

II—8 融雪期の小河川流水水温

専修大学北海道短期大学 正員 山梨 光訓

1. はじめに

小流域の流出機構を把握する目的で流出成分の分離を行う場合、融雪期であれば、水温現象を知ることにも有用であると考えられる。

流域の水温現象を取扱う方法の一つに、森田による流域の熱効果の概念がある。河川水温が、気象条件のみならず、流量を構成する要素によっても影響されるということから、ここでは、逆に水温現象を中心にして、融雪流出解析の観点から、積雪地小流域である専修大学構内の中の沢流域において調査を行ったので、その結果を報告するものである。とくに、流出成分との関係を検討してみた。

2. 流域の熱効果

小流域の水文特性は、小さい流域といえども、いくつかの支流をもち、また、降雨、融雪時には、さらに臨時的な水系網の増加もあり、複雑な水文状況を示すものであろう。こういった場合の河川水温現象を示すためには、水系網の1本ごとに形成された水温現象を合成していくというやり方より、流域全体を1つの単位として考え、ある地点水温は、その流域を構成する各水流の河川水面に作用する気象条件のみならず、流量を構成する要素によっても影響されると考えたものが森田による流域の熱効果の概念である。すなわち、ある地点の水温(θ)は、流域の熱効果による温度変化($\Delta\theta$)と流量の構成要素が形成する基礎水温(θ_B)から、

$$\theta = \theta_B + \Delta\theta \quad (1)$$

であらわされる。ここで、基礎水温は、流量構成要素の量と水温によって異なり、 $\Delta\theta$ は、流域の気象条件や流量の大小によって変化する値である。

次に、流出の状況について3つの場合を設定する。

(A) 無降雨時で基底流量(地下水流出)が卓越する場合、

(B) 降雨後で中間流出と地下水流出が共存する場合、

(C) 降雨の場合

これら、A、B、Cの場合について、式(1)の基礎水温は、以下のようになる。

$$A \text{ の場合: } \theta_B = \frac{1}{Q_g^*} \theta_g \quad (2)$$

$$B \text{ の場合: } \theta_B = \left(\frac{K_M}{Q_g^*} \right) \theta_g \quad (3)$$

$$C \text{ の場合: } \theta_B = \left(\frac{K_R}{Q_g^*} \right) \theta_g \quad (4)$$

ここで、ある地点の流量を Q 、基底流量(地下水流出量)を Q_g 、その減曲線が示す終極的な流量を、 Q_g^* とし、その水温を θ_g 、中間流出量を Q_M 、その水温を θ_M 、表面流出量を Q_R 、その水温を θ_R とすると、 Q_g^* 、 K_M 、 K_R 、 Q_g^* はそれぞれ、次のようにかきかえられる。

$$q_g^* = \frac{q_g}{q_{gl}}$$

$$K_M = \left(\frac{q_M}{q_g} \frac{\theta_M}{\theta_g} \right) + 1$$

$$K_R = \left(\frac{q_R}{q_g} \frac{\theta_R}{\theta_g} + \frac{q_M}{q_g} \frac{\theta_M}{\theta_g} + 1 \right)$$

$$q^* = \frac{q}{q_g}$$

(5)

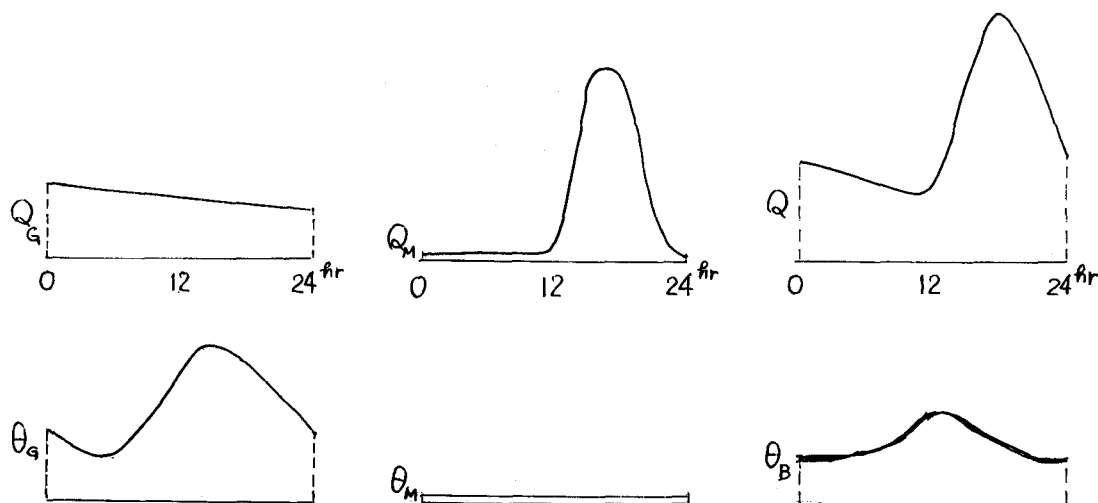
以上の式(2), (3), (4)は無次元量を導入して、すべての場合を統一的に取り扱おうとしている。そこで、物理的内容を示すために、たとえば、Bの場合の式(3)をかきかえてみると、

$$\theta_B = \left(\frac{K_M}{q^*} \right) \theta_g = \left(\frac{q_M \theta_M + q_g \theta_g}{q} \right) \quad (6)$$

となる。 θ_B は、流量構成要素による流量加重の平均水温ということになる。¹⁾

3. 融雪流出水温

積雪は成層をもち、融雪期でも、その状態は変質しながらも残存する。この場合、成層境界面が水みちとなり、透水性の変化面を示している。このような状況のもとで融雪が起こるとき、積雪表面を融雪水が流下することはないので、融雪流出とは、積雪内の融雪水の移動であり、中間流出の状態であると考えられる。また、地表面近傍の流出水も、積雪下にあるので、積雪層を経た後の中間流出状態といってよい。なお、融雪期以前の積



(1). 地下水流出の場合

(2). 中間(融雪水)流出の場合

(3). (1)と(2)の重ね合わせ

図-1 流出成分からみた水温とその重ね合わせ

雪下での流出は、地下水流出が卓越したものであると考えられる。したがって、融雪流出では、この地下水流出成分と、中間流出成分とが共存しているといつてよい。これは、降雨流出系における中間流出と地下水流出が共存する場合と同様な状態とみなせる。すなわち、Bの場合の式(6)をも意味するので、それぞれの成分についてみると、図-1の(1)、(2)のような変化を示すものと考えられる。また、融雪流出の実際の場合は、(1)と(2)の重ね合わせによる(3)の状態が推定される。

(1) 地下水流出成分の場合、流量が漸減、漸増するいずれのときも、水温は気温と同様な時間変化曲線を描く。たとえば、最高、あるいは、最低温度の生起時刻が対応する。

(2) 融雪水は、 0°C に近く定常的水温状態のもとにあるといつてよい。また、流量は日中に増加し、ピーク流量は、日最高気温の出現した後、流下のための遅延時間を見込んだ時刻となるものと考えられる。²⁾

(3) 流量加算法で重ね合わせ、図-1の(3)のように図解すると、地点水温の最高は融雪水の流入が始まる直前に、最低は、地下水流出成分における減と融雪水の影響とが、最も重なる時点で、また、流量の最大は、融雪水のピーク時点といつてよく、最小は、融雪水が出現する直前であると考えられる。

4. 調査地区の概要

中の沢流域は、美幌市郊外の専修大学構内にある。洪積丘陵上の東西に伸びた24 haの小流域である。標高は、50 mから230 mにわたる。また、1977年以降、調査地区に降雪した観測露場では、70~160 cmの最大積雪深となり、融雪は、3月、4月に起こる。流域の下流端において、水位、水温の観測を行った。

5. 調査の概要

調査は、流出水温観測、水位観測、気温観測、積雪深観測、採雪調査からなる。水温観測には、自記抵抗温度計(精度0.5℃)を用いた。水位観測は、流域下流端のL点に自記水位計(過巻き)を、また、自記温度計も併設した。積雪深は露場の雪尺の読みである。積雪状態の観測は、露場での採雪によって、密度、雪温、地表層

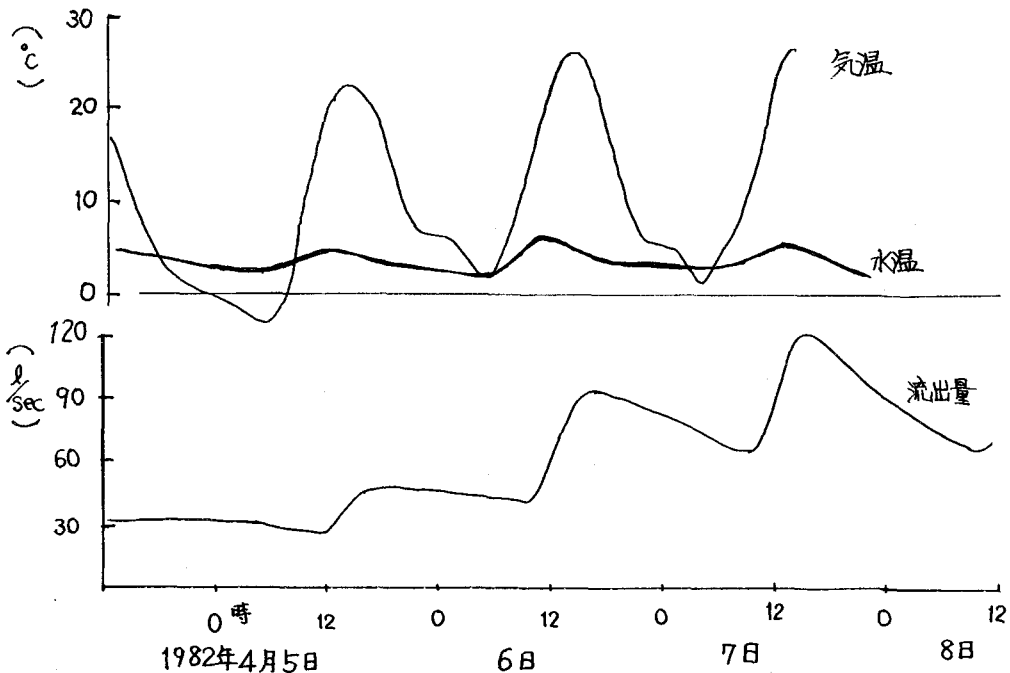


図-2 融雪期の水温、気温 および流出量 (中の沢流域 L点)

温度、成層状態などを調査した。また参照点として、裸地、林地の斜面積雪についても同様な項目を調べた。気温観測は、露場において、サーミスタ自記温度計によって定時観測(6, 12, 18, 24 時)を行っているものを利用するほか、1982年には、L点の近くに自記温度計(バイメタル)を設けてみた。

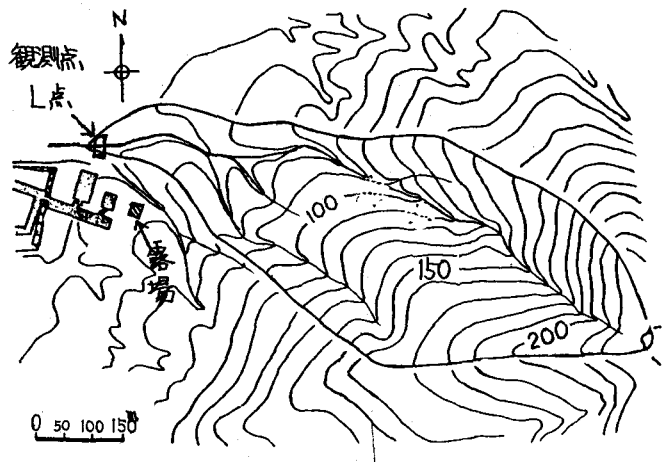


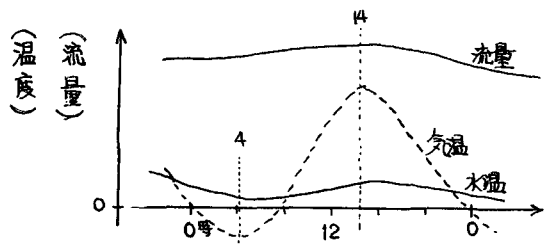
図-3 中の沢流域

6. 融雪流出水温の変化

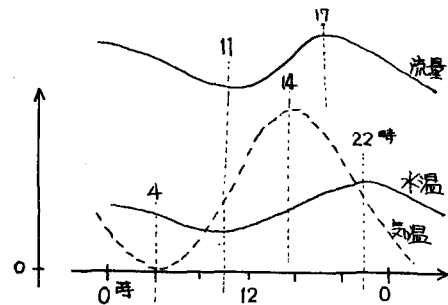
調査の結果得られた、観測地L点の1982年における流出水温の時間変化は、図-2のように示された。

ハイドログラフをみると4月5日の段階では流出量の日変動は小さいが、6日からは明瞭に認められる。すなわち、融雪流出が顕著になったことを示している。3月中旬以降の積雪層内の雪温分布は、ほぼ等温状態にあり、融雪の生起の有無は、温度環境に直ちに反応する状態にある。したがって、この時期の気温変化は、直接的に融雪量と関係してくる。1978年の流出変動³⁾の例でも日最高気温との間で関係がみられたわけであるが、1982年の場合も気温との対応がみられる。また、融雪量の不明瞭な状態には、日最低気温が0℃以下で、かつ、負の温度の継続時間が影響しているようである。こうして、地下水流出量が卓越する時期が5日以前であり、6日以後の流出は融雪量が卓越する状態を示していることになる。

以上の状態の流出水温変化、気温変化、および、流出量変化の時間変化形式を模式化すると、図-4のようになる。すなわち、中の沢流域における地下水流出卓越期では、水温の日最大、日最小値は(1)のように、融雪流出卓越期では(2)のような時刻に生起するものとみられる。



(1) 地下水流出卓越期



(2) 融雪流出卓越期

図-4 融雪期の流出水温の変化

参考文献

- 1) 新井・西沢：水温論，共立出版，1974。
- 2) 藤田・山崎：小流域における融雪流出の実験並びに解析，土木学会北海道支部研究発表論文集，1973。
- 3) 山梨：低位高度小流域の融雪流出，土木学会北海道支部論文報告集，1981。