

揖保川河川水温の流域変動特性に関する主成分分析

神戸大学大学院 学 生 員 ○浦野 仁志
姫路市役所 正 会 員 中山 和也

神戸大学大学院 学 生 員 前羽 洋
神戸大学大学院 正 会 員 宮本 仁志
神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はじめに

近年, 流域全体で整合性のとれた河川環境や水資源の統合管理が重要となっている. 筆者らはその流域統合管理の手法確立に資するために, 河川水質指標の中でも農工業利水や生態系保全に重要となる河川水温を対象として, 水系全域で連続観測を行い, 流域一貫の解析手法を検討してきた^{1,2)}. 本報では, 2006 年 5 月から連続モニタリングする水温観測値に主成分分析を適用することによって流域規模の水温変動特性を検討した.

2. 対象流域と河川水温モニタリング

解析対象は図-1 に示す揖保川流域である. 揖保川は兵庫県の南西部に位置し, 流域面積が 810km^2 , 幹川延長が 70km の一級水系である. 図-1 に示すように, 源流から河口までの河道ネットワーク上において, 河道位数ごとに数地点, 流域全体で 30 地点に水温計を設置し, 2006 年 5 月から流水水温を連続観測している. 水温は 1 時間毎に自動計測され, 水温計内のメモリーにデータが蓄積される.

3. 河川水温と気象量との関係

図-2 に, 2010 年 6~9 月の本川上流(No.5)・中流(No.12)・下流(No.15)における河川水温と, 流域内に位置する気象庁アメダス(一宮地点)での降水量・日照時間の時系列を示す. 図より, 河川水温は上流(No.5)から下流(No.15)にかけて昇温しているのがわかる. これは河道ネットワークを介して移流熱が下流に集積していくためと考えられる. 各地点の水温時系列の特徴としては, 地球自転による日周変動が卓越しているのに加えて, 気象変化に関わる半日から 10 日程度の変動成分, および年周変動の一部である梅雨から夏季にかけての昇温が確認される. 河川水温と気象量との関係については, 大きな降雨事象にあわせて日照時間が短くなり, 河川水温が局所的に低下していることがわかる. 一方, 降雨が少なく日射量が多い 8~9 月の時期では, 河川水温は高温を維持している. このように, 流域の河川水温形成には, 河道ネットワークの集積構造や気象変化が密接に関係することが確認される.

次に, 河川水温と気温との関係を相関解析により検討した.

図-3 に, 本川中流(No.12)の河川水温と近傍にあるアメダス一宮地点の気温との相互相関係数を示す. これより, 相互相関係数はタイムラグが 1~2 時間で極値をとり, 河川水温は 1~2 時間前の気温と最も相関が高いこ

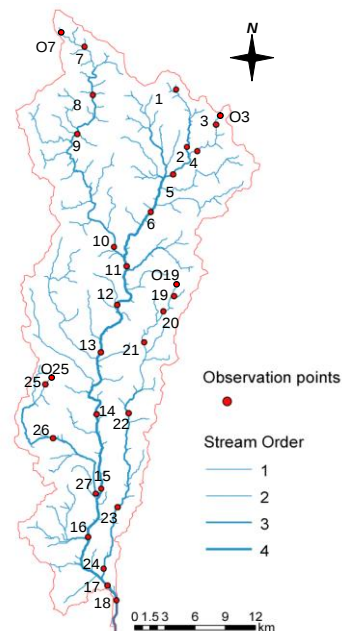


図-1 揖保川流域
における水温観測点

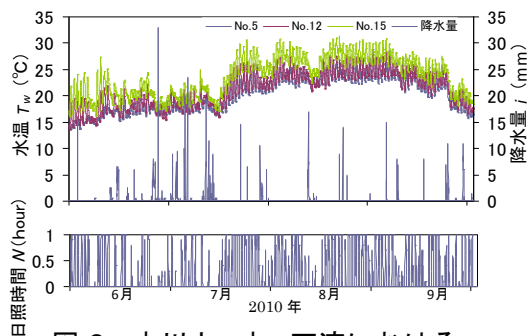


図-2 本川上・中・下流における
河川水温と気象量の関係

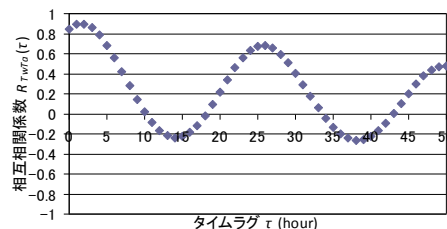


図-3 河川水温と気温の相互相関

キーワード 河川環境, 水系一貫, 水質, 流水水温, 連続観測, 多変量解析

連絡先〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 宮本仁志 miyamo@kobe-u.ac.jp

とがわかる。これは、水系各部における水温形成には、日射による短波放射や大気の大気放射のみならず、河道ネットワークを介して上流から輸送される移流熱や様々な土地利用形態からの横流入熱などが複合的に関連しているためと考えられる。

4. 主成分分析による河川水温の流域変動特性

流域全域における観測水温に対して主成分分析³⁾(PCA: Principal Component Analysis)を適用し、河川水温の流域変動特性を考察する。図-4に、2月(冬季)および8月(夏季)における各PCAモードの固有ベクトルの流域分布を示す。同図には紙面の関係で特徴的な分布のみ掲載している。図-4(a)~(f)における各PCAモードの寄与率は、それぞれ、90.2, 82.0, 4.3, 7.7, 2.0, 1.4%である。図-4(a), (b)に示す1次モードでは、固有ベクトルの要素値が上流から下流にいくに従って大きくなる。これは、流下に伴い昇温する河川水温の変動成分が抽出されていると考えられ、河道ネットワークを介して集積する移流熱に起因する成分と推察される。この1次モードによって変動の8~9割が表現され、流域規模の河川水温形成において河道ネットワークの集積構造が重要な役割をもつことがわかる。図-4(c), (f)に示すPCAモードでは、固有ベクトルの要素値が上流域と下流域で逆位相となる。揖保川の上流域では森林が広く展開しており、森林域/非森林域といった土地利用形態の違いに起因する変動成分と推察される。具体的には、森林域の河畔植生による日射遮蔽効果の有無や横流入水温の違い、冬季では積雪の有無などが原因していると考えられる。図-4(d), (e)に示すPCAモードでは、本川における固有ベクトルの要素が大きく負値を、一方、上流部の支川における要素が概ね正値をそれぞれ示す傾向となる。これは、本川・支川における流量規模に関係すると推察される。これら図-4(c)~(e)に示すPCAモードの寄与率は1次モードの寄与率に比べて一ケタ以上小さく、流域全体の水温変動に対してこれらPCAモードの示す変動成分は、副次的な影響に止まることがわかる。さらに、ここで得られた固有ベクトルの分布パターンは、検出される次数は降水量や日照時間・流量などの気象・水文条件により異なるが、どの月における主成分分析においても得られるため、揖保川の水温形成において普遍的な変動パターンが抽出されたものと考えられる。

5. おわりに

本報では、河川水温の観測値に主成分分析を適用することにより水温の流域変動特性を考究した。その結果、流域規模の河川水温形成において河道ネットワークの集積構造が重要な役割をもつことが推察された。

【参考文献】1) 宮本ら：日射遮蔽と流入水温の影響を補正した河川水温ネットワークモデルの精緻化, 水工学論文集, 55, S1243-S1248, 2011. 2) 宮本ら：上・中・下流域における河川水温の形成要因に関する解析的検討, 水工学論文集, 53, 1153-1158, 2009. 3) 田村：固有直交関数展開のランダム変動場への応用のすすめ, 日本風工学会誌, 65, 33-41, 1995.

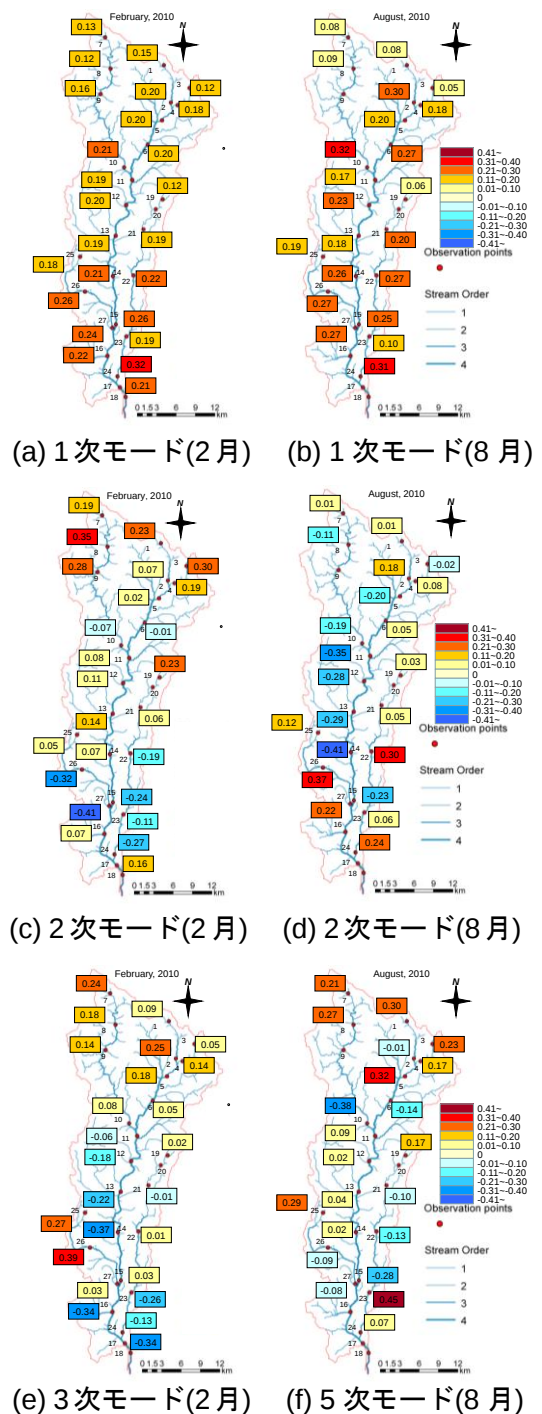


図-4 PCAモード流域分布