

河川水温予測モデルの開発およびそれを用いた水温変動特性の解析

広島大学大学院 学生会員 ○矢田健二
 広島大学大学院 正会員 尾崎則篤

1. はじめに

地球温暖化は、平均気温を上昇させ、気候帯の移動、降雨パターンの変化などを引き起こす。そして、この気象変化に追随した水温変化が予想される。また、宅地開発等による森林の減少は、土壌の保水機能を低下させる。この結果、流出特性が変化し水温変化が引き起こされる。このような水温変化は河川生態系に悪影響を及ぼすと懸念されている。

そこで、本研究では流域内の気象条件と流域特性から、水量及び水温を算出する既存のシミュレーションモデル¹⁾を改良し、精度の高い河川水温予測モデルを構築する。また、構築したモデルを用いて水温変動特性の解析を行い、流域環境の変化による河川水環境への影響評価を行う。

2. 方法

広島大学角脇川流域内(Fig. 1)で、水温予測モデルの検証と問題点の改善のため、気温観測、水温観測、地温観測を行った。さらに放射温度計を用いて射出率の調査を行った。そして、構築した水温予測モデルによる予測水温と観測水温を比較し、モデルの精度を検証した。さらに、気象条件や流域特性が変化した際の河川水温への影響評価を行った。

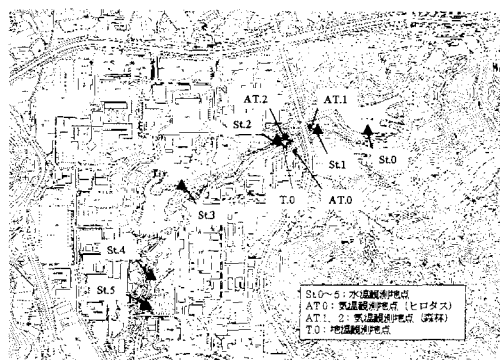


Fig. 1 角脇川流域と調査地点

3. 水温予測モデルの構成

河川水温予測モデルは、平面分布型としてメッシュ型モデル、鉛直分布型として多層モデルを用い、熱収支及び水収支より河川水温を予測するモデルである。モデルの熱と水の移動を模式的に表したものを

Fig. 2 に示す。本研究では、熱収支式を用いることによって地表面温度を算出した。また、熱伝導方程式を用いることによって地中温度を算出した。そして、その地中温度を有する地下水が河川に流入するものとした。

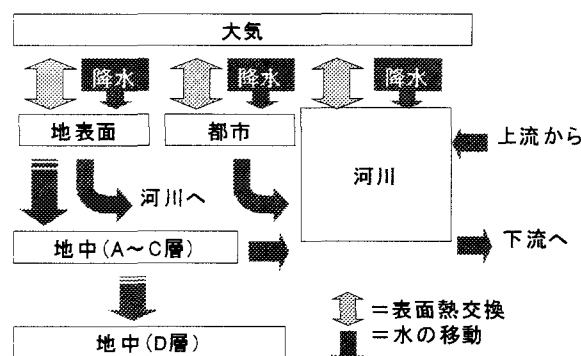


Fig. 2 流域内での熱量及び水量のやりとり

4. 水温予測モデルの構築

既存の水温予測モデルにおいて、地表面温度予測値が観測値と比べて年平均で約 1.9°C 低い値となっていた。この原因として射出率に着目した。射出率は通常 1 より僅かに小さい値と考えられているが、それを近似的に 1 としていたため、長波放射量が過大評価されていると考えた。そこで、放射温度計(IT-550S, HORIBA)を利用して、射出率を土地利用の分類ごとにその典型的と考えられる地点で調査した。そして、水域で 0.98、森林や都市を中心とした他の地域で 0.92 という代表値を得た。パラメータをモデルに組み込んだ結果、年平均の地表面温度が約 2.1°C 上昇し観測値に近づいた。

また、角脇川での河川への流出現象を表現するために、地表面流を抑えるように浸透係数の変更を行った。この結果、降水時の水温変動幅が若干収まった。さらに、夏期と冬期で、土壌水分量と気温の違いによって生じる浸透係数の違いを考慮した。これにより、夏期での水温上昇が見られた。

以上の検討により、水温予測モデルを改良した結果を Fig. 4 に示す。結果は、1 年を通じて水温の上

昇が見られ、また降水時の水温の変動幅が若干収まった。しかし、水温上昇期においては全体に観測値よりも値が低く、今後の検討課題となる。

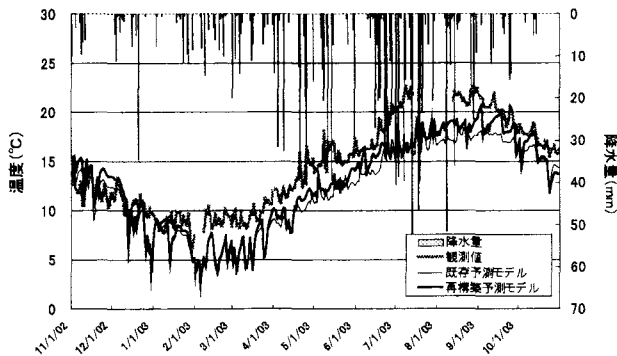


Fig. 4 改良前後の水温予測結果

5. 感度解析及び影響評価

気温を一律に 1°C 上昇させて水温予測を行った。その結果、平均水温が 0.87°C 上昇した。熱収支の各熱量を調べた結果、水温上昇が気温上昇よりも低い原因は、潜熱輸送量の増加によるものであることが分かった。

また、降雨があったときの降水量を一律2倍にし、河川水温に与える影響を調べた。この結果、冬期の水温上昇が見られた。地下水温は気温に比して冬期に暖かく、夏期に冷たい性質がある。このため、地下水量の増加が水温上昇の原因と考えられる。一方、夏期においては顕著な水温変化が見られなかった。これは夏期の浸透係数が大きいために中間流出が多く、地下水量の増加が冬期に比して見られなかったためであると考えられる。

次に、都市化による影響評価を行った。そのため、角脇川上流部の森林のメッシュを都市域へ変更した。これにより、角脇川流域の森林域は約7%減少した。その結果、冬期の水温低下と夏期の水温上昇が見られ、年較差が大きくなった。さらに夏期の最高水温が 1.5°C 上昇するという結果を得た。これらの変動の傾向は、実際の河川の調査でも多く指摘されており、本モデルはこの点で、実際の河川の現象を適切に反映していると考えられる。また水温の短期変動幅が大きくなった。本モデルにおいては、これらの原因として、熱収支における蒸発散量の減少が考えられた。蒸発散量の減少により、地表面温度を抑制する働きが弱まり、地表面温度は気温による影響を強く受ける。そのため、年較差や短期変動幅が大き

くなり、この地表面温度の変化が水温変動に影響をもたらしたと考えられる。

現在の水温予測モデルでは、降水時に水温変動幅が大きくなる問題が生じている。また、降水時の予測流量が観測流量より多くなる問題がある。そこで、降水時の水温変動の特徴について考察した。その中で、雨水管による都市域からの直接流出の影響に着目した。予測モデルにおける都市域とその他の地域との大きな違いは、河川への流出過程である。都市域での降雨は地中に浸透せず、雨水管に流入すると考えている。このときの雨水の温度は地表面温度と等しいとしている。つまり、降水時には雨水管を通して、河川に地表面温度をもった流量が一気に流れ込むモデルとなっている。そこで、雨水管からの流出量を試みに既存の5分の1に変更し、河川水温に及ぼす影響を調べた。結果をFig. 5に示す。その結果、短期水温変動幅が収まり、観測水温に近づいた。また、予測流量も観測流量に近づく傾向であった。このことより、雨水管からの流出量が河川水温に大幅な変動を引き起こしていたと考えられる。しかし、その寄与が小さくなったことで実測に近づいたということは、実際には雨水管からの流出量が非常に小さいことを示唆しており、今後の検討課題である。

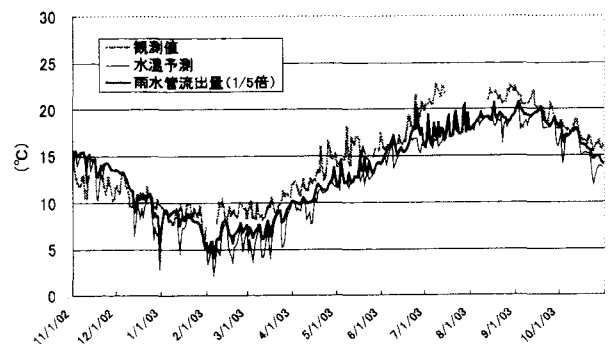


Fig. 5 雨水管流出量を考慮した水温予測結果

6. 結論

水温予測モデルを再構築した結果、予測値と実測値との適合性の向上が見られた。そして、河川水環境への影響評価に利用できる水温予測モデルとして、ある程度の精度をもたせることができた。

- 1) 木内陽一、シミュレーションモデルでの流域環境評価手順の開発、京都大学防災研究所年報、1998
藤森裕介、河川水温予測モデルの構築及び応用に関する研究、広島大学大学院修士論文、2003