較図を模型水路及び精進川については図-2、3 に示す。模型水路において堰の有無によるピーク濃度の流下時間に関する結果は、堰により流下時間が若干遅くなる傾向を示した。また、模型水路においては不等流計算による予測手法が可能であることが確認された。精進川の堰の有無による流下予測は、堰の有無で中流部の測線において計算値が実測値を上回る結果となったが、下流の測線に流下するほどその誤差は減少する傾向であった。

キーワード：水質事故、堰、移流拡散、予測手法

連絡先：〒001-0024 札幌市北区北 24 条西 15 丁目 Tel 011-736-2371

3.2 濃度分布の比較

流下距離におけるピーク濃度の変化を実測値と計算値(不等流計算と移流拡散方程式)により比較した図を模型水路について図-4 に、精進川については一例を図-5 に示す。なお、計算値は玉川ら¹⁾による川幅水深比の式(1)と式(2)の Elder²⁾、式(3)の Harleman³⁾による方法でそれぞれ求めた移流拡散係数 D を用いて推定したピーク濃度を実測値と比較している。また、精進川においては式(4)の Fischer²⁾の理論式による方法も用いている。

模型水路の結果においては、堰の有無どちらの条件においても上流の2つの測線では実測値の方が大きい値ではあるが、下流の測線に流下するに従い川幅水深比(B/h)によって求められた計算値と一致してくる傾向がみられた。また、実測ピーク濃度と流下時間を堰の有無で比較した図を図-6 に示す。この結果からピーク濃度ははじめさほど変化はないが、堰がある場合は堰上げ背水の影響で堰が無い場合に比べ堰の上流側で濃度が減少してきているのがわかる。

精進川の結果については投入量が一定でないため計算値及び実測値それぞれの比較のみしか行えないが、両者とも堰の有無において下流の測線に流下するほど Harleman による計算式と一致してくる傾向がみられた。

精進川の結果については投入量が一定でないため計算値及び実測値それぞれの比較のみしか行えないが、両者とも堰の有無において下流の測線に流下するほど Harleman による計算式と一致してくる傾向がみられた。

以上の結果で求められた移流拡散方程式には横断方向への拡散による適用範囲があり、Fischer による水理実験と数値実験の結果から(5)式²⁾で表されている。今回の水理条件をあてはめた結果を表-1 に示す。模型水路では測線 3 より上流で、精進川では堰が無い場合のみであるが測線 5 より上流において濃度の再現性が悪い結果となった理由として、投入した食塩水が横断方向に十分拡散していないためであると考えられる。

4. まとめ

模型水路はレイノルズ数が 10,000 と実河川に近い条件で行った。この結果を実河川として適用できるものとすれば、構造物として堰が有る場合の方が拡散は進み、流下は遅いことがいえる。また、精進川の実験では投入量が一定にできなかったため堰の有無による比較が困難であった。投入量を一定にして再度検証を行うべきである。濃度予測においては移流拡散方程式の適用範囲より下流では川幅水深比及び Harleman による予測式の精度が良いが、今後更なる研究が必要である。また、実験条件として大規模な河川の事故予測についても行うべきものと思われる。

参考文献

- 1) 玉川 尊、渡邊康玄、斎藤大作、佐藤耕治、甲斐達也：河川における水質事故の移流拡散を考慮した予測手法に関する研究
- 2) 土木学会：水理公式集、水理公式集例題集
- 3) 水質事故対策技術 [1995 年版]：建設省建設技術協議会技術管理部会水質連絡会編、p44、1995.2.25

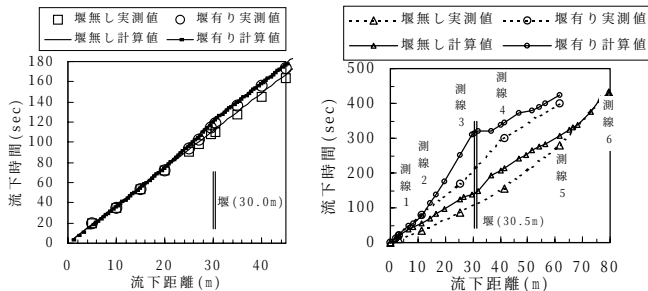


図-2 模型水路不等流計算結果

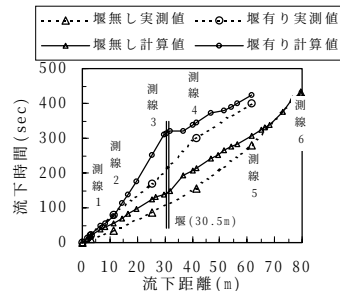


図-3 精進川不等流計算結果

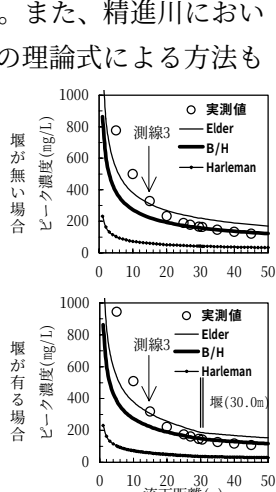


図-4 模型水路濃度予測結果

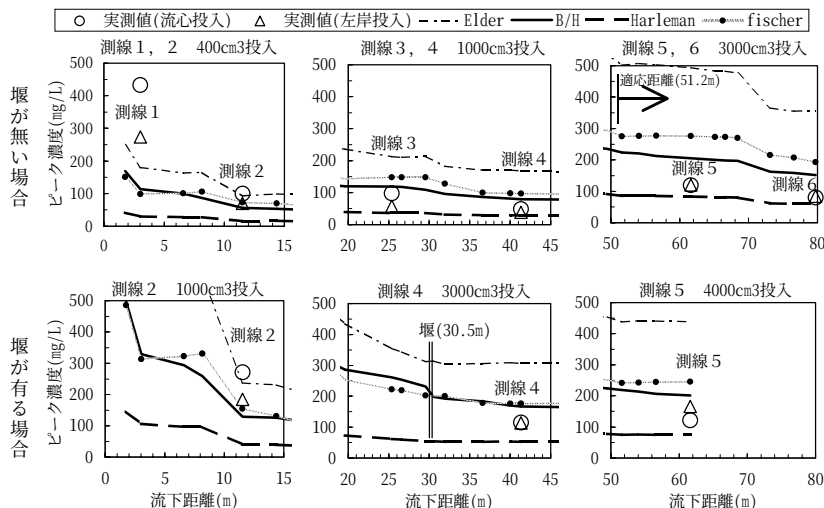


図-5 精進川濃度予測結果

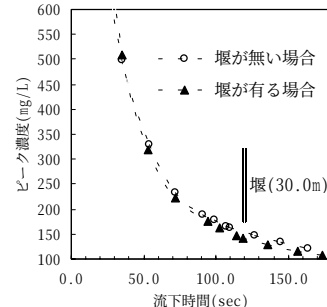


図-6 流下時間とピーク濃度の比較

$$D / uh = 5.42 \times 10^{-3} (B/h)^{2.48} \quad (1)$$

$$D = 5.93 u_* h \quad (2)$$

$$D = 224 R (g R i_e)^{1/2} \cong 224 u_* h \quad (3)$$

$$D = -\frac{1}{A} \int_0^B q'' \int_0^y \frac{1}{K_t h} \int_0^y q'' dy dy dy \quad (4)$$

$$L > 1.8 (b^2 u / R u_*) \quad (5)$$

表-1 移流区間の長さ

	堰	L(m)	Lによる適応下流測線
模型水路	無し	11.7	測線3(15.0m)
	有り	11.5	測線3(15.0m)
精進川	無し	51.2	測線5(16.6m)
	有り	63.3	無し