

小貝川流域における水温変化 Water Temperature Change in Kokai River Basin

新村 麻実^{*}
(SHIMMURA Mami)

谷口 智之^{**}
(TANIGUCHI Tomoyuki)

1. 背景と目的

水温は農業生産や生物の生息環境に影響する重要な因子である。地球の地上平均気温は 1990 年から 2100 年までの間に 1.4~5.8 °C 上昇すると予測されている (IPCC, 2007)。これに伴い水温も上昇すると、既に日本各地で見られるような水生生物の生息環境の変化や高温障害による農作物への被害がさらに顕在化する恐れがある。今後、日本における気候変動が水温変化に与える影響を評価・予測することが重要である。日本では、多くの水を水田灌漑に利用している。そのため、河川の流下に加えて水田地域内における用水配分、水田内での貯留、用水の反復利用の過程でも水温が変化することが予想される。

既往の研究では、農業用水路の下流ほど水深が浅いため、短い距離を流下する間に水温が大きく上昇するという報告 (木村ら, 2012) や灌漑用水が湛水よりも高温であるという報告 (坂田ら, 2011) など、用水路内や水田内の水温観測は行われている。しかし、流域全体の広域な農業用水の温度変化は明らかになっていない。

本研究では、水田地域を含む流域を対象に流量・水温を現地観測によって時間的、面的に把握し、流域内ならびに水田地域内での水温変化の構造を明らかにした。

2. 方法

対象地は小貝川流域とした。以下の地点に水位・水温計 (Solinst社 Levelogger Edge Model 3001, 水温の観測精度は0.1 °C) を設置し、10分間隔で連続観測した。なお、() に観測目的を記す。

- 1) 小貝川本川の上流・中流・下流 (流域全体での水温変化の把握)
- 2) 幹線用水路の上流・中流・下流 (用水路流下過程での水温変化の把握)

- 3) 複数の水田地域 (A, B, C地域) の取水地点と河川への還元地点 (水田地域内ならびに農業用水の反復利用による温度変化の把握)

また、各観測地点においては流量を測定し、水位-流量曲線を作成した。期間は2012年5月から10月までの約6か月である。本稿では最も高温となる夏期の連続干天期間 (8月1日から4日) を含む8月の結果を分析した。気象データは、宇都宮地方気象台の観測値を用いた。

3. 結果

1) 流域内の河川や用水路での水温差

8月19日から22日の連続干天期間における小貝川本川の上流・中流・下流地点の水温は、日内変動していた。それぞれの日平均水温は、上流から 26.2 °C, 27.6 °C, 27.1 °C となり、中流地点が最も高温になった。各観測地点間の距離は、上流・中流地点間が約8 km, 中流・下流地点間は約37 km である。上流・中流地点間では水田地域は取水のみ行い、排水は中流地点より下流に還元する。そのため、上流・中流地点間では流下過程での水温上昇のみが起きたと考えられる。一方、中流・下流地点間では水田地域の取水と排水が区間内で繰り返し行われ、加えていくつかの支流が合流することによって、水温が平均化されたと考えられる。また、小貝川の下流地点の水温は上流・中流地点に比べると日内変動の幅が小さい。流量が多い下流地点では、水温上昇が起きにくい傾向が見られた。

2) 幹線用水路の流下過程の水温変化

幹線用水路の上流・中流・下流地点におけるそれぞれの日平均水温は上流から、20.2 °C, 23.7 °C, 24.9 °C であった。各観測地点間の距離は、上流・中流間が17.4 km, 中流・下流間は20.4 km であり、37.8 km の区間で4.7 °C 上昇した。

上流を通過した水が中流ならびに下流地点に到達するには数時間の流下時間がかかる。しかし、日内最高水温を記録した時刻は上流・中流地点が18

*筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba **筑波大学生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba キーワード:水温, 水田灌漑, 反復利用

時頃、下流地点は12時頃であり、流下時間による用水の到達遅れと日内最高水温を記録した時刻のずれは一致しなかった。そこで、各時刻に上流地点を通過した用水の温度とその水が中流地点に到達した時刻の温度を比較するため、 Manning式から上流・中流地点間の流下時間を推定した。

8月1日12時に上流地点を通過した水は、約9時間で中流地点へ到達した。このとき、水温は上流地点で20.2℃、中流地点で23.7℃であり、流下過程で103.6℃上昇した。一方、8月2日の日内最高水温を観測した16時50分に上流地点を通過した水は、同様に約9時間で中流地点へ到達した。このときの水温は、上流地点で23.0℃、中流地点で22.9℃であり、流下過程で0.1℃低下した。このように、流下する時刻により、水温変化に差が生じることが明らかになった。そこで、各時刻の上流地点の水温とその水が中流地点に到達したときの水温の差を比較した。流下過程での水温上昇は、上流地点を6時前後に通過した水が最も大きく、平均で7.8℃、逆に最も小さかったのは、18時前後に通過した水で-0.2℃であった。用水路の流下過程では水温は日中のみ上昇し、夜間は変化しない、もしくは、わずかに低下していた。

次に、8月1日の幹線用水路の上流・中流地点間の流下前後での気温変化とその間の積算日射量を比較したところ、流下過程で受ける積算日射量は、8時頃に上流地点を通過する水が最も大きかった。一方、流下前後の気温上昇は6時頃に上流地点を通過した場合に最も大きかった。流下による水温上昇が最大になる時刻と積算日射量ならびに気温上昇が日内最高になる時刻がほとんど一致した。また、積算日射量・気温変化と水温変化の関係をそれぞれ比較したところ、どちらも高い相関を示した。

気温と日射量のどちらが水温変化に影響しているかをさらに検討するため、曇天日である8月6日の上流・中流間の流下過程の積算日射量、気温、水温の変化をそれぞれ比較したところ、水温と気温との関係だけが崩れた。このことから、用水路の流下過程では、日射量の影響を受けて水温は変化している可能性が高い。

3) 水田地域内の水温変化

A地域を対象に用水と排水の温度を比較した。8月1日から4日の連続干天期間における日内最高水温の平均は、用水が27.5℃、排水が26.8℃、日内最低水温の平均は、用水が23.4℃、排水が23.9℃となった。排水は用水よりも日内最高水温が低温であった。用水路の流下過程で水温は上昇するため、

水田に達した時点での水温はここで観測された用水の温度よりもさらに高いと予想される。それにもかかわらず、排水の日内最高水温が用水よりも低いことから、水田もしくは排水路を通過する過程で水温はむしろ低下したと考えられる。

4) 農業用水の反復利用による温度変化

B地域、C地域を含む区間を対象に検討した。本区間では、B地域が小貝川の最大支流である五行川から取水し、その6km下流で排水は再び五行川へ還元され、さらに2km下流でC地域が再び取水するという反復利用が行われている。B地域の用水と排水、C地域の用水の日内最高水温を比較したところ、対象区間の8月1日から4日間の平均はB地域の用水が28.3℃、排水が26.6℃、C地域の用水が29.9℃となった。一概に比較はできないが、前述の小貝川本川の上流・中流地点間(大きな水田地域からの排水や支川の流入が無い区間)では、8kmの流下で水温は約1.4℃上昇した。このことから、B地域の排水が流入した直後の河川水温は約29.6℃であると推定される。よって、五行川を流下した水はB地域の排水が還元することで冷やされ、C地域の用水の日内最高水温が低く抑えられたと考えられる。

なお、五行川を流下した水はB地域の取水地点から排水地点までの約6kmの区間で1.1℃上昇したとすると、B地域からの排水が合流する直前の五行川の水温は約29.4℃となり、29.6℃とは一致しない。流下過程での水温変化は水位や日射量などの影響を受けるため、今後はこれらの要因を合わせて観測し、農業用水の反復利用による水温変化の実態を定量的に把握する予定である。

4. まとめ

当初、水田内に貯留された水が高温であるため、河川に還元した際に水温を上昇させると予想していた。しかし、実際には河川や用水路の流下過程で水温は上昇するものの、水田や排水路を通過することによって冷却され、その結果、流域内での水温上昇が抑えられていることが示唆された。

引用文献

- 85 IPCC (2007): Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland.
- 木村匡臣, 光安麻里恵, 飯田俊彰, 西田和弘 (2012): 用排水兼用利用される用水路の水温変動に関する研究 (I) - 手取川七ヶ用水における観測結果 -, 平成24年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.260~261.
- 坂田賢, 友正達美, 内村求 (2011): 宮城県南東部における高気温下の出穂期以降の水温環境, 水文・水環境部会シンポジウム.