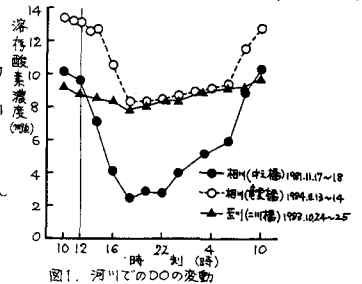


山梨大学工学部 正会員 平山公明  
山梨大学工学部 正会員 今岡正美  
山梨大学工学部 正会員 平山けい子

1. はじめに 溶存酸素濃度(以下 DO)の経時的変化は、DO 自体が水中生物の活動に不可欠なものであると同時に、河川で起こっている生物化学的現象の一面を表しているため興味深い。実際、生物的要因を考慮して DO の経時的変化を予測する方法も提案されている<sup>1,2)</sup>。また、DO の経時変化を測定することによって河川での再ばう気係数を推定する試みも行われている<sup>3)</sup>。

筆者らはこれまでに河川での水質の変動を調査する機会があり、DO の変動に図 1 のような午前中に最高値を示す例がいくつか見られることに気がついた。DO が昼間高くて夜間低い点は、生物による光合成・呼吸が関与していると考えられるが、DO が午前中に最高値を示す要因は明確でないように思われた。そこで、その要因を探るために実験と調査を行った。以下にその内容を報告する。



2. 方法 水路での物質移動を一次元の現象として扱い、質量の保存式を導くと次の式が得られる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - U \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + R_a/h + R_b/h + R_c \quad (1)$$

(C: 濃度 (ML<sup>-3</sup>), t: 時間 (T), D: 拡散係数 (L<sup>2</sup>T<sup>-1</sup>), x: 流下方向の距離 (L), U: 流速 (LT<sup>-1</sup>), R<sub>a</sub>: 水面からの物質移動速度 (ML<sup>-2</sup>T<sup>-1</sup>), R<sub>b</sub>: 底からの物質移動速度 (ML<sup>-2</sup>T<sup>-1</sup>), R<sub>c</sub>: 水中の物質発生速度 (ML<sup>-3</sup>T<sup>-1</sup>), h: 水深 (L))

この式の右辺の 5 つの項のうち、第 1 項は流れ方向の拡散による影響を表し、第 2 項は流れ方向の濃度変化に伴う移流の効果を示している。通常の取扱いにおいてはこれらの 2 つの項は無視されることがある。

本研究では (1) 式の右辺のうちで、DO の最高値が午前中になる要因はどの項にあるのかを定性的に探ろうとした。まず最初に、第 1 項と第 2 項を無視しても実際に河川で観察されるような DO の変動が見られるかどうかを検討した。具体的には、屋外に置いた攪拌槽(水量 10~20 L)に河川水(相川(竜巻橋)より採水した)を入れ、これを攪拌しながら DO の変化を調べた。もし攪拌槽で図 1 にみられるような DO の変動を再現できれば、河川での DO 変動の要因を (1) 式右辺の 3 項以下に限定でき DO の変動要因を探るのに都合がよいと考えたのである。さらに、(1) 式右辺の移流項の影響は無視できるかどうかを検討するために、実際の河川の数百メートル離れた 2 地点で、同時刻の DO を調査した。

3. 結果および考察 図 2 に、攪拌槽に河川水だけを入れて攪拌した時の DO と、水温に対する飽和 DO の変化を示す。また、図 3 には、川底から取って来た生物膜の付いた小石(長さ数 cm)を攪拌槽の底に敷いた場合の DO と飽和 DO の変動を示す。図 2 においては、DO は昼間高くて夜間低くなるという傾向を示さない。底に小石を敷くと図 3 にみられるように、DO は昼間に高くなる傾向を示し、この点においては図 1 に示したような変動と似た変動を示している。したがって、河床の付着生物は河川での DO 変動に大きな影響を及ぼしているといえる。しかし、DO の最高値は午後を表れる傾向があり、この点については図 1 に示される実際の河川での変動と相異している。

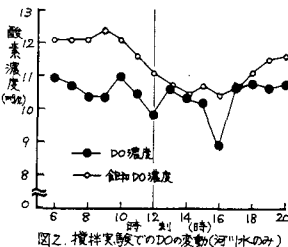


図 2. 攪拌実験での DO の変動(河川水のみ)

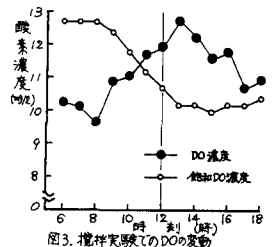


図 3. 攪拌実験での DO の変動(生物膜の付いた小石に付いた場合)

水中の DO を減少させる要因のひとつに、生物による有機物の酸化がある。人為的影響を受けている河川で

は有機物の濃度も変動しているの、この変動がDOに影響を及ぼす可能性がある。そこで、有機物濃度とDOとの関連性を検討するために、まず、河川でのBODとDOの変動を比較した。図4~6に河川での両者の変動の様子を示す。図6を見る限りはBODの上昇とDOの減少が同時に起っているといえるが、図4ではDOの減少と同時にBODも減少しており、両者の関連性は明確でない。図4~6ではDOの減少速度は1時間に $0.1\text{mg/l}$ のオーダー、BODの増加速度も1時間に $0.1\text{mg/l}$ のオーダーである。河川での脱酸素係数のオーダーが $0.1\sim 0.3/\text{日}$ であることも考えると、図4~6に示される程度のBODの変動は、DOの変動にあまり大きな影響を及ぼさないものと推定される。

DOとBODとの関連性については攪拌槽による実験によっても検討した。攪拌実験に用いた河川水の採水地点では図5に示されるように12時頃からBODが上昇する傾向が見られたので、攪拌槽に排水を注入した時、DOがどのように変化するかを調べた。攪拌槽の底に生物膜の付いた小石を置き河川水を槽内に入れて、12時から15時まで1時間ごとに排水を槽内に注いだ。注入する排水の量はBODが図5に示されるオーダーくらいに変化する程度の量とした。その時のDOの変化を図7に示す。図7においてDOの最大値は午後に表示されており図3とよく似た変動を示している。したがって、相川で観察される程度のBODの変動はDOの変動にあまり影響を与えないと思われる。

以上、攪拌槽を用いて、河川水あるいは河床の付着生物にDOの最高値が午前中になる原因を求めようとしたが、明らかにできなかった。そこで、移流項がDOの変動に影響を及ぼすかどうかを検討した。調査は図8に示す地点AとC、および、AとBの間で行った。事前の調査で西川の影響は水質的にも水量的にも小さいことを確かめた。各2地点で同時刻に測定したDOの値を図9,10に示す。これらの図で特に昼間は下流のDOが上流より高くなっていることから、移流項は昼間はDOを減少させる要因として働いていることがわかる。図9の値より(1)式中の $\alpha$ の大きさを推定してみると、大きい時で約 $2\text{mg/l}\cdot\text{hr}$ という値になる。これは考慮すべき値といえる。また、移流項の影響は昼間大きく夜間は小さいことが図9,10より示唆される。

**4. まとめ** 実際の河川での状況を攪拌槽で再現することは困難であり、日照の影響などの把握に不十分な点があるが、河川でのDOの変動に移流項が影響を与える場合があることを指摘できたと考える。今後、(1)式右辺の各項の相対的な重要性などについて定量的な把握を行いたいと考えている。

なお、本研究を行うに当たって筆者の研究室の卒業生、小林秀司氏、保阪昌香氏の協力を得た。両氏の協力を深く感謝する。また、文部省科学研究費補助金奨励研究(A)の助成を受けたことに感謝する。

[文献] 1) 合巻他: 浅い5濁河川におけるBOD, DO, 水のシミュレーション(第報), 下道論文誌, 12, No.131, 1975-4 2) 島根木と富永: 富永河川水質シミュレーションモデル, 化学工学論集, 10, No.4, 1984-7 3) 松尾他: 四角パウルス利用に用いた河川の水質推定法, 林学論文報告集, No.315, 1991-11 4) 最新下水道工学の発展と集約, 建設省の最新下水道ハンドブック, 1992.

