河川と海域の現地観測に基づく河川水温が有明海の水温成層に与える影響の評価

九州大学大学院　学生員　○森　ゆかり　フェロー　矢野真一郎

1. 研究の目的

近年，地球温暖化による環境異変が世界でみられているが，同様に日本でもみられている．気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第 5 次評価報告書(AR5)では，世界的な平均気温の上昇や，海洋の表層部(0～700m)で水温が上昇しているという報告がされ，1992 年～2005 年の期間においては，3000m 以深の海洋深層で水温が上昇している可能性が高いという見解があった．地球温暖化が進むにつれ，気温上昇に伴う河川水温の上昇も予想されうる．それに伴い沿岸の淡水影響域に与える河川水温上昇の影響が懸念されるが，このことについて着目した研究はほとんどなされていない．そこで本研究では，我が国で温暖化の影響を強く受けると予想される九州で最大の内湾である有明海に焦点を当て，現地観測結果に基づき河川水温が水温分布に与える影響を調べた．

2. 研究内容

有明海での成層状況を把握するために，**図 1** に示す観測地点(北緯 33°59’54”，東経 130° 18’25”，平均水深 14m 程度)において 2015 年 10 月 10 日から 25 時間連続定点観測を実施した．観測船は長崎大学水産学部の練習船「鶴洋丸」(155 トン)を利用し，観測地点で停泊して観測を行った．今回の観測では，多項目水質計(JFE アドバンテック社製, Rinko-Profiler)により，塩分，水温，密度，溶存酸素濃度(DO)，クロロフィル蛍光値を測定した．本研究では，塩分，水温，密度の測定結果について報告する．

加えて，河川水温を把握するために，有明海に流入する一級河川のうち本明川と筑後川を除いた，六角川，嘉瀬川，矢部川，菊池川，白川，緑川の感潮域より上流で河口に最も近い国土交通省の流量観測所に小型メモリー式水温計(HOBO 社製，WaterTempPro v2)を設置した．2015 年 8 月 5 日～12 月 12 日の期間で毎正時に測定した．筑後川に関しては国土交通省の水文水質データベースから久留米大橋の自動観測水温データを利用した．なお，菊池川は設置箇所が感潮域であったため，今回の解析では使用していない．

図 2～4 に，塩分，水温，ならびに密度のイソプレットを示す．まず，水温の逆転成層（表層が低温で底層が高温）が生

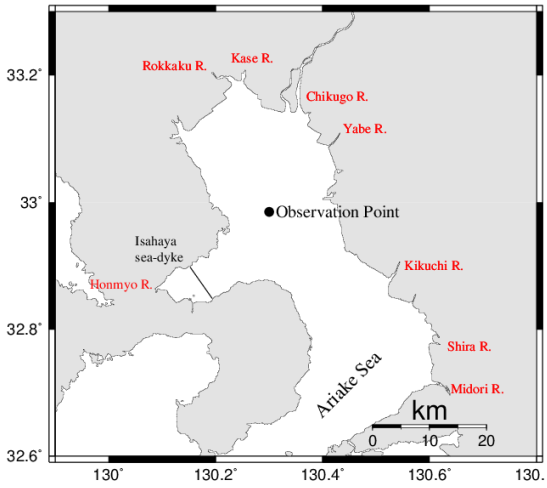

図 1　有明海における観測点位置

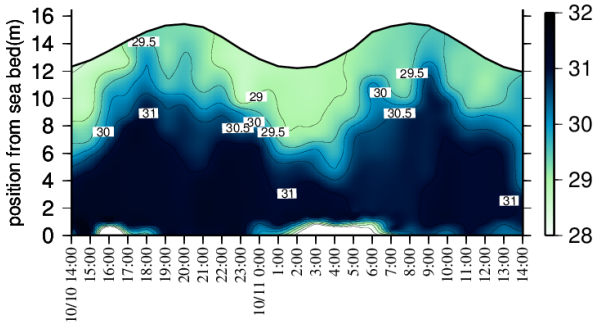

図 2　塩分のイソプレット

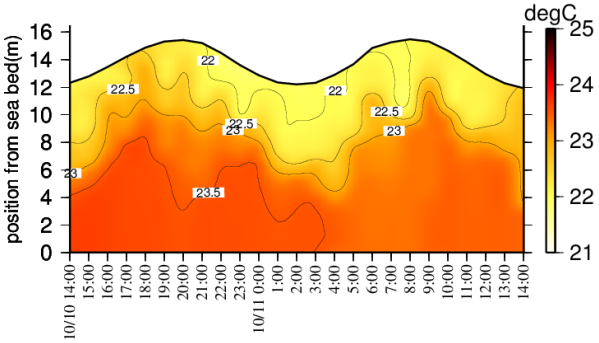

図 3　水温 (℃) のイソプレット

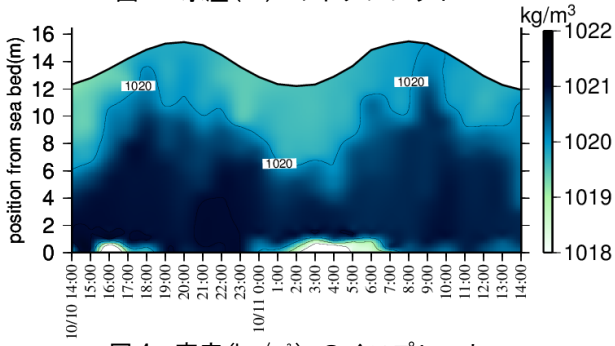

図 4　密度 (kg/m³) のイソプレット

キーワード：有明海　河川水温　成層　地球温暖化
連絡先：〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 九州大学 W2 号館 1013 号室 TEL：092-802-3412

じていることが分かる．この原因として，気温が低いことによる海面からの冷却と水温の低い河川水の流入の 2 つが考えられる．塩分と比較すると，分布パターンが似通っており，水温の逆転成層の要因は海水温より低い水温を持つ河川水の流入によるものと考えられる．また，密度分布も塩分と同様の分布パターンを示したことから，主に塩分が密度変化を構成していることが分かり，成層状態であることが図から分かる．

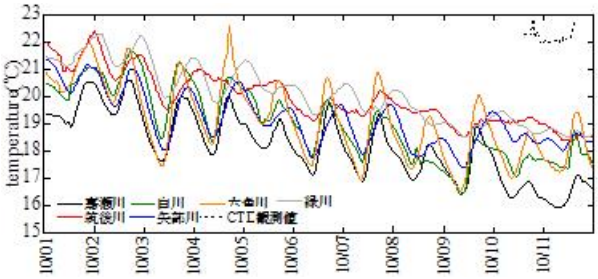

図 5　河川水温と CTD 観測時の表層水温

図 5 に河川に設置した水温計の測定結果のうち，有明海で CTD 観測を行った 10 月 10 日より 10 日間さかのぼった 10 月 1 日からの結果と CTD 観測の表層水温を示す．表層海水温よりも河川水温の方が低いことから，水温の低い河川水は海域へ流入した後に，相対的に水温の高かった海水と混合していたと推定される．

図 6 は満潮，干潮時の各層の CTD 観測結果を TS ダイアグラムで表したものである．底層(海面から約 12m)と表層(海面から 1m)付近では点の重なりが見られないため，層ごとに水塊が異なることが分かる．干潮時の塩分と水温が両方低いのは，水温の低い河川水の影響と考えられる．

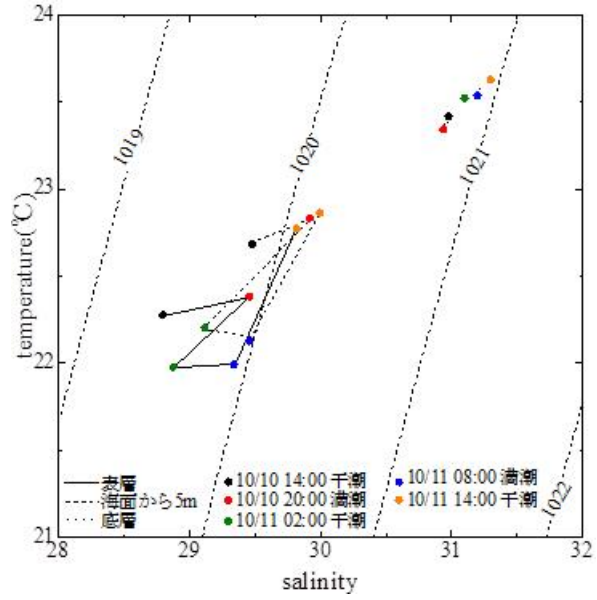

図 6　10 月の TS ダイアグラム

また，塩分の鉛直分布より(1)式を用いて水柱中における河川水の割合α(%)を求めた．α(%)の河川水があるとき，河川水のみで今回の水温分布を形成するのに必要な河川水温 T_r'を(2)式から求めた．

$$\alpha = \frac{100A_1}{(S_b - S_r)h} \qquad (1), \qquad T_r' = T_b - \frac{100A_2}{\alpha h} \qquad (2)$$

ここで，A_1, A_2：水柱中に含まれる河川水の寄与分，S_b：底層の塩分，S_r：河川の塩分(=0)，h：水深，T_b：底層の水温である．計算結果より，αの最大値は 10 月 10 日 14 時(干潮)の 4.16%であり，同時刻で T_r'=7.29℃と見積もられた．また，逆に実際の河川水温 T_r (期間平均値：19.36℃)によって，今回の水温分布を形成するにはα＝14.67%の河川水が必要であると計算された．同様に，αの最小値は 10 月 11 日 8 時(満潮)に 1.98%であり，同時刻で T_r'=–1.64℃となった．実際の河川水温によって今回の水温分布を形成するにはα＝11.81%の河川水が必要と計算された．

これらの結果より，まず実際の河川水温 T_r と仮想の河川水温 T_r'の差が大きかったことから，今回の水温分布の形成には河川水温よりも冷却効果が支配的であることが分かった．また，河川水のみで水温分布を形成するのに必要なαは，塩分から推定した実際のαと比べると約 3.5～6 倍であったことから，この観測時の一級河川の総流量規模(約 300m³/s：平成 26 年 HQ 式からの推定値)に対して，1000～1800 m³/s 規模の流量が流入すれば河川水温の影響が水温分布形成において支配的になると見積もられた．

3. 結論

観測から得られた有明海の水温成層形成については，河川水温と比べると海面からの冷却効果が支配的であった．河川流量が多くなれば淡水影響域の水温分布に対する河川水温の影響は大きくなり，観測時の 3.5～6 倍規模(小規模出水相当)となると河川水の影響が支配的になると推定された．

謝辞：本研究は科研費基盤研究(B)「諫早湾と北部有明海におけるバロクリニック構造の動的変化」(24360200)により実施された．