

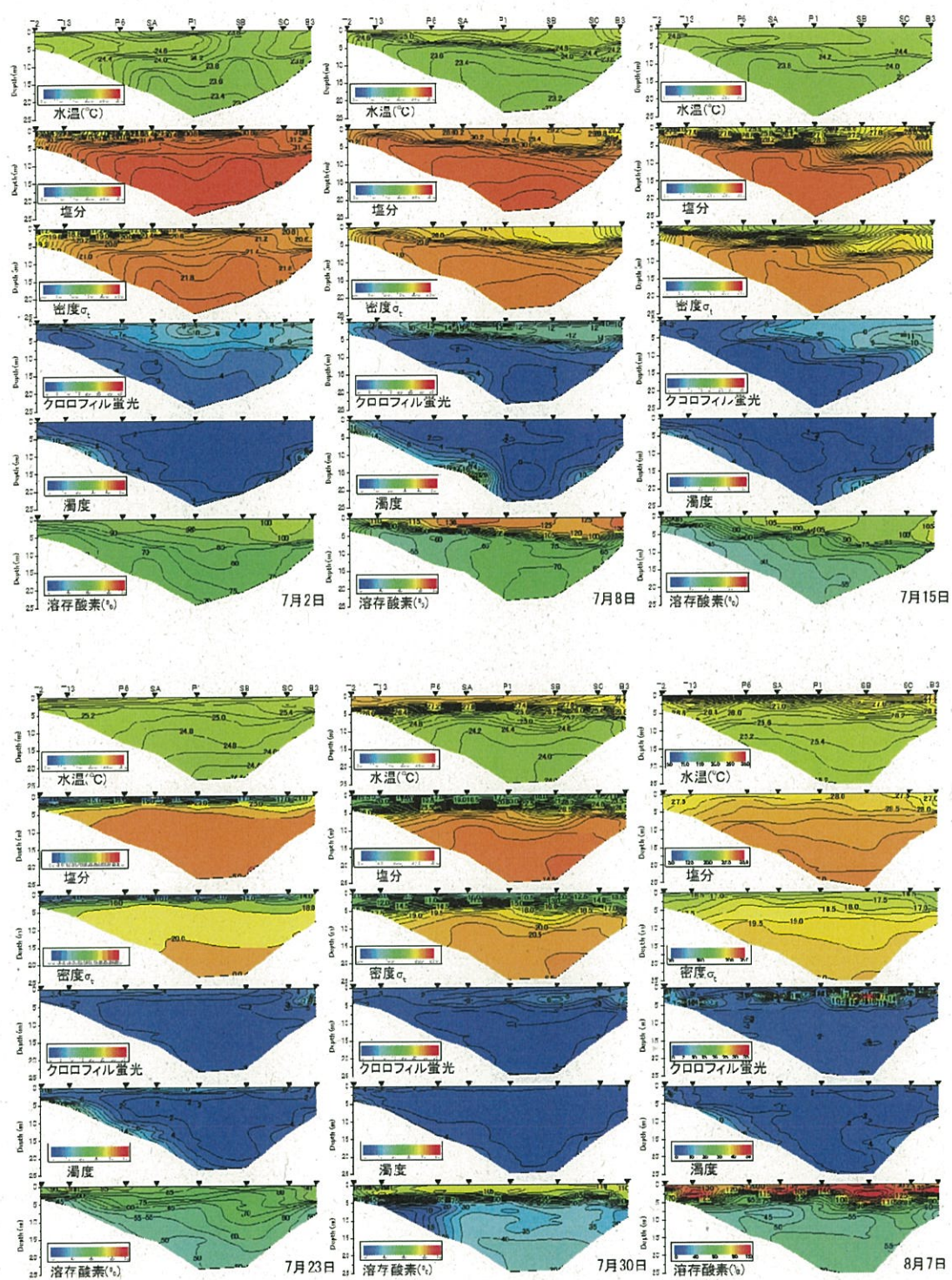


図 1-1-3. 観測定線 (T2-B3) における水温、塩分、密度 (σ_t)、クロロフィル a、濁度、溶存酸素飽和度の時間変化

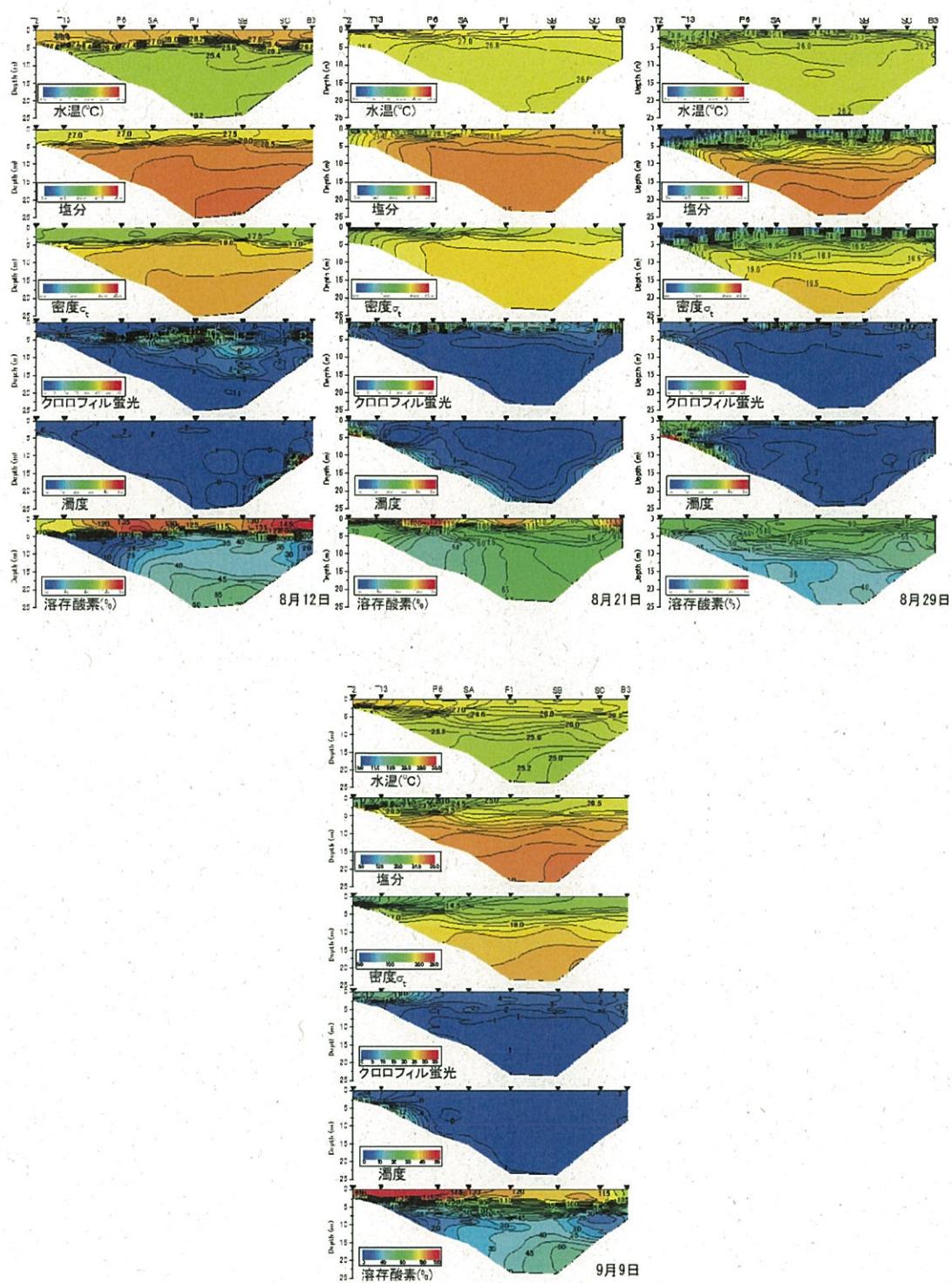


図 1-1-3. 観測定線 (T2-B3) における水温、塩分、密度 (σ_t)、クロロフィル a、濁度、溶存酸素飽和度の時間変化(つづき)

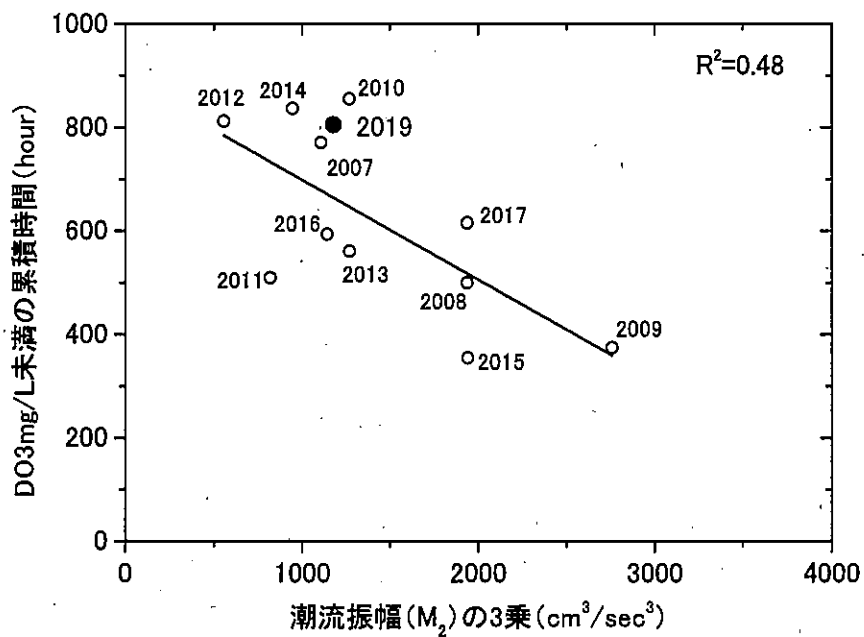


図 1-1-4. 干潟縁辺域(T13)における底層潮流振幅の3乗と7月～9月におけるDO3mg/L未満の累積時間との関係

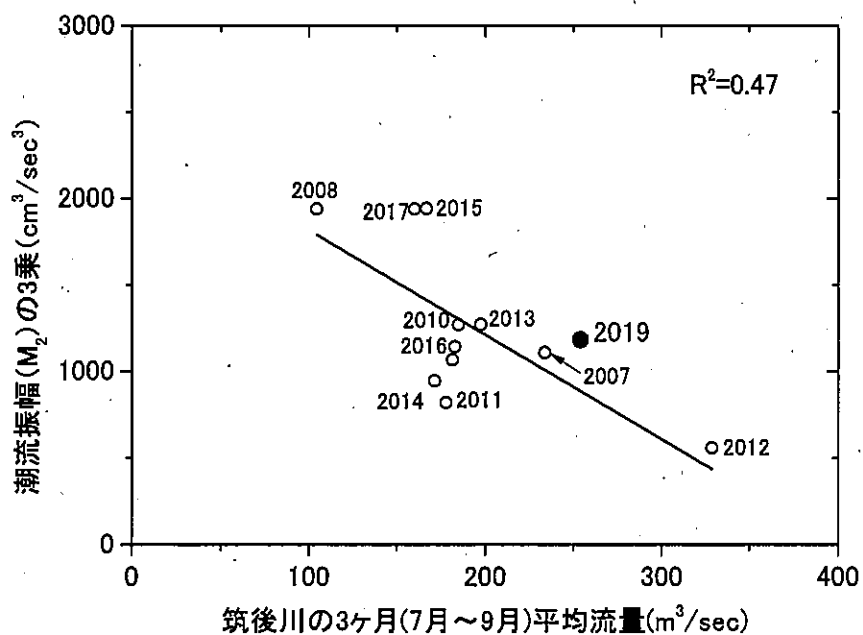


図 1-1-5. 筑後川における平均流量と干潟縁辺域(T13)における底層潮流振幅の3乗との関係

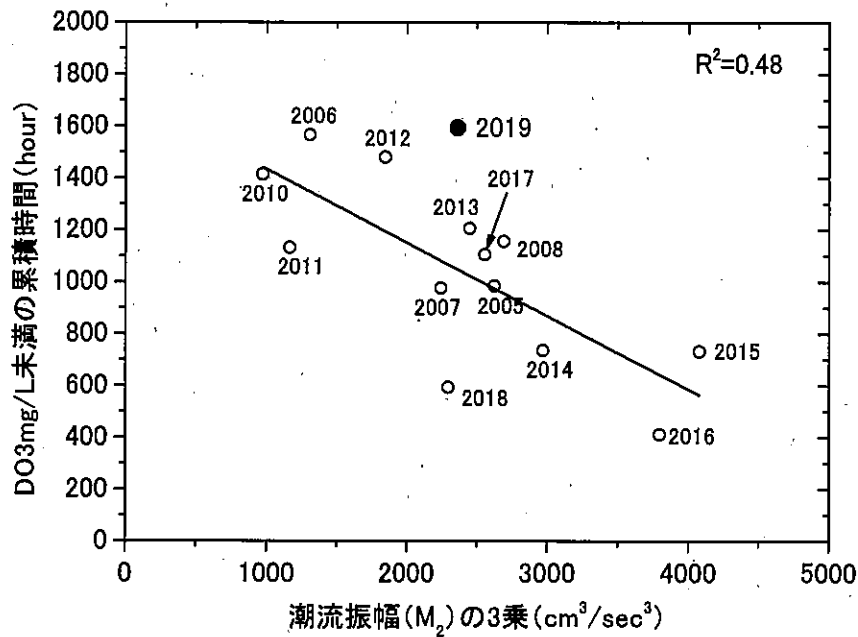


図 1-1-6. 沖合域(P6) における底層潮流振幅の 3 乗と 7 月～9 月における DO3mg/L 未満の累積時間.

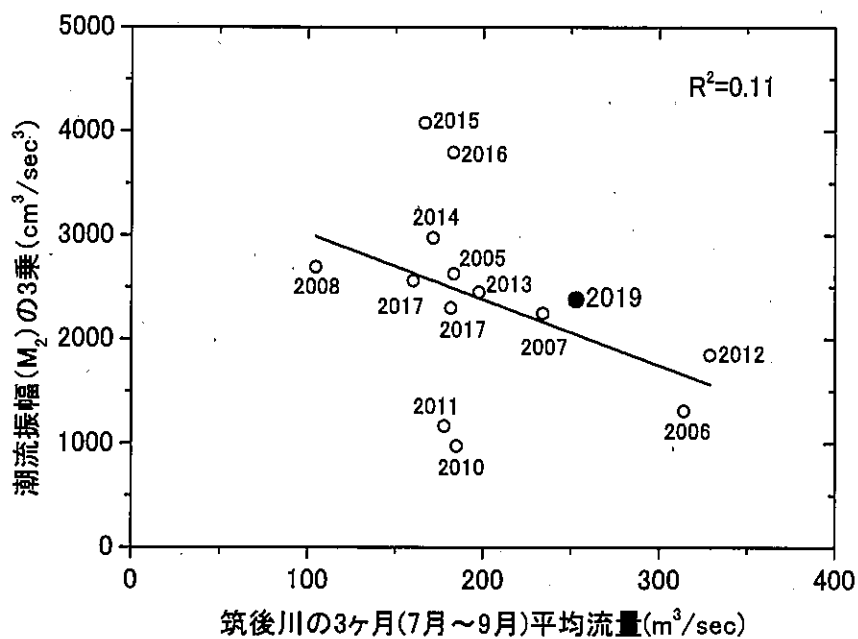


図 1-1-7. 筑後川の平均流量と沖合域(P6)における底層潮流振幅の 3 乗との関係.

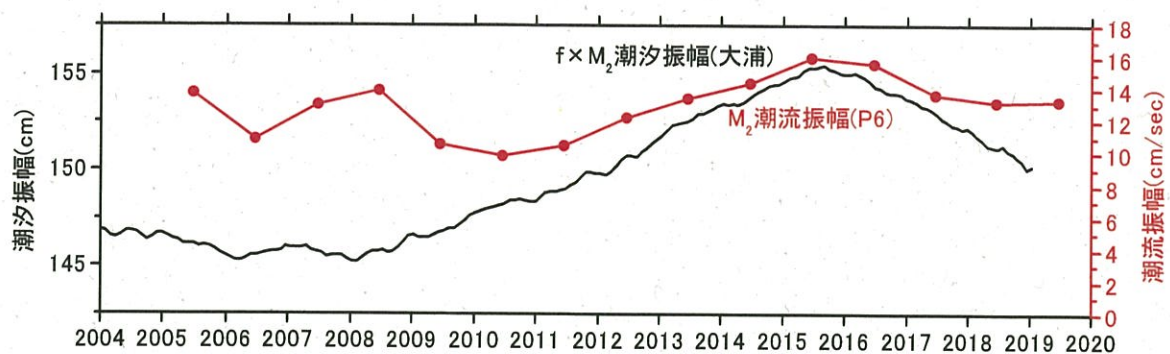


図 1-1-8. 潮汐振幅(大浦)と底層潮流振幅(P6)の経年変化.

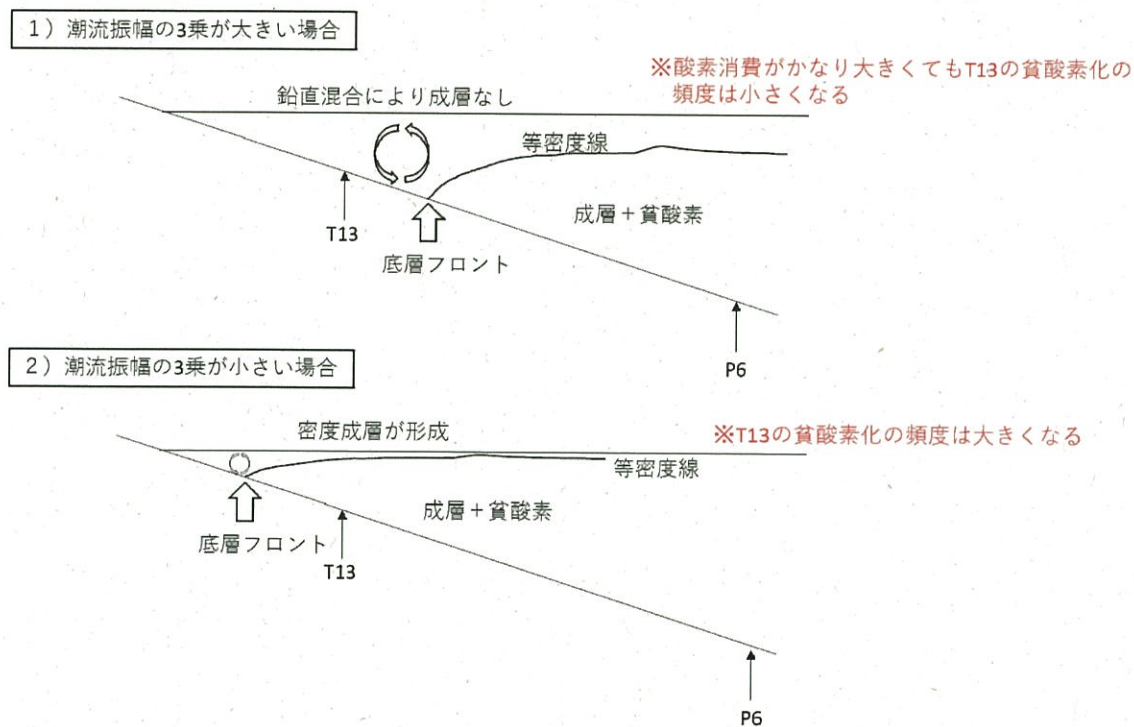


図 1-1-9. 底層フロントと密度成層・貧酸素との関係.

イ. 有明海湾奥西部における主要植物プランクトンの出現動態

(1) 試験等の方法

図 1-1-1 に示す鉛直断面定期観測定点における Sta.T2、T13、P6、P1 および B3 の表層で採水した海水の植物プランクトン細胞数を計数した。計数は、生海水 10~500 μ L 中の植物プランクトン細胞数を生物顕微鏡で観測翌日に検鏡することで行った。水温および塩分は本観測時に多項目水質計を用いて鉛直観測を行い、得られた水温および塩分から表層および底層(B-0.5m)の σ_t を求め、その差を水深で除することで密度成層強度の指標である鉛直安定度を算出した。また、観測期間中の佐賀気象台における降水量および全天日射量を気象庁気象統計情報ホームページ(<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>)から取得した。

(2) 結果および考察

今回便宜上、主要植物プランクトンを珪藻類、渦鞭毛藻のうち本観測において赤潮が確認された *Akashiwo sanguinea* および有明海湾奥部においてしばしば大規模に発生する *Chattonella* 属とした。また、珪藻類の *Skeletonema* 属が約 5,000cells/ml、*A. sanguinea* が約 200cells/ml を超す細胞密度で着色が確認されるため、これらの密度を超える細胞密度を各プランクトンにおける高密度とした。なお、これらのプランクトン以外は比較的低密度での出現であった。ここでは、本観測において高密度で確認された *Skeletonema* 属および *A. sanguinea* の増殖に関わる各種環境要因、および *Chattonella* 属が増殖しなかった要因について考察を行う。

1) *Skeletonema* 属の増殖に関わる各種環境要因

各定点における珪藻類の出現動態を図 1-1-10 に示す。珪藻類の細胞密度は、河口部に近い Sta.T2 および T13 で高く、湾中央部の定点ほど低い傾向があり、そのほとんどで *Skeletonema* 属が優占していた。高密度な *Skeletonema* 属は、7 月 23 日の Sta.T13、8 月 21 日の Sta. T2、T13 および 9 月 9 日の Sta.T2、T13 で確認されたが、継続して観測されることがなかった。*Skeletonema* 属が高密度で確認された観測日のうち、8 月 21 日と 9 月 9 日は、*Skeletonema* 属が河口部に近く水深が浅い Sta.T2 と T13 のみで増加しており、それ以外の定点で概ね横ばいで推移していた。これらの *Skeletonema* 属が増加していた 2 つの定点は、表層塩分が低下し、鉛直安定度が高かったことから、塩分成層が形成されていたと推察される(図 1-1-11)。このことから、この時、*Skeletonema* 属の増加したのは、降雨後の出水による密度成層の強化と栄養塩の供給が要因であったと考えられる。

一方で、7 月 23 日は、*Skeletonema* 属が高密度で確認された Sta.T13 だけでなく、Sta.B3 を除く定点で *Skeletonema* 属が増加しており、これらの定点は、7 月 21 日の大規模な降雨に伴う出水の影響で表層塩分が 5.09~6.73 に急激に低下していた(図 1-1-11、図 1-1-12)。*Skeletonema* 属の 1 種である *Skeletonema costatum* は、塩分が 32 から 5 に急激に低下すると、完全に死滅しないが、増殖するまでの回復に時間を要することが報告されている(Shikata et al. 2008)。また、山田ら(2017)は、有明海において 6 月から 10 月に取得した遊泳細胞を単離した結果、*Skeletonema* 属の多数が *S. costatum* であったことを報告しており、本観測において確認された *Skeletonema* 属は *S. costatum* であった可能性が高い。すなわち、有明海において夏季に出現する *Skeletonema* 属は、大規模な降雨に伴い急激に塩分が低下した直後

に増殖が阻害される可能性が高く、実際、8月28日の大規模な降雨の影響で塩分が急激に低下していた8月29日の観測では *Skeletonema* 属の細胞密度が減少していた(図 1-1-10、図 1-1-11、図 1-1-12)。しかしながら、7月23日に高密度で確認された *Skeletonema* 属は、塩分が急激に低下した中で細胞密度が増加していた。これは、本観測において捉えられていない Sta.T2 より上流域、あるいは他の河口域に高密度で存在していた *Skeletonema* 属が降雨に伴う出水により拡散したことで、塩分が低下した定点において細胞密度が増加したと考えられる。

2) *Akashiwo sanguinea* の増殖に関わる各種環境要因

各定点における *A. sanguinea* の出現動態を図 1-1-13 に示す。*A. sanguinea* の細胞密度は、7月2日に Sta. T2 および T13 で 100cells/ml 程度確認され、その後低位で推移したものの、8月21日に Sta.T2 を除く定点で 423~955 cells / ml と急激に増加した。松原(2007)は、博多湾箱崎港から分離した *A. sanguinea* 株の増殖特性を調べ、水温および塩分の好適増殖範囲がそれぞれ 20~25℃および 10~35 であり、30℃で増殖が著しく抑制されることを報告するとともに、有明海における現場動態解析から有明海産株が高水温耐性株である可能性を指摘している。本観測期間中の表層水温は、23.9~29.5℃の範囲で変動しており、*A. sanguinea* の増殖に好適な水温であった期間が7月上旬~中旬のみであった(図 1-1-11)。しかし、実際に *A. sanguinea* が高密度で観測された8月21日の Sta.T2 を除く定点は、水温が 27.3~28.2℃であった(図 1-1-11)。このことから、有明海産の *A. sanguinea* が箱崎港産株よりも高水温耐性を有することが支持された。また、塩分については、観測期間中に表層塩分が 3.99~30.6 の範囲で変動しており、大規模な降雨後の急激な塩分低下時以外は *A. sanguinea* の増殖に好適であった(図 1-1-11)。しかし、*A. sanguinea* は、7月2日および8月21日を除いて、10cells/ml 以下の出現に留まった。*A. sanguinea* は、高塩分から低塩分、および低塩分から高塩分、いずれの塩分変化についても増殖が阻害されることが報告されている(Shikata et al. 2008)。これらのことから、塩分変化が大きい有明海のような海域では、*A. sanguinea* の増殖が継続して降雨の少ない時期にのみ限定されることが示唆された。

3) *Chattonella* 属が増殖しなかった要因

各定点における *Chattonella* 属の出現動態を図 1-1-13 に示す。*Chattonella* 属は、7月2日の初認後、8月12日まで確認されなかったものの、8月21日および9月9日に再度確認され、その最高細胞密度は 6cells/ml であった。*Chattonella* 赤潮は栄養塩競合種である珪藻類が少ない期間に発生するとされ、本観測において高密度な珪藻類が確認された期間は *Chattonella* 属の増殖に不適であったと考えられる。さらに、*Chattonella antiqua* が *A. sanguinea* から増殖阻害作用を受けることが報告されており(Qiu et al. 2011)、*A. sanguinea* が増加した期間についても *Chattonella* 属の増殖に不適であったと考えられる。本観測において *Chattonella* 属の出現が確認された観測日は、いずれも珪藻類、あるいは *A. sanguinea* の増殖が確認されており(図 1-1-10、図 1-1-13)、これらの競合種の存在により *Chattonella* 属の増殖が阻害されたために、低密度の出現に留まったと考えられる。

また、松原ら(2009)は、有明海佐賀海域における *Chattonella* 属の増殖に好適な条件の一つとして好天を挙げている。本観測期間中において、7月上旬から中旬および8月下旬

は、大規模な降雨などがあったため、全天日射量が比較的低く、増殖に不適であったと考えられる(図 1-1-12)。一方で、7月下旬から8月中旬までは、全天日射量が比較的高い値が数日間継続して観測されたうえに、競合種の細胞密度が比較的少なかった(図 1-1-10、図 1-1-12、図 1-1-13)。そのため、この期間は、*Chattonella* 属の増殖に好適な環境であったと考えられるが、*Chattonella* 属の増殖が確認されなかった。これは、降雨が少なかったことで河川からの栄養塩供給が少なく、栄養塩が不足して増殖できなかったためと考えられる。

参考文献

- Shikata T, Nagasoe S, Oh Sj, Matsubara T, Yamasaki Y, Shimasaki Y, Oshima Y, Honjo T (2008): Effects of Down- and Up-shocks from Rapid Changes of Salinity on Survival and Growth of Estuarine Phytoplankters. J Fac Agr Kyushu Univ, 53, 81-87.
- 山田真知子・大坪繭子・多田邦尚・中野義勝・松原賢・飯田直樹・遠藤宣成・門谷茂 (2017): 亜熱帯から亜寒帯に及ぶ我が国の5海域における珪藻 *Skeletonema* 属の種組成. 日本水産学会誌, 83, 25-33.
- 松原賢 (2008): 渦鞭毛藻 *Akashiwo sanguinea* の赤潮発生機構に関する研究. 博士論文, 九州大学, 福岡.
- Qiu X, Ymasaki Y, Shimasaki Y, Gunjikake H, Matsubara T, Nagasoe S, Etoh T, Matsui S, Honjo T, Oshima Y (2011): Growth interactions between the raphidophyte *Chattonella antiqua* and the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*. Harmful Algae, 11, 81-87.
- 松原賢, 吉田幸史, 久野勝利 (2009): 2007 年夏季に有明海佐賀県海域で発生した *Chattonella* 赤潮. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 24, 39-47.

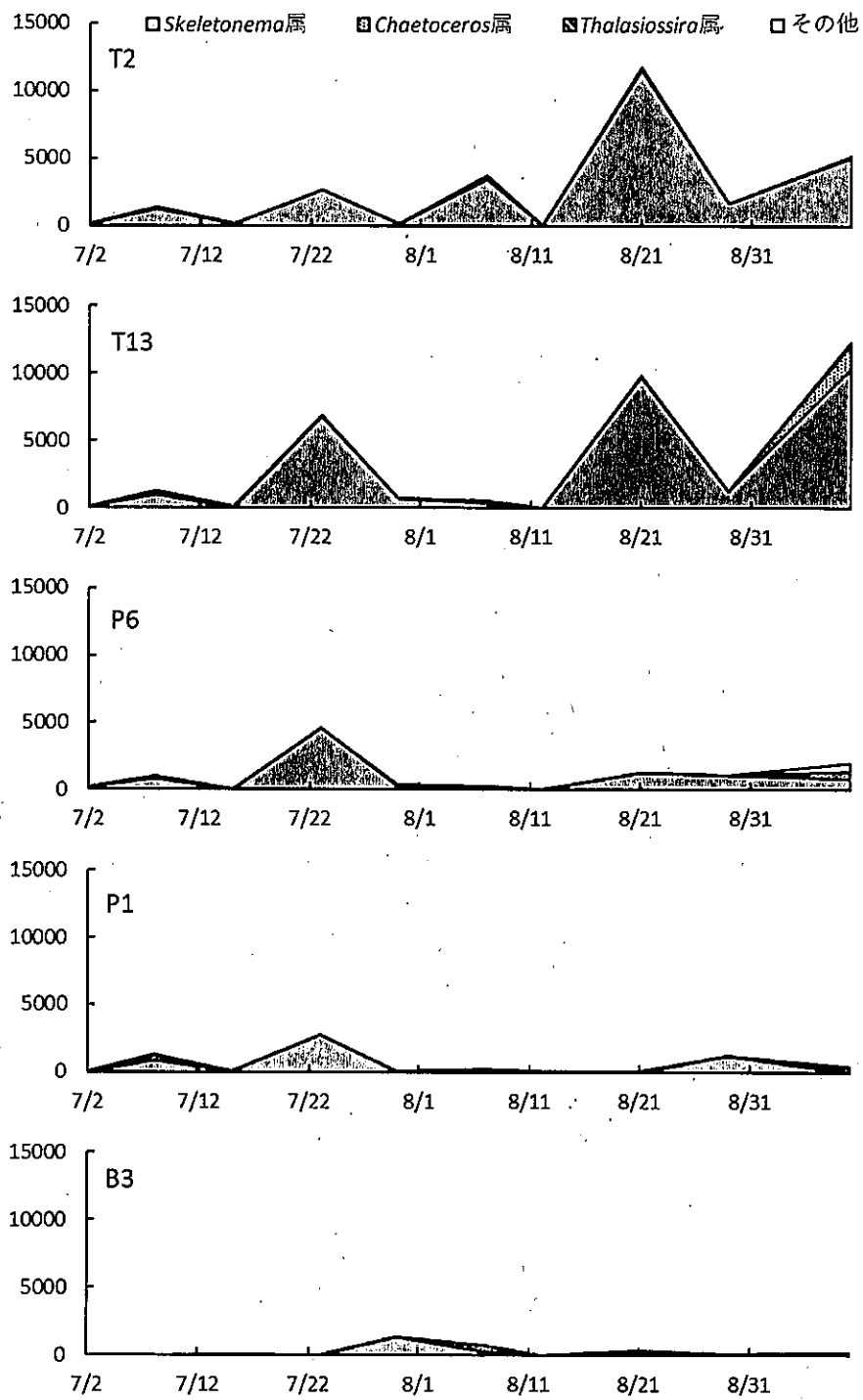


図 1-1-10. 各定点における珪藻類の出現動態.

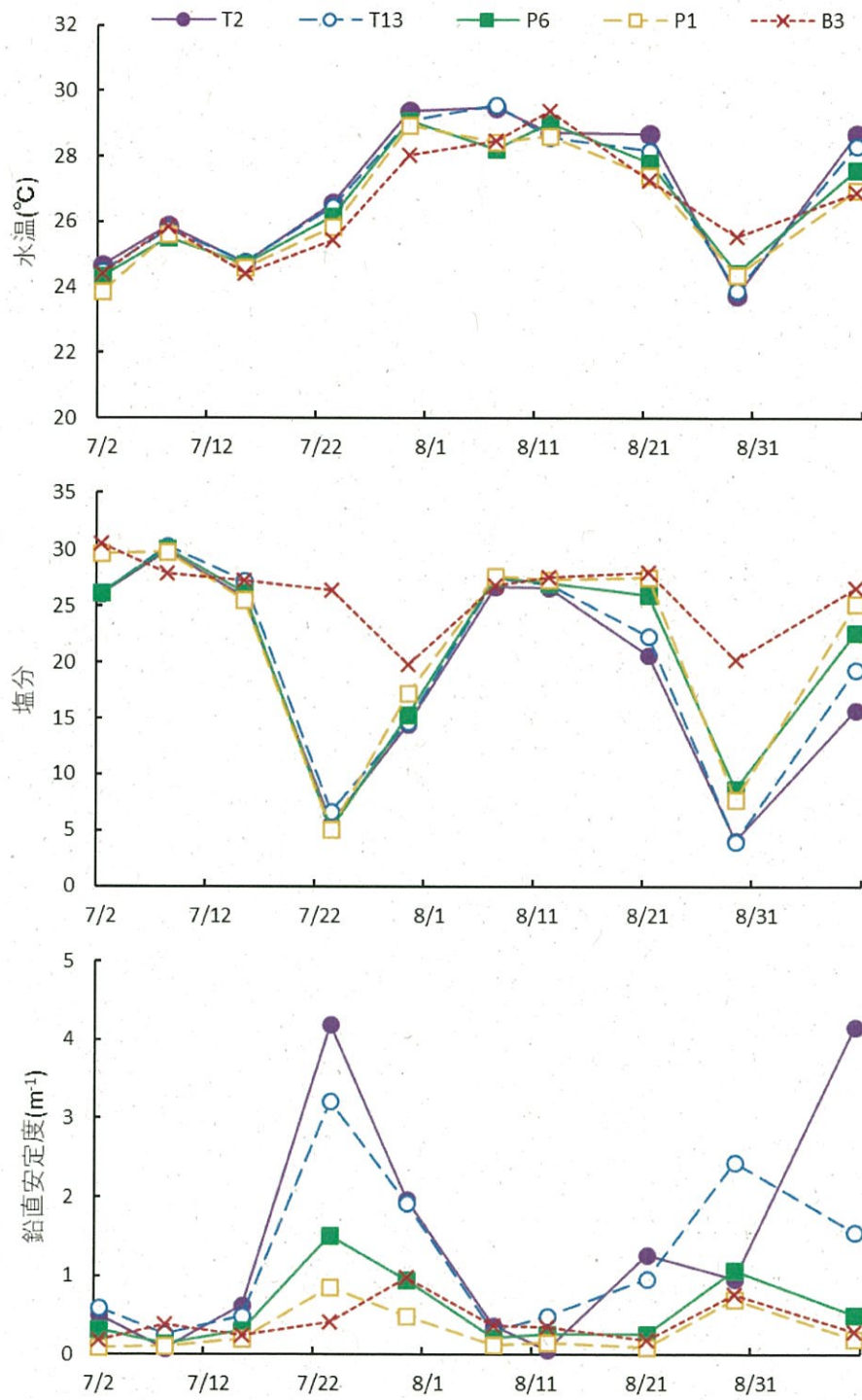


図 1-1-11. 各定点における水温、塩分、鉛直安定度の推移.

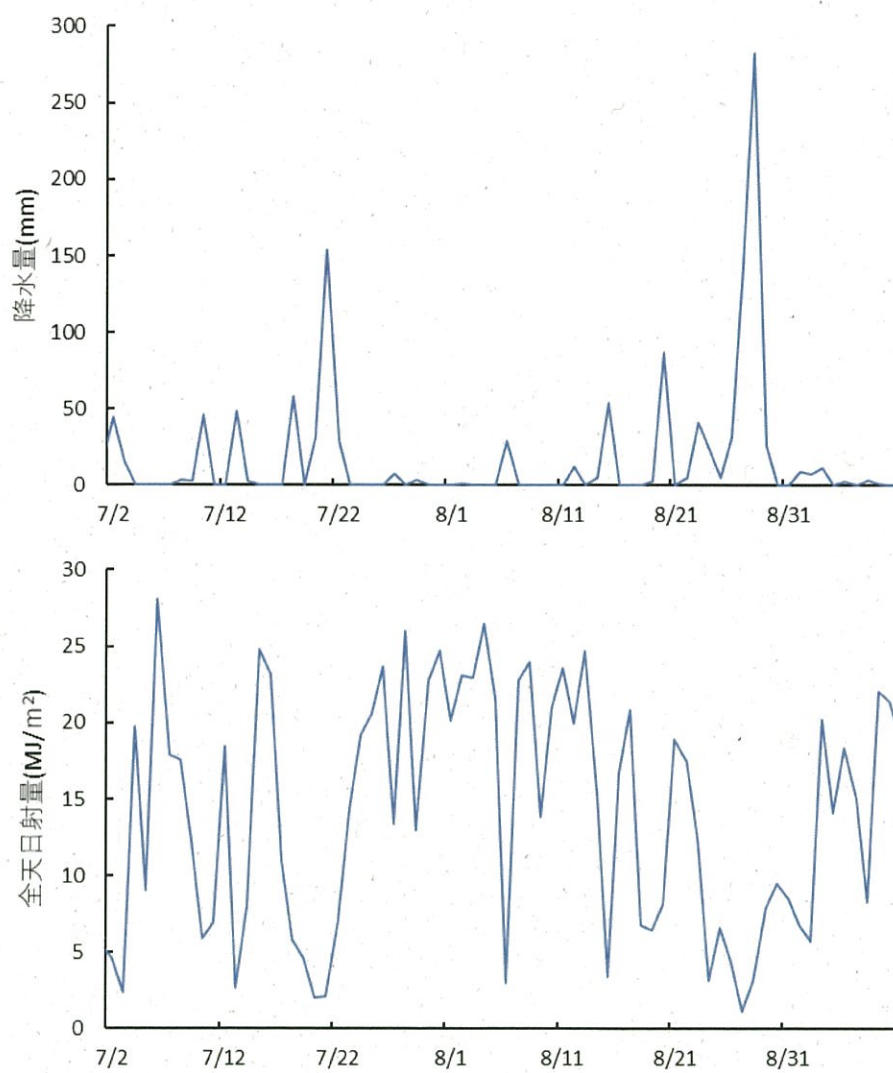


図 1-1-12. 鉛直断面観測期間中の降水量、全天日射量の推移.