

数値フィルターによる河川汚濁物質濃度の地下水成分分離

山口大学工学部 正員 ○関根雅彦

山口大学工学部 正員 浮田正夫

山口大学工学部 正員 中西 弘

荒谷建設コンサルタント 今井 隆

1. はじめに 河川水質の変動を研究する場合、汚濁物質の由来を表流水と地下水とに分離したい場合がしばしばある。われわれも、非特定汚染源の流出負荷の研究上、流出成分分離の必要性にせまられた。流出成分の分離にはいくつかの方法が提案されているが、ここでは、近年日野・長谷部らにより開発されたフィルター分離法を用いた結果得られた若干の知見について報告する。

2. フィルター分離方法 フィルター分離法は、本来降雨の流出成分分離を目的として開発され、日野・長谷部¹⁾、佐藤・羽田²⁾らによって負荷量分離にも応用された。個人差がなく、機械的に分離を行えるのが本法の特徴であろう。数値フィルターによる負荷量分離方法は以下の通りである。

①各流出成分の分離時定数 T_c の決定 流量逓減部の流量データ Q を時間 t に対して対数プロットする。この時 $\ln Q/Q_0 \sim t$ (Q_0 : 基準流量、流量逓減部の時系列データの最初の値を取る) の関係は、勾配変化のはっきりした3つの直線部分から成る。(図1) この3つの直線は、次式で示される。

$$\ln Q/Q_0 = -\alpha t \quad \dots(1)$$

α : 逓減係数 $T_c = 1/\alpha$: 時定数

3つの直線による勾配の変化は流量への補給成分が表面流出から中間流出、中間流出から地下流出に切り替わったことに対応し、勾配が最も小さな直線から求めた T_c が地下水成分の時定数 T_1 、次に勾配の小さい直線から求めた T_c が中間流出成分の時定数 T_2 である。

②数値フィルターの決定 フィルターは次式で表される。

$$w(\tau) = \begin{cases} C_0 \cdot \exp(-C_1 \cdot \tau/2) \cdot \sinh(\sqrt{(C_1^2/4 - C_0)} \cdot \tau) / \sqrt{(C_1^2/4 - C_0)} & (\tau \geq 0) \\ 0 & (\tau < 0) \end{cases} \quad \dots(2)$$

ここで $C_0 = (\delta/T_c)^2$ $C_1 = \delta^2/T_c$ δ : 減衰係数(=2.0~3.0、ここでは2.5)

③負荷量分離 実測の負荷量時系列 L を次式に示すフィルターにより濾波し、地下水負荷量 $L^{(1)}$ を分離する。

$$L^{(1)}(t) = \beta \cdot \sum w(k) \cdot L(t-k) \quad \dots(3)$$

ここで $L^{(1)}$: 地下水負荷量時系列 β : $L^{(2')}(t) = L(t) - L^{(1)}(t) < 0$ にならないための係数

$L^{(2')}$: 中間・表面負荷量時系列 である。

次に、全負荷量時系列 L から地下水負荷量時系列 $L^{(1)}$ を差し引くと、中間・表面負荷量 $L^{(2')}$ が求められる。

$$L^{(2')} = L(t) - L^{(1)}(t) \quad \dots(4)$$

同様に中間・表面負荷量 $L^{(2')}$ を中間負荷量 $L^{(2)}$ と表面負荷量 $L^{(3)}$ に分離する。

流量もまったく同様の方法によって分離され、負荷量を流量で除することによって流出成分ごとの濃度を求めることができる。

3. フィルター分離結果 使用したデータは、宇部市の真綿川において昭和61年6月6日~7月12日におこなった連続調査のものである。調査期間中は自動採水器により1日12回以上流量比例採水を行い、1日分をコンボジットしてその日の水質試料とした。分析は種々行ったが、今回用いたのは溶存態のCOD、T-N、T-P濃度である。また、同時に連続的に流量測定を行った。期間中の1降雨について流量逓減部の流量データ Q を時間 t に対して対数プロットしたものを図1に示す。図では、中間流出成分の時定数 $T_c = 59$ (hr) となっている。同様の図をさらに数降雨について描き、これらから求めた T_c を平均して $T_c = 54$ (hr) を得た。この T_c を用いて数値フィルターを作成し、地下水成分と表面・中間流出流量を分離したものを図2、負

荷量を分離し、分離流量で除して濃度を求めたものを図3に示す。日野らは無機イオン濃度について、羽田らはそれに加えて栄養塩類をも用いた解析を行ったが、いずれの研究でも地下水流出成分濃度は1カ月程度の期間であればほぼ一定である、という結論であった。しかし、強い降雨を含む本調査の解析結果では、CODに関しては同様の傾向が見られるものの、T-N、T-Pでは地下水成分に若干の変動が現れた。特にT-Nにおいては降雨後の地下水成分の濃度増加が著しい。これは近年注目されている $\text{NO}_3\text{-N}$ の地下水への溶出現象に対応すると考えられ、フィルター分離法がより精密な汚濁物質流下機構の研究に有効に利用される可能性を示唆していると考えられる。一方フィルター分離法の問題点として、分離された濃度（負荷量）の絶対値の信頼性の低さが挙げられる。すなわち、分離された地下水負荷量の最大値は、とくに操作しないかぎり表面・中間流出負荷量の最低値と一致する。このため、濃度変動のパターンはある程度信頼がおけるものの、その絶対値は1つの実測最低値により上下にシフトすることになる。従って、フィルター分離法を絶対濃度の評価に用いるためには、他の方法を併用して少なくとも1点は正しい地下水濃度を知っておく必要がある。

<<参考文献>>

- 1) 地球化学的手法と逆探法を併用した流出系の成分溶出法則の推定について；日野・長谷部、土木学会論文集No.319 (1982)
- 2) 数値フィルターによる河川水質の成分分離とその特性について；佐藤・羽田他、土木学会論文集No.369/11-5(1986)

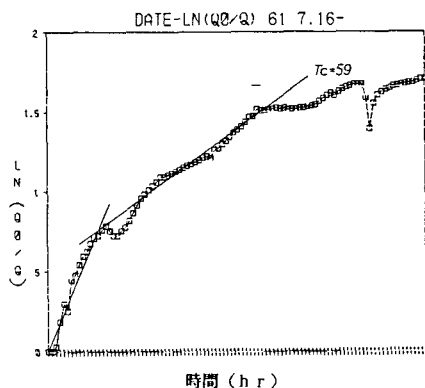


図1 逓減期の流量曲線の片対数プロット

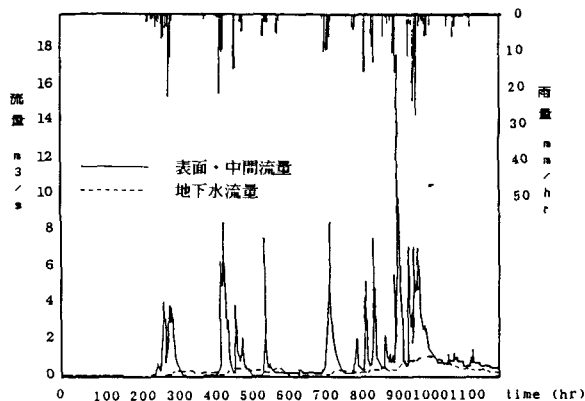


図2 流量の成分分離

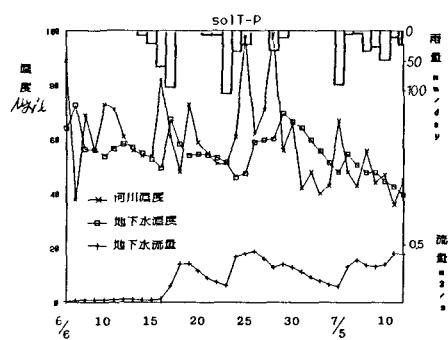
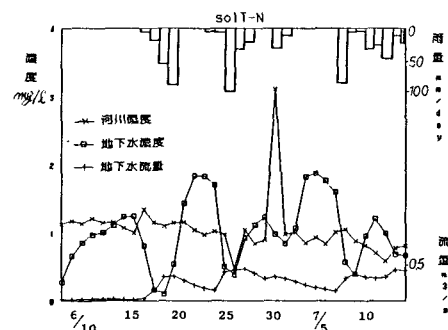
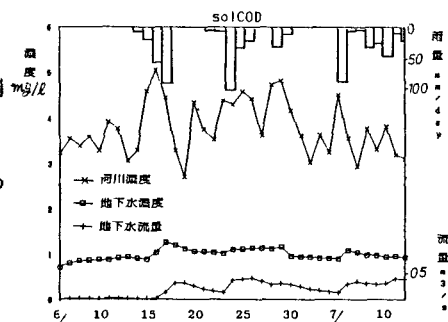


図3 濃度の成分分離