

京都大学工学部 学生員 ○福田 勝之 京都大学防災研究所 正会員 城戸 由能
京都大学防災研究所 正会員 中北 英一

1. はじめに

本研究では自動水質計の毎時間観測値から水質環境の評価を行うことを目的とした。対象流域である滋賀県・野洲川流域の複数地点に設置した自動水質計水質データをもとに、器械そのものがもつ計測誤差や降雨時の濁水の影響等を補強する補正方法を検討し、得られた補正值を用いて有機汚濁物質や栄養塩類等の河川水質の1時間値を推定し、年間を通じた水質環境の評価や湖沼への流入負荷量の推定を行った。観測地点は野洲川本川の柏貴・佐山・松尾橋、枝川・杣川の宇川・甲南大橋の5地点である。

2. 観測データの補正方法

器械による計測誤差を考えるにあたり、まず自動水質計測定値の基本的な変動要因として以下の5点を対象として、変動成分の抽出と補正方法について検討した。

- ①年内における季節変動および1日の間の日内変動
 - ②現地設置センサーを交換した時に発生する個々のセンサー間の測定感度の差異による誤差、
 - ③センサーで連続的に測定するために発生する時間経過に伴う測定感度の変動による誤差、
 - ④降雨による急激な水質変化をセンサーが拾いきれずに発生する誤差、
 - ⑤降雨により流出した濁質によりセンサー表面が汚染されたことによる測定感度の変動、
- ①については、今回の観測データと公共用水域観測結果などから、水質項目を i 、月および時刻を表す変数を

$$\left. \begin{aligned} C_s(t_{si}) &= f_1(P_{si}(t_{si})) \\ C_{di}(t_{di}) &= f_2(P_{di}(t_{di})) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$E_{ci}(t_c) = f_3(t_c) \quad \dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} E_{ri}(t) &= f_4(r(t)) \quad ; \text{if } r(t) > 0 \\ &= 0 \quad ; \text{if } r(t) = 0 \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\begin{aligned} E_{ai} &= f_5(\max(r(t); t=0, t_{now})) \\ &\quad ; 0 \leq t \leq t_{now} \quad \dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{auto} &= C_0 + C_s(t_s) + C_d(t_d) \\ &\quad + E_{ci}(t_c) + E_r(t) + E_a \quad \dots (5) \\ \left. \begin{aligned} \hat{C}_{auto} &= a_0 + a_1 \cdot P_s(t_s) + a_2 \cdot P_d(t_d) \\ &\quad + a_3 \cdot t_{now} + a_4 \cdot r(t) \\ &\quad + a_5 \cdot \max(r(t); t=0, t_{now}) \end{aligned} \right\} (6) \\ Q &= \sum (C_{auto} - \hat{C}_{auto})^2 \rightarrow \min \\ \left. \begin{aligned} C'_{auto} &= C_{auto} - (a_3 \cdot t_{now} + a_4 \cdot r(t) \\ &\quad + a_5 \cdot \max(r(t); t=0, t_{now})) \end{aligned} \right\} (7) \end{aligned}$$

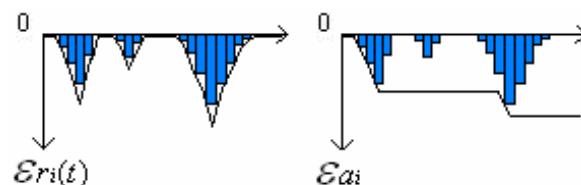


図-1 降雨強度と $E_{ri}(t)$ 、 E_{ai} の関係

t_s ($t_s = 1, 2, \dots, 12$)、 t_d ($t_d = 1, 2, \dots, 24$)として、周期性をもつパターン関数を $P_{si}(t_{si})$ および $P_{di}(t_{di})$ とすると、季節変動および日内変動はそれぞれのパターン関数に依存した式(1)で表すことができる。②については採水分析により得られた水質データが正しいものとして、センサー交換時の採水分析結果により補正を行った。③については室内試験結果により、誤差はセンサーを交換してからの累積時間の関数として表せることが確認されたので、センサーの使用開始からの経過時間 t_c を用いて式(2)のように表した。④、⑤については、測定感度による誤差は降雨強度の関数であると仮定し、

時刻 t における降雨強度 $r(t)$ 、および現在時刻 t_{now}

を用いた式(3)、式(4)のように表すことにする(図-1)。以上の変動要因を表現する説明変数を準備し、センサー計測値を被説明変数とした重回帰分析を行った。対象とした水質項目は、pH、COND(電気伝導度[S/m])、Temp(水温[°C])、DO(溶存酸素量[mg/L])、ORP(酸化還元電位[mV])、TDS(総溶存イオン量[g/L])、TURB

(濁度[NTU])の7項目である。重回帰分析の基礎式は、 C_{auto} ;測定値, $\hat{C}_{auto}$;推定値, C'_{auto} ;補正值としたとき式(5)のように表せるが、今回は各要素の線形和と仮定し、式(6)を満たす各係数 a について、式(7)のように誤差を相殺することでセンサー計測値の補正を求めた。改善の程度を確認したところ、COND、TURB、TDS については改善し、pH、DO、ORP については十分な改善が行われなかった。しかし、連続した水質傾向については十分表していると考え、以下の分析を行った。

3. 水質環境の評価

補正された中上流部5地点の水質時間測定値を用い、野洲川下流部に位置する服部および横田橋の毎月の晴天時観測結果¹⁾を被説明変数、自動水質計の補正值を説明変数とした重回帰モデルを作成し、COD および T-N の毎時刻水質値の推定を行った。次に、この推定値に基づいて、観測頻度を現状の月1回から順次増やすことで年間を通した水質評価値への影響を評価した(図-2)。月1回の観測頻度では、その日時刻の影響をうけ、年間平均値および分散値が大きく変動する。観測頻度が増加するにつれて年間平均値および分散値は一定の値に収束する傾向が見られる。今回の検討の結果、野洲川では1日1回の観測では年間平均値の推定幅が大きく、少なくとも1日2回の観測が必要といえる。さらに、下流2地点の時間流量データと毎時刻水質値の推定結果から年間負荷量を推定し、既存文献から得た土地利用別原単位を基に算定した負荷量と比較した(表-1)。今回の算定結果は、大塚らの野洲川を対象とした研究結果⁴⁾とほぼ一致し、國松ら²⁾による主に晴天時観測に基づく原単位による積算結果よりもは大きくなった。一方で Kido ら³⁾による鳥取での晴雨天時観測に基づく原単位を用いた積算値は他の算定例よりも大きく、原単位データの根拠となる観測流域特性や降雨量等の差異が負荷量算定の上で大きな影響を及ぼしており、他流域の原単位を用いることには限界があることを示した。

4. 結論

自動水質計観測値の補正から得られた COD と T-N の1時間値により、現在の水質観測方法では年間負荷量が小さく見積もられていること、原単位法では雨による負荷流出の推定が難しいことを示した。また、観測頻度が月1回程度では、その日時刻によって得られる水質状況は大きく変動し、全期間の水質環境を評価するため

には観測頻度を増やす必要があることを明らかにした。

参考文献

- 1) 滋賀県(2005):環境白書平成 16 年度版資料編、http://www.pref.shiga.jp/biwako/koai/hakusyo16/shiry_o16/index.html.
- 2) 國松孝男 他(1989):河川汚濁のモデル解析、技報堂出版。
- 3) Y. Kido et al.(1997):Estimation of Annual Runoff Pollutant Load and Its Reduction Efficiency, Technology Report of Tottori Univ., Vol.28, No.1, pp.253-260.
- 4) 大塚恵教 他(2003):琵琶湖集水域－野洲川における溶存物質濃度と流域土地利用の関係、流域水循環の動態の研究、京都大学防災研究所一般共同研究 13G-08、pp.106-124.

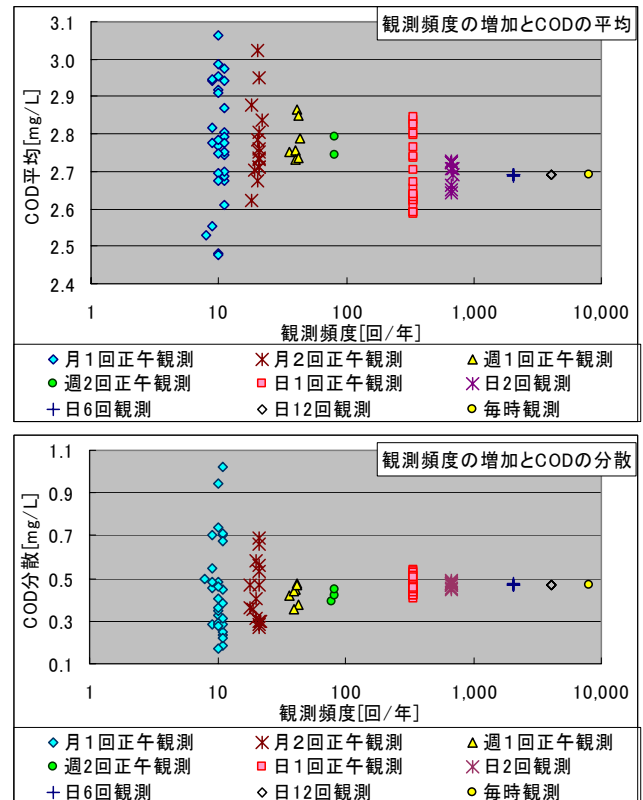


図-2 観測頻度と COD 推定値の平均および分散

表-1 原単位法を用いた負荷量積算比較値

文献原単位	総負荷量 [ton/yr]
本研究	COD 733.1
	T-N 247.8
大塚ら(2003)*	DOC 655.0
	NO3-N 265.6
國松他(1989)	COD 524.9
	T-N 200.8
Kido et al (1997)	COD 1,484.1
	T-N 627.0

*有機物:DOC、窒素:NO3-Nで算定