

神戸大学工学部 学生員 ○浦野 仁志  
 神戸大学大学院 正会員 宮本 仁志 神戸大学大学院 学生員 中山 和也  
 神戸大学大学院 学生員 前羽 洋 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はじめに

筆者らは、農工業用水などの利水や魚類・水棲生物などの河川生態系に重要な水質指標である河川水温を対象として、流域全域を網羅するように2006年から連続観測を行い、その解析手法を検討してきた<sup>1~2)</sup>。しかし、流域規模の水温変動特性や気象変動の時間スケールである半月程度の変動特性については、流水水温に及ぼす影響が大きいものにも拘わらず、観測をベースにした検討を行っていない。そこで本報では、多変量解析手法を観測値に適用することによって、流域全域での空間変動の支配要因や周期変動特性を検討する。

2. 対象流域と水温観測

対象流域は一級河川揖保川水系である。源流から河口まで流域全域が網羅されるように、河道位数ごとに水温プローブを30地点設置している。水温は1時間毎に自動計測され、メモリにデータが蓄積される。図-1に2010年5月における月平均水温の流域分布を示す。これより、湧水や汽水など特異な水温値が検出される箇所はあるが、全体的には上流から下流に向けて流下に伴い水温が増加することがわかる。

3. 河川水温の経年変動特性

図-2に中流(No.12)における月平均水温の経年変化および変動係数を示す。過去5年間で年ごとの変動傾向はほぼ同じであり、夏期と冬期に年ごとの違いが特徴的に現れる。月平均水温の変動係数は1月、2月の冬期や、7月、9月の夏期で大きい。これらの月においては気温や降水量の変動が他の月よりも大きいことが原因であると考えられる。また、2007年の7月や2010年の4月~6月の月平均水温は他の年に比べ比較的低い値を示す。これらの月においては例年よりも降水量が多く、流量が増加し単位水塊が受け取る熱フラックスが小さくなったため水温が低下したと考えられる。一方、2008年7月の水温は例年より高い。2008年においては梅雨時期の降雨が少なく、大きな出水がなかったことが原因の一つと考えられる。このように河川水温と気象・水文量との間には強い相互関係があることが確認される。

4. 多変量解析

(1) 主成分分析 (Principal Component Analysis)

主成分分析<sup>3)</sup>を観測水温に適用して、流域規模の水温変動特性を検出する。本報では、2010年5月の水温デ

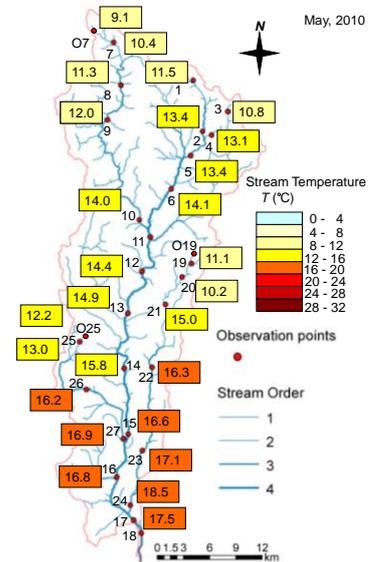
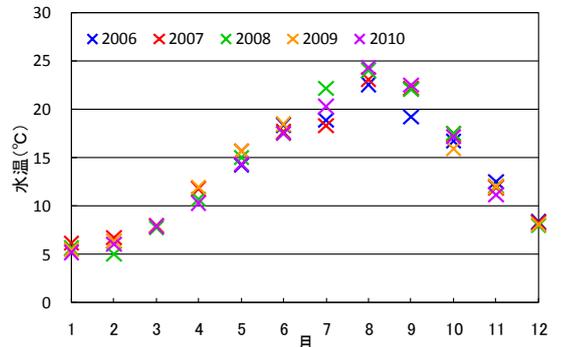
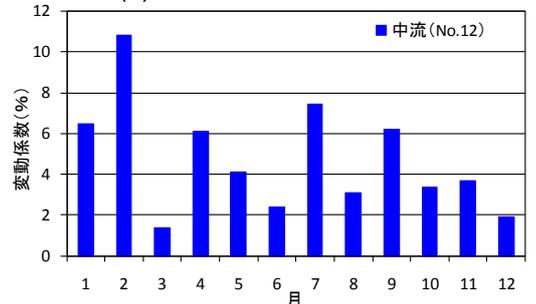


図-1 月平均水温分布(2010年5月)



(a) 月平均水温の経年変化



(b) 月平均水温の変動係数

図-2 月平均水温の経年変化および変動係数(No.12)

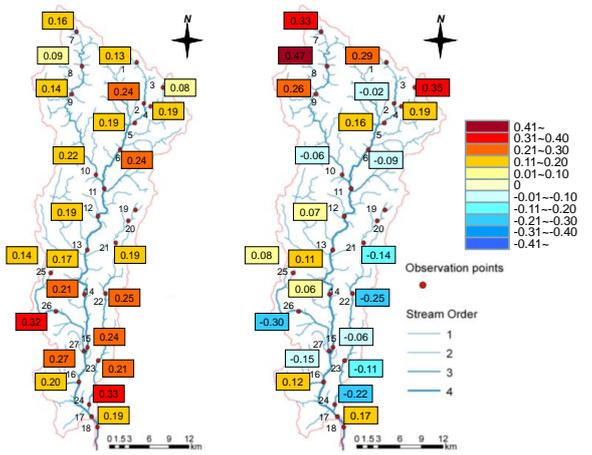
ータを対象に分析を行う。図-3 に、2010年5月における1次、2次モードの流域分布を示す。1次モードの特徴としては上流から下流にかけて固有値が上昇しており、流下に伴い変動が大きくなることが挙げられる。このことより、第1主成分は上流から下流にかけて変動を大きくする成分、つまり移流熱の影響を表しているのではないかと考えられる。また、2次モードの特徴としては上流側と下流側で固有値の正負が逆になっており、上・下流で変動が逆位相となる。揖保川の上流部では森林が広く展開されており、河畔林による遮蔽効果が大きくなる。このことより、第2主成分は樹木の繁茂状態の違いによる遮蔽効果の影響を表していると推察される。

## (2) ウェーブレット解析 (Wavelet Analysis)

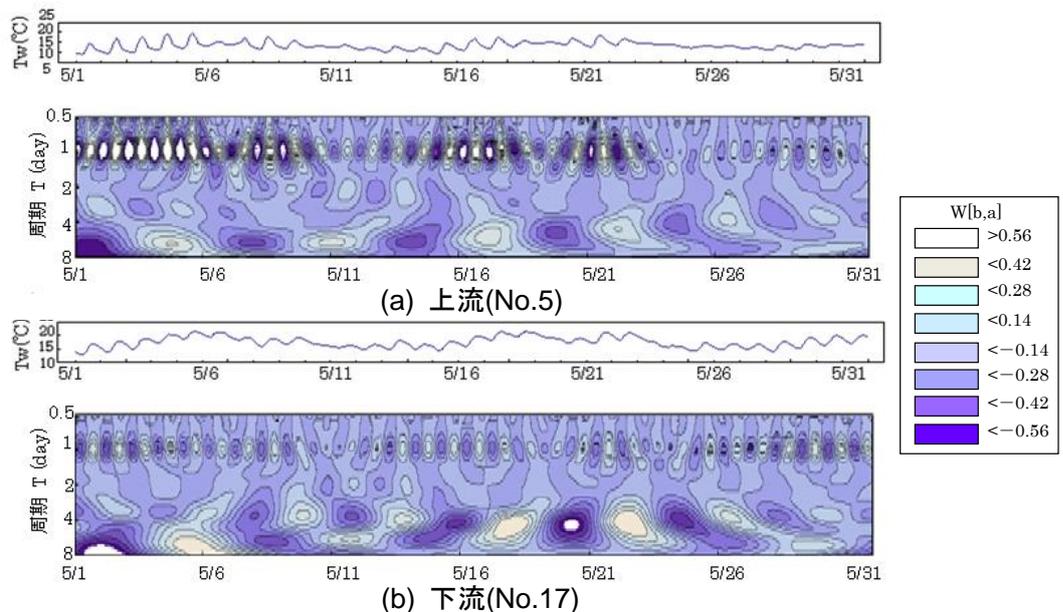
連続ウェーブレット変換<sup>4)</sup>を観測水温時系列に適用して、水温変動の周波数特性を調べる。ここで用いたマザーウェーブレットは複素数ウェーブレットのひとつである Morlet 関数<sup>4)</sup>である。図-4 に、2010年5月における本川上流・下流の水温時系列およびウェーブレット係数のコンター図を示す。ウェーブレット係数の極値が現れるところで、水温変動の局所的な周期特性が抽出されることになる。図-4 より、上・下流ともに日周変動と4~8日周期の変動成分が明確に抽出されているのがわかる。気温などの経時変化には低気圧の通過に伴う半旬程度の周期変動が含まれており、また、前節で述べたように水温と気象の関係は密接である。このことから、ウェーブレット解析により気象変動の影響を受ける河川水温の長周期変動成分が明確に検出されたと考えられる。また、上流と下流で周期特性を比較すると、日周変動については上流のほうが強く抽出されている。一方で、4~8日周期変動についてはわずかではあるが下流でコンターの色の濃淡が大きくなっており、周期変動が強く抽出されている。このことから、流下に伴い日周期変動よりも長い周期変動が強く抽出されるようになることがわかる。これは上流では水面熱フラックスの影響が支配的であるために日変動周期が卓越すると考えられる。一方、下流では水面熱フラックスの影響に比べて移流や横流入の影響が相対的に大きくなるため、上流より日周変動成分の影響が小さくなると考えられる。

以上のように主成分分析、ウェーブレット解析を観測水温に適用することで、揖保川水系における水温変動の時空間変動特性を検討した。今後は、気象変動にかかわる半旬程度の周期変動特性の検討を行う予定である。

【参考文献】1) 宮本ら, 水工学論文集, 第53巻, pp.1153-1158, 2009. 2) 宮本, 道奥, 水工学論文集, 第52巻, pp.1069-1074, 2008. 3) 田村, 日本風工学会誌, 第65号, pp.31-41, 1995. 4) 神田ら, 土木学会論文集, No.656/II-52, pp.121-133, 2000.



(a) 1次モード (b) 2次モード  
図-3 PCAモード流域分布(2010年5月)



(a) 上流(No.5) (b) 下流(No.17)  
図-4 水温時系列およびウェーブレット係数のコンター図(2010年5月)