

水温法の成分分解による 非超過確率値評価手法の提案

中日本建設コンサルタント株式会社 ○堀田 孝行 中根 進

1. はじめに

水温法は、降雨による雨天時浸入水を水温の変化により把握し、その特性(計測装置が安価、設置が容易)を利用して雨天時浸入水発生エリアの絞込みを行っている。

水温法の評価手法は、晴天時の汚水の水温と雨天時浸入水の水温が異なることを利用しているため、小さい集水面積においても精度よく雨天時浸入水の影響を非超過確率値という評価値で表すことができる。

しかしながら、この非超過確率値は、水温の計測期間の長さ、降雨量、降雨継続時間、集水面積により変化するため、同じ処理区域、同じ計測期間であっても集水面積を含めた評価を行う必要がある。

本稿では、集水面積を考慮した評価手法を提案する。

2. 時系列水温データの成分分解

2.1 計測水温の時系列データの成分分解¹⁾

計測水温の特徴として、計測時間が長期におよぶと水温が冬から夏時期にかけては上昇傾向になり、夏から冬時期であれば、徐々に水温が下降する傾向(長期変動)になる。また、1日の間の水温は流量のように変動(周期変動)することが特徴となる。

計測した時系列水温データに対し、その特徴となる

長期変動、周期変動、降雨による水温の影響を考慮して、計測水温の時系列水温データを移動平均法による加法モデルにより表 2.1 のように3つの成分(長期変動、周期変動、不規則変動)に分解した式を下式で表す。これを成分分解という。

$$\text{計測水温} = \text{長期変動} + \text{周期変動} + \text{不規則変動}$$

不規則変動水温の中には、降雨による水温変動が含まれていると考え、この不規則変動水温を晴天時と雨天時に分離して、各水温分布を正規分布または極値分布で回帰させ、図 2.1 に示す分布の差(検出力:雨天時非超過確率)を算定する。この分布の差に以って計測箇所の雨天時浸入水の影響(大小)を判断する評価指標とする。

2.2 不規則変動水温分布の解析による雨天時浸入水の影響評価例

検出力の算定方法は、晴天時と雨天時の各不規則変動水温分布の差を図 2.1 に示すように晴天時不規則変動水温分布の両側 95%下限値に対して、雨天時不規則変動水温分布の中で何%の確率(非超過確率値:青色面積)になっているかを求める。雨天時非超過確率値が 2.5%(0.025)以上であれば、雨天時の分布が晴天時の分布より左側にずれており、降雨による雨天時浸入水の影響による水温低下があると考え、この雨天時非超過確率値を雨天時浸入水の評価指標とした。

雨天時不規則変動水温分布の非超過確率値の例を表 2.2 に示す。

表 2.1 計測水温の3成分

成分名	データの状態	データの特徴
長期変動	データが長期間にわたる計測により上昇、あるいは下降する状態	長期間にわたり増加または減少する変化がある
周期変動	データがある時間間隔で変動を繰り返す状態	1日の間で変動を繰り返す
不規則変動	データの動きが時間経過に依存しない状態	時間に関係なく水温の増減がある

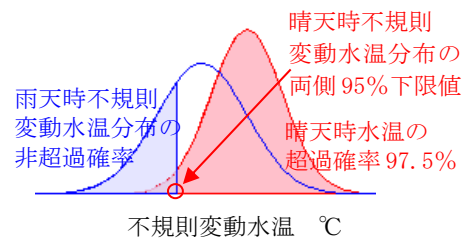


図 2.1 雨天時と晴天時の不規則変動水温分布の両側 95%下限値

表 2.2 非超過確率値を雨天時浸入水の評価指標とした例

項目	計測点 A	計測点 B	計測点 C
集水面積	12.97 ha	4.39 ha	7.80 ha
不規則変動水温分布 非超過確率値			
	0.391 (39.1%)	0.219 (21.9%)	0.049 (4.9%)
評価	雨天時浸入水の影響が最も大きい	雨天時浸入水の影響が大きい	雨天時浸入水の影響がほぼない

3. 流域面積と比流量の関係

河川の洪水時の比流量と流域面積の関係は図 3.1²⁾ となっている。

この比流量は、流域の単位面積あたりの流量であり、降雨時を抽出すると洪水流量である。

比流量の傾向は、流域面積が大きくなるに従い、比流量が小さくなるが、流域面積が同じであっても比流量に大小がある。図 3.1 には比流量の上限側と下限側が、上に凸な曲線で表される。

図 3.1 の上限側・下限側の凸曲線に対して、横軸は面積の対数から流域面積の(1/4)乗へ単位を変更し、縦軸は比流量との関係を示すと図 3.2 となり、ほぼ直線で表される。

降雨による雨天時浸入水量についても、比流量と同様に考えた。

ストキャスティック手法の技術マニュアル³⁾では、雨天時浸入水量を処理区分面積で除して雨水浸入強度と表現されており、降雨時は河川の洪水流量と同じであり、雨天時浸入水量を集水面積で除して集水面積との関係を示すと図 3.1 のようになると考えた。本稿では、水温計を設置した上流側の集水面積をブロック面積と呼ぶ。

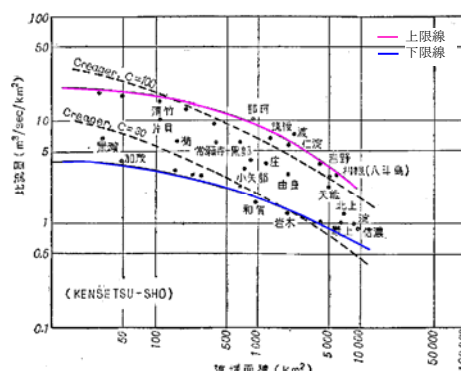


図 3.1 河川の流域面積と比流量の関係²⁾

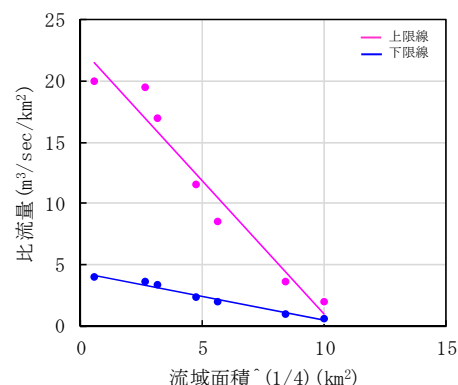


図 3.2 河川の流域面積と比流量の関係

4. 計測点のブロック面積と非超過確率値の関係

水温法の解析結果の非超過確率値は、計測期間の長さ、降雨量、降雨継続時間、ブロック面積によって変動する値であり、河川の比流量のような挙動をする。

そのため、ブロック面積の(1/4)乗と非超過確率値の関係は、図 3.2 のように線形を示すと考えた。

A自治体 (43 計測点)、B自治体 (27 計測点) で計測した水温法の解析結果の非超過確率値とブロック面積の(1/4)乗の関係を示すと図 3.3 となり、ブロック面積に対して非超過確率値は河川の洪水時の比流量と同じように右下がりの傾向を示している。

二つの自治体は、計測地点、計測期間、降雨量、降雨継続時間などが異なるが、住居地域で計測したブロック面積(0.15ha~28.3ha)の(1/4)乗と非超過確率値の関係を図 3.4 に示す。

図 3.4 に C 自治体の合流式下水道における非超過確率値も併記する。合流式下水道は、汚水をはじめ路面、

屋根面などあらゆる降雨を取り込んでおり、これを非超過確率値で表せば、最大値と考えられる。

図 3.4 に対して、以下の直線を付記する。

雨天時非超過確率値 0.025 (2.5%) 以下は、晴天時、雨天時の各不規則変動水温分布がほぼ同じであり、降雨の影響がないことを表す。次に最大ブロック面積で非超過確率値 0.025 の点からブロック面積 0ha の最大非超過確率値 1.000 の点を直線 (上限線と呼ぶ) で結んだ。非超過確率値 0.025 の線とこの上限線の上に 1 点を除きすべて含まれた。

合流式は、上限線上と右側に位置しており、上限線は、分流式における非超過確率値の上限と考えられる。

以下に次の種類の直線を作成する。

直線①：上述の上限線

直線②：ブロック面積の(1/4)乗が 3.0ha で非超過確率値 0.800 と最大面積線を結ぶ。非超過確率値は、検出力(1-β)であり、統計的に 0.800 以上は晴天時・雨天時の各不規則変動水温分布が異なると判断されるもので、雨天時浸入水の影響が明らかである。

直線③：非超過確率値の最大値は、合流式でも 0.500 程度であり、ブロック面積(1/4)乗 3.0ha で非超過確率値 0.025 と結ぶ。

直線④：非超過確率値 0.100 以下は、不規則変動水温の誤差が含まれ、下限線と考える。

直線⑤：直線③と直線④の中間位置の線として結ぶ。

雨天時浸入水の影響は、図 3.4 の各線間の上の方の領域にあるほど降雨時の影響がある計測点と考えることができ、この区分された領域を使ってブロック面積を考慮した評価ができる。

5. おわりに

本報告は、雨天時浸入水による水温低下を統計的に捉え、非超過確率値を使いブロック面積を考慮した評価する方法の提案である。

ブロック面積の(1/4)乗と非超過確率値の関係をいくつかの領域に分け、各計測点の非超過確率値がどの領域にあるかにより、降雨による雨天時浸入水の影響(大小)を評価することができた。

今後は、非超過確率値と雨天時浸入量との関係について研究したい。

【参考文献】

- 1) 堀田 孝行, 中根 進: 時系列水温データの成分分解による雨天時浸入水の影響評価手法 2019 年第 56 回下水道研究発表会 N-7-1-6
- 2) 本間 仁: 河川工学 昭和 42 年 4 月 30 日 15 版, p. 80
- 3) 公益財団法人 日本下水道新技術機構: ストキャスチック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアル-2018 年 3 月-, p. 161

【問い合わせ先】 中日本建設コンサルタント(株) 水工技術本部 中根 進 TEL052-232-6055

E-mail:s_nakane@nakanihon.co.jp

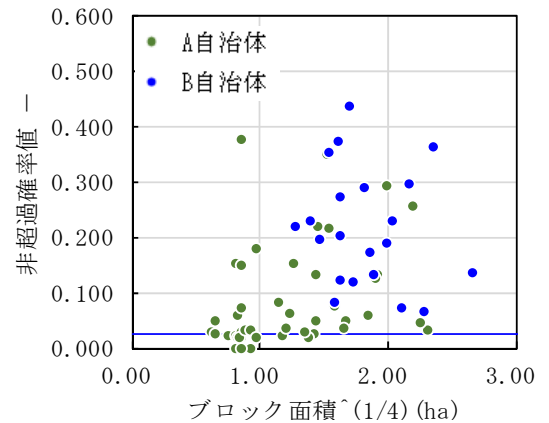


図 3.3 ブロック面積と非超過確率の関係 (A, B 自治体)

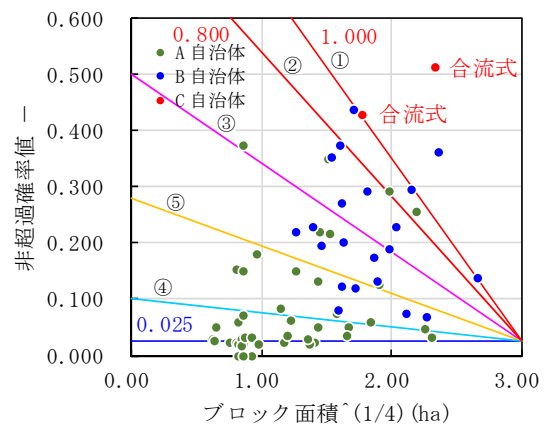


図 3.4 ブロック面積と非超過確率の関係 (A, B, C 自治体)