

〈論文〉

瀬田川水質自動監視データを用いた水中微生物群集の
一次生産・呼吸速度の推定久岡夏樹¹⁾, 藤木修²⁾¹⁾土木研究所水環境研究グループ水質チーム (〒305-8516 つくば市南原1-6 E-mail: hisaoka@pwri.go.jp)²⁾財下水道新技術推進機構 (〒162-0811 東京都新宿区水道町3-1 E-mail: o-fujiki@jiwet.or.jp)

概要

琵琶湖湖尻から湖水が流出する瀬田川の水質自動監視所で観測されたデータと酸素移動モデルに基づき、琵琶湖の富栄養化の指標と考えられる水中微生物群集の一次生産速度・呼吸速度を推定した。呼吸速度と水温には正の相関が確認され、水温20℃における呼吸速度は、1987年から約20年間で低下傾向が見られた。呼吸速度の低下は、下水道の普及等によって南湖の富栄養化が抑制されている証左であると推量された。また、DOデータから一次生産速度を求めた結果、全日射量との間で正の相関が確認された。

キーワード：水質自動監視, 微生物群集, 一次生産速度, 呼吸速度, 瀬田川

原稿受付 2009.7.27

EICA: 14(2・3) 37-44

1. はじめに

「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」では、「富栄養化」とは、窒素またはリンを含む物質が閉鎖性水域に流入し、当該水域において藻類その他の水生植物が増殖繁茂することに伴ってその水質が累進的に悪化する現象」と定義されている¹⁾。これに従えば、物質の流入が富栄養化につながるか否かは一次生産量の増加を引き起こすかどうかによって依存する。すなわち、湖における一次生産量は富栄養化の直接的な指標となる²⁾。

富栄養化については、単に内湾や湖沼に多量の窒素やリン等の栄養塩類が流入・蓄積し、栄養塩類濃度が高くなることと定義される場合もある³⁾。しかし、アオコ、淡水赤潮による水道水の異臭味障害や魚の斃死等社会的影響の多くが一次生産量の増加によって引き起こされることを勘案すれば、滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例の定義に即して、藻類をはじめとする水中微生物群集の一次生産速度を測定することで、富栄養化の直接的な指標と捉える方が合理的といえる²⁾。

さらに、富栄養化に伴う有機物量の増大は、直接的には純生産速度に依存する。このため、一次生産速度とあわせて、呼吸速度を測定することも必要となるが、一般に、窒素、リン等に起因する水中微生物群集の代謝活動の増加は、光のない夜間においては、呼吸速度として把握できるため、呼吸速度も富栄養化の指標になり得ると考えられる。

本研究は、水質自動観測所で20年間観測したデータをもとに、水中微生物群の一次生産速度・呼吸速度を求め、富栄養化の指標として提案するものである。

2. 一次生産・呼吸速度の測定方法

2.1 水質自動監視所

本稿で提案する方法は、水質自動監視所で観測された溶存酸素濃度(DO)をはじめとするデータを活用し、流水に含まれる微生物群集の一次生産・呼吸速度を求めるものである。観測所は、琵琶湖湖尻に位置する、流出河川の一つである瀬田川に設置された、唐橋流水質自動監視所と瀬田川洗堰直上流の瀬田水質自動監視所の2箇所である(**Fig. 1**)。観測水質項目は、水温、BOD、DO、電気伝導度、pH、濁度、全窒素、全リン、アンモニア態窒素、クロロフィルaであり、1時間ごとの数値データとして記録されている。両水質自動監視所の間には挟まれた区間には、流入する大きな河川や水路はなく、生活排水その他の水の流入が瀬田川の水量、水質に及ぼす影響は無視できる。なお、水質データの一部は、ウェブサイトで公開されている、国土交通省が管理する水質自動監視所で観測したデータを使用した(<http://www1.river.go.jp/>)。

なお、琵琶湖ではなく瀬田川の水質データを活用するのは、瀬田川をいわば試験器として活用するという発想に基づくものであり、関心の対象は、あくまで琵琶湖南湖の水中微生物群集の働きにある。

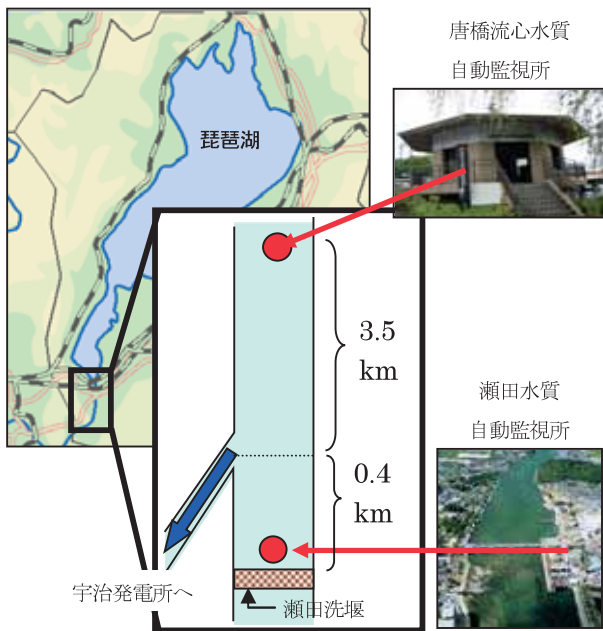


Fig.1 Water quality auto-monitor station at the Seta river

2.2 DOの変動

Fig. 2 に、1987年8月1日～7日に瀬田水質自動監視所で観測されたDOのデータを示す。図中の滑らかな曲線は24時間移動平均である。

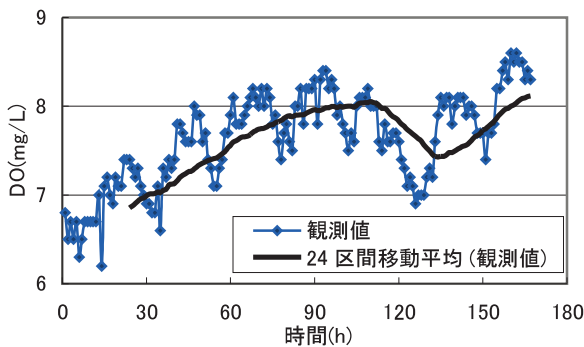


Fig.2 DO fluctuation of Seta auto-monitor station (1987/8/1~7)

このデータをもとに、DOデータと24時間移動平均との差分について描いたコレログラムをFig. 3に示す。Fig. 3では明確な24時間周期が認められ、こ

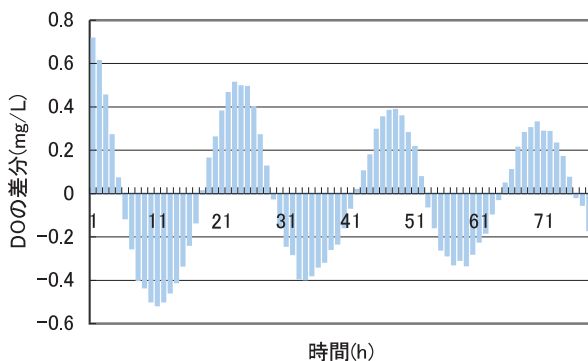


Fig.3 Correlogram of difference between DO and its average of a day (cf. Fig.2)

の差分成分の変動は、太陽光に駆動される水中微生物群集の一次生産に伴う酸素の生成に起因するものであると考えられる。

2.3 DO変動の基礎方程式

河川のような細長い場で、断面で平均した流速あるいは濃度で近似的に表現できる一次元分散方程式は(1)式で表される⁴⁾。

$$A \frac{\partial C}{\partial t} + uA \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) + R \quad (1)$$

x は河川の流心を通って上流側から下流側にとる座標(m)、 u は流速(m/h)、 A は流水断面積(m^2)、 C は対象物質の濃度(mg/L)、 D は移流分散係数(m^2/h)、 R (g/m³/h)は反応項であり、物質の生成、消滅などの反応速度を示す。

Fig. 1に示す瀬田川の水質自動監視に挟まれた区間では、河川断面形状と水深の変化が小さいため、(1)式において、流積と移流分散係数が x によらず一定であると仮定でき、両辺を A で割ると(2)式が得られる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{R}{A} \quad (2)$$

対象物質をDOとすると、BOD成分の分解に伴う酸素消費の卓説した河川では、一般に、反応項 R/A は以下のように表される⁵⁾。

$$\frac{R}{A} = -K_1 L_B + K_2 (C_S - C) - D_B \quad (3)$$

K_1 は脱酸素係数(1/h)、 K_2 は再曝気係数(1/h)、 C_S は飽和DO濃度(mg/L)、 L_B はBOD(mg/L)、 D_B は生物反応以外のDOの消費速度(mgO₂/L)である。 K_2 は、流速、水深、粗度係数、水温、気圧等によって決まり、 C_S は、主として水温と気圧によって決まる。このため、これらの条件の時間的、空間的変動が無視できる場合のデータを抽出することによって、 K_2 と C_S は一定として取り扱うことができる。

瀬田川の対象区間では、Fig. 3に示すように、流水中の、微生物群集の代謝作用の影響が卓越していると考えられることから、右辺第1項の $-K_1 L_B$ の代わりに、微生物群集の純生産速度 β (mgO₂/L/h)を導入することとする。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_2 (C_S - C) + \beta - D_B \quad (4)$$

いま、河川水中の微生物群集のDOに対する影響を ΔC 、影響がない場合のDOを C' とおくと、

$$C = C' + \Delta C \quad (5)$$

とおくことができ、河川水中の微生物群集の影響がなければ $\beta=0$ となる。また、 $\Delta C=0$ となるので $C=C'$ となり、以下の式が成立する。

$$\frac{\partial C'}{\partial t} + u \frac{\partial C'}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C'}{\partial x^2} + K_2(C_S - C') - D_B \quad (6)$$

(4)式から(6)式を辺々差し引くと、(7)式が得られる。

$$\frac{\partial \Delta C}{\partial t} + u \frac{\partial \Delta C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 \Delta C}{\partial x^2} - K_2 \Delta C + \beta \quad (7)$$

この式が、基礎方程式である。

2.4 水中微生物群集の作用によって変動する成分 (以下水質変動成分) の下流への伝播

x と t について変数分離を行うため、(7)式の両辺を t についてフーリエ変換する。

$$-(i\omega)\hat{C} + u \frac{\partial \hat{C}}{\partial x} = D \frac{\partial^2 \hat{C}}{\partial x^2} - K_2 \hat{C} + \hat{\beta} \quad (8)$$

ここに、記号「 $\hat{\quad}$ 」は、フーリエ成分を表す。

(8)式は線形の常微分方程式であるから、解析的に解くことができ、境界条件を $\hat{C}=\hat{C}_0$ at x とおくと

$$\hat{C} = \hat{C}_\infty - \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{uL}{D} \sqrt{1 + \frac{4D}{u^2}(K_2 - i\omega)} - 1\right] (\hat{C}_\infty - \hat{C}_0) \quad (9)$$

となる。ただし、

$$\hat{C}_\infty = \frac{\hat{\beta}}{K_2 - i\omega} \quad (10)$$

とする。また、

$$\phi \equiv \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{uL}{D} \sqrt{1 + \frac{4D}{u^2}(K_2 - i\omega)} - 1\right] \quad (11)$$

のように定義されるパラメータ ϕ を導入すると、(9)式は次のように表される。

$$\hat{C} = \hat{C}_\infty - \phi(\hat{C}_\infty - \hat{C}_0) \quad (12)$$

$x=0$ では $\phi=1$ となり $\hat{C}=\hat{C}_0$ 、 $x=\infty$ では $\phi=0$ となり $\hat{C}=\hat{C}_\infty$ となる。即ち、 ϕ は上流側水質変動成分の下流側への伝播の程度を表す。 ϕ は(11)式で表されるように複素数であるから、実際には ϕ の絶対値： $\Phi \equiv \|\phi\| = \sqrt{\phi^* \phi}$ を下流伝播のパラメータとすることができる。

瀬田川において、 \hat{C}_0 を唐橋流心水質自動監視所の DO 変動成分に係るフーリエ成分、 L を両水質自動監視所間の距離とすると、 $x=L$ (3,900 m) における \hat{C} は瀬田水質自動監視所の DO 変動成分に係るフーリエ成分となる。DO のデータは1時間ごとに記録されており、この場合の Nyquist 周波数 $\omega = 2\pi / (2 \times$

60×60) (1/s) に関する Φ と流速 u との関係の一例を Fig. 4 に示す。

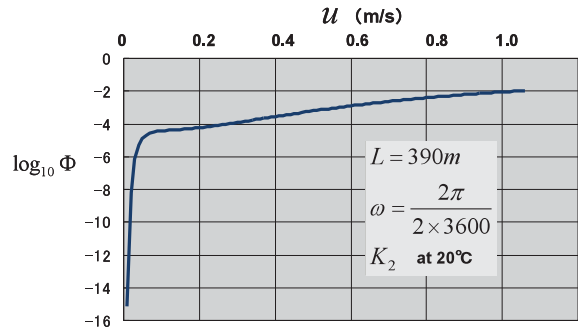


Fig.4 Example of relationship between Φ and u

Fig. 4 から、 $u \leq 1.0$ (m/s) の範囲であれば $\Phi < 0.01$ であり、この条件の下では、唐橋流心水質自動監視所の DO 変動成分が、3,900 m 下流に位置する瀬田水質自動監視所の DO 変動成分にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。なお、Fig. 4 の計算において、Manning の粗係数： $n=0.0389$ とおいた。この n の値の推定方法については、末尾の付録を参照されたい。

瀬田川では、毎日の平均流量が記録されている。1987年と2007年の瀬田川の平均流量（琵琶湖から瀬田川に流出する流量）から求めた平均流速（唐橋流心水質自動監視所から宇治発電所への分派点までの平均流速）を Fig. 5 に示す。

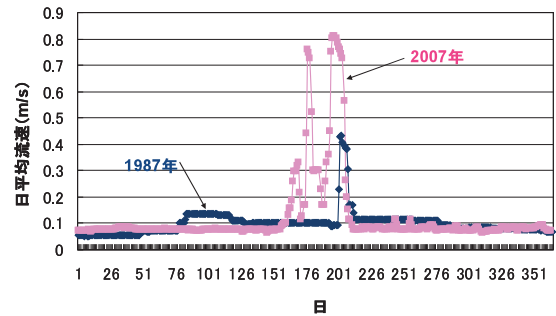


Fig.5 Mean velocity of Seta River

平均流速が 1.0 (m/s) を超えることはなく、ほとんどの場合、唐橋流心水質自動監視所の DO 変動成分が、瀬田水質自動監視所の DO 変動成分に有意な影響を及ぼすことはないと考えられる。

2.5 再曝気の効果

通常、瀬田川では Φ が十分小さいため、(10)式、(12)式から以下の近似式が成立する。

$$\hat{C} \approx \hat{C}_\infty = \frac{\hat{\beta}}{K_2 - i\omega} \quad (13)$$

(13)式の \hat{C} は x に依存しないため、 ΔC も x に関係ないこととなり、(7)式より以下の関係が成り立つ。

$$\beta = \frac{d\Delta C}{dt} + K_2\Delta C \quad (14)$$

再曝気係数 K_2 については、以下の示す土研式(村上の式)がよく知られている²⁾。

$$K_2 = 6.02 \times 10^{-4} n^{3/4} u^{3/2} / H^{3/2} \quad (15)$$

上式の K_2 は、水温 20°C 、1気圧の場合のもので単位は (s^{-1}) 、 n はManningの粗度係数、 H は水深である。付録に示すように、瀬田川の対象区間では $n=0.0389$ と推定される。水深について $H=5.0$ (m)と仮定すると、 K_2 と流速 u との関係はFig. 6ようになる。なお、Fig. 6に示す K_2 の単位は (h^{-1}) である。

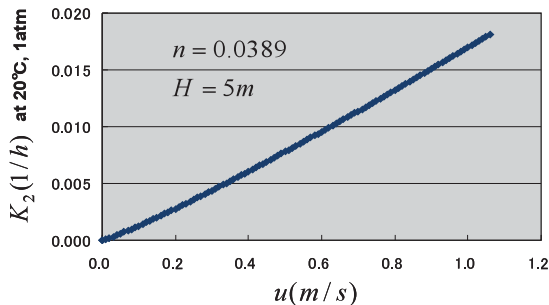


Fig.6 Relationship between u and K_2

Fig. 6の関係から、 $u \leq 1.0$ (m/s)の範囲では、 $K_2 < 0.02$ であり、再曝気の影響がほとんど無視できることがわかる。したがって、(14)式より近似的に以下の関係式が成り立つ。

$$\beta = \frac{d\Delta C}{dt} = \frac{d}{dt}(C - C') = \frac{dC}{dt} - \frac{dC'}{dt} \quad (16)$$

2.6 一次生産・呼吸速度の計算方法

DOの短期的な変動について、微生物群集の作用が支配的であると仮定すると、(16)式右辺の第2項は無視でき、近似的に以下ようになる。

$$\beta = \frac{dC}{dt} \quad (17)$$

(17)式を差分式で表すと

$$\beta(t) = \frac{C(t + \Delta t/2) - C(t - \Delta t/2)}{\Delta t} \quad (18)$$

β と一次生産速度 p 、呼吸速度 r との間には、以下のような関係が成り立つ。

$$\beta = \begin{cases} p - r & (\text{昼間}) \\ -r & (\text{夜間}) \end{cases} \quad (19)$$

(19)式より、 β から一次生産速度と呼吸度を求めることができる。

湖沼等の一次生産速度・呼吸速度を測定する方法は、大きく現場法と実験室法に分かれ、さらに測定原理に応じて、酸素法、炭素法、パルス変調蛍光法等がある³⁾。今回研究の対象とした瀬田川の水質自動監視所のデータを活用する方法は、酸素法に分類され、いわば瀬田川を試験器として活用するものであるといえる。水質自動監視所は琵琶湖内にも設置されており、今回と同様の解析が可能であるが、湖内は波浪による再曝気の影響を受け易く、水深方向のDOが一樣でない場合も想定されることから、瀬田川を試験器として活用する本法と比較して劣っていると考えられる。

3. 呼吸速度の計算結果

3.1 計算結果

1987年と2007年の瀬田水質自動監視所のデータのうち、毎日夜8時と翌朝4時のDOデータから、水中微生物群集の呼吸速度を求めた。具体的な計算式は、 r (呼吸速度) = $\{C(\text{夜8時}) - C(\text{翌朝4時})\} / 8$ である。このようにして計算した呼吸速度と、それぞれの時間帯の平均水温との関係をFig. 7に示す。

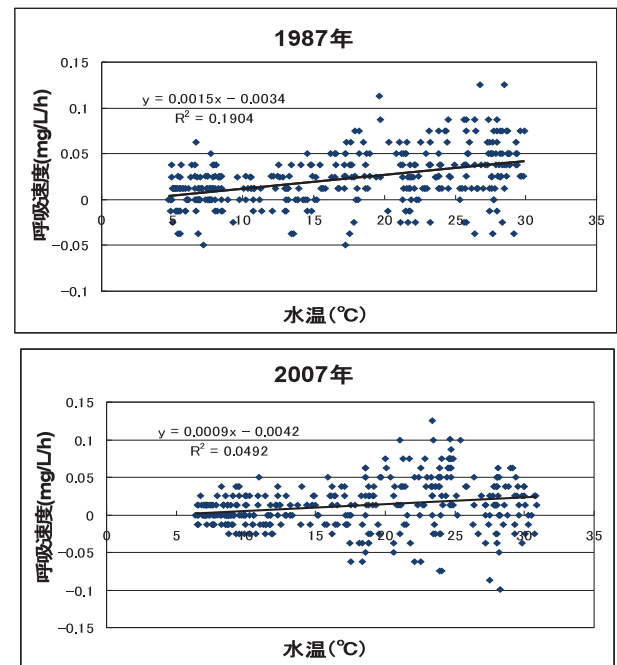


Fig.7 Relationship between respiration rate and water temperature

両年も水温の上昇に伴って呼吸速度が上昇する傾向が見られ、同じ水温に対する呼吸速度は、1987年の方が2007年より大きい。

Fig. 7では、両年のデータともばらつきが大きく、負の値も少なくない。一般に、水質自動監視所で得ら

れる観測データは誤差が大きいと、水質汚染等の異常を検出する目的以外ではほとんど利用されてこなかった。しかし、(18)式のように、比較的短時間の差分の値については系統誤差が打ち消され、偶然誤差が卓越すると仮定すれば、数多くのデータから有意な情報を検出することが可能と考えられる。

3.2 分散分析による検定

分散分析によって、両回帰直線の傾きの一様性を検定する。

$$\text{構造模型: } R_{i,j} = \mu + \alpha_i + \beta_j T_{i,j} + e_{i,j}$$

$$\sum_{i=1}^2 n_i \alpha_i = 0 \quad (i=1,2; j=1,2,\dots,n_i)$$

$$\text{確率模型: } e_{i,j}; N(0, \sigma^2)$$

$R_{1,j}, R_{2,j}$ と $T_{1,j}, T_{2,j}$ は、それぞれ1987年、2007年の呼吸速度とそれに対応する水温である。また、ここでは $n_1 = n_2 = 364$ である。検定すべき仮説は

$$H: \beta_1 = \beta_2$$

分散分析表の計算は以下のとおりである。

$$S_i(T^2) = \sum_j (T_{i,j} - T_{i,\cdot})^2$$

$$S_1(T^2) = 24702, S_2(T^2) = 21302$$

$$S_i(R^2) = \sum_j (R_{i,j} - R_{i,\cdot})^2$$

$$S_1(R^2) = 0.29541, S_2(R^2) = 0.35257$$

$$S_i(T, R) = \sum_j (T_{i,j} - T_{i,\cdot})(R_{i,j} - R_{i,\cdot})$$

$$S_1(T, R) = 37.270, S_2(T, R) = 19.220$$

$$S_{\text{Re}(i)} = \{S_i(T, R)\}^2 / S_i(T^2)$$

$$S_{\text{Re}(1)} = 0.056232, S_{\text{Re}(2)} = 0.017341$$

$$S_{E(i)} = S_i(R^2) - S_{\text{Re}(i)}$$

$$S_{E(1)} = 0.23918, S_{E(2)} = 0.33522$$

$$S_{EW} = \sum_i S_{E(i)} = 0.57440$$

$$S_E = \sum_i S_i(R^2) - \left\{ \sum_i S_i(T, R) \right\}^2 / \sum_i S_i(T^2) = 0.57861$$

仮説 H が真のとき、

$$F = \frac{(S_E - S_{EW})}{S_{EW}/724}$$

は自由度 1,724 の F 分布にしたがう。

上記の分散分析表から求めた F の値を F_0 とおくと、

$$F_0 = 5.304 > F_0(0.05; 1,724) > F_0(0.05; 1,1000) = 3.85$$

すなわち、有意水準 5% で仮説 H は棄却され、1987年と2007年の水温に対する呼吸速度の回帰直線の傾きには有意な差が認められる。

3.3 呼吸速度の経年変化

Fig. 7 を描いたのと同様の方法によって、1988年～1990年、1994年、1995年、2005年、2006年についても毎日夜間のデータから水中微生物群集の呼吸速度を計算した。そのうえで、各年における呼吸速度と水温の回帰式から水温 20°C の呼吸速度を求めたものを時系列的に表したのが Fig. 8 である。過去約 20 年間、呼吸速度には低下傾向が見られる。

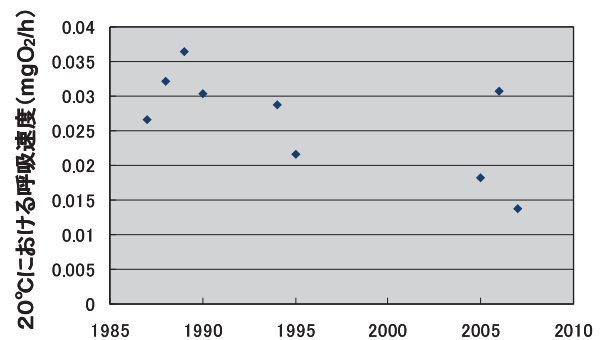


Fig.8 Ageing of respiration rate of the microbial community in the Seta River

3.4 計算結果についての考察

Fig. 9 に、琵琶湖南湖における窒素、リン、BOD、および Chl.a の濃度の経年変化を示す⁶⁾。南湖の栄養塩類濃度のレベルは確実に低下しており、Chl.a についてもこの傾向は特に顕著である。この間、滋賀県の下水道普及率は、1987年度末に 17.1% であったものが、1997年度末には 83.5% と急速に向上した。滋賀県の下水道については、下水処理のほとんどが窒素、リンの除去に対応した高度処理であり、下水道整備が、南湖の栄養塩類濃度の低下、即ち富栄養化の抑制に大きく寄与したと考えられる。また、Fig. 8 に示される呼吸速度の低下は、データ数が必ずしも十分でないものの、南湖において富栄養化が抑制されている証左であると推量される。

3.5 一次生産速度

(18)式に基づき、2007年6月15日、16日、17日、19日、23日、28日、7月11日の DO データから、昼間の純生産速度を計算した。また、Fig. 7 の下図に示す回帰式と水温データから、呼吸速度を計算し、これを純生産速度に加えることによって、一次生産速度

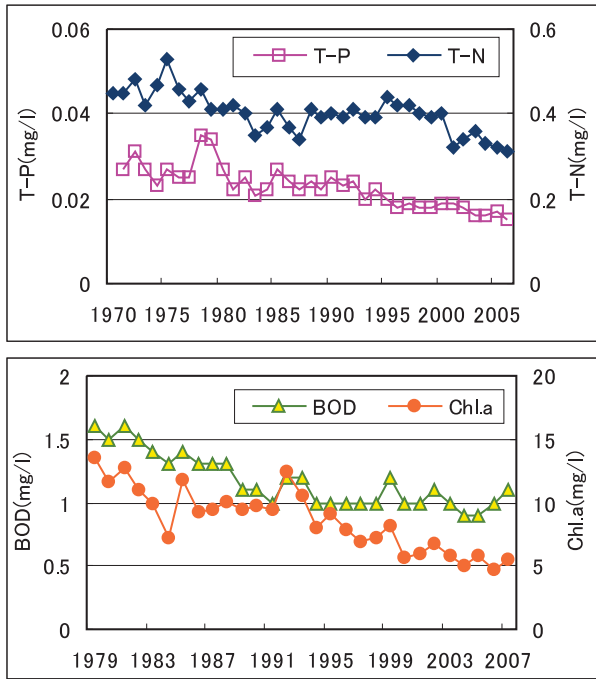


Fig.9 Aging of Nitrogen and Phosphorous concentrations in Nanko, Biwa Lake

を求めた。

Fig. 10 は、このようにして求めた一次生産速度と全天日射量との関係を示したものである。全天日射量は、彦根地方気象台の観測データを使用した。Fig. 7 と同様、ばらつきが大きいのが、明らかに正の相関が認められる。Fig. 10 のなかの曲線は、以下のような式で表される。

$$PP = 0.17 \times \frac{SR}{0.5 + SR}$$

PP: 一次生産速度 (mgO₂/L/h)

SR: 全天日射量 (MJ/m²)

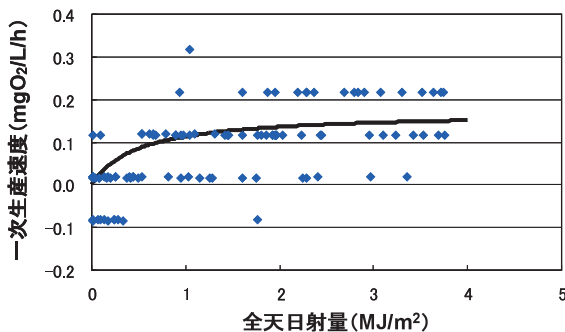


Fig.10 Relationship between Primary production rate and Amount of insolation

4. 結 論

瀬田川に設置された水質自動監視所で観測された溶存酸素濃度 (DO) と水温のデータを活用して、琵琶湖湖水中に含まれる微生物群集の一次生産・呼吸速度の測定を試みた。得られた知見は、以下のとおりである。

- (1) 水中の微生物活動に起因する DO 変化に対する瀬田川での再曝気の影響はほとんどの場合無視できる程度である。
- (2) 移流分散の影響が大きい場合、唐橋流水質自動監視所における、水中の微生物活動に起因する水質の時間変動は、瀬田水質自動監視所の水質の時間変動に大きな影響を与えない。
- (3) この方法によって求めた微生物群集の呼吸速度は、1987 年から 2007 年にかけて減少する傾向が見られる。

以上のことから、瀬田水質自動監視所のデータのみから、水中微生物群集の一次生産・呼吸速度を測定することが可能である。

付録：n の値の推定方法

対象とする区間の流れが、Manning の式に従うものと仮定する。

$$\nu = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

流量 Q は

$$Q = Au \quad (21)$$

A: 平均流積

$A = \bar{A}R^\alpha$ とおくと

$$Q = \bar{A}R^\alpha u \quad (22)$$

(20), (22) より

$$Q = \frac{1}{n} \bar{A} R^{\frac{2}{3} + \alpha} I^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

(23) から、平常時の代表流量について、次式が成立すると仮定する。

$$Q_0 = \frac{1}{n} \bar{A} R_0^{\frac{2}{3} + \alpha} I_0^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

(23), (24) より

$$Q = Q_0 \left(\frac{R}{R_0} \right)^{\frac{2}{3} + \alpha} \left(\frac{I}{I_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

対象とするデータについて、近似的に以下の条件が成

立すると仮定する。

$$\left(\frac{R}{R_0}\right)^{\frac{2}{3}+\alpha} = 1 \tag{26}$$

この場合、近似的に以下の関係が成立する。

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{R}{R_0}\right)^{\frac{2}{3}+\alpha} \left(\frac{I}{I_0}\right)^{\frac{1}{2}} \doteq \left(\frac{I}{I_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{h-\gamma}}{\sqrt{L}\sqrt{I_0}} \tag{27}$$

I_0, R_0 はそれぞれ代表流量 Q_0 に対する勾配と径深、 h は上下流の観測点の観測水位差であって、 γ は真の水位差に補正するための係数、 L は観測点間の距離 (3,900 m) である。

$$h = L \left(\frac{I_0}{Q_0}\right)^2 Q^2 + \gamma, \quad \lambda \equiv \left(\frac{I_0}{Q_0}\right)^2 \tag{28}$$

したがって、観測値から h と Q^2 の回帰直線を描き、その傾き λ から以下の式によって Manning の粗度係数 n を求めることができる。

$$n = \frac{\sqrt{I_0}}{Q_0} A_0 R_0 \doteq \frac{\sqrt{\lambda}}{k\sqrt{L}} \sum_i^k A_{0,i} R_{0,i} \tag{29}$$

(29)式の $A_{0,i}$ と $R_{0,i}$ の計算については、琵琶湖河川事務所のウェブサイトで公開されている 200 m ごとの琵琶湖横断図 (琵琶湖標準水位 (BSL) 時のもの) を活用した。

(http://www.biwakokasen.go.jp/biwako/crssctn_seta/index.html)

瀬田川は、Fig. 11 に示されるように、通常時は洗堰越流量より堰上流部で宇治発電所に分派する流量 (宇治電流量) の方が大きく、上流の鳥居川水位観測所と下流の瀬田川洗堰の、観測点間の水位差が、この間の水理特性を支配しているとはいえない。したがって、1987年～1990年で、宇治発電所への分派流より洗堰越流の方が支配的となる (洗堰越流量) $> 2 \times$ (宇治電流量) を満たす 284 日のデータを抽出し、Fig. 12 の関係から式(28)の回帰式を求めた。

したがって、Manning の粗度係数 n は以下のように計算される。

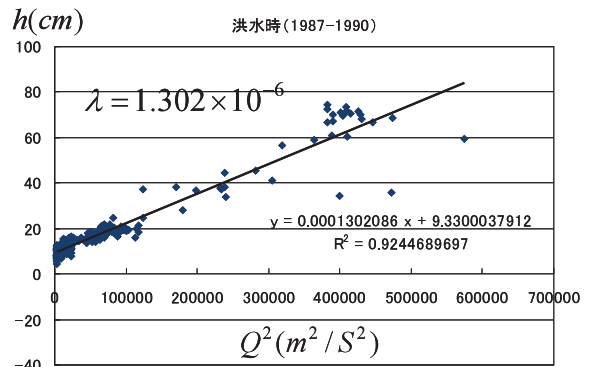


Fig.12 Relationship between h and Q

$$n = \frac{\sqrt{I_0}}{Q_0} A_0 R_0$$

$$\frac{\sqrt{\lambda}}{k\sqrt{L}} \sum_i^k A_{0,i} R_{0,i} = \frac{\sqrt{1.302 \times 10^{-6}}}{\sqrt{3900}} \times 2130 = 0.0389$$

謝 辞

本研究を行うにあたり、データの提供や現地調査等についてきめ細かく便宜を図っていただいた、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所河川環境課の安藤茂伸水質調査係長、西村信彦建設専門官、並びに津森ジュン事務所長には、ここに深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例 (2008)
- 2) 滋賀県：琵琶湖ハンドブック, p.58-59 (2007)
<http://www.pref.shiga.jp/biwako/koai/handbook/>
- 3) 西條編：内湾の環境科学 上, 培風館, p.2 (1984)
- 4) 土木学会：環境工学公式・モデル・数値集, p.296 (2004)
- 5) 杉木昭典：水質汚濁 現象と防止対策, p.326 (1974)
- 6) 滋賀県環境白書
http://www.byq.or.jp/kankyo/k_04.html

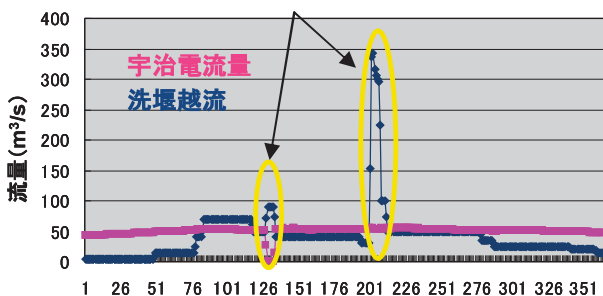


Fig.11 Variation of stream flow (1987年)

Estimation of the Primary Productivity and Respiration Rate of the Microbial Community Based on the Water Quality Data Observed at the Auto-Monitor Station on the Seta River

Natsuki Hisaoka^{1) †} and Osamu Fujiki²⁾

¹⁾ Water Quality Team, Water Environment Research Group,
Public Works Research Institute

²⁾ Japan Institute of Wastewater Engineering Technology

† Correspondence should be addressed to Natsuki Hisaoka :
(Water Quality Team, Water Environment Research Group,
Public Works Research Institute E-mail : hisaoka@pwri.go.jp)

Abstract

Estimation of the primary productivity and respiration rate of the microbial community based on the water quality data observed at the auto-monitor station on the Seta river. Respiration rate correlate with water temperature. Respiration rate in 20 water temperature has demonstrated a tendency to decreasing since 1987.

It is evidence of inhibition of eutrophication by improving sewage system in south lake. Primary productivity rate could be calculated from dissolved oxygen concentration, and it is function of global solar radiation.

Key words : water quality auto-monitor station, microbial community, primary productivity, respiration rate, Seta River