

水質汚濁に対するしゅんせつの効果について

—その1—

味村 昭 古井戸良雄 長沢 久 土屋隆夫

1 はじめに

近年、都市河川の水質汚濁は急激に進行しており、利水および生活環境を保全する面から大きな問題になっている。

元来、河川には多少の汚濁物が流入しても、これを浄化する自浄作用という働きがある。この作用は次の3つに分けて考えることができる。

- ① 河川水中に存在するバクテリアによって、汚濁物を生化学的に酸化する作用。(生化学的酸化作用)
- ② 汚濁物を河川水で稀釈することにより、汚濁物の濃度を低下させる作用。(稀釈作用)
- ③ 沈澱によって、汚濁物を河川水中から除く作用。(沈澱作用)

このように、河川は3つの作用によって自ら浄化しているわけであるが、それには限度があって、河川の浄化能力以上に汚濁物が流入した場合には、河水中の溶存酸素を使い果たし、嫌氣的になって悪臭を発生するにいたる。また、自浄作用のうち③の沈澱作用は、流入した汚濁物が一時的に河水中からとり除かれ、河床に堆積しているにすぎない。したがって、何らかの方法でこの堆積汚泥をとり除かなければ、汚泥内部での嫌気性分解、再浮上等によって河川水質に悪影響を及ぼすことが考えられる。

隅田川のような感潮河川では、流れがゆるやかで汚濁物が長い期間滞流するため、①、③の作用が大きく、一方、大気からの酸素供給能力が小さいから嫌氣的状態になりやすい。

東京都建設局では、都内河川の河床に堆積した汚泥を定期的にしゅんせつして除去している。本調査は、この河床のしゅんせつが、水質汚濁防止にどの程度役立っているかを知ることが目的に行なったもので、村上らの研究を参考にして河床汚泥の酸素消費、BODおよびCODの溶出、理化学的性状などについて検討を加えた。

2 汚泥の酸素消費速度、BOD溶出速度実験

(1) 試料の採取

図1の●印の3地点(小台橋、千住大橋、両国橋)のそれぞれ左岸、右岸、流心について、ボーリングにより深さ3mの柱状サンプルを採取した。

通常、しゅんせつは1.5mまで行なわれており、しゅんせつの効果をみるためには、垂直方向の汚泥の生化学的性状をみる必要がある。採取した汚泥は、大体2~3層に分かれており、それぞれの層について実験を行なった。汚泥の性状等は表1のとおりであった。

なお、この試料汚泥の採取は、建設局河川部で行なった。

(2) 実験装置

A槽は底面積102cm²、高さ40cm、B槽は底面積214cm²、高さ24cmの円筒形で、全容積は9,210mlである。水を循環させた時と静止させた時とでは、酸素消費に大きな違いがあり、この実験では水を循環させて行なった。

汚泥の厚さについて、Fairらによると、ある程度までは堆積厚が大きくなれば直接酸素消費速度も大きくなるが、10cm以上になると深さの影響は小さくなるとしている。一方、建設省土木研究所での実験では、堆積厚が10cm以上のときでも厚さが増加すれば消費速度も増加するとの報告もされている。このように、どの程度の厚さで行なえば良いか必ずしも明確ではないが、我々の実験の目的は、上・中・下層を比較することであり、かつ均質の汚泥を多量に採取することが困難であったので汚泥厚は10cmにして実験を行なった。

温度について、実験では恒温水槽を用いてほぼ20℃に温度調節して行なった。

(3) 予備実験

本実験にさきだち、A槽・B槽内部の水が、ポンプによる循環によって完全に混合しているかどうか、また汚

表1 試料汚泥

地点	採取点	河底よりの深さ(m)	色調	土質	観察
小 台 橋 上 流	右岸	0.00~0.80	黒	泥 土	貝殻片, 有機物多量混る。 全体に多量の砂混る。
		0.80~3.00	暗 灰	シルト混り 微 砂	雲母片, 貝殻片, 有機物, 腐蝕物少量混る。
	流 心	0.00~0.80	黒	泥 土	有機物, 油少量混る。
		0.80~1.40	黒 褐	シルト混り 細 砂	雲母片, 油少量混る。
		1.40~3.00	暗 灰	シルト混り 微 砂	雲母片微量, 有機物少量混る。
	左岸	0.00~0.20	黒	泥 土	有機物, 油多量混る。
		0.20~2.80	暗 灰	シルト混り 微 砂	雲母片微量, 有機物少量混る。
		2.80~3.00	"	"	"
	千 住 大 橋 上 流	右岸	0.00~0.10	暗 灰	砂質シルト
0.10~1.20			暗 青 灰	"	"
1.20~3.00			"	"	"
流 心		0.00~0.20	黒 灰	泥 土	有機物, 油少量混る。 細砂多く混る。
		0.20~3.00	暗 青 灰	砂質シルト	雲母片微量, 貝殻片, 有機物少量混る。
左岸		0.00~0.30	黒	泥 土	油, 有機物多量混る。
		0.30~0.80	黒	有 機 土	有機物, 腐蝕物少量混る。
両 国 橋 上 流	右岸	0.00~1.10	黒 灰	泥 土	油, 有機物多量混る。
		1.10~1.80	黒 灰	有 機 土	油, 有機物, 腐蝕物少量混る。
		1.80~3.00	暗 灰	シ ル ト	雲母片少量, 有機物少量混る。
	流 心	0.00~0.90	黒 灰	泥 土	油, 有機物少量混る。
		0.90~2.10	暗 灰	シルト混り 細 砂	雲母片微量, 有機物多量混る。
		2.10~3.00	暗 青 灰	シルト質 粘 土	雲母片, 貝殻片微量混る。
	左岸	0.00~0.20	黒	泥 土	油, 有機物少量混る。
0.20~3.00		暗 青 灰	シ ル ト	雲母片, 貝殻片少量混る。 上層部有機物多量混る。	

表2 汚泥の酸素要求量

試験方法	酸素要求量 gO ₂ /m ³ day	試験者	
室内試験			
下水 汚泥 深さ	0.5cm	Baity (1938)	
	1.0	Fair 5 (1941)	
	1.5		
	2.0		
	4.0		
Windermere のかく乱汚泥	0.2	Mackereth (1962)	
Thames	1日 7℃	Water Pollution	
		Research (1953)	
	5日 7℃	0.20	
		15℃	0.39
	25℃	1.02	
現地試験			
Windermere の汚泥	0.05	Mackereth (1962)	
Thames 汚泥 30分	16.5℃	Water Pollution	
	19℃	Research (1953)	
	20℃	" (1961)	
Riverivel (非汚濁区間)	2 - 5		

図1 汚泥の採取地点

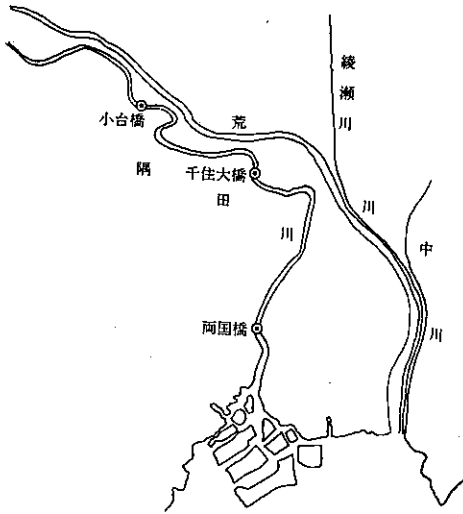
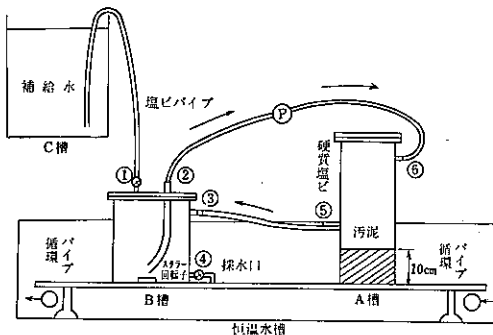


図2 実験装置の概要



泥をまき上げずに循環しているかを確認するために、ウランで着色した水を用いて予備実験を行ない、B槽の(2)の下にパイプを取りつけることによって、上記の条件を満足することを確認した。

(4) ブランク試験

小台橋での実験で、装置間を結合しているビニールパイプから、かなりの影響を与える可塑剤等の影響があると考えられたため、A槽内に汚泥を入れないものを一組作って、他と同様な空試験を行なった。

(5) 実験結果

各地点における酸素消費速度およびBOD溶出速度の結果は、表3のとおりである。

なお、酸素消費速度は、溶存酸素が3 ppmまで下がる

のに要した時間、BOD溶出速度は、5日目の累積BOD溶出量からそれぞれ換算して求めた。

(水質の変化の値・グラフは同名報告—資料番号2—5—1を参照)

3 河床汚泥の物理的および理化学的試験

(河川土質報告書参照)

4 考 察

(1) 主要調査値の検討

本調査の主たる目的は、河川のしゅんせつ工事が河川水質の汚濁防止に有効かどうかを判断し、併せて現在の都内河川の底質汚泥の物理的性質、理化学的性質などの実態をとらえることにあった。このうち底質汚泥の実態については、河川土質調査報告書において整理されているので、ここではしゅんせつ工事の水質汚濁防止に対する効果の有無について検討することとし、隅田川の底質汚泥について考察を行なうこととする。

表3 隅田川底質汚泥の調査結果総括表

地点名	河口からの距離(km)	含水比 (%)			汚泥のBOD ₅ (mgO ₂ /g乾泥)			BOD溶出速度 (gO ₂ /m ² /日)			酸素消費速度 (gO ₂ /m ³ /日)		
		上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層	上層	中層	下層
No22 (志村橋)	29.2	—	73.5	—	18.4	9.93	1.11						
No33 (志茂橋)	24.5	214	154	72.1	31.5	9.93	1.12						
No36 (岩淵水門)	24.0	126	37.7	31.3	8.46	1.42	1.17						
No37 (新田橋)	22.3	134	184	50.0	6.35	6.76	1.18						
No39	21.1	215	174	31.5	24.6	1.81	0.13						
No41		213	91.4	32.0	19.1	7.24	0.60						
No42 右岸 (小台橋)		39.4	—	51.0	—	—	—				—	—	—
No43 流心 ()	18.7	46.8	35.2	53.7	—	—	—				1.2	1.1	—
No44 左岸 ()		134	—	61.1	9.49	—	2.10				—	1.3	0.7
No45 (尾久橋)	16.7	324	156	43.6	39.0	11.5	1.50						
No46	15.7	288	189	23.0	14.8	9.26	0.08						
No47 右岸 (千住大橋)		71.8	—	58.9	0.53	0.57	0.49	6.4	9.5	5.7	2.1	1.9	1.8
No48 流心 ()	13.8	182	—	162	—	—	—	9.2		5.5	1.7	—	1.9
No49 左岸 ()		110	137	54.2	—	—	—	10.6		4.6	2.3	—	1.3
No50 (常盤線鉄橋)	12.0	139	331	70.8	33.6	5.48	0.70						
No51 (白ヒゲ橋)	9.6	191	147	70.8	7.69	13.0	3.45						
No52 (香妻橋)	7.5	113	159	47.9	10.6	2.65	0.72						
No53 右岸 (両国橋)		171	82.7	66.2	—	—	—	7.7	5.1	4.7	2.3	1.7	1.2
No54 流心 ()	5.3	47.4	45.0	54.5	1.17	0.97	0.74	8.2		4.8	1.7	1.5	1.4
No55 左岸 ()		71.3	—	54.5	—	—	—	5.7		5.1	1.9	—	1.7
No56 (永代橋)	3.0	72.4	91.8	44.5	16.6	18.4	0.32						
全測定値 について	平均	145	131	56.7	16.1	7.07	1.03						
	標準偏差(σ)	77.6	23.0	27.3	11.5	5.12	0.79						
No41~43 No47~49 No53~55 について	平均	97.1	75.0	68.5	3.73	0.77	1.11	8.0	7.3	5.1	1.9	1.5	1.4
	標準偏差(σ)	51.5	40.0	33.4	4.08	0.20	0.71	1.8		0.41	0.36	0.28	0.55

隅田川底質汚泥の含水比、BOD値、酸素消費速度およびBOD溶出速度などの調査結果をとりまとめると表3のとおりである。これらの平均値およびその90%信頼限界はつぎのとおりである。

ア 含水比について

全測定値について、上層、中層、下層の平均値を比較するとつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \text{上層} &= \text{平均値} \pm \text{信頼限界} \left[t(\phi, 0.1) \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \right] \\ &= 145 \pm 29.8 \\ \text{中層} &= 131 \pm 10.0 \\ \text{下層} &= 56.7 \pm 2.4 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} \div \text{中層} > \text{下層}$$

これによると、上層と中層の含水比は大差ないが、下層の含水比は小さい。

小台橋、千住大橋および両国橋のデータのみについてみると次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{上層} &= 97.1 \pm 32.0 \\ \text{中層} &= 75.0 \pm 47.0 \\ \text{下層} &= 68.5 \pm 20.6 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} \div \text{中層} \div \text{下層}$$

これによると、平均値の信頼限界の幅が大きいため、各層の差はあまりないといえる。

イ 汚泥のBOD値

全測定値について各層を比較するとつぎのとおりである。(単位=mgO₂/g乾泥)

$$\begin{aligned} \text{上層} &= 16.1 \pm 5.17 \\ \text{中層} &= 7.1 \pm 2.4 \\ \text{下層} &= 1.0 \pm 0.4 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} > \text{中層} > \text{下層}$$

これによると汚泥のBOD値は、明らかに上層、中層、下層の順に小さくなっている。

小台橋、千住大橋および両国橋のデータについてのみ比較するとつぎのとおりである。

$$\begin{aligned} \text{上層} &= 3.7 \pm 5.8 \\ \text{中層} &= 0.8 \pm 0.8 \\ \text{下層} &= 1.1 \pm 1.2 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} \div \text{中層} \div \text{下層}$$

これらの地点では、全体と比較して下層のBOD値は同水準にあるが、上層、中層いずれも値が小さく、かなり安定していることを示している。また各層間にあまり差がない。

ウ BOD物質の溶出速度(5日)

この項目と酸素消費速度については、小台橋、千住大橋および両国橋でのみ調査したので、これを用いて比較

する。(単位= g O₂ / m² / 日)

$$\begin{aligned} \text{上層} &= 8.0 \pm 1.5 \\ \text{中層} &= 7.3 \\ \text{下層} &= 5.1 \pm 0.4 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} \div \text{中層} \div \text{下層}$$

上層、中層と比較して、下層のBOD溶出速度は若干小さいようである。

なお、BOD溶出速度は、実験槽内の溶存酸素濃度が小さくなると大きくなるようである。今回の実験では、溶存酸素濃度が2~3ppm以下になると、実験槽内の水が灰色ににごりはじめ、硫化水素臭を発生する現象が観察された。

エ 酸素消費速度(DO>3ppmの条件下)

酸素消費速度を比較するとつぎのとおりである。

$$\begin{aligned} \text{上層} &= 1.9 \pm 0.3 \\ \text{中層} &= 1.5 \pm 0.3 \\ \text{下層} &= 1.4 \pm 0.4 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{上層} \div \text{中層} \div \text{下層}$$

これによると各層間にあまり差はない。この値を表2に示した値と比較すると、テムズ川の汚泥よりも若干酸素消費速度が大きいうようである。

(2) 実験を行なった3地点(小台橋、千住大橋、両国橋)での汚泥の理化学的性状は比較的安定しており、(1)において述べたとおり各層間にあまり差はなく、代表地点として必ずしも適当ではなかった。

しかし、隅田川全体についてみると、たとえば河床汚泥のBOD平均値は上層16.1、中層7.1、下層1.0で上層>中層>下層の順になっている。

村上氏によれば、汚泥の酸素消費速度は汚泥のBOD値と相関があるとされている。したがって、隅田川全体についてみれば、汚泥による酸素消費速度も上層>中層>下層の関係になることが予想される。

(3) 汚泥のBOD値と含水比の関係

汚泥のBOD値と含水比の関係は図3のとおりである。

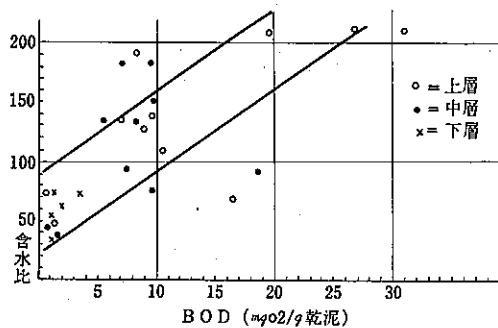
この図において、汚泥のBODと含水比の相関はあまり明らかではないが、傾向として汚泥のBODが大きいとき、含水比も大きくなるといえる。

5 結 論

本調査の結果つぎの結論を得た。

(1) 都内河川の底質汚泥について、その実態をとらえることができた。

図3 汚泥のBODと含水比の関係



(2) 隅田川の底質のBOD値は、上層16.1>中層7.1>下層1.0の順になっていた。したがって、河水中の溶存酸素消費、悪臭の要因となるBOD値は小さい方が望ましく、河川のしゅんせつは水質汚濁防止に有効であるといえる。

(3) 汚泥のBOD値が大きくなれば、含水比も大きくなるといった傾向が見うけられる。したがって、BOD値の大きな汚泥をとり除いてしゅんせつの効果を大きくするためには、含水比の大きな汚泥をもしゅんせつする

必要がある。この視点からみるならば、現在のしゅんせつ方法は、必ずしも目的を達しているとはいえない。今後しゅんせつによる水質汚濁防止の効果をより以上発揮するためには、含水比の大きな汚濁も有効にしゅんせつし得るよう、しゅんせつ方法の改善を行なうことが望ましい。

なお、今回の実験で選定した小台橋、千住大橋、両国橋などの地点は、上層、中層、下層の理化学的性質が比較的安定しており、代表地点として適切でなかった。したがって本年度は、別の地点を選定して引き続き実験を行なう予定である。

参考資料

- 1 村上，長谷川，湯浅：“河床堆積物が河川水質に及ぼす影響としゅんせつの効果”土木技術資料11-6
- 2 杉木：“感潮河川の汚濁機構，特に隅田川について”土木研究所報告第133号（42年12月）
- 3 左合，茂庭：“河川における底泥の挙動に関する基礎実験”第6回下水道研究発表会講演集（44年）