

河川の流量・水質データを用いた降雨流出過程と水質形成機構の推定

福島大学共生システム理工学類 ○学生会員 坂内 伶菜
福島大学共生システム理工学類 正会員 横尾 善之

1. はじめに

河川水質変動と降雨流出過程の関係を理解するには、高頻度の降水量、河川流量およびトレーサーとなりうる水質の時系列データが必要である。しかし、高頻度の水質データは世界的にもあまり存在せず、これが課題となっていた。近年、毎時の水質を測定することができる多項目水質計 (EXO-2, Xylem 社製) を用いることで、従来の流域内の水質研究の課題であった高頻度の連続データを収集することが可能となっている。また、数学的フィルターによる成分分離手法を用いて、流域内の降雨流出過程を逆推定する方法論が確立されつつある (Yokoo *et al.*, 2017)。そこで本研究は、毎時の河川流量および水質データを取得し、降雨流出過程の逆推定法を利用することにより、流域内の主要な降雨流出過程と水質形成機構の関係性を解明することを目的として実施した。

2. 方法

本研究の対象流域は、福島県の阿武隈川水系荒川流域の支流である東鴉川流域とした。流域面積は 6.1km^2 、標高は約 $400\sim 1700\text{m}$ である。まず、2017 年 2 月 27 日 14:00 から 2019 年 2 月 27 日 13:00 までの 2 年間の毎時の流量および水質の観測データを用意した。次に、フィルター分離法 (Hino & Hasebe, 1984) を用いて、流量データおよび多項目水質計 (EXO-2, Xylem 社製) で測定した河川水質データを成分分離し、主要な変動成分をそれぞれ同定した。次に、流量データと河川水質データに含まれる主要な変動成分の関係を、相関・時系列変動・応答関数の 3 つの視点から比較し、降雨流出過程と水質形成機構の関係性を検討した。

3. 結果

流量の成分分離の結果、東鴉川流域内の主要な降雨流出は 4 成分で構成されていることが分かった。フィルター分離に用いた逡減時定数 (T_c) の値が大きい順に q_4 から q_1 までの 4 成分に流量データを分離し、 q_1 を表面流、 q_2 を早い中間流、 q_3 を遅い中間流、 q_4 を基底流とした。また、各種の水質データも各流量成分と同様の変動特性を有する成分に分離した。図-1 に q_4 と $1/\text{SEC}_4$ の時系列図、図-2 に q_4 と $1/\text{SEC}_4$ の応答関数のグラフ、図-3 に q_3 と $1/\text{SEC}_3$ の時系列図、図-4 に q_3 と $1/\text{SEC}_3$ の応答関数のグラフを示す。これらの図から電気伝導度の逆数 ($1/\text{SEC}$) の変動成分である $1/\text{SEC}_3$ と q_3 、 $1/\text{SEC}_4$ と q_4 の変動には高い類似性があることが分かる。図-5 に、 q_1 、 q_2 、溶存炭素濃度の第 2 成分である DOC_2 、浮遊物質濃度の第 1 成分である SS_1 の時系列図、図-6 に q_1 、 q_2 、 DOC_2 、 SS_1 の応答関数のグラフを示す。これらの図から、 DOC_2 と q_2 、 SS_1 と q_1 は時系列変動および応答関数の変動がそれぞれ似ていると考えられる。

以上により、東鴉川流域における降雨流出過程と水質形成機構には明確な関係性が存在することが分かる。具体的には、比較的遅い成分となる基底流 (q_4) および遅い中間流 (q_3) は地中の土壌や表層地質から各種イオンを取り込むため、電気伝導度の逆数 ($1/\text{SEC}_4$ 、 $1/\text{SEC}_3$) を増加させていると考えられる。比較的速い中間流 (q_2) と溶存有機物濃度 (DOC_2) の相関は表層土壌の有機物層を通過していること、表面流 (q_1) と浮遊物質濃度 (SS_1) の相関は降雨によって表層土壌を流出させることを示していると考えられる。

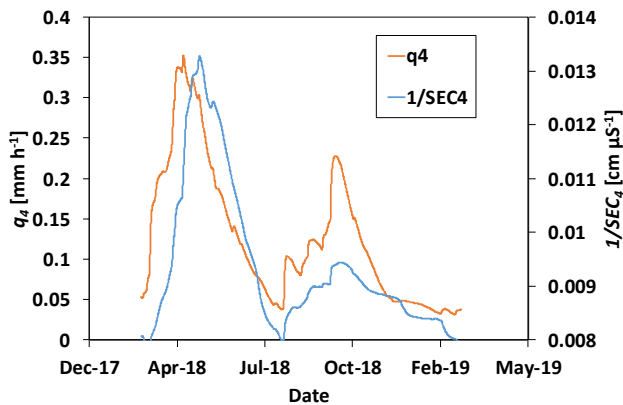


図1 q4 と 1/SEC4 の時系列図

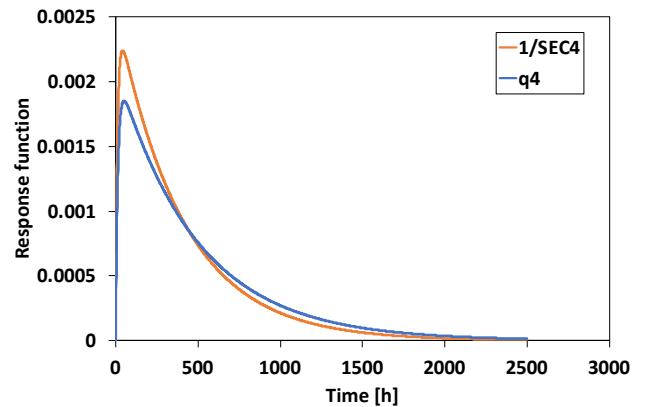


図2 q4 と 1/SEC4 の応答関数

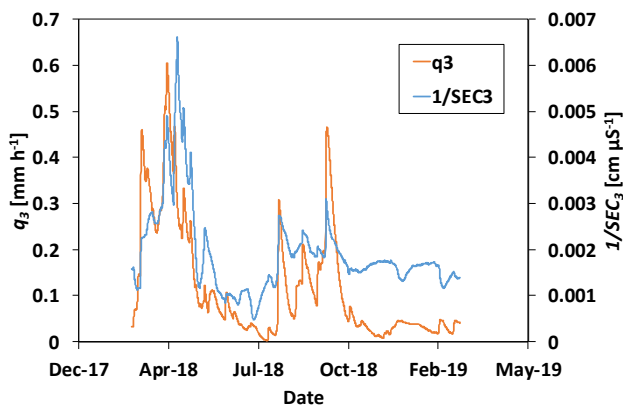


図3 q3 と 1/SEC3 の時系列図

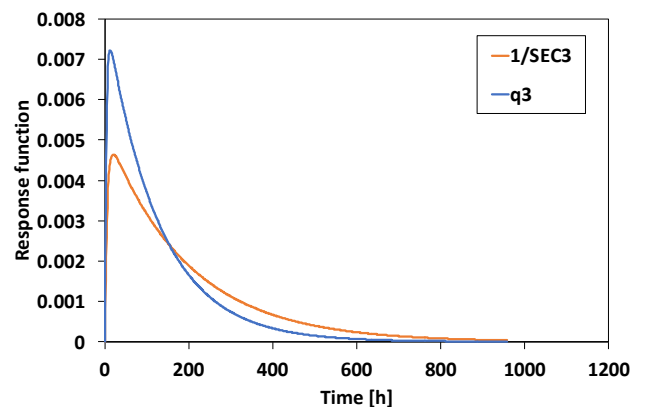


図4 q3 と 1/SEC3 の応答関数

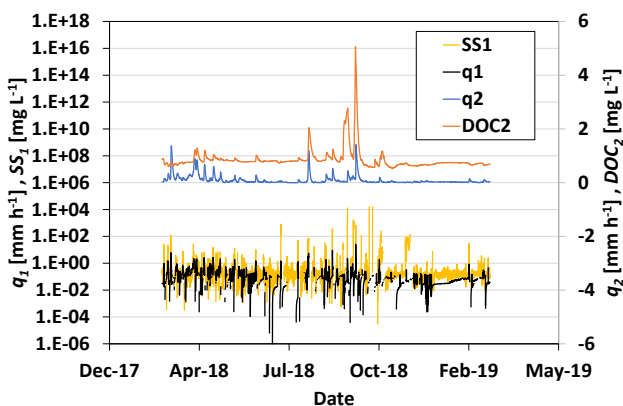


図5 q2, DOC2, q1, SS1 の時系列図

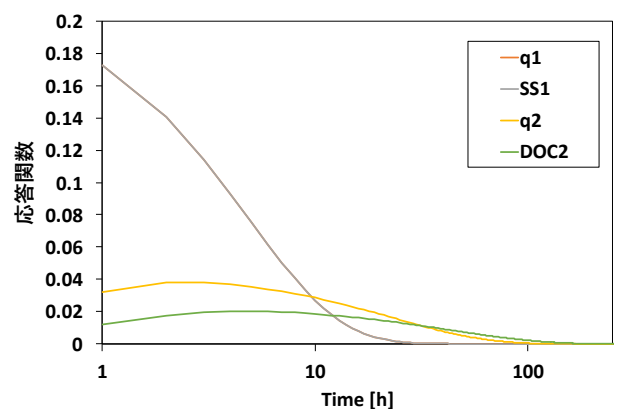


図6 q2, DOC2, q1, SS1 の応答関数

謝辞

本研究は、科研費(16KK0142, 20H02249, 20H00256)の成果の一部である。本研究は、国土交通省水文水質データベースを利用した。水質測定に際して、Xylem Japan の協力を得た。ここに謝意を表す。

引用文献

- Hino M, Hasebe M. (1984) Identification and prediction of nonlinear hydrologic systems by the filter-separation autoregressive (AR) method: Extension to hourly hydrologic data, *Journal of Hydrology*, 68, 181-210.
- Yokoo, Y., Chiba, T., Shikano, Y., Leong, C. (2017) Identifying dominant runoff mechanisms and their lumped modeling: a data-based modeling approach, *Hydrological Research Letters*, 11, 128-133.