

9 河川底泥が水質に及ぼす影響

建設省土木研究所 杉木 昭典

” 村上 健

1. 河床物質の化学的性質

河床物質の化学的性質は様々な因子による影響を受け、個々の河川についても場所、時間によって変化する。これらの因子としてはたとえば、(1)河川に流入する浮遊物質の量、質、(2)河川の水理条件、(3)有機物の分解速度の季節的な変化、(4)浚渫の有無などがある。40年に行なった隅田川の底泥の分析結果を表-1に示す。隅田川の底泥の強熱減量は下流の両国橋でも固型物の10%以下で、他の汚濁の進んだ河川についての調査結果、たとえば Fair¹⁾ら、南部²⁾、Isaac³⁾らが報告している値に較べると幾分小さいようである。しかし、39年に行なった調査では表-1の値よりもかなり大きく、強熱減量が30%に達したこともあったので、39年の秋から行なわれている浄化水の導入によって底泥の組成が変化し、無機分が増加したのではないかと推定される。

硫化物については Alleni⁴⁾、Isaac⁵⁾が報告している Thames 川やその他の河川と同程度の値である。全硫化物の値は下流に行くにしたがっていくらか大きくなっているが、しかし遊離硫化物の量は下流に行くにしたがってかなり増加しており、遊離硫化物が全硫化物中で占める割合は2月の調査を除くと、上流の志茂橋の3~4%から下流の両国橋の20~30%へと増加している。これは底泥中の重金属イオンの量はあまり変わらないので、硫化物の発生が多くなると増加分は遊離硫化物として存在するようになるためと考えられる。悪臭、腐蝕或いは脱酸素など有害な作用の原因となるのは主として遊離硫化物であるから、重金属イオン、特に鉄イオンなどの量が問題になる

ものと認められる。

表-1 隅田川の底泥の分析結果

| 採取地点 | 河口からの距離 (km) | 採取年月日 | 水分(%) | VSS SS (%) | 全硫化物 (mg/SS1g) | 遊離硫化物 ^(%) 全硫化物 | 全窒素 (mg/SS1g) |
|------|-----------------|-----------|-------|---------------|-------------------|------------------------------|------------------|
| 志茂橋 | 2.5 | 40. 2. 10 | 29.3 | 2.54 | 1.52 | 2.38 | |
| | | 6. 15 | 29.8 | 4.01 | 1.08 | 3.4 | |
| | | 8. 31 | 26.1 | 2.13 | 0.76 | 4.0 | |
| 新田橋 | 2.2 | 9. 28 | 27.1 | 2.15 | 0.32 | 3.1 | 0.131 |
| | | 40. 2. 10 | 43.6 | 6.33 | 3.21 | 16.5 | |
| | | 6. 15 | 37.8 | 4.30 | 0.38 | 9.8 | |
| 小台橋 | 1.8 | 8. 31 | 27.2 | 3.06 | 0.33 | 9.9 | |
| | | 9. 28 | 33.3 | 3.04 | 0.25 | 19.2 | 0.217 |
| | | 40. 8. 31 | 22.9 | 2.22 | 0.37 | 12.9 | |
| 言問橋 | 8.5 | 9. 28 | 28.3 | 4.82 | 0.38 | 1.1 | 0.197 |
| | | 40. 2. 10 | 26.4 | 2.42 | 2.33 | 13.5 | |
| | | 6. 15 | 40.1 | 5.69 | 0.39 | 2.45 | |
| 両国橋 | 6 | 8. 31 | 40.0 | 5.86 | 1.08 | 27.1 | |
| | | 9. 28 | 42.3 | 5.73 | 0.86 | 26.6 | 0.254 |
| | | 40. 2. 10 | 32.6 | 3.78 | 1.86 | 1.18 | |
| | | 6. 15 | 50.0 | 9.06 | 1.17 | 17.9 | |
| | | 8. 31 | 48.5 | 6.78 | 1.25 | 2.17 | |
| | | 9. 28 | 57.8 | 8.39 | 0.86 | 3.15 | 0.500 |

2. 底泥中での有機物の分解

河川水中の溶存酸素は底泥の中にあまり深くは浸透せず、また入って行くとしても有機物の分解によって直ちに消費されるので極く表層しか好気性に保たれない。したがって底泥中での分解は表層数 cm の部分での好気性分解とそれより深い層での嫌気性分解との2つの過程からなっており、下層の嫌気性分解によって生じた分解生成物が拡散によって、或いは発生したガスと共に上昇し、表層の好気性の部分で酸化されると云う形で酸素が消費される。このような分解の場合、Fairら¹⁾によれば、分解速度を律するのは酸素の拡散速度ではなく嫌気性の部分で生じた分解生成物の上昇速度であり、10 cm 以下の部分の分解生成物は表層の好気性の部分までは上昇してこない。分解速度に影響する因子としては、(1)分解され得る有機物の量、(2)微生物の代謝に利用される難易の程度、(3)温度、(4)底泥の密度などの物理的性質がある。

現在までに底泥による酸素消費量を定量的に調査した例としては、Baity,⁵⁾ Fairら¹⁾; Water Pollution Research Laboratory⁶⁾などの研究がある。

- A : 曝気した蒸留水
- B : 流量調節用コック
- C : ガストラップ
- D : 底泥
- E : 流出水サンプリング用フラン瓶

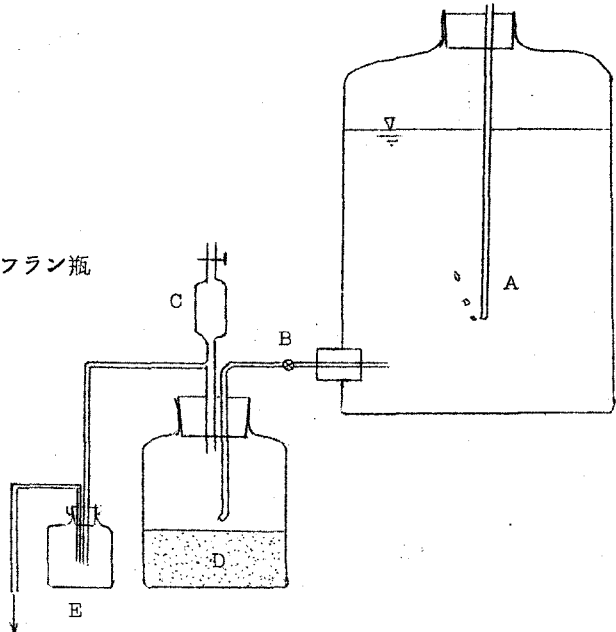


図 - 1 実験装置

われわれも Water pollution Research Laboratory の実験装置とほぼ同様な装置を用いて実験を行なった。装置の概要を図-1に示す。実験に用いた泥は隅田川の両国橋、言問橋で採取したもので、水分はそれぞれ48.4%、28.4%、乾燥試料中の強熱減量はそれぞれ6.78%、1.63%の底泥である。またその他比較のために都市下水処理場の第一沈澱池の生汚泥を脱水したもの（水分8.4%、強熱減量4.73%）についても実験した。実験方法は以下の様である。先ず試料瓶に厚さ6~7cmになる様汚泥を入れ、曝気した蒸留水を瓶の口まで満して約1昼夜20°Cの恒温室に静置する。その後曝気した蒸留水を連続的に供給して実験を行なう。曝気蒸留水の流入量は流出水の溶存酸素量が適当な値になる様適宜調節し、河川の底泥の場合には40~400 ml/hの範囲であり、滞流時間は1.5~15時間であった。実験結果を図-2に示す。Fair¹⁾らは底泥の分解速度について、分解速度は分

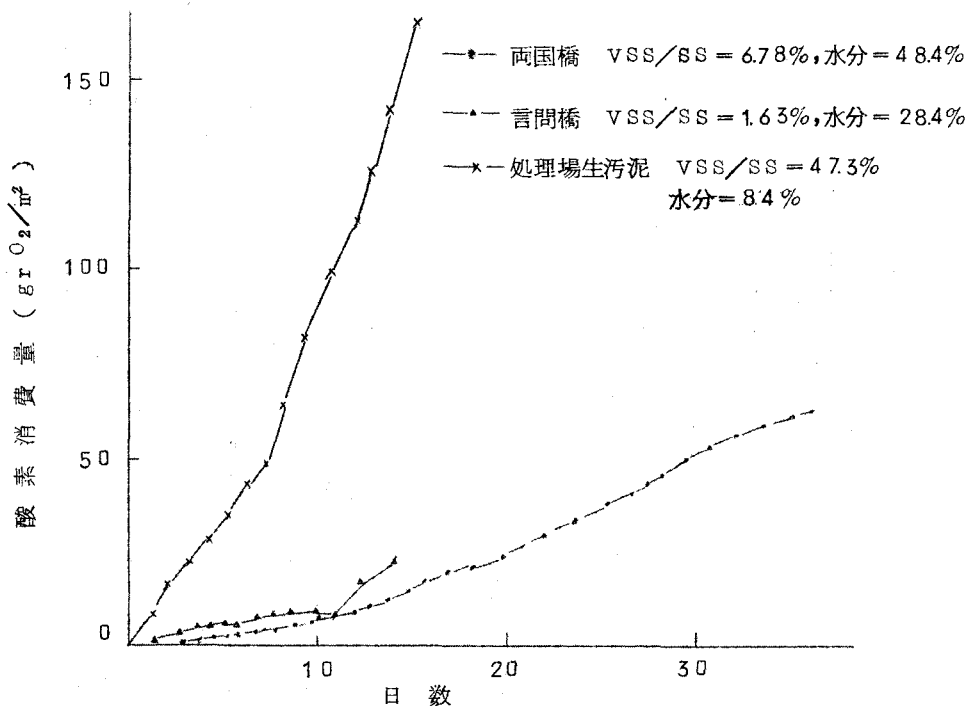


図-2 汚泥の酸素消費量

解可能物質の量に比例するが、微生物の利用し易い物質は早く分解されてしまい、分解され難い物質が残るので速度は時間が経つにしたがって遅くなるとの仮定に基き、次式を与えた。

$$\frac{dy}{dt} = \frac{R}{1+at} (L-y) \quad \dots\dots\dots (1)$$

y ; 分解された物質の量，または時間 t の間の酸素要求量

L ; 分解され得る物質の総量，または最終酸素要求量

k ; $t = 0$ での反応速度係数

a ; 遅退係数

(1)式での a が負の値を取ることは実際上ないと考えられるので(1)式が示す曲線は上に凸であるが、図-2の曲線はむしろ下に凸である。この理由は明らかでないが、或いは試料を不攪乱のまま採取することは出来なかつたので試料が安定するまで分解の遅れが出たのかも知れない。いずれにしても(1)式が成り立つのはかなり長い時間に対してであると思われる。しかし特に感潮河川では潮汐の影響により流量、流速が変動するので、底泥の性質も、少なくとも表層のものについては、かなり変り易いと考えられる。従つて底泥の分解についても比較的短い時間を考えても差支えなく、図-2における最初の10日間の平均脱酸素速度を求めると、両国橋の底泥については $0.0272 \text{ grO}_2/\text{m}^2\text{h}$ 、言問橋の底泥では $0.380 \text{ grO}_2/\text{m}^2\text{h}$ である。言問橋の底泥は両国橋の底泥に比較して、水分の違いを補正しても、強熱減量が小さいが、それにもかかわらず脱酸素速度が大きくなっており、脱酸素速度は強熱減量のみでは律せられないことを示している。隅田川の底泥の脱酸素速度を Thames 川⁸⁾の底泥の値 $0.04 \text{ grO}_2/\text{m}^2\text{h}$ と比較してみると、約 $3/4$ 程度である。この値を用いて底泥による酸素要求量を検討してみると、隅田川の場合平均水深を 2 m とすると1日の酸素要求量は約 0.36 ppm となり、河川水の総酸素要求量に占める割合は 1% 程度に過ぎない。したがつてこの意味から考

えると底泥は河川水質にはあまり大きな影響はおよぼさないと思われ、底泥の有害な作用は硫化水素などの発生による悪臭など直接的なものの方が大きいと思われる。Allen⁴⁾らが調査した Thames 川の底泥から発生したガスの分析結果を表-2に示すが、この表の値からもみられる通りかなりの量の硫

表-2 Thames 川の底泥から発生したガスの分析表(容量%)

| 成分 | King George V Dockの入口でのガス | TilbusryのSubmerged Bank | King George V Dockの底泥を消化したときのガス |
|------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| | 19498.30 | 19499.14 | |
| H ₂ S | 17 | 09 | 0.9 |
| CO ₂ | 13.1 | 10.1 | 16.4 |
| CH ₄ | 75.2 | 84.0 | 72.3 |
| 高級パラフィン | Nil | Nil | Nil |
| O ₂ | 0.8 | 0.5 | 0.4 |
| CO | Nil | 0.3 | 0.3 |
| H ₂ | 0.5 | 0.2 | 1.9 |
| N ₂ | 0.8 | 4.2 | 7.8 |

化水素が発生している。また表-2中の実験室内で消化実験した時の消化ガスの炭酸ガス・メタンガスの比と河川で発生したガスのそれとを比較するとほぼ等しく、河床底泥中の嫌気性分解は完全であると云える。更に潮位と発生ガス量との関係は図-3に示した様であり、ガスは底泥中に気泡として蓄えられ、水圧が少

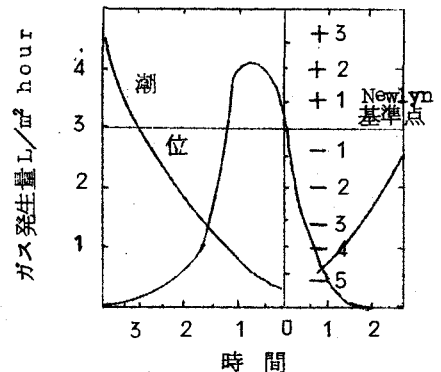


図-3 Tilburyの感潮部におけるガス発生量

なくなるにしたがって拡散されることがわかる。

3. 底泥が浮遊した場合の酸素要求量

河床沈積物が流況の変化によって河川水に再び浮遊する場合には、河床に堆積した場合よりも酸素要求量ははるかに大きいと考えられる。一たん沈積した有機質の汚泥が再び浮遊するのに必要な流速は沈積したばかりの新しい汚泥に対しては 0.6 ~ 1.0 ft/sec、粘着性のある汚泥に対しては 1.0 ~ 1.5 ft/sec と普通考えられている。この程度の流速の変化は感潮河川でしばしばみられるので底泥が浮遊した場合の酸素要求量についても検討する必要がある。表-1で9月28日採取と示した底泥について、スターラーで攪拌しながら BOD₅ を測定した結果、5日間の酸素要求量は新田橋、言問橋、両国橋の底泥についてそれぞれ、125, 57, 70 grO₂/kgSS であった。これらはかなり大きい値であるが、河川水の BOD を測定する際に少なくとも1潮時以上の連続採水をすれば河川水の BOD の中に含まれるので (BOD を静置して測定する場合には浮遊物は沈積するので、いくらか少なめに測定されたとしても)、河川水の BOD に対して付加的な値とはならないと思われる。

参 考 文 献

- 1) Fair, G.M., Moore, E.W., and Thomas, H.A., The Natural Purification of River Muds and Pollutational Sediments, Sew. Wks. J., Vol. 13, 1941.
- 2) 南部祥一, 河川水中の自浄作用と汚染分布に関する研究論文, 京大博士論文, 昭35。
- 3) Isaac, P.C.G., The Contribution of Bottom Muds to Oxygen Demands in Streams, J. Air and Water Pollution,
- 4) Inglis, C., and Allen, F.H., The Regimen of the Thames Es-

tuary as Affected by Currents Salinities and River Flow, Proc. ICE, Vol. 7, 1957.

5) Baity, H.G., Studies of Sewage Sludge, Sew. Wks. J., Vol. 10, 1938.

6) Effect of Polluting Discharges on the Tames Estuary, Water Pollution Research Technical Paper No. 11, H.M. Stationery Office, 1964.