

ハンシン建設 正 員○岡 聖之 佐伯建設 岩崎 孝一郎
大成ロテック 山条 剛 大阪工業大学 正 員 綾 史 郎

1. はじめに

開水路流れにおける流下方向の水質分散特性は理論的には相当研究され、詳細な室内実験による検証¹⁾も行われている。しかし、スケールの大きい河川流における実証的な研究は余り進んでいない。特に我国においては極めて計測例が少ないのが現状である。本研究は水表面粒子の流下方向の輸送特性に注目し、河川での粒子分散について検討することを目的として、寝屋川と新高瀬川において粒子の到達時間の観測を行ったものであり、粒子の流下速度と断面平均流速との関係、粒子の分散特性について検討した。

2. 水表面粒子の分散観測

(1)寝屋川：京阪電鉄寝屋川市駅付近の寝屋川中流部において観測を行った。この付近の寝屋川は河川改修によりきれいな断面に整備されているが、自流はほとんどなく、通常は淀川からの寝屋川導水によって流量が維持されている。観測日は河川工事のため導水が停止されており、極めて小流量であり、また、藻が繁茂しており、投下された粒子（直径28mmのプラスチック球100個）のうちかなりの数が藻やゴミの間等に捕捉され、その内のいくつかはまた放出されていた。粒子の投入は2回行い、250mの区間で50m毎に、5断面で到達時間の分布を計測した。また、水理量の計測も同一断面で行った。結果を表-1に示した。

(2)新高瀬川：京都市伏見区の観月橋下流で淀川に注ぐ小河川で、晴天時自流はほとんどなく琵琶湖疎水によって流れが函養されている。河道改修により断面形は複断面で流下方向にはほぼ一様な直線水路となっている。観測は淀川合流点からほぼ1.9 km上流の三雲橋を起点とする700mの区間で行い、寝屋川における観測と同様に、5断面で粒子の到達時間分布を計測したが、水理量の計測は橋上から計測したため、3断面のみであった。結果を表-2に示す。水深、流速ともに寝屋川より大きく、また粒子が途中で捕捉されることは少なかった。

3. 結果と考察

(1)流下速度：新高瀬川の観測より得られた、粒子の平均到達時間 $\bar{t}$ 、ピーク到達時間 t_p 、最小到達時間 t_{min} と流下距離との関係を図-1に、粒子の到達時間の分散 $\sigma^2 = \sum N_i (t_i - \bar{t})^2 / \sum N_i$ と流下距離の関係を図-2に示した。図-1の勾配より粒子の平均移動速度やピーク値の伝搬速度を求めることが出来る。粒子の平均速度とピーク値の伝搬速度はほぼ等しいことが分かる。一方、断面平均流速は水理計測結果から求めることが出来るが、粒子の移動速度は水表面におけるものであり、水深平均流速

表-1 寝屋川の観測結果

断面	距離(m)	水深(cm)	断面積(cm ²)	流速(cm/s)	流量(m ³ /s)
59	0	17.3	11053	17.7	0.195
58	50	13.6	11464	18.3	0.210
57	100	16.3	13550	12.9	0.175
56	150	14.4	10530	22.0	0.231
55	200	14.7	11350	19.2	0.218
54	250	12.0	9906	22.1	0.219
平均		14.7	11309	18.7	0.208

$$u_s = 4.17 \text{ (cm/s)} \quad I_s = 1/830$$

表-2 新高瀬川の観測結果

断面	距離(m)	水深(cm)	断面積(cm ²)	流速(cm/s)	流量(m ³ /s)
1.三雲橋	0	78.0	95970	26.59	2.55
2	200				
3.大雲寺橋	370	67.9	82773	32.15	2.66
4	500				
5.新大手橋	640	50.9	63575	42.54	2.70
6	700				
平均		65.6	80773	33.76	2.64

$$u_s = 5.07 \text{ (cm/s)} \quad I_s = 1/2500$$

表-3. 平均断面流速の比較

	粒子の速度(m/s)	断面流速(m/s)
寝屋川	0.244	0.219
新高瀬川	0.485	0.501

(1/2水深で計測された流速) U より、対数則を仮定して $U_s = U + u_* / \kappa$ により表面流速を求めた。これらを一括して寝屋川と新高瀬川について表-3にまとめた。寝屋川では藻やゴミに粒子が捕捉されたり、水深も浅く必ずしも一様水深とはいえなかったが、両者の流速は2河川において極めてよく一致している。

(2)到達時間分布：図-1に見られたように粒子の最小到達時間は平均到達時間より短いので、到達時間の分布はガウス分布と異なり、立ち上がりが急でゆっくりと下降していく歪んだ分布となる。これは移流分散に特有な現象であり、理論的な研究や実証的な研究がすでに行われている^{2), 3)}。先例に習い、時間に関する確率密度関数がガンマ分布

$$f(t) = 1/\Gamma(n) \lambda^n (t-t_1)^{n-1} \exp(-\lambda(t-t_1))$$

で近似されるものとして、その適用性を検討したものが図-3である。観測値は分布曲線のまわりにばらついてはいるが、急な立ち上がりやピークの位置、歪んだ波形等の分布の特徴はよく表しており、粒子数を増やした観測を行うことにより、ばらつきは小さくなるものと思われる。

4. 結論

寝屋川と新高瀬川における水表面粒子の到達時間分布を計測することによって、粒子群の流下方向の伝播特性として以下のことが得られた。

- (1) 断面平均流速と表面粒子の移動速度の関係は対数則を仮定することにより多少の誤差はあるものの理論にかなっていると考えられる。
- (2) 到達時間分布の正規化したものと濃度～時間分布の理論値であるガンマ分布は、ズレはあるものの曲線の特徴はよくとらえている。

得られた知見は室内実験ではすでに検証されていることではあるが、河川流においても同様な現象であることが確認された。今回は長い観測区間を設定できなかったため、移流域における観測になり分散係数の測定にまでは至らなかったため、今後より長い分散域を含んだ区間での観測を考えている。

参考文献

- 1) 岩佐・綾・薬師寺：京都大学防災研年報、第26号B-2、1983。
- 2) 島田 晋：第24回水理講演会論文集、1980。
- 3) 綾・岩佐・戸田：第25回水理講演会論文集、1981。

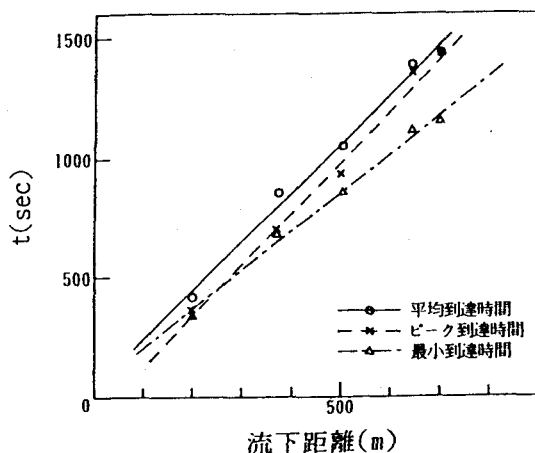


図1. 到達時間と距離の関係 (新高瀬川)

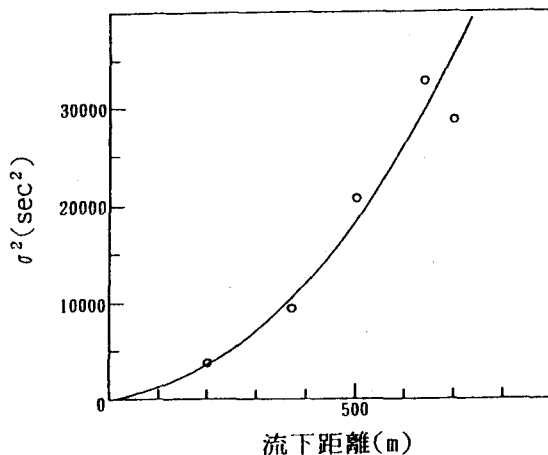


図2. 粒子の到達時間の分散と流下距離の関係 (新高瀬川)

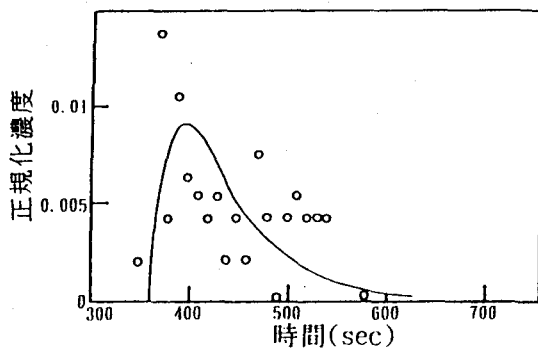


図3. 濃度波形 (新高瀬川200m地点)