

有明海湾奥部における水温の長期変化と流入河川の影響の検討

佐賀大学大学院 ○高井佑豪 押川英夫

1. はじめに

近年、気候変動に伴う気温上昇により水温も上昇しており、水環境や生態系への影響が懸念されている。著者らの既往研究¹⁾では、年平均値の長期変化を解析した結果、有明海湾奥部において、他水域よりも大きな水温上昇率と塩分の低下傾向が確認された。このことから、湾奥部における水温の長期変化には、河川水の影響が関与している可能性が示唆された。

そこで本研究では、季節による違いを明らかにするため、特に夏季および冬季に着目し、湾奥部に流入する河川の水温変化を調べるとともに、海域水温に及ぼす影響について検討した。

2. 解析方法

有明海湾奥部水域で毎月行われている浅海定線調査地点(St.1～St.21)、国土交通省による有明海湾奥部に流入する一級河川の水温の観測所(St.a～St.d)、および佐賀地方気象台による気温の観測地点(St.x)を図1に示す。水温の解析には、図中の各観測地点における1973年1月から2022年12月までのデータを用いた。これらのデータは長期的に存在する一方で、毎月1回のみでの観測で不等間隔となっている。そこで、観測データに式(1)の余弦関数を当てはめることにより各年の代表値を算出した¹⁾。

$$F(t) = A + B \cos(\omega t - \theta) \quad (1)$$

ここで、 t は時間(1月1日を $t=0$ と設定)、 $F(t)$ は対象とする水温の時系列、 A は平均値、 B は振幅、 θ は位相である。また、 $\omega (=2\pi/T)$ は角周波数で、 π は円周率、 T は周期で対象の年が閏年であれば366日、それ以外では365日とした。さらに、水温と気温の変動を比較するため、同様な手法によりSt.xにおける気温の日平均データに対して余弦関数の当てはめを行った。

例として、1973年における図1中のSt.1の表層水温とSt.xの気温の観測値に式(1)を適用した結果を図2に示す。これより、水温および気温の変動が1年周期の三角関数で表現可能であることが理解される。

3. 解析結果および考察

3.1 夏季と冬季における湾奥部流入河川水温の長期変動特性

図1に示した各観測地点の水温および気温に式(1)を適用し、得られた推定値を用いて算出した夏季(6～8月)および冬季(12～2月)の3か月平均値の時系列を図3に示す。なお、湾奥部北東沿岸域の水温には、図1中の5地点(St.1～St.5)の平均値を用いた。

図3の上部に示した夏季には、全体として水温および気温の上昇傾向が確認された。また近年、河川水温が湾奥部水温と同程度、またはそれ以上となる年も多くみられた。河川別にみると、六角川の水温は他の河川と比較して高い傾向にある。これ



図1 水温および気温の観測地点

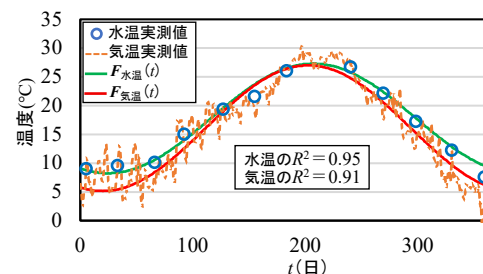


図2 St.1における水温とSt.xにおける気温の周期回帰結果(1973年)

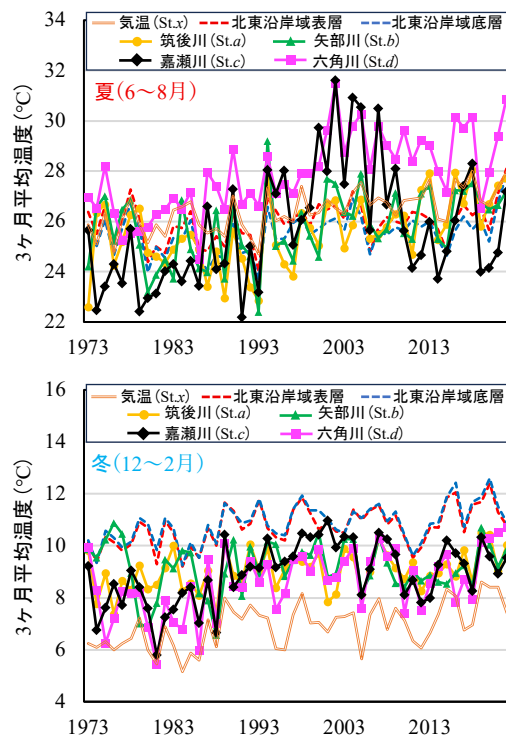


図3 3ヶ月平均水温および気温の時系列 [上: 夏(6～8月), 下: 冬(12～2月)]

は、六角川の水溫観測地点 (St.d) が感潮域に位置しており、潮汐の影響や水の滞留が生じやすいことが関係している可能性がある。嘉瀬川では、他の河川とは異なり変動しつつも水溫が1994年以降に大きく上昇して、2009年頃から低下する様子がみられている。この要因として、流況や取水状況等の変化が関係している可能性があるが、詳細については今後の検討が必要である。

図3の下部に示した冬季においても全体として上昇傾向が確認された。また、気温、河川水溫、湾奥部水溫の関係は夏季よりも明瞭であり、おおむね気温、河川水溫、湾奥部水溫の順に高くなっている。このことから、冬季の流入河川が湾奥部水溫に対する冷却作用を維持していることが示唆される。

図3に示した各時系列に回帰直線を当てはめ、その傾きから算出した50年間の水溫および気温の平均変化率を図4に示す。夏季の流入河川の水溫上昇率が気温および湾奥部水溫の上昇率よりも大きくなる一方、冬季の流入河川の水溫上昇量は河川ごとに異なるものの、気温および湾奥部水溫と同程度、またはそれ以下となった。

3.2 夏季と冬季における有明海湾奥部水溫の長期変化

有明海湾奥部の各観測地点 (St.1~St.21) について、式 (1) により推定した夏季および冬季の3か月平均水溫の時系列に回帰直線を当てはめ、その傾きから算出した50年間の水溫の平均変化率の空間分布を図5に示す。

夏季には、表層および底層のいずれにおいても、北東沿岸域で他の水域よりも大きな水溫上昇が確認された。一方、冬季の水溫上昇率は全体として夏季よりも大きく、北東沿岸域に限らず、湾奥部南側においても表層および底層の水溫が上昇していることが確認された。

次に、St.1~St.21で水溫と同時に観測された塩分について、同様の方法により算出した50年間の平均変化率の空間分布を図6に示す。図5で比較的大きな水溫上昇が確認された北東沿岸域において、夏季の表層および底層塩分の低下傾向がみられた。このことから、夏季の湾奥部、特に北東沿岸域における長期的な水溫上昇には、流入河川の影響が示唆される。

一方、冬季には、夏季にみられたような顕著な塩分低下傾向は確認されなかった。したがって、冬季の水溫上昇には、河川水の影響だけでなく外海水の流入や大気との熱交換の変化など、その他の要因も関係していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、過去50年間の現地観測データを用いて、夏季および冬季の有明海湾奥部水溫と流入河川水溫との関係について検討した。その結果、夏季の流入河川の水溫上昇率は湾奥部水溫の上昇率よりも大きく、湾奥部の北東沿岸域では顕著な水溫上昇と塩分低下が同時に確認された。このことから、夏季の湾奥部水溫の長期変化には、流入河川の影響の関与が示唆された。一方、冬季には、湾奥部の広い範囲で水溫上昇がみられたものの顕著な塩分低下傾向は確認されなかった。今後は河川流量や取水状況の変化なども考慮して、河川から湾奥部への熱輸送量を定量的に評価する予定である。

【参考文献】1) 高井佑豪, 押川英夫: 有明海の過去50年間における水溫の長期変動特性, 土木学会論文集, Vol.82, No.16, 24-16023, pp.1-7, 2026.

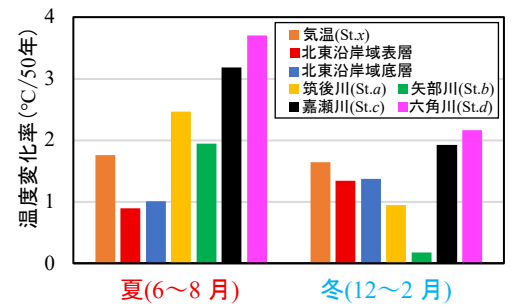


図4 50年間(1973~2020)の温度変化率

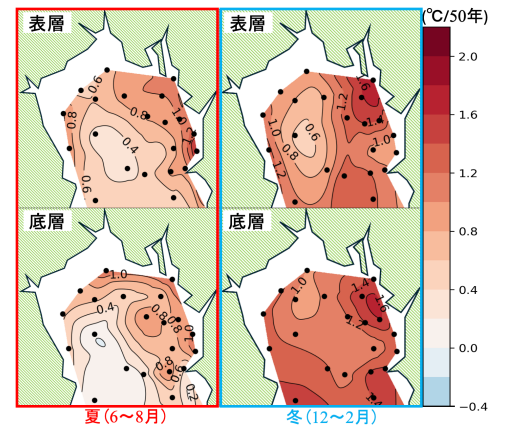


図5 50年間の水溫の平均変化率

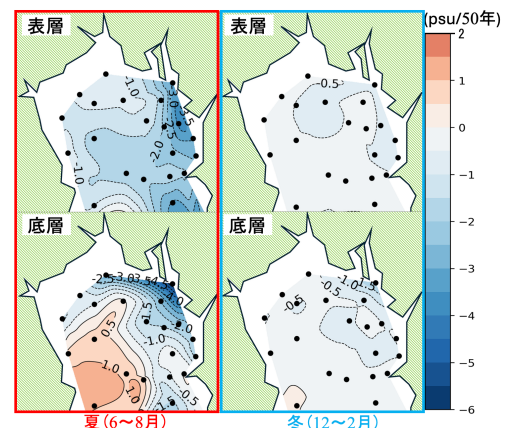


図6 50年間の塩分の平均変化率