

## 信濃川中流域における高密度な流程観測に基づく夏季の水温特性

筑波大学大学院 学生会員 ○宇佐美 将平  
土木研究所 正会員 溝口 裕太

筑波大学 正会員 白川 直樹  
元信濃川河川事務所長 非会員 室永 武司

### 1. はじめに

河川水温は生物の生息環境に大きな影響を与える要因のひとつである。河川水温の研究の多くは代表点の水温を扱うにとどまり、その空間変化の詳細は明らかになっていない。柘本ら<sup>1)</sup>は、信濃川中流域において流程方向に1km間隔という高密度で水温観測を実施し、日最高水温の生起時刻が下流ほど遅れることを明らかにした。本研究では、柘本ら<sup>1)</sup>と同様の観測データを用いて、日平均・最高・最低水温の流程変化を分析し、大気との熱交換という観点からその特性を捉えることを目的とする。

### 2. 方法

対象区間は、信濃川中流域の宮中取水ダムのすぐ下流(距離標 74.5km)から魚野川合流点(41.5km)までの33kmである(図-1)。計34断面(1km間隔)の流心付近に水温計が設置され、時間解像度10分、分解能0.1℃、精度±0.3℃のデータが取得された。観測期間は2014年7月26日から9月5日である。本研究では、このうち欠測が少なく気候が晴天で安定していた期間として、7月31日から8月6日を分析対象とした。対象区間に大きな支川の合流や取排水がないため、区間の流量は上流端にある宮中取水ダムの放流量(約62~65m<sup>3</sup>/s)によってほぼ一定に保たれている。そのため、水温形成メカニズムは水塊と大気との熱の授受によって支配されていると考えられる。対象区間の平均水面幅は約90mであった。

地点ごとに対象期間7日間の日最高・最低水温とその生起時刻を調べ、日平均水温を算出した。生起時刻は観測データの分解能や精度を考慮し、日最高・最低水温から±0.3℃の値をとる時間帯も求めた。これはすなわち、日最高・最低水温の継続時間と読み替えることができる。継続時間が短いほど水温ピーク付近の変動が激しく、長いほど緩やかであることを意味する。また、日最低水温のみ前日の12:00から当日の11:50までを1日と扱った。それぞれの水温の流程方向の傾向を分析したのち、日射量<sup>2)</sup>の日変動

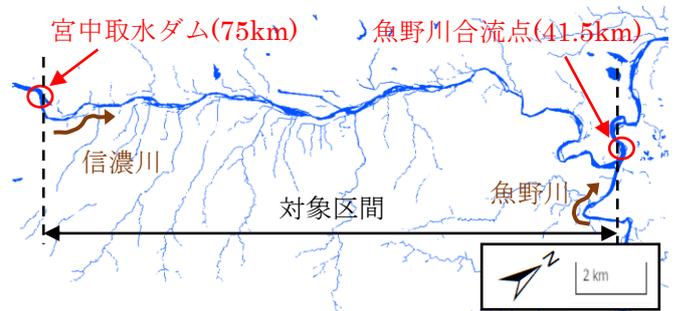


図-1 対象区間 (国土地理院より)

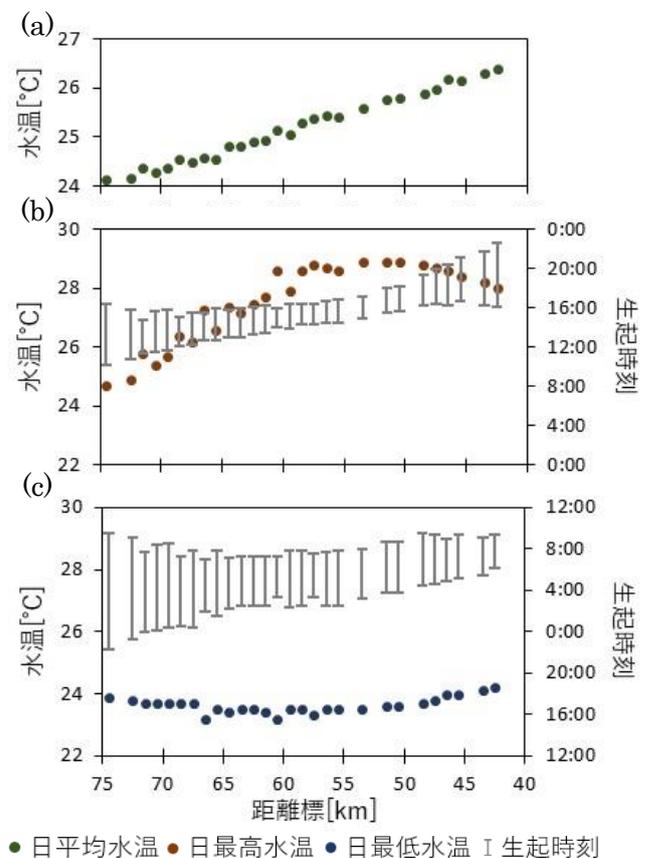


図-2 水温の流程分布

(a)日平均(b)日最高(c)日最低

と比較することで水温日変動の特性を考察した。

### 3. 結果

本稿では、観測期間のうちよく晴れていて最も高温となった8月2日の結果を示す。なお、対象期間全日で同様の傾向があることを確認した。図-2(a)に日平均水温、(b)(c)に日最高・最低水温とその生起時

キーワード 河川水温 流程変化 日平均水温 日最高水温 日最低水温 生起時刻

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1 TEL:029-853-4978 E-mail:s2020833@s.tsukuba.ac.jp

刻の流程分布を示す。

日平均水温は下流ほど高くなる傾向を示しており、74.5kmで最低値24.1℃、42.5kmで最高値26.4℃であった。区間全域で流下方向10kmに対し0.74℃の一定割合の上昇がみられた。

日最高水温は、74.5-53.5kmでは下流ほど高く、53.5-50.5kmでは一定、50.5-42.5kmでは下流ほど低かった。74.5kmで最低値24.7℃、53.5-50.5kmで最高値28.9℃、42.5kmで28.0℃であった。これらの値は柘本ら<sup>1)</sup>と同じである。また、生起時刻は下流ほど遅れる傾向があった。日最高水温の継続時間は、74.5kmで6時間20分であり、流下に伴って短くなるが、53.5kmを境にまた長くなり始め、42.5kmで6時間30分となった。最も短くなったのは、全体の傾向から外れる60.5kmを除けば、最も高温となった53.5kmで1時間10分である。

日最低水温は、66.5kmと60.5kmで最低値23.2℃、42.5kmで最高値24.2℃であった。日最高水温の最大値と最低値の差は4.2℃であるのに対し、日最低水温ではわずか1.0℃と小さかった。また生起時刻は日最高水温と同様、下流ほど遅れる傾向にあった。最低水温の継続時間は74.5kmで7時間10分であり、流下に伴って短くなって、42.5kmで1時間50分であった。

#### 4. 考察

はじめに、図-3に示す8月2日の地点ごとの水温日変動から日最高・最低水温の継続時間について考察する。宮中取水ダムの放流水温は、上流の発電放水の影響を大きく受けていると考えられ、日変動が小さい。これにより対象区間最上流の74.5kmでは水温日変動が小さい。日最高・最低水温の継続時間が対象区間上流で長いのはこのためである。74.5-53.5kmでは、流下に伴って水温日変動が激しくなっている。日最高・最低水温の継続時間が短くなっているのはこの現象を表している。53.5kmより下流では、流下に伴ってグラフの峰の形が平らに近づき、谷の形がより鋭くなっている。これは、対象区間下流部において、日最高水温の継続時間は長くなり、日最低水温は短くなったことを表している。

次に、図-3に示す日射量の日変動から水温日変動の流程変化の要因を考察する。74.5-53.5kmでは、日の出後に日射が強くなり始める6時ごろから温度上昇がみられる。これは、水温の日変動を駆動する日射によるものと考えられる<sup>3)</sup>。流下する水塊の温度は

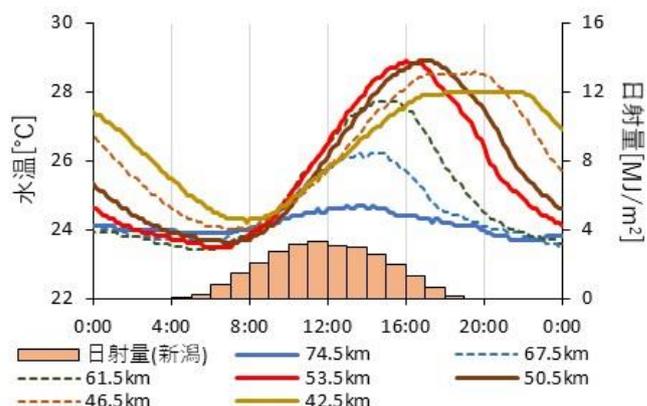


図-3 地点観測点ごとの水温と、気象観測所の日射量<sup>2)</sup>の日変動

日射を受け続けることで上昇し続けるので、53.5kmまでは日最高水温は下流ほど高い。53.5kmでは日の入り頃に水温のピークがあるため、ここより下流では昇温メカニズムが変わると考えられる。この区間では、日最高水温の生起時刻が夜間であり、その時刻周辺では大気よりも水中の熱量が大きいいため、大気への放熱によって日最高水温が低下したと考えられる。一方で、日射がない18時以降でも53.5kmより下流では水温が比較的高い。これは、上流側で昇温した水塊がその温度を保ったまま流れるからであると考えられ、特に50.5-42.5kmで顕著にみられる。

また、日平均水温は流下に伴って線形的に上昇するようにみえるが、その要因は上流側と下流側で異なる。上流側では日最低水温がほぼ一定で、日最高水温が上がることで、日平均水温が上昇する。下流側では、夜間の最低水温は下がりにくく、低水温の継続時間が短いことで日平均水温が上昇したと考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では、信濃川中流域を対象に、水温の流程変化を分析し、日平均は下流ほど上昇、最高は流下に伴って上昇後にある地点を境に低下、最低は流程変化が小さいという結論を得た。また、水温日変動の流程変化を日射の日変動から説明した。流下過程における流出入水が無視できる当該河川では、大気の大気環境が支配する水温変動を理解しやすいと考えられるので、熱輸送方程式に基づく精緻な検討を進め、水温変動の特性を明らかにする予定である。

#### 参考文献

- 1) 柘本ら：河川技術論文集, 24, p273-278, 2018.
- 2) 気象庁：<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2020.
- 3) 中村・百海：日林誌, 71(10), p387-394, 1989.