

57. 都市の閉鎖性水域における水温の推定 —外濠を例にして—

童 宇超^{1*}・綿貫 翔¹・吉見 和紘¹・山田 正²

¹中央大学理工学研究科都市環境学専攻（〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27）

²中央大学理工学部都市環境学科（〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27）

* E-mail: tong@civil.chuo-u.ac.jp

閉鎖性水域は水の流入と流出が少なく、自浄能力が低いので、汚染されやすい。このような環境において水温は重要な水質指標の一つと考えられており、水域の環境に大きな影響を与えると指摘されている。

本研究では、人間と関係が深い都市の閉鎖性水域の水温に注目し、例として、東京都に位置する江戸城外濠（以下、外濠）の水温を推定した。そして定期観測値と推定値を比較する事により、推定値の精度を評価した。結果として、外濠の場合、推定値は水温の変動傾向とよくあうことがわかった。一方で、本稿の推定値は貯熱量を考慮していないため、一日の水温が独立になり、変動が大きくなることがわかった。

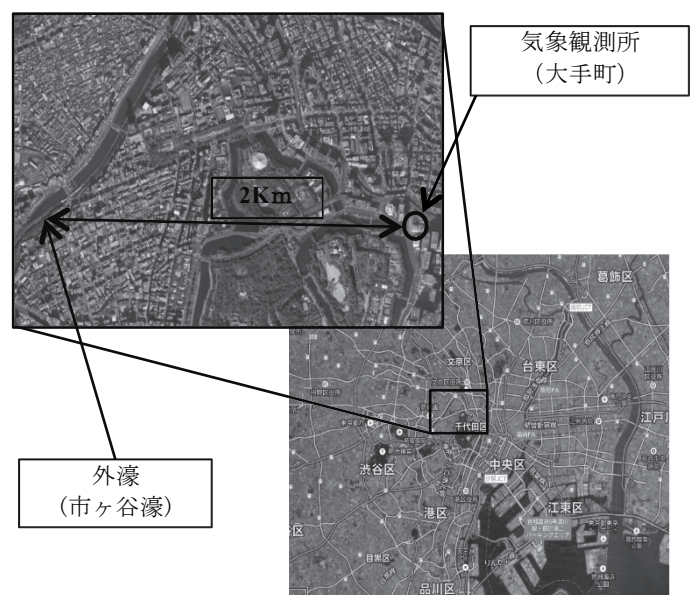
Key Words :water environment, water temperature, heat budget, closed water area, Sotobori

1. はじめに

都市の閉鎖性水域とは、都市における水の流入と流出が少ない水域である。このような水域では、水の滞留時間が長く、自浄能力が低いので、一度汚染されると、水質を元の状態に戻すことは困難となる。そして、汚染された都市の閉鎖性水域は周辺の環境に悪臭や景観の悪化などとして、大きな影響を与える。その原因の一つとして、アオコの大発生がある。特に、江戸城外濠（以下、外濠）における悪臭にはアオコの発生が重要な要因となっている。

このアオコの発生には、水温、窒素、リンの三種類の水質項目と大きな関係があると考えられている。本研究では、その内の水温に着目した。水質を改善するために、アオコの発生のメカニズムを把握し、水温を推定することが対策上で重要となる。そのため、本研究では水温の日平均値を推定することを目的としている。

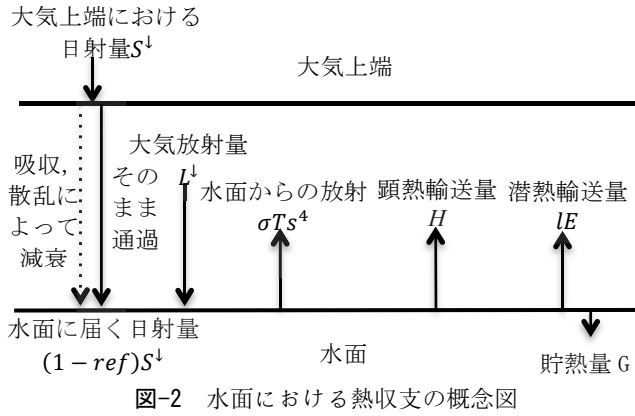
宿区に跨る外濠の内、最上流の地点である市ヶ谷濠（139.73 E, 35.70 N）である。気象に関するデータは外濠の最も近くに位置する気象庁の地域気象観測所（大手町）のデータを使用した。図-1は外濠及び気象観測所（大手町）の位置を示している。



2. 計算対象

本研究の計算対象は東京都港区、千代田区及び新

図-1 外濠及び気象観測所（大手町）の位置図



3. 推定方法について

水温の推定方法は、一般的に用いられている近藤の熱収支式^{1),2)}である。熱収支式は式(1)で定義される。図-2は水面における熱収支の概念図を示している。

$$(1 - \text{ref})S^{\downarrow} + L^{\downarrow} = \sigma T_s^4 + H + LE + G \quad (1)$$

式(1)の左辺は既知量であり、右辺は求める水温 T_s を含む未知量である。

左辺の ref は水面アルベドである。実用上、中低緯度では、近似的に0.06~0.08としてよい。本研究では、日本における水面の計算で広く使われている0.06の一定値を与えた。 $S^{\downarrow}$ は全天日射量 $[\text{W}/\text{m}^2]$ である。 $L^{\downarrow}$ は大気放射量 $[\text{W}/\text{m}^2]$ である。

右辺の第1項 σT_s^4 は水面が放出する長波放射である。 σ はステファン-ボルツマン定数 $[=5.670 \times 10^{-8} \text{W}/\text{m}^2]$ である。 T_s は求める水面の水温である。第2項 H は顕熱輸送量 $[\text{W}/\text{m}^2]$ である。第3項 LE は潜熱輸送量 $[\text{W}/\text{m}^2]$ である。

顕熱輸送量及び潜熱輸送量は次の式で計算できる。

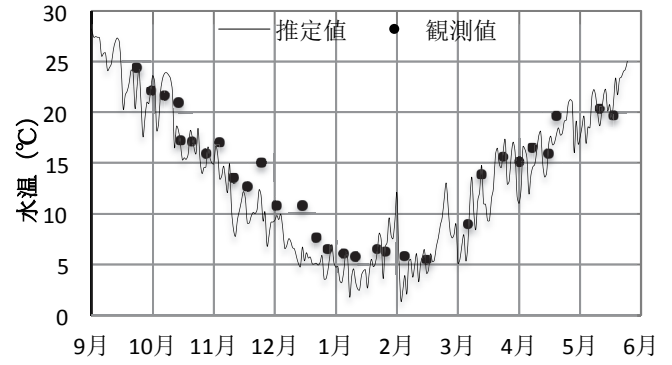
$$H = c_p \rho C_H U (T_s - T) \quad (2)$$

$$LE = l \rho C_E U (q_{\text{sat}}(T_s) - q) \quad (3)$$

$$C_E = \beta C_H \quad (4)$$

式(2)の c_p , ρ , C_H , U , T_s , T は空気の定圧比熱 $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$, 空気密度 $[\text{kg}/\text{m}^3]$, 顕熱のバルク輸送係数, 風速 $[\text{m}/\text{s}]$, 水面の水温, 気温である。式(3)の l , C_E , q_{sat} , q は水の気化熱 $[\text{J}/\text{kg}]$, 潜熱のバルク輸送係数, 飽和比湿 $[\text{kg}/\text{kg}]$, 比湿 $[\text{kg}/\text{kg}]$ である。式(4)の β は蒸発係数である。

ただし、貯熱量 G について、対象としている市ヶ谷濠の平均水深は1.2 mであり³⁾, 非常に浅いので、計算を簡易化するために0として計算した。



4. 結果と考察

本稿では2013年9月から2014年5月までの9か月間の水温を推定した。この期間、週1回の定期観測を行った。図-3は結果と定期観測の値を示している。

11~12月に、推定値は観測値より低い場合が多く存在する。それは、貯熱量を考慮しないためと考えられる。貯熱量を考慮しないために本来よりも、水温下降の分として顕熱輸送量や潜熱輸送量に変換される割合が多くなるためである。

5. まとめ

今回は都市の閉鎖性水域を対象として、水温を推定し、観測値と比較を行った。以下に本稿のまとめを示す。

- (1) 11~12月に、熱収支式を用いた推定して水温は実測値より低い場合が多く存在する。
- (2) 9~10月及び1~5月に、推定した水温は実測値によく合うことがわかる。
- (3) 推定値は水温の変動傾向とよくあうことがわかる。
- (4) 貯熱量を考慮しない場合、一日の水温は独立になるため、推定値の変動が大きくなる。

参考文献

- 1) 近藤純正：水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 朝倉出版, 1994.
- 2) 近藤純正：河川水温の日変化(1) 計算モデル—異常昇温と魚の大量死事件—, 水文・水資源学会誌, Vol. 8, No. 2, pp. 184-196, 1995.
- 3) 柿沼太貴, 津島優樹, 山田正, 大平一典：江戸城外濠における溶存酸素濃度とCODに関する現地観測, 土木学会関東支部第41回技術研究発表会, 2014.