

II-190 流水の流下にもなる流速変動とレイノルズナンバーの関係

日本大学応用地学教室

堀内清司

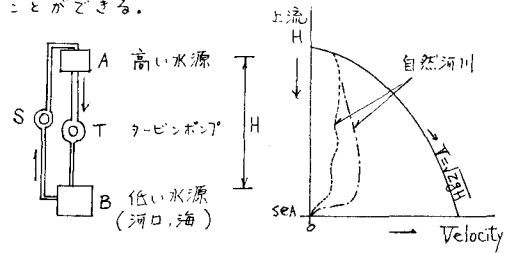
日本大学応用地学教室 正会員 田場 稔

ワンコーコンサルタン株式会社 正会員 石橋弘道

降水と呼ばれる自然の流水は、降水が地表面に到達した後に、流動を開始する。一般には、一つの河川の上流部から、その川の河口に至るまで、流量を増大させながら絶えず流動を続けている。その動力は、太陽エネルギーによってもたらされた位置のエネルギーの消費ということに他ならない。

モデル的には、一つの水系に於ては、次の図の様に考えることができる。

その流域の平均比高を H 、流量を Q とすれば、 A という高い水源より、 B という低い水源に Q の水量が移動すれば、 $Q \cdot H$ の仕事が、 $A \rightarrow T \rightarrow B$ でなされたことになる。 B では既に、水量 Q は、エネルギーを殆んど失っているから、ひとりでに A に逆もどりできないため、太陽エネルギーの供給により、 $B \rightarrow S \rightarrow A$ と逆もどりする。地球全体を考えた場合、 $A \rightarrow T \rightarrow B \rightarrow S \rightarrow A$ は、一つのサイクルとして、ほぼバランスがとれていると考えられている。



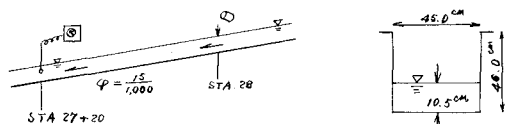
$A \rightarrow T \rightarrow B$ の流動については、一つの河川水系でも上記のモデルが成り立つと考えられる。この場合、水量 Q が、 $A \rightarrow B$ を流動する場合、必ず落差 H にみあう仕事 $Q \cdot H$ がなされるが、逆に、この事は、 Q という水量が $A \rightarrow B$ に流動する場合、ポテンシャルエネルギー H が消費されなければ、流動は生じない事を意味する。

自然河川の場合の H と、流速 V の関係は、上図の如く上流の流出開始点と、河口の Sea level 付近で流速 V は 0 となり、一般には実線の如くの流速分布を有する。それに対し、Bernoulli の方程式による流速分布は、実線の様になる。つまり、実際の自然河川では、河口に於て、流速 0 になるから、その時点で、位置のエネルギー H を、すべて途中の流動中に消費してしまうことを意味する。従来、この消費エネルギーは、河床の摩擦によるものと、粗度係数の概念で扱われて来たが、理論的には、流体の運動内部で生ずる渦動粘性を考えた Navier-Stokes の式で表わされる。この様を親観から、筆者らは、自然河川における流水の流動状態は、流水内部の渦動による (E)、位置エネルギーの消費 (ΔE) の割合によるものと考え、自然流水中に塩水を投入し、その cloud の拡散状況からの検討を試みている。この短報は、J. 48 年度の自然流流水の検討に引きつづき、トンネル (恵那山トンネル) 内の排水溝を利用した、High Reynold's ナンバーの水流における検討である。測定は、Fig-1 の模式図に示した如く、排水路 (20m) に食塩水を投入し、電導度計で、cloud の塩分濃度波を測定するという方法を用いた。

測定結果は、次頁に一覧表、図として示したとおりである。

流速については、0~50m まで加速されるが、以後は減速、加速が交互に生じ、いわゆる流速の乱れが発生している。乱れても、平均的には、流下による増大は認められない。Reynold ナンバーは、流速よりも速く 20m 以後で乱れを生じ、平均 16×10^4 の値を示す。拡散速度 (U) は、流下につれて、乱れながらも増大を示している。これは、流速が一定になるほど、増大の傾向にあるようである。即ち、位置のエネルギーの減少による流速増加は、拡散速度 (U) と増加させるために消費されてゆくものと考えられる。

模式断面図 Fig.1



測定結果

投入位置	Time sec	P Time sec	P-S sec	観測位置	流下距離	水深	流速 %sec	V _i %sec	U _p	U _{ave}
STA 28+40	60	64	4	STA 27+20	120m	23m	2.0	2.000	1.875	0.125
30	49.5~50	54	4	"	110	18.4	2.22	2.200	2.037	0.163
20	44	48	4	"	100	12.8	2.27	2.272	2.083	0.189
10	37	42	4	"	90	11.7	2.31	2.307	2.143	0.165
28+00	34.5	38	3.5	"	80	11.4	2.32	2.319	2.105	0.214
27+90	31	33.5	3.5	"	70	11.6	2.26	2.258	2.089	0.169
80	27	30.5	3.5	"	60	11.7	2.22	2.222	1.967	0.255
50	126	15	2.4	"	30	12.5	2.38	2.381	2.000	0.381
40	9	11	2.0	"	20	11.5	2.22	2.222	1.818	0.464
30	4	5	1.0	"	10	11.8	2.50	2.500	2.000	0.500

Table-2 Fr, Re, U の計算表

区間	B	Depth	Area	P 潤辺	$R = \frac{A}{P}$	区間流速 $V_{\%}$	$\sqrt{gR}$	$Fr = \frac{V}{\sqrt{gR}}$	$Re = \frac{VR}{\nu}$	区間拡散速度 $U \text{ cm/sec}$
0~10m	0.045	0.230	0.1035	0.910	0.1137	1.00	0.333	2.995	992.10	8.7
10~20	"	0.184	0.0828	0.818	0.1012	1.81	0.3149	5.747	1598	13.7
20~30	"	0.128	0.0576	0.706	0.0815	2.00	0.2826	7.076	1422	21.3
30~40	"	0.117	0.0526	0.684	0.0769	2.22	0.2745	8.086	1484	11.6
40~50	"	0.114	0.0535	0.688	0.0777	2.85	0.2757	10.328	1932	25.9
50~60	"	0.116	0.0522	0.682	0.0765	2.50	0.2735	9.130	1665	5.3
60~90	"	0.117	0.0526	0.684	0.0769	2.08	0.2705	7.576	1395	12.9
90~100	"	0.125	0.0562	0.700	0.0802	2.77	0.2803	9.880	1938	15.8
100~110	"	0.115	0.0517	0.680	0.0760	2.00	0.2729	7.328	1326	30.8
110~120	"	0.118	0.0531	0.686	0.0774	2.50	0.2754	9.077	1688	50.0

Fr: フーダナンバー, Re: ヴァイルドナンバー, U 区間拡散速度
(但し, 動粘性係数 $\nu = 1.146 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

