底泥の酸素消費量に関する室内実験

茂庭 竹生*

* 東海大学工学部

〈水質汚濁研究 Vol.9 No.4 (1986) pp.00~00〉

湖沼や河川に沈積する有機物質を含んだ底泥は上層の水の酸素収支に重大な影響を与える。

本論文は東京都内の日本橋川で採取した底泥を用い、種々の形態での底泥の酸素消費速度を室内実験で検討した報告であり、次の結果を得た。

1. 静止状態での底泥の酸素消費速度は $0.2 \sim 0.4 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度であるが、ほんの少しでも乱れがあると、消費速度は $0.8 \sim 1.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に達し、静止状態の2~4倍となる。
2. 水槽内の水を入れ替えながらの実験で、消費速度の経日変化をみたが、本実験の範囲ではほぼ一定値を示した。また、この時の表面汚泥の酸素吸収量も一定値を示した。
3. 水温が酸素消費速度に大きな影響を及ぼす。
4. 汜過による接触実験では $0.3 \sim 0.6 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ の酸素消費速度を得た。また、この時同時に測定したBOD 溶出量は $0.5 \sim 1.6 \text{ g-BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ と酸素消費量より大きな値を示した。

水質観測用計測機器の試作

楠田 哲也* 古賀 憲一** 二渡 了* 栗谷 陽一* 古本 勝弘*** 海田 輝之**** 井前 勝人**
荒木宏之**

* 九州大学工学部 ** 佐賀大学理工学部 *** 長崎大学工学部 **** 岩手大学工学部

〈水質汚濁研究 Vol.9 No.4 (1986) pp.00~00〉

水域において水質調査を行うには、多大な費用及び労力そして器材を必要とするため、現在までのところ収支算定を可能ならしめる程の満足の調査例は多くない。即ち、水質情報の有する貴重な価値を低減させている原因が機器の不備にあると言っても過言ではない例が多いようであり、この問題を解決するためには安価で自作可能な調査機器の開発が必要とされるであろう。

本報告は、海域、感潮河川を主な対象水域として、設計された調査機器を試作し、過去10回程度に及ぶ調査実績を踏まえた上で、計測機器の特徴、機能について述べたものである。

機器の測定項目の構成は、1)流速、2)流向、3)水温、4)電気伝導度、5)濁度、から成っている。大略的な機能として、1)流速計は、最小流速 $2 \sim 3 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、流速と回転数との直線性は $2 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 程度まで良好である、2)流向は8方向の方位の識別が可能である、3)水温と温度センサーから出力との線形性は良好である、4)電気伝導度は感度切換により、海水から淡水までの測定が可能である、5)濁度は最大 $5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ 程度のSS濃度までの測定が可能である、などが挙げられる。

〈論 文〉

底泥の酸素消費量に関する室内実験

Laboratory studies on the oxygen demand of bottom sediments

茂 庭 竹 生

Takeo MONIWA

Abstract

Organic suspended solids which settle and concentrate at the bottom of lakes and streams exert an oxygen demand on the overflowing water.

This oxygen demand is examined for bottom sediments of Nihonbashi River in Tokyo. In laboratory studies, the following conclusions are presented;

1. The oxygen uptake rate was obtained $0.2 \sim 0.4 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ in the stagnant conditions. But, under the slight mixing conditions, turbulence increases the oxygen demand to $0.8 \sim 1.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}$.
2. On the experiments that a fresh supply of water was added to the reaction tank, the oxygen demand of surface of the sludge is obtained $7.0 \sim 11.0 \text{ g-O}_2/\text{g-dry sludge}$, and its values was constant during experiments.
3. The effect of water temperature on the oxygen demand was observed.
4. On the experiments that the bottom sediments was contacted with water by filtration, the oxygen uptake rate of $0.3 \sim 0.6 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{day}/\text{cm}$ and the BOD loading rate of $0.5 \sim 1.6 \text{ g-BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{day}/\text{cm}$ were obtained.

Key words: bottom sediment, bottom sludge, oxygen demand, oxygen uptake rate

1. 結 論

家庭排水や工場排水により有機物質の汚濁負荷をうけた水域では、水中の溶存酸素の消費という形でまず汚濁現象が現れる。流水中での溶存酸素の濃度分布を初めて理論的に取り扱ったのはStreeterとPhelps¹⁾であり、これを基礎として、その後多くの研究者がこの問題に取り組んできた。溶存酸素の挙動に關与する因子も、しだいに詳細に取り扱われるようになり、附着藻類の影響²⁾³⁾や硝化の影響を詳しく検討した研究⁴⁾⁵⁾、あるいは光合成の影響を評価したモデルの提示⁶⁾もみられる。

一方、水底に沈積した底泥の酸素消費に關しても多くの成果が報告されている。底泥による酸素消費は、1) 底泥による直接的な酸素消費、2) 底泥からの有機物質の溶出による間接的な酸素消費、3) 底泥粒子の巻き上げによる酸素消費の3形態に分けられることを著者は既に示した⁷⁾。また、2)の有機物質の溶

出には拡散モデルの適用がよいとの結論を得ている。さらに、他の2形態についても、多くの研究者がそのメカニズムについて明らかにしてきている。しかし、実際の水域に沈積した汚泥がどの程度の酸素要求量を示し、それが全体の酸素消費量に対し、どの程度の影響を及ぼすかについてはあまり明確にされていないのが現状である。杉木⁸⁾は隅田川の底泥を用いて酸素消費量を測定し、底泥の酸素消費量は全体の1%以下であると、計算した。しかし、著者ら⁹⁾が山谷堀川で得た値では40%近くに相当するという結果を得ており、沈積した底泥によりその影響程度にはかなりの差があるのではないかといえる。そこで、汚濁の進んだ東京都内の実河川から採取した底泥を用いて、種々の状態での底泥の酸素消費量を、室内実験で検討したので報告する。もちろん、底泥の酸素要求量には生物学的なもの他に還元性物質による無機的な酸素要求量もあり、厳密には区分して取扱う必要があるが、本実験では底泥

* 東海大学工学部 平塚市北金目1,117番地, Faculty of Engineering, Tokai University, 1,117 Kitakaname Hiratsuka-city Kanagawa prefecture

と水との接触形態別の酸素要求量について検討することとした。

2. 底泥の酸素消費に関する従来の研究

河川や湖沼の底泥酸素消費量の測定に関しては、今迄に多くの報告がある。McKeown ら¹⁰⁾は製紙工場廃水の処理汚泥を用いて、流水条件下での酸素消費量を測定し、停滞水域では $0.2 \sim 0.8 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、やや乱れのある水域では $2.7 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 、乱れの多い水域では $4.4 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度の値を示した。また、同時に BOD の溶出速度も測定し、 $0.4 \text{ g-BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の値を示した。一方、Hanes ら¹¹⁾も同様の汚泥を用い、静止条件下で $0.216 \sim 3.312 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の値を報告した。

実際の環境中にある底泥を用いた例としては、Martin ら¹²⁾はオレゴン州 Newport 付近の Yaquina 河口の底泥を用い、非混合状態では $1.9 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日} \pm 40\%$ 、混合状態では $3.4 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日} \pm 10\%$ であることを示した。また、McDonnell ら¹³⁾はペンシルバニア州にある、下水処理場の排水をうけ、富栄養化の進んだ Spring Creek の底泥を用い、底泥厚を $2 \sim 25 \text{ cm}$ に変えて、 $1.68 \sim 5.52 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ という非常に高い底泥の溶存酸素速度を報告し、また、底泥の酸素消費速度は溶存酸素濃度と温度に影響されることを示した。

国内の調査例としては、例えば、福永ら¹⁴⁾は大阪市内の河川底泥を用いて、室内実験により $3.12 \sim 7.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ という高い酸素消費速度を報告している。隅田川の底泥では杉木⁸⁾が室内実験で $0.653 \sim 0.912 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ を、東京都¹⁵⁾は千住大橋と両国橋で採取した底泥で $0.75 \sim 3.15 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ を報告している。一方、湖沼の調査例としては、高崎ら¹⁶⁾が日光の湯の湖および宮城県釜房ダムの調査結果として、 $2 \sim 8 \times 10^{-3} \text{ g-O}_2/\text{g-SS} \cdot \text{h}$ の値を報告している。

この様に、底泥の溶存酸素消費に関しては数多くの報告があるが、総括するとその値は数 $\text{g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度の値であることが知れる。これらの値は実験条件が異なり、前項で述べたような3形態に区分し、厳密に互いのデータを比較することは困難であるが、底泥が実際の環境中で消費する溶存酸素消費量は数 $\text{g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度であると考えて差支えないといえる。

一方、底泥が流水中に再浮上した場合の酸素消費量は、静止状態での直接消費より大きな値になると考えられている。例えば、前述の McKeown の報告した乱れの多い場合の酸素消費量は、底泥粒子の再浮上を想定した場合の実験であるし、福永らも同じ底泥で、攪拌条件下で酸素消費量を測定し、 $13.2 \sim 102.0 \text{ mg-O}_2/\text{g-乾泥} \cdot \text{日}$ という値を報告している。また、Edward ら¹⁷⁾は河川底泥を用い、底泥上 0.5 cm に回転翼をつけた実験装置で、酸素消費量を測定している。その結果、回転数 50 rpm で $0.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 200 rpm で $1.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ の値を得たと報告し、 200 rpm では SS 濃度が 4000 mg/l に達したことを示している。

このように、底泥の酸素消費量に関しては、今迄に数多くの研究報告がみられ、その消費速度も静止状態では数 $\text{g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度で、乱れがあるとかなり大きな値となると総括できよう。しかし、前節で示した底泥の酸素消費形態という面から捉えると、従来の研究報告では消費の形態別にその値を推定することは困難である。そこで、乱れの影響や形態別酸素消費量を明らかにすべく、次の一連の実験を行った。

3. 乱れの影響

実験装置を Fig. 1 に示す。水槽は2種類用意し、一方は水槽の中はほんのわずかな乱れを生じさせ、その状態の下で酸素消費が測定できるようにし、他の一方には全く乱れを与えず、静止状態で酸素消費を測定した。水槽への乱れはポンプによる水循環とし、 83 ml/分 のわずかな循環量で乱れを発生させた。循環位置は水槽の上部付近、中央部分、底泥に近い部分の3ヶ所とし、乱れの状態に違いを与えた。停滞水域で、全く乱れがないと考えられている水域でも、ある程度の乱れはあるものと考えてよく、本実験はそのような状態をモデル化したものである。また、水槽の底泥面積を変えるため、Table 1 に示すように、3種類の水槽を用意した。

Fig. 1 Experimental apparatus. (R-1~R-3)

Table 1 The reaction tank

	type-A	type-B	type-C
sludge area (m ²)	0.211	0.105	0.053
water depth (cm)	20.0	30.0	60.0
water quantity (m ³)	0.0422	0.0315	0.0317
distance of inlet pipe from sludge (cm)	15.0 7.0	24.0 8.0	50.0 12.0
distance of sampling points from sludge (cm)	15.0 13.0 11.0 9.0 7.0	24.0 20.0 16.0 12.0 8.0	50.0 40.5 31.0 21.5 12.0

実験に用いた底泥は、都内を貫流する代表的な汚濁河川である日本橋川の新常盤橋中央部で採取したもので、採泥にはエックマン・バージ型採泥器を用いた。底泥は開き目 2 mm のふるいをういて、大きな狭雑物を取除いてから均一になるようによく混ぜ合わせ、2～3 日放置して実験に供した。

実験条件は Table 2 に詳細を示すが、底泥は各水槽内に約 3.5cm の厚さに敷き、その上にガイドバーを通してビニールシートをかぶせておき、十分にエアレーションした水道水をその上に入れた。実験開始時には底泥を攪乱しないように、十分注意しながらビニールシートを引き抜いた。さらに実験中は水面をビニール

シートで覆い、できるだけ空気と水との接触を避ける工夫をした。

採水は水槽の中央部で採水できるように、あらかじめ配置したガラス管を用いた。また、水深方向に濃度分布がある可能性があるため、水深方向に 5 ヶ所で採水したが、実験中濃度差は全く認められず、以後の解析は平均値を用いて行った。

Fig. 2 は一例として水槽中央部で水を循環する R-2 について酸素消費量の時間変化を示したものである。図から明らかなように、当然のことながら底泥面積が大きくなるほど、酸素の消費量が大きくなる傾向が認められる。また、いずれも乱れのある方が酸素消費速度が大きい。この結果からほんのわずかも乱れがあれば、底泥の酸素消費量に大きく影響を与えることがわかる。

乱れの大きさによりどの程度酸素消費速度が異なるかを示したのが Fig. 3 である。すなわち、水の循環位置の異なるデータを A 型の水槽の実験と比較し、酸素消費量の違いをみたものである。図から明らかなように、水の循環位置が底泥表面から離れている R-1・A および R-2・A は、ほとんど同じ酸素消費傾向を示すが、R-3・A の場合のように底泥上 7 cm に循環点を設置した場合は、かなり酸素消費量が大きくなることが認められる。この傾向は底泥面積の異なる B、C 型の水槽の実験でも同じように認められており、わずかな乱れの差が底泥の酸素消費量に大きく影響することが知れる。

Table 2 Experimental conditions (R-1~R-3)

experiment number	type	distance of inlet pipe from sludge(cm)
R-1 A	A	15.0
R-1 B	B	24.0
R-1 C	C	50.0
R-1 A'	A	—
R-1 B'	B	—
R-1 C'	C	—
R-2 A	A	11.6
R-2 B	B	16.0
R-2 C	C	31.0
R-2 A'	A	—
R-2 B'	B	—
R-2 C'	C	—
R-3 A	A	7.0
R-3 B	B	8.0
R-3 C	C	12.0
R-3 A'	A	—
R-3 B'	B	—
R-3 C'	C	—

Fig. 2 Cumulative oxygen demand as a function of time.

Fig. 3 Effect of mixing by pump circulation on oxygen demand.

一方, Fig. 4 は底泥の単位面積当りの酸素消費量を, R-2 につき比較したものである。静止状態で酸素消費量を測定した対照実験群では, 水槽の形状が異なってもほぼ同じ単位面積当りの酸素消費量を示し, その値は96時間でほぼ $1.15\text{g-O}_2/\text{m}^2$ に達している。一方, 乱れのある場合は, 個々の値は異なるもののいずれもが静止の状態よりも酸素消費量が大きくなっていることが認められる。酸素消費量の差は水槽の形状により生じた乱れの差が影響していると考えてよく, この結果からもごくわずかな乱れの状態の差が底泥の酸素消費に大きく影響を与えていることが裏付けられる。実験 R-1~R-3 につき, 乱れの有無で酸素消費速度を計算すると, 乱れが全くない場合は $0.2\sim 0.4\text{g-O}_2/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 程度の値であるが, 水槽に水を循環し, 若干でも乱れが存在すると, その値は $0.8\sim 1.5\text{g-O}_2/\text{m}^2\cdot\text{日}$ となり, 静止状態の2~4倍に達していることが知られる。

4. 酸素消費速度の経日変化

実験 R-1~R-3 では底泥の酸素消費速度を測定したといっても, 同時に底泥から水中へ溶出した有機物質による間接的な酸素消費も同時に測定したこととなる。また, 底泥の直接酸素消費速度も底泥表面が酸化されるに従い, 次第に小さくなることも考えられる。そこで, R-4 では Fig. 5 に示すように, 水槽の水を常に一定量入れ替えながら酸素消費に関する実験を行った。実験番号は R-4 とし, R-1~R-3 の水槽と同じ水槽を用いて, 水槽中央部の循環位置に常にエアレーションをした水道水を入れ, 水槽内の水を入れ替えた。このときの入れ替え水量は $40\text{ml}/\text{分}$ である。また, 対照実験群としては, 水の入れ替えは行わず, 同量の水をただ循環だけする実験を行った。対照実験群は実験番号に「を」をつけて区別する。

Fig. 6 は酸素消費速度の経日変化を示したものである。A, B, C の各水槽とも酸素消費速度にかなりの乱れはあるが, R-4·A, R-4·B の2つの実験はほぼ同

Fig. 4 Oxygen demand of bottom sludge per unit area.

Fig. 5 Experimental apparatus. (R-4)

Fig. 6 Oxygen uptake rate as a function of time.

じ傾向を示し、日数の経過とともにやや酸素消費速度が大きくなる傾向を示している。また、その酸素消費速度は $0.5 \sim 2.0 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の範囲である。それに対し、R-4・Cの実験は終始一定の酸素消費傾向を示し、 $0.25 \sim 1.1 \text{ g-O}_2/\text{m}^2$ とA、Bに比べ、やや低い酸素消費速度が観察された。これは3水槽とも水深の中央部で水を入れ替えたが、C型的水槽は水深が深いため、

底泥表面から最も遠い位置に流入口があることとなる。そのため、やや乱れの影響が少なかったといえる。しかし、いずれの実験でも、15～20日間近く経っても酸素消費速度が小さくなる傾向は認められない。目視によれば、底泥の表面は実験開始当初は黒色であったが、経過3～5日ぐらいからは表面が徐々に黄褐色に変色してゆくことが観察されている。これは底泥表面の酸化が進み、好気性状態に変化しているためと考えられる。しかし、酸素消費速度には特別な変化が認められないので、この程度の日数では例えば底泥表面が好気性状態になったとしても、底泥の酸素消費速度はほとんど変化しないものと考えてよい。

Streeter と Phelps あるいは Fair の提示したモデルでは底泥の酸素消費速度は底泥の未酸化物質に比例することになるから、消費速度は時間の経過とともに小さくなる。しかし、本実験の結果からはこのような傾向を認めることはできず、むしろ消費速度は一定となることが観察された。もちろん、実験期間が15～20日間と短く、底泥が酸化されたといっても、表面のみであるので、この結果から直ぐに酸素消費速度が常に一定であるとの結論を示すことは早計であるが、15～20日間程度では一定値として取扱っても、実際上は差し支えないといえよう。

次に入れ替え水量の違いをみるため、一連の実験を行った。すなわち、R-5・1は入れ替え水量を $10 \text{ ml}/\text{分}$ とし、R-5・2、R-5・3は $20 \text{ ml}/\text{分}$ で行った。R-5・2とR-5・3の違いはR-5・3は流出口に阻流板を設け流入水の勢いをやわらげる工夫をした点にある。

Fig. 7は酸素消費速度の経日変化を示した図である。酸素消費速度はR-5・1、R-5・2はほぼ $0.5 \sim 1.5 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ であり、R-5・3では $0.2 \sim 1.0 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ の値を示した。R-4同様、消費速度に経日的な変化は認められないが、酸素消費速度の大きさは必ずしも入れ替え水量や乱れの大きさには従ってなく、実験当初

Fig. 7 Oxygen uptake rate as a function of time.

の目的は果たすことができなかった。しかし、各実験には酸素消費速度に差が認められる。この差は水温の差により生じたものと考えられる。すなわち、R-5・1は実験中の平均水温が21°Cであった。それに対し、R-5・2, R-5・3はそれぞれ17.3°C, 11.2°Cと徐々に低くなっている。これが酸素消費速度の差となって現われたと考えてよい。

McDonnell ら¹³⁾は水温が10°Cに対し、20°Cの場合は酸素消費速度が2倍に、25°Cでは3倍になると報告している。水中の溶存酸素が消費されるのは、主として好気性微生物によるものと考えてよく、水温は酸素消費速度に相当な影響を与えると考えてよい。

5. 底泥粒子との接触による酸素消費

底泥の酸素消費は静止状態よりも、浮遊状態の方が接触面積が増え、大きな値となるといえる。すなわち、前述の底泥の酸素消費形態でいえば、3)の底泥粒子の巻上げの方が、1)の直接消費よりも消費量が大きくなると考えられている、杉木⁸⁾も同様の指摘をしている。

Fig. 8 は R-4 の実験中の底泥の一部をガラス管を用いて採取し、その酸素吸収量の経日変化を測定した結果である。酸素吸収量の測定方法は採取した底泥をフランビンに入れ、BOD 希釈液で満たしたのち、20°Cの恒温槽内で24時間マグネチック・スターラで攪拌し、常に底泥粒子を浮遊状態に保ちながら、その間の酸素消費量を測定したものである。実験は14日間継続し、その間の酸素消費量の経日変化を測定したが、R-4・B, R-4・B'とも値に変動はあるものの、ほぼ一定値を示し、7~11mg-O₂/g-乾泥程度が観察された。

分母の取り方が異なるので、前項の実験結果と単純

Fig. 8 Oxygen demand as a function of time. (R-4)

な比較は困難であるが、底泥の直接酸素消費量を 1 g-O₂/m²・日程度とすると、それに相当する酸素消費量になるためには底泥 1 m²から底泥粒子が乾泥換算で100 g巻き上がる必要がある。水深を 2 m とすれば、底泥の浮上による浮遊物質濃度が50mg/lに達することとなる。50mg/lも底泥から浮遊物質負荷が常にある水域となると、相当に流れが強い場所であるといえる。しかし、逆に流れが強い場所であれば、通常はこの様な所には、酸素消費が問題となるような比較的軽い有機物質に富んだ汚泥粒子の沈積は生じにくいと考えてよい。

したがって、底泥の浮上が底泥の直接的酸素消費よりも重大な影響を与えるとすれば、平常は流れがゆるやかで、有機性の底泥の沈積が生じているところへ、豪雨などにより河川の流量が急激に増大し、底泥粒子が巻上がった場合であろう。この場合は底泥からの浮遊物質負荷はかなりの量に達するものと想定され、下流側での底泥粒子による溶存酸素の消費量は、相当な量に達することが考えられる。事実、合流式下水道の雨天時における余水吐きからの流出水は全く溶存酸素のない場合が多く、この結果を裏付けるものである。

次に、積極的に底泥と水を接触させたら、酸素消費量はどの程度の値を示すかを検討する。前述の底泥の酸素消費量のように底泥粒子が浮遊し、いわばバラバラの状態では水中の溶存酸素を消費するのではなく、静置状態での値を測定する目的で次の実験を行った。

Fig. 9 に実験装置を示す。ろ過筒に砂利、砂を支持層とし、所定の厚さに底泥を敷き、一定流量で水道水を通水させながら、ろ過前後の溶存酸素の濃度差から酸素消費量を測定した。底泥厚さは2.6~5.0cmの範囲で4通りの実験を行ったが、通水量はいずれの場合も20ml/分とした。これは空筒ろ過速度で1.9m/日に相当し、底泥の間隙率を0.4とすると、底泥厚 1 cm 当りの接触時間は約3分間である。Fig. 10 は酸素消費量の変化を、Fig. 11 は底泥からの BOD 溶出負荷量を示したものである。いずれも実験開始後 2~3 日間は測定値が乱れているが、それ以降は一定の増加傾向を

Fig. 9 Experimental apparatus. (R-6)

Fig. 10 Oxygen demand of bottom sludge by filtration. (R-6)

Fig. 11 BOD loading from bottom sludge by filtration. (R-6)

示している。実験毎に水温が異なり、必ずしも同一の条件ではないので、直接の比較は難しいが、10～15日程度では酸素消費量、BOD 溶出量ともに変化は生じていないといえる。底泥の酸素消費量は、底泥の単位厚さに換算すると、実験開始3日目以降では $0.3 \sim 0.6 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ となる。底泥の直接的酸素消費量を測定した R-1～R-7 までは、結果の整理方法が異なるため、比較は出来ないが、この程度の酸素消費量では底泥が余程乱されない限り、酸素消費が急速に増大することはないように思われる。

一方、底泥からの BOD の溶出量は酸素消費量に比し、ほぼ 2 倍程度の値を示し、 $0.5 \sim 1.6 \text{ g-BOD/}$

$\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ という値が観察された。実験方法、結果の整理が違うので比較は出来ないが、東京都隅田川の底泥を用いて測定した BOD 溶出量は $4.6 \sim 10.6 \text{ g-BOD/m}^2 \cdot \text{日}$ であり、McKeown がパルプ廃水の処理汚泥を用いた実験では $0.4 \text{ g-BOD/m}^2 \cdot \text{日}$ の値を得ている。いずれにしても、汚濁の進んだ水域に沈積している汚泥は、その酸素消費量以上に BOD 物質の溶出を促す可能性をもっており、これは底泥の酸素消費形態の 2) に相当し、水中に溶出した BOD 物質はやがて水中で溶存酸素を消費する結果となるわけであるから、形態 2) も重要といえよう。

6. 結 論

日本橋川の新常盤橋で採取した底泥を用い、室内実験で、種々の形態における底泥の酸素消費量を測定した。実験で得られた結果を要約すると、以下の通りである。

(1) 底泥の酸素消費速度は、全く乱れない状態では $0.2 \sim 0.4 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ 程度ではあるが、ほんのわずかも底泥上に乱れが存在すると、その値は 2～3 倍になり、 $0.8 \sim 1.2 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ となる。

(2) 底泥上の水を入れ替えながらの実験では、実験を 15～20 日間程度継続しても、底泥の酸素消費速度には大きな変化は認められず、ほぼ一定の値を示した。しかし、底泥表面の色相の判断では、実験経過とともに表面の酸化が進み、好気性状態に変わってゆく様子が観察された。

(3) この実験では同時に実験中の底泥表面を採取し、底泥粒子を浮遊させた状態での酸素消費量を測定したが、その値は $7 \sim 11 \text{ mg-O}_2/\text{g-乾泥} \cdot \text{日}$ であったが、(2) の場合と同様に実験期間中、ほぼ一定の値を示した。

(4) 底泥の酸素消費速度は水温の影響を大きく受け、水温の低下とともに、酸素消費速度も小さくなる。

(5) 底泥と水とをろ過接触させた場合の酸素消費速度は $0.3 \sim 0.6 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ の値を示した。また、この時同時に測定した BOD 溶出量は $0.5 \sim 1.6 \text{ g-O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{日/cm}$ に達し、酸素消費速度の 2～3 倍であった。

(原稿受理 昭和61年2月14日)

引用文献

- 1) Phelps, E.B. (1944) Stream Sanitation, P. 132, John Wiley and Sons Inc.
- 2) 合葉修一, 岡田光正, 大竹久夫, 須藤隆一, 森 忠洋 (1975) 浅い汚濁河川における BOD, COD 収支の

- シミュレーション (第一報), 下水協誌, **12**, 131.
- 3) 合葉修一, 岡田光正, 大竹久夫, 須藤隆一, 森 忠洋 (1975) 浅い汚濁河川における BOD, COD 収支のシミュレーション (第二報), 下水協誌, **12**, 132.
- 4) Miller, J.E. and Jennings, M.E. (1979) Modeling Nitrogen, Oxygen, Chattahoochee River, Ga., *Jour. EE div., ASCE*, 641.
- 5) Bathala, C.T., Das, K.C. and Jones, W.D. (1979) Assimilative Capacity of Small Streams, *Jour. EE div., ASCE*, 1049.
- 6) Simonsen, J.F. and Harremoes, P. (1978) Oxygen and pH Fluctuations in Rivers, *Water Research*, **12**, 477.
- 7) 茂庭竹生 (1978) 底泥が河川水質に及ぼす影響に関する研究, 水質汚濁研究, **1**, 1, 63.
- 8) 杉木昭典 (1974) 水質汚濁現象と防止対策, 技報堂, p.344.
- 9) 左合正雄, 茂庭竹生, 長田貞子, 古井戸良雄, 土屋隆夫, 味付 昭 (1970) 酸素による汚濁河川の悪臭防止に関する研究, 第 6 回衛生工学研究討論会論文集.
- 10) McKeown, J.J., Benedict, A.H. and Locke, G.M. (1968) Studies on the Behavior of Benthic Deposits of Wood Origin, *Jour. WPCF*, **40**, Part 2, 333.
- 11) Hans, N.B. and Irvine, R.L. (1968) New Technique for Measuring Oxygen Uptake Rates of Benthic Systems, *Jour. WPCF.*, **40**, 223.
- 12) Martine, D.C. and Bella, D.A. (1971) Effect of Mixing on Oxygen Uptake Rate of Estuarine Bottom Deposits, *Jour. WPCF*, **43**, 1865.
- 13) McDonnell, A.J. and Hall, S.D. (1969) Effect of Environmental Factors on Benthic Oxygen Uptake, *Jour. WPCF*, **41**, Part 2, 353.
- 14) 福永 勲, 石井隆一郎, 宇野源太 (1971) 河川の酸素消費に関する研究, 水処理技術, **12**, 9, 25.
- 15) 東京都建設局河川部, 公害研究所水質部 (昭和45年) 水質汚濁に対するしゅんせつの効果について, p.33.
- 16) 高崎みつる, 佐藤敦久, 須藤隆一, 岡田光正 (1984) 自然湖ならびにダム湖の溶存酸素収支に関する一考察, 衛生工学研究論文集, **20**, 97.
- 17) Edward, R.W. and Rolley, H.L. (1965) Oxygen Consumption of River Muds, *Jour. Ecol.*, **53**, 1.