

# 散水汙床における流下水の分布について

## DISTRIBUTION OF FLOW THROUGH TRICKLING FILTER

松本 順一郎\*・本田 善則\*\*

By Junichiro Matsumoto and Yoshinori Honda

### 1. はじめに

散水汙床による汚水の浄化は、汙材表面上にある生物膜によって行なわれるわけであるが、この生物膜の量あるいは表面積は汚水が汙床内をどのように流下分布しているかによって大きく影響されるものと考えられる。そこで、生物膜が散水汙床の浄化効率におよぼす影響を調べたり、また汙床内のおおのの汙材において生物膜表面積を増大させ、汙床の浄化効率をより高めるような散水方法を考慮することなどにおいて、汙床内の汚水の流下分布について知る必要がある。

ここでは、汙床内流下水の分布について研究する第一段階として、汙床表面の中心に一点散水した場合の流下水の分布について調べた。すなわち、図-1(a)のような実際の汙床を、図-1(b)のように散水点を中心にして汙材径と等しい径をもつ円環を同一水平面において同心円状に連ね、さらにそれらを積み重ねたものとする。実際の汙床では、汚水は汙材と汙材との接触した部分で分流し流下してゆくわけであるから、同一水平面における円環どうしの接触線上において、この実際の分流部分が接触線の全長に対して占める割合を分流比( $e$ )として、その値を求めた。次に、求めた $e$ から汙床断面の

単位面積当りの流量を求め、一点散水した場合の流下水の分布について検討を行なった。

### 2. 理論式の誘導

散水汙床に散布された汚水は、汙材から汙材へと伝わりながら流れる。すなわち汙床内での水の水平方向への移動は汙材と汙材との接触した部分で行なわれる。そこで、汙床表面の中心に一点散水した場合、図-1(b)で示すように散水点を中心に汙材径と同じ径の円環を同心円状に並べ、さらにこれらが積み重なったものとして汙床を考える。実際の汙床では、汙材は不規則に充填されており、汙材どうしが接触して流下水が分流している点是不規則に分布しているわけであるが、このようにモデル化した汙床では、散水点を中心とした同心円状に並んだ円環どうしの接している部分に、分流点があることになる。また、このモデル化した汙床において、散水点より考えて第 $n$ 段目、第 $m$ 列目の円環を $R_{n,m}$ とする。ここで理論式を導くにあたって、次のように仮定する。

- 1) 水は汙材を一様につつんで流れる。
- 2) 水平に並んだ円環どうしの接触線上において、その全長に対して実際に汙材が接触し、分流を起こしている部分の占める割合を分流比として $e$ で表わす。
- 3) 実際に汙材が接触し、分流を起こしている部分では、1:1の比で分流を起こす。
- 4)  $e$ は同心円接線上すべて一定である。
- 5) それぞれの円環表面を流れる水が次の段の円環に分流してゆく場合、円環表面上すべての水が分流部分に達する。

このように仮定すると、円環どうしの接触線上では、実際の分流部分で1:1の比で分流し、また他の部分では、分流を起こさない。ある円環からとなりの円環へ分

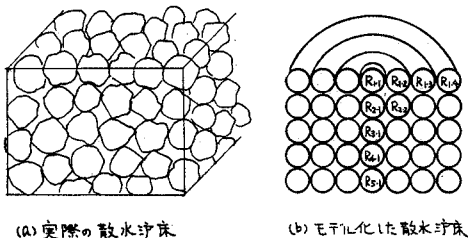


図-1 散水汙床のモデル化

\* 正会員 工博 東北大学教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工修 木更津工業高等専門学校講師 土木工学科

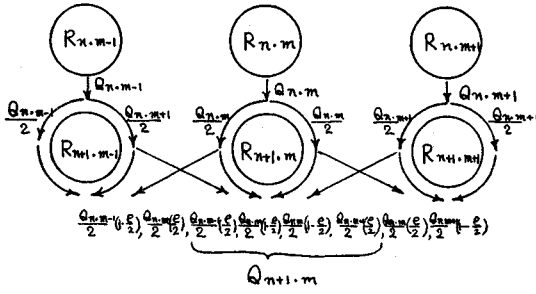


図-2 第  $n$  段より第  $n+1$  段への分流

流する際に、水は沓材を一様につつんで流れるから、 $e$  の分流部分で 1:1 の比で分流し、もとの円環に留るものとなりの円環へ分流するものとの比は  $\frac{e}{2} : \frac{e}{2}$  である。また  $1-e$  の分流を起こさない部分では、その比は  $1-e:0$  となる。ゆえに、円環どうしの接触線上での分流は、 $\frac{e}{2} + (1-e) : \frac{e}{2} + 0 = 1 - \frac{e}{2} : \frac{e}{2}$  となる。これより、第  $n$  段目第  $m-1, m, m+1$  列目の  $R_{n,m-1}, R_{n,m}, R_{n,m+1}$  での流量を  $Q_{n,m-1}, Q_{n,m}, Q_{n,m+1}$  とすると、第  $n+1$  段目第  $m$  列目の  $R_{n+1,m}$  での流量  $Q_{n+1,m}$  は図-2 のように

$$Q_{n+1,m} = \frac{Q_{n,m-1}}{2} \left(\frac{e}{2}\right) + \frac{2Q_{n,m}}{2} \left(1 - \frac{e}{2}\right) + \frac{Q_{n,m+1}}{2} \left(\frac{e}{2}\right) \dots \dots \dots (1)$$

である。

任意の段における各円環で式 (1) のような分流が行なわれているから、第  $n$  段目での各円環の流量は

$$\left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right) + \left(1 - \frac{e}{2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right) \right\}^n$$

を展開して得られる多項式の各項で表わすことができる。よって、沓床中心に 1 なる流量を散水した場合の各円環での流量を流量比とすると、 $R_{n,m}$  の流量比  $Q_{n,m}$  は、 $l$  と  $k$  を正整数とすると

$$\begin{aligned} n=2l, m=1 \text{ のとき} \\ Q_{n,1} &= \sum_{i=0}^l 2^i C_i, 2^{l-i} C_{2(l-i)}, \left(\frac{e}{4}\right)^{2i} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-i)} \\ n=2l, m=2k \text{ のとき} \\ Q_{n,m} &= 2 \sum_{i=0}^{l-(m-1)} 2^i C_i, 2^{l-i} C_{2(l-k-i)+1}, \left(\frac{e}{4}\right)^{2(k+i)-1} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-k-i)+1} \\ n=2l, m=2k+1 \text{ のとき} \\ Q_{n,m} &= 2 \sum_{i=0}^{l-(m-1)} 2^i C_i, 2^{l-i} C_{2(l-k-i)}, \left(\frac{e}{4}\right)^{2(k+i)} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-k-i)} \\ n=2l+1, m=1 \text{ のとき} \end{aligned}$$

$$Q_{n,1} = \sum_{i=0}^l 2^{l+1} C_i, 2^{l+1-i} C_{2(l-i)+1} \left(\frac{e}{4}\right)^{2i} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-i)+1}$$

$n=2l+1, m=2k$  のとき

$$Q_{n,m} = 2 \sum_{i=0}^{l-(m-1)} 2^{l+1} C_i, 2^{l+1-i} C_{2(l-k-i)+1} \left(\frac{e}{4}\right)^{2(k+i)-1} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-k-i)+1}$$

$n=2l+1, m=2k+1$  のとき

$$Q_{n,m} = 2 \sum_{i=0}^{l-(m-1)} 2^{l+1} C_i, 2^{l+1-i} C_{2(l-k-i)} \left(\frac{e}{4}\right)^{2(k+i)} \left(1 - \frac{e}{2}\right)^{2(l-k-i)} \dots \dots \dots (2)$$

となる。たとえば

$n=1$  の場合

$$Q_{1,1} = \left(1 - \frac{e}{2}\right)$$

$$Q_{1,2} = 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right)$$

$n=2$  の場合

$$Q_{2,1} = 2 \times \frac{1}{2} \left(1 - \frac{e}{2}\right) \times \left(1 - \frac{e}{2}\right) + 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right) \times \frac{e}{2}$$

$$Q_{2,2} = 2 \times \frac{1}{2} \left(1 - \frac{e}{2}\right) \times \frac{e}{2} + 2 \times 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right) \times \left(1 - \frac{e}{2}\right)$$

$$Q_{2,3} = 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{e}{2}\right) \times \left(\frac{e}{2}\right)$$

となる。

また、沓床断面の単位面積当りの流量を得るには、 $R_{n,m}$  での流量比  $Q_{n,m}$  を  $R_{n,m}$  の投影面積で割ることにより、単位面積当り流量比  $q_{n,m}$  として計算する。

### 3. 分流比 $e$ の決定

各沓床高さにおける流量比は式 (2) を用いて、 $e$  を 0 から 1 まで変化させて計算し、実験より得られた集水比と比較することにより  $e$  を決定する。ここで、集水比は実験において同心円状に仕切った集水皿で流量を測定し、各集水室の集水量を散水量で割ったものである。

#### (1) 実験装置および方法

図-3 は実験装置を示す。実験沓床の側壁はアクリル樹脂製 (肉厚 2 mm) で、内径 50 cm, 高さ 25 cm のものを積み重ねることにより沓床高さを 25 cm から 175 cm まで変化させた。沓材には径 3.8 cm のピンポン球を用いた。沓床底部にある金網は沓材を支えるためと、沓床底部での流下水の移動を防ぐためのもので、網目間隔 5 mm のものを用いた。集水皿には 図-3 に示すよ

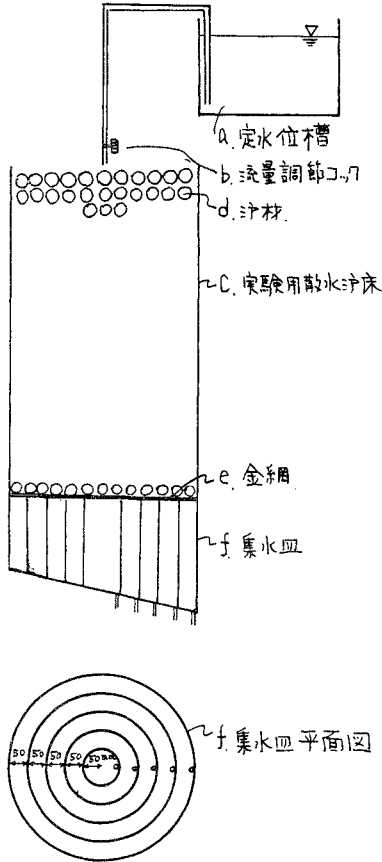


図-3 実験装置

うに、中心から同心円状に 5 cm 間隔で仕切ったものを用いた。集水皿の各室を中心より I, II, III, IV および V とし、おのおのの集水量を散水量で割った値を集水比  $Q_I, Q_{II}, Q_{III}, Q_{IV}$  および  $Q_V$  とする。理論式を導くのに、各円環上を流れる水は分流部分に達すると考えたが、集水室の幅が汙床径と異なるので、図-4 のように集水比は各集水室の範囲内にある汙床部分に比例すると

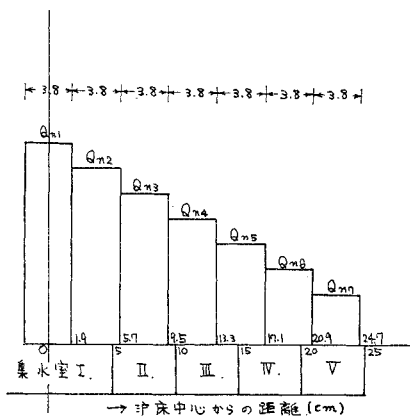


図-4 集水皿各室に入るべき集水比

考えると、各集水室に入るべき理論的集水比は

$$\left. \begin{aligned}
 Q_I &= Q_{n-1} + Q_{n-2} \times \frac{3.1}{3.8} \\
 Q_{II} &= Q_{n-2} \times \frac{0.7}{3.8} + Q_{n-3} + Q_{n-4} \times \frac{0.5}{3.8} \\
 Q_{III} &= Q_{n-4} \times \frac{3.3}{3.8} + Q_{n-5} \times \frac{1.7}{3.8} \\
 Q_{IV} &= Q_{n-5} \times \frac{2.1}{3.8} + Q_{n-6} \times \frac{2.9}{3.8} \\
 Q_V &= Q_{n-6} \times \frac{0.9}{3.8} + Q_{n-7} + Q_{n-8} + \dots
 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

となる。

また、汙床高さ ( $h$ ) は 25, 50, 75, 100, 125, 150 および 175 cm としたから、おのおのに対する  $n$  は次のような値となる。

$$\begin{aligned}
 n=6 (h=22.8 \text{ cm}), \quad n=13 (h=49.4 \text{ cm}) \\
 n=19 (h=72.2 \text{ cm}), \quad n=26 (h=98.8 \text{ cm}) \\
 n=33 (h=125.4 \text{ cm}), \quad n=39 (h=148.2 \text{ cm}) \\
 n=46 (h=174.8 \text{ cm})
 \end{aligned}$$

(2) 実験結果および考察

汙床の中心に 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7500 および 10000 ml/分 の散水量 (100 ml/分 は散水負荷  $0.735 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$  に相当) で行なった実験結果を表-1 (第1回目) および表-2 (第2回目) に示す。

図-5.1~5.7 は、式 (2) および式 (3) において  $e$  の値を 0 から 1 まで変化させた場合の集水室 I ~ V における理論的流量比を示したものである。

$e$  を決定するのに、たとえば表-1 で  $n=6$ 、散水量 200 ml/分 では  $Q_I=0.765$ ,  $Q_{II}=0.262$  および  $Q_{III}=0.006$  であるから、図-5.1 よりそれらに対応する  $e$  はそれぞれ 0.39, 0.39 および 0.47 であり、このとき平均して  $e=0.42$  を得る。しかし、実験値が理論値の範囲にはいない場合、たとえば表-1 で  $n=6$ 、散水量 2000 ml/分 の場合に  $Q_I=0.539$  であり、図-5.1 中の理論値にあてはまる  $e$  の値はないので、 $Q_I$  の最小値を与える値すなわち  $e=1.00$  とする。また表-1 で  $n=13$ 、散水量 100 ml/分 において実験値は  $Q_{II}=0.443$  であり、図-5.2 において理論値はすべて実験値より小さいので、理論値を最大にする  $e$  の値 ( $=0.45$ ) をとる。このようにして、それぞれの  $n$  において散水量を変えた時の  $e$  の値を決定し、まとめたものを表-3 に示す。

散水量を変化させた場合、一般に  $e$  の値は散水量が 1000 から 3000 ml/分の範囲 (散水負荷では  $14.70$  から  $22.05 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$  に相当) では高く、散水量がそれよりも大きくなったり、小さくなると低くなっている。すな

表-1 実験結果(第1回目)

n (河床高)	集水比 Q		集 水 室					n (河床高)	集水比 Q		集 水 室				
	散水量	Q	I	II	III	IV	V		散水量	Q	I	II	III	IV	V
6 (25 cm)		m <sup>3</sup> /分													
		100	0.804	0.196				33 (125 cm)		100	0.282	0.485	0.175	0.058	
		200	0.765	0.209	0.026					200	0.279	0.422	0.221	0.078	
		300	0.753	0.241	0.006					300	0.255	0.408	0.252	0.085	
		500	0.726	0.266	0.008					500	0.266	0.355	0.276	0.103	
		1000	0.674	0.277	0.047	0.002				1000	0.214	0.328	0.336	0.122	
		2000	0.539	0.433	0.028					2000	0.212	0.321	0.321	0.146	
		3000	0.385	0.576	0.039					3000	0.230	0.285	0.321	0.164	
		5000	0.598	0.378	0.024					5000	0.240	0.314	0.276	0.167	0.003
		7500	0.683	0.306	0.011					7500	0.322	0.329	0.205	0.141	0.003
	10000	0.690	0.294	0.016					10000	0.387	0.344	0.166	0.101	0.002	
	平均		0.6617	0.3176	0.0205	0.0002	0.0000		平均	0.2687	0.3591	0.2549	0.1165	0.0008	
13 (50 cm)		100	0.433	0.443	0.124			39 (150 cm)		100	0.196	0.343	0.314	0.147	
		200	0.534	0.417	0.049					200	0.200	0.361	0.302	0.137	
		300	0.483	0.440	0.077					300	0.202	0.342	0.326	0.130	
		500	0.470	0.472	0.056	0.002				500	0.218	0.341	0.316	0.125	
		1000	0.414	0.477	0.099	0.010				1000	0.272	0.223	0.359	0.146	
		2000	0.347	0.578	0.070	0.005				2000	0.205	0.238	0.362	0.193	0.002
		3000	0.372	0.566	0.060	0.002				3000	0.204	0.239	0.335	0.217	0.005
		5000	0.512	0.422	0.059	0.007				5000	0.220	0.260	0.312	0.203	0.005
		7500	0.604	0.342	0.049	0.005				7500	0.288	0.336	0.228	0.144	0.004
		10000	0.583	0.361	0.050	0.006				10000	0.357	0.357	0.161	0.121	0.004
	平均		0.4752	0.4518	0.0693	0.0039	0.0000		平均	0.2362	0.3040	0.3015	0.1563	0.0020	
19 (75 cm)		100	0.520	0.469	0.011			46 (175 cm)		100	0.265	0.412	0.275	0.048	
		200	0.497	0.488	0.015					200	0.212	0.399	0.296	0.093	
		300	0.455	0.518	0.027					300	0.185	0.376	0.317	0.122	
		500	0.355	0.557	0.083	0.005				500	0.201	0.320	0.322	0.157	
		1000	0.394	0.530	0.075	0.001				1000	0.195	0.234	0.352	0.210	0.009
		2000	0.335	0.560	0.094	0.011				2000	0.181	0.228	0.370	0.213	0.008
		3000	0.401	0.478	0.107	0.014				3000	0.156	0.250	0.360	0.223	0.011
		5000	0.371	0.489	0.109	0.031				5000	0.221	0.268	0.303	0.201	0.007
		7500	0.468	0.413	0.097	0.022				7500	0.235	0.273	0.280	0.203	0.009
		10000	0.491	0.393	0.089	0.027				10000	0.337	0.277	0.212	0.158	0.016
	平均		0.4287	0.4895	0.0707	0.0111	0.0000		平均	0.2188	0.3037	0.3087	0.1628	0.0060	
26 (100 cm)		100	0.360	0.440	0.180	0.020				100	0.265	0.412	0.275	0.048	
		200	0.240	0.475	0.240	0.045				200	0.212	0.399	0.296	0.093	
		300	0.194	0.415	0.279	0.112				300	0.185	0.376	0.317	0.122	
		500	0.161	0.413	0.308	0.118				500	0.201	0.320	0.322	0.157	
		1000	0.165	0.359	0.286	0.184	0.006			1000	0.195	0.234	0.352	0.210	0.009
		2000	0.213	0.320	0.298	0.166	0.003			2000	0.181	0.228	0.370	0.213	0.008
		3000	0.270	0.330	0.264	0.135	0.001			3000	0.156	0.250	0.360	0.223	0.011
		5000	0.416	0.298	0.200	0.086				5000	0.221	0.268	0.303	0.201	0.007
		7500	0.433	0.336	0.157	0.074				7500	0.235	0.273	0.280	0.203	0.009
		10000	0.448	0.339	0.139	0.073	0.001			10000	0.337	0.277	0.212	0.158	0.016
	平均		0.2900	0.3725	0.2351	0.1013	0.0011		平均	0.2188	0.3037	0.3087	0.1628	0.0060	

わち集水比についていえば、集水比は集水室 I で散水量が 1000 から 3000 ml/分 の範囲で小さくなり、逆に集水室 II および III では大きくなっている。これは、散水量が小さいと、流下水は河材全体をつつんで流れないということ、および散水量が大きくなると、流下水は河材から飛散することにより分流が悪くなる、すなわち e の値は低くなるものと考えられる。

河床高さを変えた場合については、e の値におよぼす影響はほとんど認められなかった。また、散水量により e の値にはかなりの変動があるが、全体として算術平均

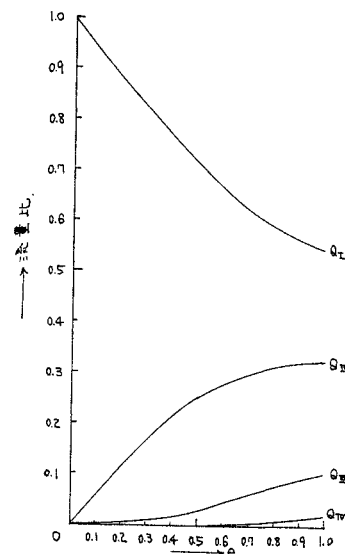


図-5.1 n=6 での理論的流量比

して、 $e = \frac{1}{2}(0.46 + 0.48) = 0.47$  を得た。

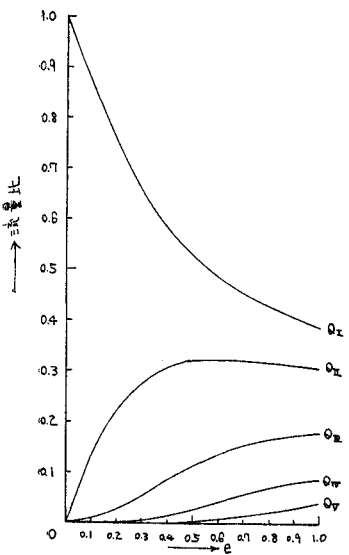
なお、散水点を中心にして円環が無限に連なっているものとして、一点散水した場合の流下水の分布を考えているので、実験においては汙床側壁の影響を考慮しなければならない。しかし、今回の実験では、表—1,2 に見られるように集水室Vでの集水比は小さかったので、汙床側壁の影響は無視した。

#### 4. 流下水の分布について

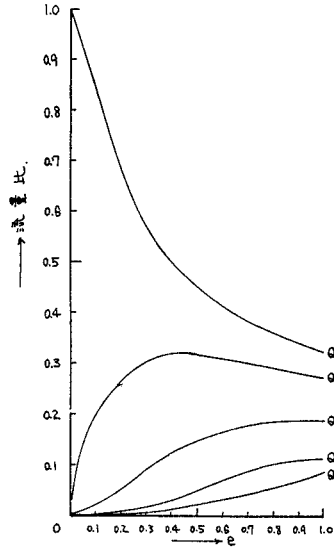
汙床内の各点で流下水がどのように分布しているかを

調べるには、その点での流量が必要になる。そこで、単位面積当り流量比から汙床内における流下水の分布について調べる。

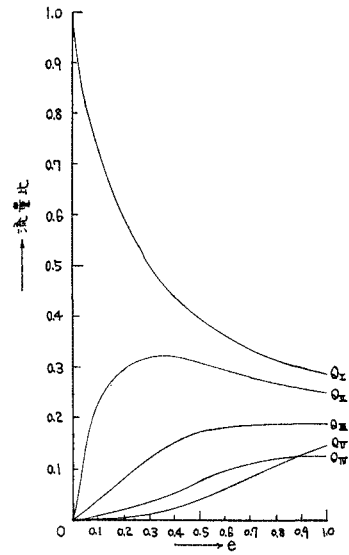
汙床中心からの同心円状円環  $R_{n,m}$  における流量比  $Q_{n,m}$  をその鉛直投影面積  $A_m$  で割って、単位面積当り流量比  $q_{n,m} = Q_{n,m}/A_m$  を計算より求めた結果を表—4 に示す。ここで、 $e$  は前で得られた平均値 0.47 を用いた。 $A_m$  は汙床中心より  $A_1 = \pi r^2 = 3.14 \times 1.9^2 = 11.34 \text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 8\pi r^2 = 90.68 \text{ cm}^2$ , ...,  $A_m = \{(2m-1)^2 - (2m-3)^2\} \pi r^2$  である。一方、実験値  $q_1 \sim q_v$  は同心円状集水皿の各室に入る集水比  $Q_1 \sim Q_v$  を各室の面積  $A_1 \sim$



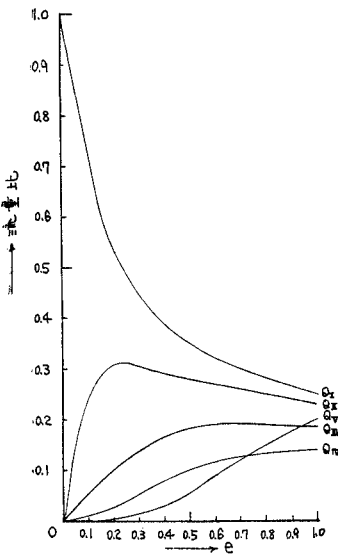
図—5.2  $n=13$  での理論的流量比



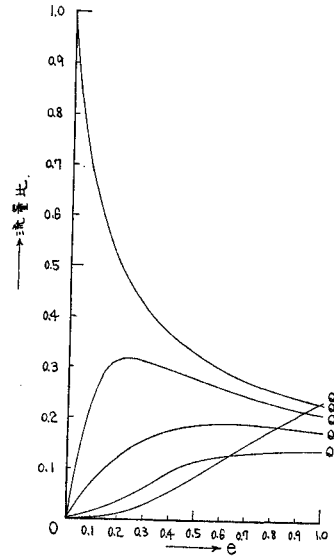
図—5.3  $n=19$  での理論的流量比



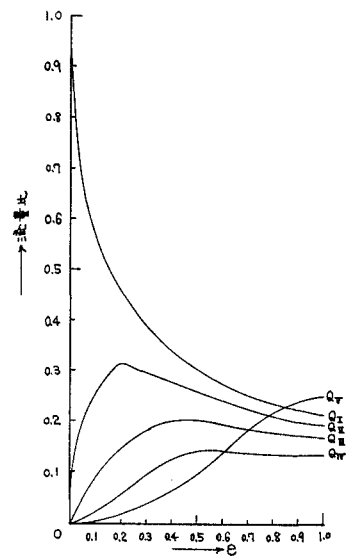
図—5.4  $n=26$  での理論的流量比



図—5.5  $n=33$  での理論的流量比



図—5.6  $n=39$  での理論的流量比



図—5.7  $n=46$  での理論的流量比

表-2 実験結果(第2回目)

n (汙床高)	集水比 Q 散水量 ml/分	集 水 室					n (汙床高)	集水比 Q 散水量 ml/分	集 水 室				
		I	II	III	IV	V			I	II	III	IV	V
6 (25 cm)	100	0.750	0.188	0.062			33 (125 cm)	100	0.381	0.339	0.203	0.077	
	200	0.722	0.237	0.041				200	0.311	0.363	0.233	0.093	
	300	0.609	0.345	0.046				300	0.235	0.356	0.231	0.078	
	500	0.634	0.327	0.039				500	0.273	0.359	0.285	0.083	
	1000	0.491	0.491	0.018				1000	0.236	0.315	0.322	0.127	
	2000	0.564	0.421	0.015				2000	0.300	0.234	0.324	0.142	
	3000	0.575	0.410	0.015				3000	0.319	0.257	0.287	0.137	
	5000	0.643	0.338	0.019				5000	0.313	0.280	0.264	0.140	0.003
	7500	0.724	0.256	0.020				7500	0.326	0.322	0.212	0.137	0.003
	10000	0.658	0.328	0.014				10000	0.388	0.315	0.177	0.117	0.003
	平均	0.6370	0.3341	0.0289	0.0000	0.0000		平均	0.3182	0.3140	0.2338	0.1131	0.0009
13 (50 cm)	100	0.596	0.404				39 (150 cm)	100	0.364	0.263	0.263	0.110	
	200	0.573	0.427					200	0.423	0.219	0.254	0.104	
	300	0.577	0.420	0.003				300	0.366	0.253	0.275	0.106	
	500	0.450	0.530	0.020				500	0.324	0.263	0.304	0.109	
	1000	0.322	0.628	0.050				1000	0.248	0.235	0.342	0.174	0.001
	2000	0.350	0.582	0.067	0.001			2000	0.245	0.245	0.356	0.154	
	3000	0.435	0.516	0.044	0.005			3000	0.276	0.223	0.315	0.184	0.002
	5000	0.636	0.316	0.044	0.004			5000	0.297	0.281	0.257	0.164	0.001
	7500	0.673	0.281	0.043	0.003			7500	0.449	0.281	0.169	0.100	0.001
	10000	0.602	0.347	0.046	0.005			10000	0.409	0.330	0.159	0.100	0.002
	平均	0.5214	0.4451	0.0317	0.0018	0.0000		平均	0.3401	0.2593	0.2694	0.1305	0.0007
19 (75 cm)	100	0.430	0.561	0.009			46 (175 cm)	100	0.371	0.219	0.248	0.162	
	200	0.402	0.563	0.035				200	0.349	0.232	0.256	0.163	
	300	0.375	0.573	0.049	0.003			300	0.307	0.248	0.284	0.161	
	500	0.380	0.551	0.063	0.006			500	0.256	0.217	0.330	0.194	0.003
	1000	0.349	0.518	0.103	0.030			1000	0.217	0.212	0.335	0.226	0.010
	2000	0.269	0.526	0.160	0.045			2000	0.203	0.218	0.351	0.218	0.010
	3000	0.264	0.516	0.164	0.056			3000	0.189	0.221	0.345	0.234	0.011
	5000	0.337	0.476	0.133	0.054			5000	0.202	0.212	0.315	0.258	0.013
	7500	0.370	0.468	0.117	0.044	0.001		7500	0.262	0.290	0.252	0.189	0.007
	10000	0.491	0.376	0.098	0.034	0.001		10000	0.359	0.307	0.185	0.142	0.007
	平均	0.3667	0.5128	0.0931	0.0272	0.0002		平均	0.2715	0.2376	0.2566	0.1947	0.0061
26 (100 cm)	100	0.355	0.355	0.258	0.032								
	200	0.409	0.302	0.242	0.047								
	300	0.350	0.223	0.287	0.140	0.002							
	500	0.297	0.279	0.279	0.143	0.004							
	1000	0.288	0.263	0.298	0.147	0.005							
	2000	0.261	0.261	0.304	0.169	0.001							
	3000	0.361	0.297	0.245	0.096	0.001							
	5000	0.449	0.326	0.163	0.061	0.001							
	7500	0.489	0.336	0.120	0.055								
	10000	0.471	0.362	0.116	0.051								
	平均	0.3730	0.3004	0.2312	0.0941	0.0013							

中心からの距離を表わす。また、○印および●印は実験値である。

一般に汙床の中心と周辺付近では理論値の方がいくぶん大きく、中間では逆に実験値の方がいくぶん大きくなっているが、これは中心付近換言すると流下水の水量が比較的多い部分では、汙材全体を水がつつんで流れるので分流が良く、中心から外側に向うに従って流下水は汙材の一部しか流れないので分流が悪く、集水比は理論値より低くなるものと考えられる。しかし、理論値と実験値とはだいたい近似しており、汙床中心からのおおの距離における単位面積当り流量比の増減の傾向も似ていることから、流量分布を理論的に求める際には汙材間の接触部分において分流ということを考慮して計算すると、実験値と大差のない値が得られることがわかった。

そこで、n=6, 26 および 46, すなわち汙床高さ 25, 100 および 175 cm において、中心からの距離が変化した場合の理論的単位面積当り流量比を 図-7 に示す。中心より離れるに従い、単位面積当り流量比は急激に小

$A_V$  で割ったもので、 $q_i=Q_i/A_i$  であり、これらを 表-5 に示す。なお、実験値は各散水量での値を算術平均したものである。また、 $q_{n \cdot m}$  と  $q_i$  の汙床中心からの距離として、 $q_{n \cdot m}(m \neq 1)$  と  $q_{II} \sim q_V$  は各円環および各集水皿室の内周と外周との中間をとり、 $q_{n \cdot 1}$  および  $q_I$  は中心とその周との中間をとる。汙床中心からのおおの点における単位面積当り流量比を、n を 6 から 46 まで (汙床高さ 25 cm から 175 cm まで) 変化させた場合について、表-4 および 表-5 をもとにして 図-6 に理論値と実験値を示す。曲線は理論値で、数値は汙床

表-3 e 値

散水量	n (汙床高)	6	13	19	26	33	39	46	平均
		(25 cm)	(50 cm)	(75 cm)	(100 cm)	(125 cm)	(150 cm)	(175 cm)	
第1回目実験	m <sup>3</sup> /分								
	100	0.34	0.47	0.21	0.35	0.37	0.56	0.30	0.37
	200	0.42	0.32	0.22	0.49	0.43	0.54	0.39	0.40
	300	0.36	0.38	0.26	0.56	0.47	0.49	0.41	0.42
	500	0.43	0.38	0.41	0.57	0.47	0.47	0.44	0.45
	1000	0.60	0.54	0.35	0.67	0.52	0.48	0.45	0.52
	2000	0.83	0.53	0.46	0.68	0.59	0.55	0.45	0.58
	3000	0.85	0.47	0.41	0.65	0.63	0.56	0.45	0.57
	5000	0.75	0.42	0.47	0.48	0.62	0.57	0.44	0.54
	7500	0.55	0.35	0.37	0.31	0.54	0.51	0.38	0.43
10000	0.53	0.37	0.36	0.32	0.34	0.31	0.35	0.37	
平均		0.56	0.42	0.35	0.51	0.50	0.50	0.41	0.46
第2回目実験	100	0.49	0.22	0.25	0.41	0.35	0.41	0.42	0.36
	200	0.50	0.23	0.30	0.38	0.40	0.45	0.42	0.38
	300	0.79	0.25	0.36	0.52	0.37	0.42	0.42	0.45
	500	0.75	0.36	0.38	0.63	0.43	0.43	0.51	0.50
	1000	0.80	0.45	0.49	0.65	0.53	0.64	0.59	0.59
	2000	0.76	0.50	0.60	0.65	0.49	0.64	0.59	0.60
	3000	0.74	0.45	0.62	0.48	0.47	0.64	0.58	0.57
	5000	0.69	0.33	0.56	0.32	0.51	0.57	0.60	0.51
	7500	0.63	0.28	0.42	0.31	0.51	0.34	0.43	0.42
	10000	0.66	0.35	0.33	0.25	0.37	0.25	0.41	0.37
平均		0.68	0.34	0.43	0.46	0.44	0.48	0.50	0.48

表-4 単位面積当り流量比 (理論値 1/cm<sup>2</sup>)

q	n	6	13	19	26	33	39	46
q <sub>1</sub>		0.03114	0.02047	0.01694	0.01438	0.01262	0.01165	0.01085
q <sub>2</sub>		0.00505	0.00428	0.00377	0.00329	0.00296	0.00276	0.00256
q <sub>3</sub>		0.00086	0.00129	0.00133	0.00132	0.00118	0.00117	0.00111
q <sub>4</sub>		0.00011	0.00037	0.00050	0.00055	0.00059	0.00059	0.00059
q <sub>5</sub>		0.00001	0.00010	0.00017	0.00024	0.00028	0.00030	0.00032
q <sub>6</sub>		0.00000	0.00001	0.00004	0.00009	0.00013	0.00015	0.00017
q <sub>7</sub>		0.00000	0.00000	0.00001	0.00002	0.00005	0.00006	0.00006

表-5 単位面積当り流量比 (実験値 1/cm<sup>2</sup>)

q	n	6	13	19	26	33	39	46
第1回目実験	q <sub>I</sub>	0.00811	0.00664	0.00467	0.00475	0.00405	0.00433	0.00346
	q <sub>II</sub>	0.00142	0.00189	0.00218	0.00128	0.00133	0.00110	0.00101
	q <sub>III</sub>	0.00007	0.00008	0.00024	0.00059	0.00065	0.00069	0.00065
	q <sub>IV</sub>				0.00017	0.00021	0.00024	0.00035
	q <sub>V</sub>							0.00001
第2回目実験	q <sub>I</sub>	0.00843	0.00605	0.00546	0.00369	0.00342	0.00301	0.00279
	q <sub>II</sub>	0.00135	0.00192	0.00208	0.00158	0.00152	0.00129	0.00129
	q <sub>III</sub>	0.00005	0.00018	0.00018	0.00060	0.00065	0.00077	0.00079
	q <sub>IV</sub>	0.00000	0.00002	0.00002	0.00012	0.00021	0.00028	0.00030
	q <sub>V</sub>	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001

さくなり、また中心から離れるに従い、中心付近と比べてその増減の割合は小さくなる。これより、一点散水した場合、汙床高さの増加にともなう流下水分布の広がる割合は小さくなるのがわかる。また、流量の少ないところでは、汙材全体を水がつつで流れることは不可能になり、水が有効に汙材をつつで流れるような分布範囲はさらに小さくなるものと考えられる。

表-3の実験結果より、分流量は散水量によって変化

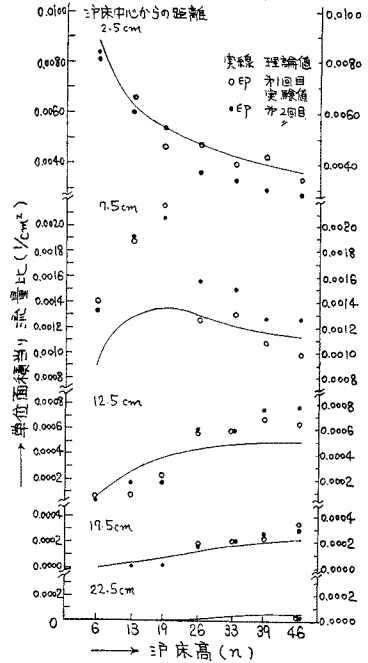


図-6 汙床高さが変化した場合の単位面積当り流量比

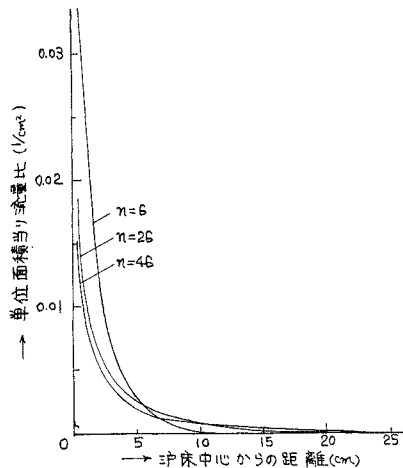


図-7 汙床中心からの距離が変化した場合の理論的単位面積当り流量比

し、約 2000 ml/分 で最大に達する。これより、汙床中心から離れた点では、単位面積当り流量比は散水量とともに増加するが、散水量が限界以上になると減少することになる。すなわち、(単位面積当り流量)=(散水量)×(単位面積当り流量比)であるから、流下水の分布範囲は散水量とともに増加するが、散水量が限界以上になるとほとんど一定になる。

このような流下水の分布範囲、また生物膜の存在するもとで汚水が浄化されるに有効な分布範囲を定量的に決

定するには、水が汙材表面上を流れている状態や汙材全体をつつんで流れるに必要な流量、また生物膜の生成状態などについて今後さらに研究しなければならない。

## 5. 総括および結論

散水汙床の流下水の分布について、一点散水した場合の実験研究を行なった結果、次の結論が得られた。

- (1) 理論式(2)は汙床表面中心に一点散水した場合の流量分布を十分説明するものと考えられる。
- (2) 汙床高さが増加するに従い、流下水の分布の広がる割合は小さくなる。
- (3) 散水量が増加するに従い、流下水の分布範囲は増加するが、散水量が限界以上になるとほとんど一定になる。

なお、本研究を行なうにあたり、当時学生として実験に協力された千葉義直君(大宮市役所)に深く感謝しま

す。

### 使用記号

- $A_m$  : 円環  $R_{n \cdot m}$  の断面積 [ $\text{cm}^2$ ]  
 $A_{I \sim V}$  : 集水室 I ~ V の断面積 [ $\text{cm}^2$ ]  
 $e$  : 分流比  
 $h$  : 汙床高さ [ $\text{cm}$ ]  
 $k, l$  : 正整数  
 $m$  : 円環の列数  
 $n$  : 円環の段数  
 $Q_{n \cdot m}$  : 円環  $R_{n \cdot m}$  での流量比  
 $Q_{I \sim V}$  : 集水室 I ~ V での流量比  
 $q_{n \cdot m}$  : 円環  $R_{n \cdot m}$  での単位面積当り流量比 [ $1/\text{cm}^2$ ]  
 $q_{I \sim V}$  : 集水室 I ~ V での単位面積当り流量比 [ $1/\text{cm}^2$ ]  
 $R_{n \cdot m}$  : 第  $n$  段目、第  $m$  列目の円環

(1970.10.5・受付)  
 (1971.9.20・再受付)