

東京大学工学部 正員 玉井 信行
 東京大学工学部 正員 ○廣沢 佑晴
 芝浦工業大学 正員 菅 和利

はじめに

河川とくに低水流量時における水塊の挙動は現在のところ十分に研究把握されているとは言い難い。特に、水理量の横断方向の分布特性については確立された取扱いがないと云ってよい。本研究では多摩川における水塊の2次元的な挙動を明らかにするため、河川の横断面内における偏差および拡散特性に関する現地観測ならびに解析を行った。

現地観測方法

多摩川河口より約34 Km地点において、まづ断面形状を知るために2 m毎の水深測定を行った。ついで横断方向2.5 mおきに人員を配置して、水面下5 cmに始まり15 cmおきの位置、河床附近の全部で72点について流速の同時観測を行った。また、横方向渦動拡散係数を求めるために、右岸より12 m, 24 m, 32 m位置にて塩水を連続放出させ、その下流3 m, 6 m, 10 mにて同時採水を行った。使用した塩はNaClであり比重1.021, 電気伝導度50 mS/cm である。

観測された濃度の散乱は大きく、横方向に濃度が大きく上下していた。最高濃度は観測点の中央に出現すると予想されるが、その附近で逆の結果もみられた。これらは河川水との比重差で下方に沈降してゆくことにも原因があると考えたので、後日、右岸より20 m位置にて、塩として NH_4Cl を使用した。比重は1.009, 電気伝導度65 mS/cm である。このときの採水位置は、

放出口より下流2 m, 4 m, 6 mである(観測A)。何れもサンプリング間隔は5 cm, 採水位置は水面下約5 cmである。

測定結果ならびに解析

水深測定による断面形状と、水深方向平均流速を図示したのが図-1であり、断面内等流速線を図-2に掲げる。各区間断面での剪断応力を求めるためには、図-3の如く等流速線に直交する速度勾配線で分割する方法と、水路幅は十分に広いとして図-4の如く水面に垂直な線で分割するという2方法で行った。2つの方法で得られた区間断面積(重量、即ち、剪断応力に比例)は略等しく、流心部近くでも差は2%であった。従ってこの断面については水面に直交する線で分割する方法を用いた。 dZ_0 は分割長さ(2 m), dA は区間断面積, α は底面勾配, d は水深であり, y は河床よりの観測位置を表わす。

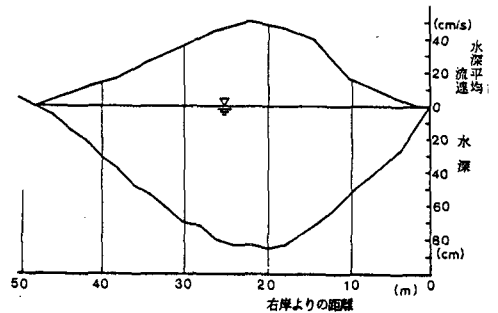


図-1 水深と水深平均流速分布

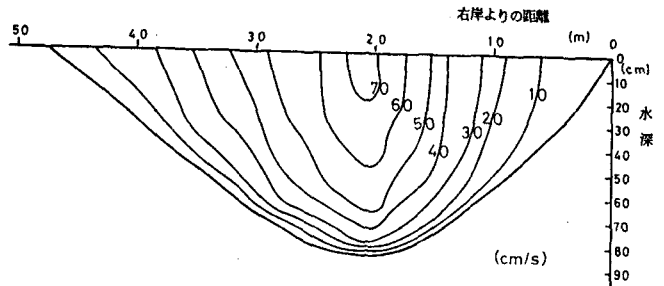


図-2 平均流速分布

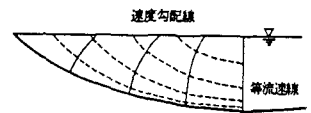


図-3 速度勾配線法

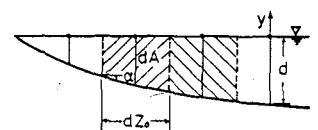


図-4 鉛直分割法

断面内 2.5 m 毎の各観測位置における測定点の流速 u と底面よりの距離 y によって、河床の礫の代表径 k を算出した。これは観測された流速分布が対数速度分布 $u = 2.5 u_* \ln(30/k \cdot y)$ に最もよくあてはまるよう k と摩擦速度 u_* を選んだものである。相当粗度 k の平均値は $\bar{k} = 15 \text{ cm}$ であった。このようにして求めた礫代表径を用いて、観測距離毎に測定点における摩擦速度を次式により求めた。

$$u_* = 2.5 u_* \ln \left(\frac{30 d/k}{\tan \alpha} \frac{y}{z} \right)$$

ここに、 α は観測位置水深、 z は水深よりの距離である。得られた各観測位置での摩擦速度ならびに断面全域の平均摩擦速度を図示したのが図-5である。

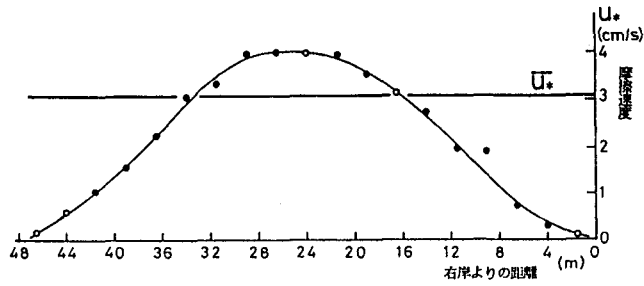


図-5 断面摩擦速度

拡散実験により採水した検水の電気伝導度と横断方向採水距離の関係の一例を図-6に示す。塩水放出実験により得られた横方向渦動拡散係数 K_t と、水深 h 、摩擦速度 u_* を無次元化した値を表-1, 2に示す。 K_t と算出した手順は概略次の如くである。観測した値の最高濃度と周辺濃度差の 0.607 にあたる濃度を示す2点間の間隔 2σ を求め、 σ^2 を算出する。上下流2検査面の距離 Δx について $K_t = u/2 \cdot \sigma^2 / \Delta x$ により K_t 値を求めた。また、無次元化のためには局所的な摩擦速度及び局所的な水深を用いた。

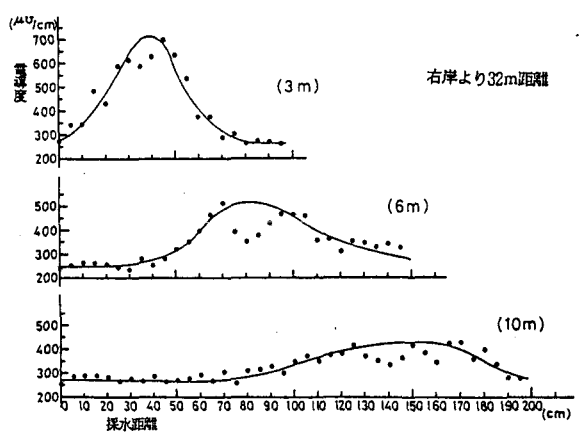


図-6 拡散実験

おわりに

断面全域の平均摩擦速度は 3.1 cm/s であるが摩擦速度は横断方向に大きく変化しており、流いの混合特性なども横断方向に一定でないことが示唆されるものと思われる。

塩水放出により得られた横断方向渦動拡散係数はかなり大きく散乱し、放出方法、採水方法に改良の余地が發せられていると思われるが現地観測の難しさも含まれている。 $K_t/u_* h$ の値は略 0.06 となり従来云われている係数値の約 1/4 であった。

謝 辞

東大工学部都市工学科市川助教授、横山技官には街助力を得た。また観測にあたり本学土木工学科と都市工学科並びに芝浦工大の学生諸君の協力を得た。本研究はとうきょう環境浄化財団より研究助成金を得て行われたものの一部である。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Lundgren, H. and I.G. Jonsson: Shear and velocity distribution in shallow channels, Proc. ASCE, vol. 90, HY1, 1964
- 2) Fischer, H.B.: The mechanics of dispersion in natural streams, Proc. ASCE, vol. 93, HY6, 1967

表-1 横断3位置での横方向渦動拡散係数

右岸 より (m)	3 ~ 6 m		6 ~ 10 m		h (cm)	u (cm/s)	u_* (cm/s)
	K_t (cm²/s)	$\frac{K_t}{u_* h}$	K_t (cm²/s)	$\frac{K_t}{u_* h}$			
12	10.8	0.08	13.3	0.10	84	22	2.0
24	30.9	0.09	7.4	0.02	82	49	4.0
32	10.3	0.05	12.3	0.06	60	28	3.3

表-2 右岸より20m位置での横方向渦動拡散係数 (観測 A)

断面	2 ~ 4 m		4 ~ 6 m	
	K_t (cm²/s)	$\frac{K_t}{u_* h}$	K_t (cm²/s)	$\frac{K_t}{u_* h}$
1	10.2	0.02	20.0	0.04
2	38.7	0.07	23.2	0.04
3	26.8	0.05		
h: 105cm u: 38cm/s u_*: 5.0 cm/s				