

現地観測による有明海湾奥部の 水質変動特性の検討

INVESTIGATIONS OF WATER QUALITY FLUCTUATION OF THE INNERMOST PART OF THE ARIAKE SEA BY FIELD OBSERVATION

大串浩一郎¹・酒見諭²・荒木宏之³

Koichiro OHGUSHI, Satoru SAKEMI and Hiroyuki ARAKI

¹正会員 工博 佐賀大学助教授 理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町 1 番地)

²学生会員 佐賀大学大学院 工学系研究科博士前期課程 (〒840-8502 佐賀市本庄町 1 番地)

³正会員 工博 佐賀大学教授 低平地研究センター (〒840-8502 佐賀市本庄町 1 番地)

The Ariake Project II was operated in July 2003 to grasp the whole features of water movement and water quality change in the Ariake Sea. This study reports the results obtained from a part of the project. Especially, the features at an innermost part of the Ariake Sea are described in detail. Observation along vertical measure lines at fixed points and a long-term observation at observation tower are combined to consider the mechanism of water movement and water quality fluctuation. As a result, the project can be effective to study the summer feature of the Ariake Sea with meteorological conditions, such as rain, wind, and other watershed conditions.

Key Words : *The Ariake Sea, water quality, field observation, The Ariake Project, turbidity, chlorophyll-a, temperature, meteorological condition, long term observation*

1. はじめに

有明海は、我が国最大の潮位差を有する半閉鎖性内湾で、周辺の開発などによりさまざまな影響を受けてきた。近年、貝類をはじめとする漁獲高が急激に減少し、2000年度の海苔不作も記憶に新しい。この原因を探るため、各方面で調査が実施されてきているが、その基礎的なデータとなる有明海全域の流れと水質特性の把握自体がこれまで組織的に行われることは少なかった。2001年10月に実施の「有明プロジェクト」では、有明海全域の流動・物質輸送プロセスの解明のため、7大学2民間機関が共同で調査を実施した。その結果、有明海湾奥部における海水の滞留が起こっており、長崎県有明町と熊本県長洲港を結ぶラインより南との海水交換があまりなされていないとの報告がなされた¹⁾。その後、夏季の水質状況を見るために、再度2003年7月に実施の「有明プロジェクトII」では、9大学の研究者・学生が共同して島原-熊本ライン以北に特に注目して調査を実施した。

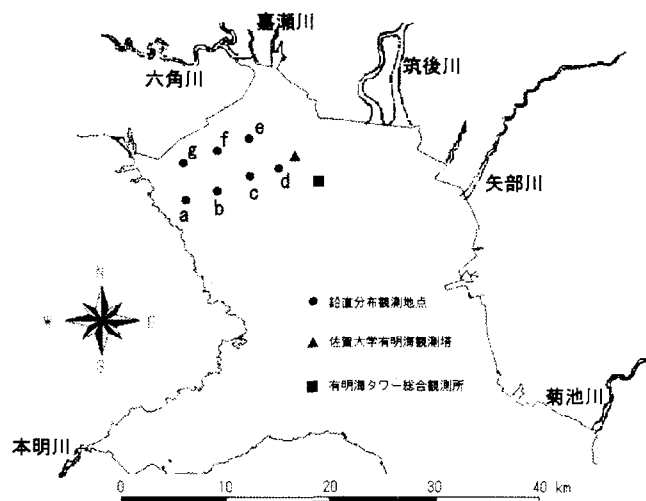
一方、著者らはこれまでに衛星画像と現地調査に基づ

いて有明海湾奥部の水質評価を行っている²⁾。本研究では、上記の2003年7月実施の調査のうち、有明海湾奥部における水質変動特性に特に着目し、その詳細を報告するものである。

2. 研究方法

本研究では、有明プロジェクトIIの実施日（平成15年7月20日）における水質測定結果と、7月16日～31日に佐賀大学有明海観測塔に設置のメモリー式クロロテックの測定データ並びに国土交通省有明海タワー総合観測所の測定データを主に用いた。なお、7月20日に実施した他の測線における水質データ並びに流速データについては本報告では触れていないので、別報にて後日まとめて報告がなされる予定である。

まず、有明プロジェクトIIについてであるが、観測期間は、潮汐周期（主要分潮のM2潮）の12時間25分をカバーし、また、最干潮から次の最干潮に至る波形がきれいな期間であることと（この日は中潮）、さらに夏季の



海底付近における貧酸素水塊の観測を行うことを考え、7月20日の6:00~20:00までの観測計画とし、第1回観測（6:00~8:00, 干潮7:06）、第2回観測（9:00~11:00）、第3回観測（12:00~14:00, 満潮13:01）、第4回観測（15:00~17:00）、第5回観測（18:00~20:00, 干潮19:08）とした。このプロジェクト全体では以上の5回の観測の中で島原—熊本ライン以北の水域について、1) ADCPによる流速ベクトルの面的な把握（計6測線）、2) STDによる水質鉛直プロファイルの観測（計9測線）の調査を行うこととした。著者らのグループは、2)のSTDについて最湾奥部の測線（図—1参照）の7地点について計4回（5回目は危険であったため、この測線では中止）の観測を行った。

当日の天候は雷を伴う雨または曇りであった。佐賀地方気象台のこの日の観測記録によると、日雨量が59.5mm、時間最大で15mmの降水量であったが、海上はそれよりも高い降水量の海域があったと思われる。海上の風速も8m/sを越えることもあったため波が高く、観測日としては望ましくない状況であり、幾つかの測線では観測を中止せざるを得ない所もあった。

著者らのグループでは、観測機器としてホリバのW-22Pならびにアレック電子のACL220を使用した。前者では、水温、pH、濁度、塩分濃度、電気伝導度、DOなどを各地点毎に1m間隔で鉛直方向に海底まで観測し、後者では主に水温、塩分濃度、クロロフィルなどを、同地点で鉛直方向に0.1m間隔で観測を行った。その他、透明度、海色、風向風速を同時に各地点で観測し、各測線の機差補正のため2層で採水も実施した。

また、このプロジェクトを挟んで2週間ほど（7月16日～31日の間）、佐賀大学有明海観測塔においてアレック電子のメモリー式クロロテックACL-104-8Mを用いて水温、濁度、クロロフィルの時間変化を10分間隔で観測した。この観測塔においてはフロートから水面下1mに吊り下げ

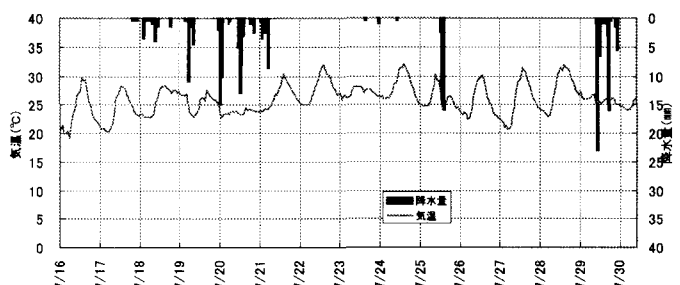
る形でクロロテックを設置し、常に同一水深で水面付近において観測を可能とした。佐賀大学有明海観測塔の位置は図-1に示すように、7月20日に観測したd地点に近い場所で、位置的には早津江川の滯筋の端部に位置し、流速の速い場所である。

さらに、参考のために国土交通省有明海タワー総合観測所のデータ並びに主要8河川の流量データやアメダスデータも使用することとした。このタワーは、佐賀大学の観測塔から東南に2kmほどの所に位置し(図-1参照)、潮位、風向風速などを常時観測している。

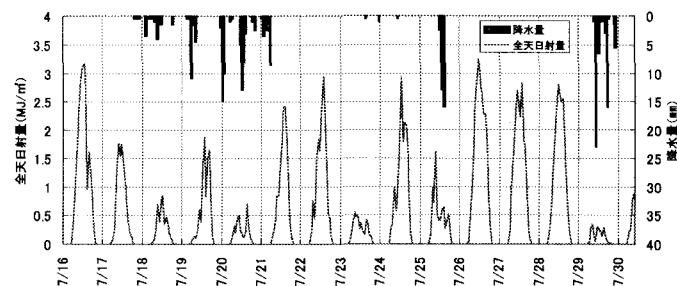
3. 観測結果と考察

(1) 気象変化について

図-2と図-3に7月16日から31日までの佐賀地方気象台で観測された気温、降水量、全天日射量（全て時間データ）を示す。有明プロジェクトII実施数日前より降水量が多く、全天日射量も通常の $1/4$ から $1/5$ のなっている状況が分かる。7月下旬は雨の日が少なく日射量は増加している。



図一2 気温と降水量の変化（佐賀地方気象台）



図一3 全天日射量と降水量の変化（佐賀地方気象台）

また、同期間の風に関するデータを、図-4～6に示す。図-4は佐賀地方気象台の風速データである。図-5は国土交通省有明海タワー総合観測所における時間平均風速、図-6は同じタワーにおける風向の変化を示している。

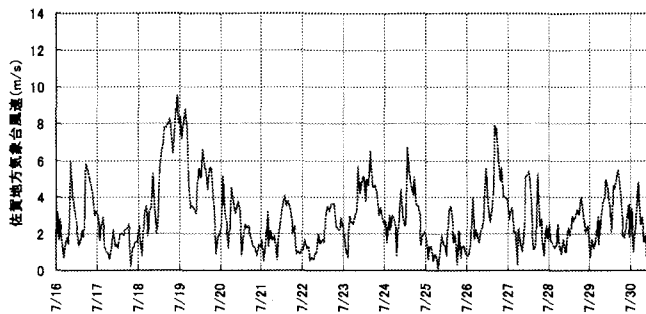


図-4 風速の変化（佐賀地方気象台）

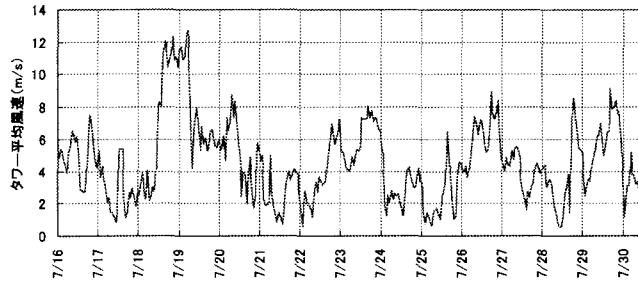


図-5 風速の変化（有明海タワー）

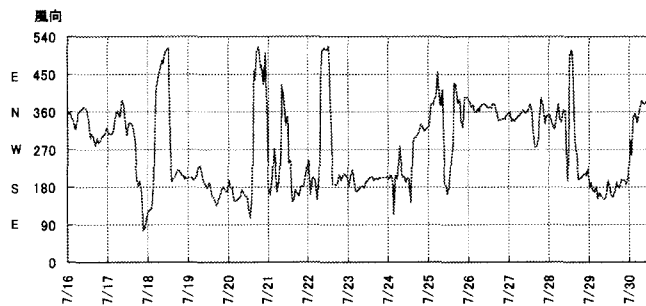


図-6 風向の変化（有明海タワー）

図-4、図-5によれば、7月18日から19日にかけて風速が佐賀市で8m/sを越え、海上では12m/sを越える強風が吹いていることが分かる。当然のことであるが海上の風速は陸上の都市部より若干大きくなっている（特に7月18日～19日）。また、風向については、吹き始めは東風であったものが南風になる傾向にあり、これは低気圧の通過と関連があると推察される。7月20日は当初南風であったものがやがて東風になり、風速が減少してきている。

(2) 水質変化について（メモリ式クロロテック）

次に、佐賀大学有明海観測塔における水質変動の観測データを図-7、8に示す。図-7はメモリ式クロロテックで得られた水面付近の水温とクロロフィルa濃度の変化の様子である。クロロフィルa濃度は、蛍光クロロフィルを実測値により換算した値である。まとまった雨が降った7月19日から22日にかけてクロロフィルa濃度はかなり減少している。その後天候が回復し日射量の

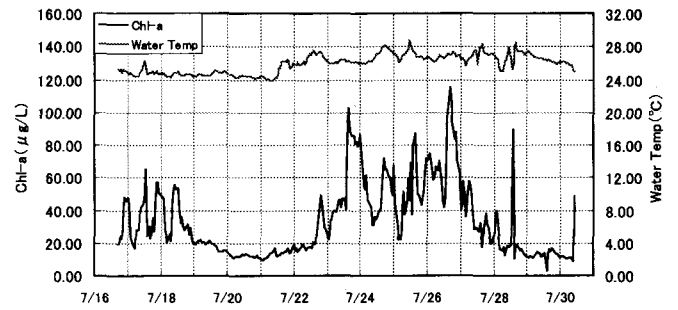


図-7 水温とクロロフィルaの変化
（佐賀大学有明海観測塔）

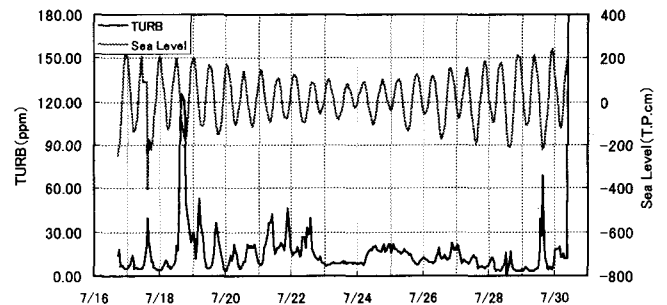


図-8 潮位（有明海タワー）と
濁度（佐賀大学有明海観測塔）の変化

増加（図-3）とともに急激にクロロフィルa濃度が増加している。また、図-8は、同クロロテックで測定した濁度と有明海タワー観測所観測の潮位（T.P. 値）の変化を表している。2つの図より、クロロフィルa濃度は潮位変動に連動して増減している（干潮で極小、満潮で極大値をとる）。この理由としては、透明度の高い、陸域から遠い海域における高いクロロフィルa濃度の海水が満潮時に湾奥まで到達することによるものと推察される。これに対して、濁度については潮位変動の影響（干潮で極大、満潮で極小値をとるのと大潮で濁度が急激に増加する）以外に、図-5に示すように海上風速がある値以上になったときに（いわゆる外部擾乱により）大きく増加する性質を持っていると言える。このことは、大串ら²⁾が述べているような秋から春にかけての濁度変動特性（大潮と最も関連性が高い）とは若干性質を異にしている。これが夏季の特性なのかそうでないかは今後さらに調査する必要がある。いずれにせよ、プロジェクトが行われた7月20日は濁度、クロロフィルa濃度共に値が低く、この日の観測だけでは夏季の水質特性の全体的な把握は難しいと考えられる。

(3) 水質鉛直プロファイルについて

図-1の数地点において第1回観測から第4回まで観測した鉛直方向の水質プロファイルを示す。図-9はホリバW-22Pによる水温の計測結果である。アレックACL220による同計測結果はこれとはほぼ一致していたので省略する。雨水の海域への流出による温度低下が見られ

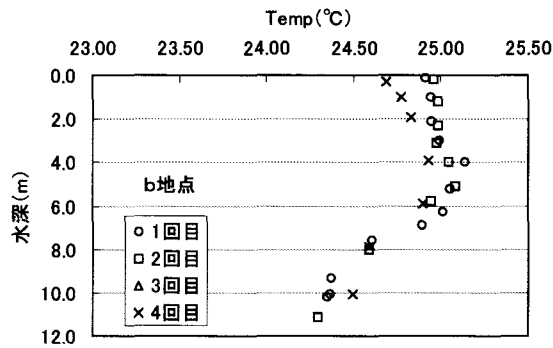
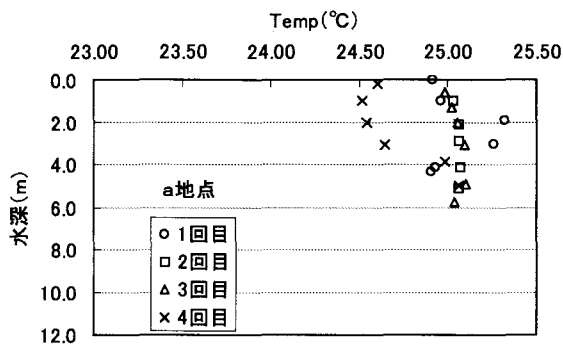


図-9 地点a,bの水温プロファイル

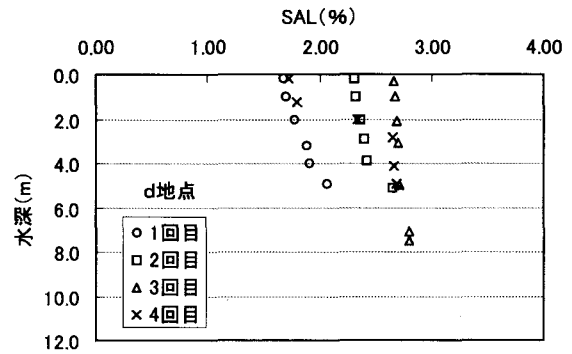
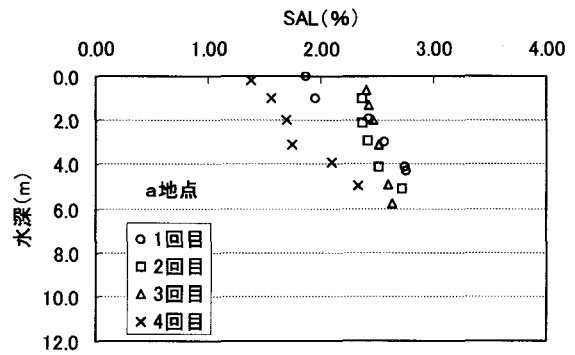


図-10 地点a,dの塩分濃度プロファイル

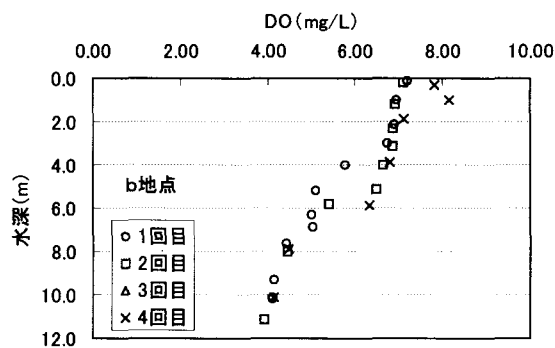
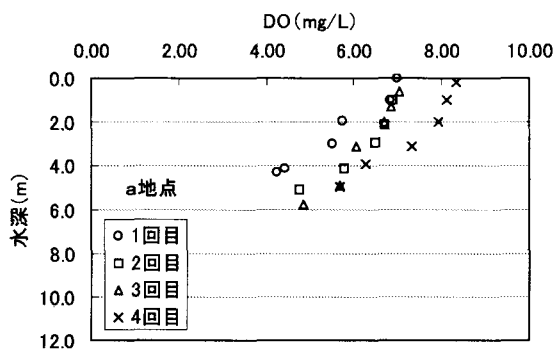


図-11 地点a,bのDOのプロファイル

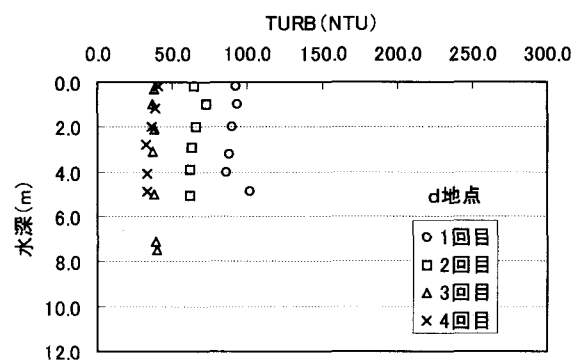
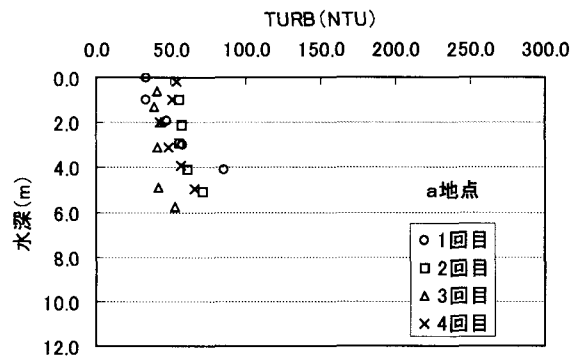


図-12 地点a,dにおける濁度のプロファイル

るのは第4回目のa地点（最も陸域に近く、近くに塩田川河口がある）のみで、他の地点では4回の観測を通してほとんど水温プロファイルに変化はなかった。このことから、潮汐変動があっても上下層の混合は少なく、陸域からの淡水供給があっても陸域に近い所で上層（ここでは4m以浅）にのみ変化が現れることが分かる。

次に、塩分濃度であるが、図-10に地点a,dの塩分プ

ロファイルを示す。この図においても第4回目観測のa地点で淡水供給により塩分濃度の上層での低下が見られる。一方、d地点では干潮の第1回から最大上げ潮の第2回、満潮の第3回と塩分プロファイルが平行移動していることが分かる。このことから、有明海湾奥部においては潮流の影響で西側よりも東側の陸域から遠い海域において、より強い潮汐依存性の性質があるものと推察さ

れる。しかしながら、この潮流によっても上下層の混合は少なく、そのまま平行移動しているものと思われる。水温のグラフでこの特徴が出なかったのは、塩分濃度ほど極端な沿岸と沖合の濃度差（温度差）がなかったためであろう。

また、溶存酸素（DO）の分布は図-11のようである。DOについては、比較的他の地点に比べて水深が深いb地点以外には成層が見られない。b地点では約5mの水深に躍層らしきものが見られる。DOの低い値はその隣のa地点でも見られる。他の測線における観測結果とも比較する必要がある。また、a地点では第4回の観測において陸域からの淡水供給がなされた際にDOの値で比較的高い分布も示している。

図-12に各地点の濁度プロファイルを示す。陸域から遠い地点（地点b, c, dなど）では、最干潮で濁度が高く最満潮で濁度が低い変動を示しており、図-8の佐賀大学有明海観測塔における濁度変動とも一致した特性である。これは、引き潮時に湾奥より高濁度水が移流されることによると考えられる。陸域に比較的近い場所では、浅い地点が多く、底泥の巻き上げや混合拡散、陸域からのSSの供給などにより上記のような性質とは異なる結果が出たと考えられる。

さらに、クロロフィル濃度のプロファイルについては、アレック電子のACL220による計測結果を図-13に示す。まだ採水後のクロロフィルa濃度の検定結果がないので、相対的な分布として見なければいけないが、図-7の観

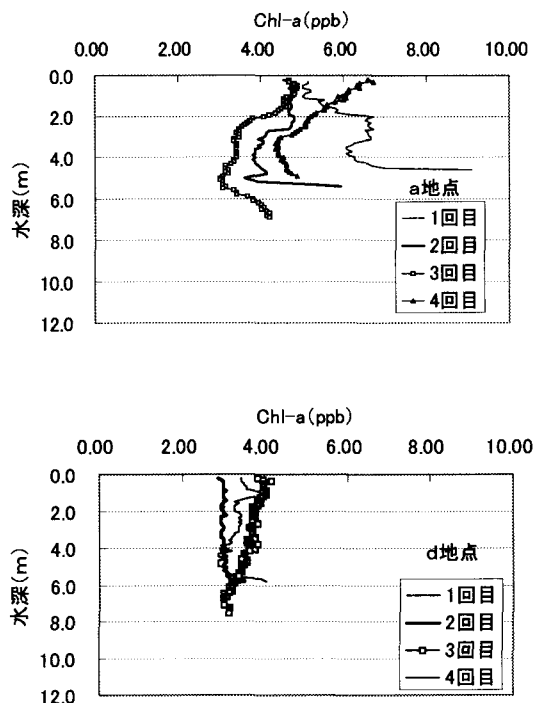


図-13 地点a, dのクロロフィル濃度のプロファイル
(ACL220による計測で換算前の値)

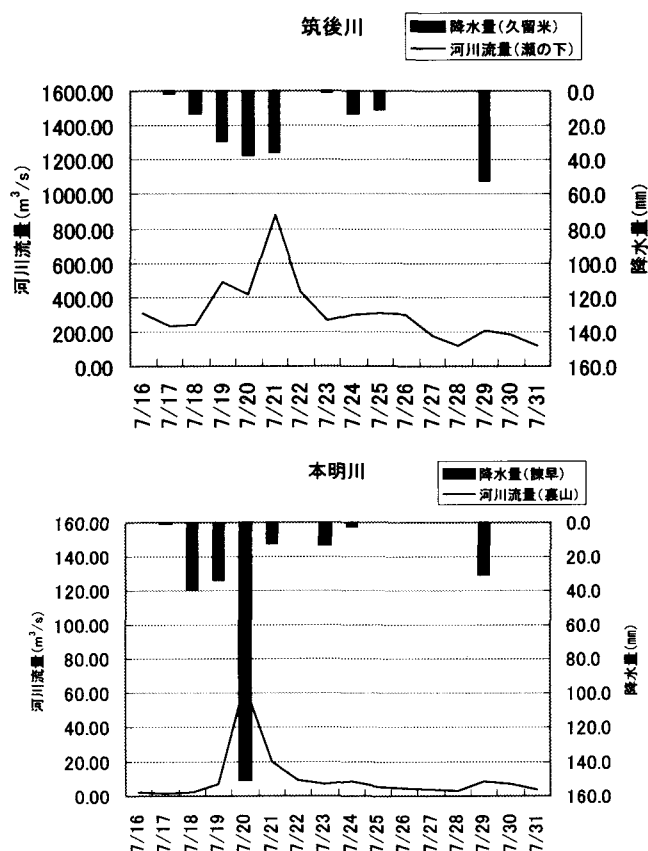


図-14 筑後川・本明川の日平均流量ハイドログラフと近隣の雨量ハイドログラフ

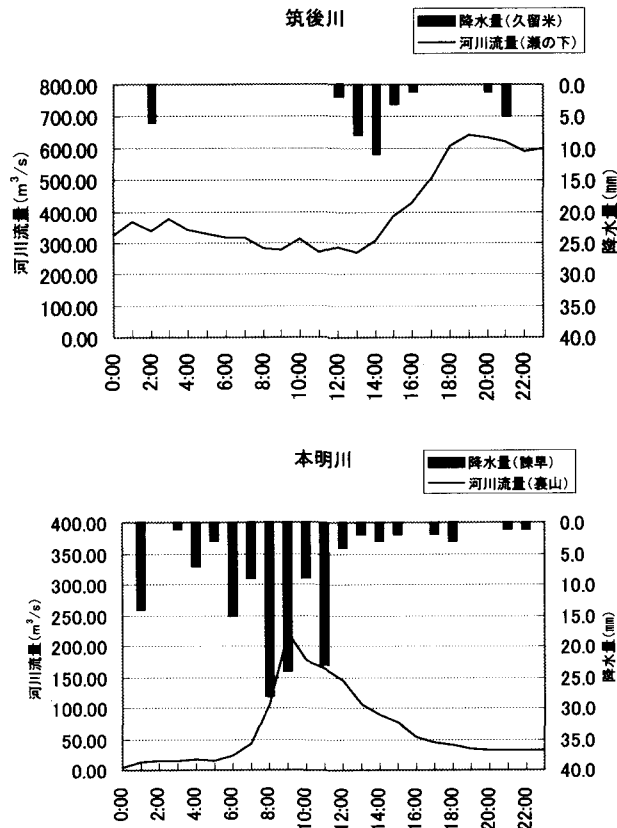


図-15 筑後川・本明川の時間平均流量ハイドログラフと近隣の雨量ハイドログラフ（7月20日のみ）

測塔におけるクロロフィル a 濃度の変動と照らし合わせて見ると約 4 倍の値がクロロフィル a 濃度の値と考えると良い。また、陸域に近い a, c, e などの地点では水面付近より下層の方が高いクロロフィル濃度を示している。これは、潮汐により沖合の低濃度海水が湾奥まで押されてそのまま平行移動する現象や、上層における陸域からの淡水供給により陸域・河川依存のクロロフィルの増加、さらに、干潟域での藻類増殖とその巻き上げによるものと考えられる。一方、比較的陸域から離れた所では、図-7 と図-8 に示すように満潮時にクロロフィル濃度が高く、干潮時に低いという潮の干満とクロロフィル濃度の変動が連動する現象が見られる。このように陸域に近い所と離れた深い海域では異なる特性を持っていることが分かる。

(4) 河川流量について

有明海に注ぐ主要 8 河川のうち、筑後川と本明川の 7 月 16 日から 31 日までの日平均流量ハイドログラフと近隣の雨量観測所のハイトグラフを図-14 に示す。図-15 は 7 月 20 日だけに限った場合の時間平均の流量ハイドログラフと雨量の変化を示している。

図-14 によれば、日雨量では本明川流域の諫早における 7 月 20 日の 150mm の降水量が突出している。河川延長が短いこともあり、本明川のみ 20 日に流量ハイドログラフが最大値を示している。図には示していないが、熊本地方の河川においては流量のピークが 1 つではなく複数存在することもその他の地域とは異なる特徴であった。また、図-15 に示すように、時間平均雨量で見ても本明川流域の諫早で 25mm を越える時間帯が 3 つもあり、特に有明海西部から諫早湾にかけて多量の降雨が発生したことが分かる。本明川の流量ピークは午前 9:00 頃にあるが、他の北部河川では筑後川の 19:00、六角川の 15:00、嘉瀬川の 15:00、矢部川の 19:00 というように 15:00 以降にピークを迎える流域が多く、今回の観測でも第 4 回に陸域からの淡水供給があったことと符合する。

4. 結論

7 月 20 日に行われた有明プロジェクト II の観測における湾奥部の水質観測とその他の観測データを用いて、夏季の有明海湾奥部の流動と水質特性について考察を行った。得られた結論は以下の通りである。

(1) 湾奥部の濁度の変動は大潮との連動だけでなく海上風がある値以上になったときに非常に大きな値を示すことが分かった。

(2) クロロフィルの値も陸域から少し離れた地点については潮位変動と連動するが、陸域に近い場所では逆の特性を示す傾向がある。特に下層で高いクロロフィル濃度の値を示している点は、干潟域で増殖した藻類による影響が考えられる。また、上層においては陸域からの淡水供給による影響が大きいと思われる。

(3) 塩分濃度やクロロフィル濃度の変動状況より、湾奥部では特に東部水域が潮汐の影響を受けやすいことが分かった。

(4) 7 月 20 日の降雨による陸域から海域への影響は諫早湾では午前中から起こっているが、他の地域では 15:00 前後よりその影響が出ている。今後の解析にあたってはこの地域差を考慮する必要がある。

(5) 今回の有明プロジェクト II では、まだ全てのデータが解析されていないので結論はできないが、夏季の雨・風による流動・水質変動の影響がある程度把握できることが分かった。ただし、天候には恵まれなかったため、夏季の典型的な成層構造の観測はできなかった可能性が高く、さらに現地観測を続けていく必要がある。

謝辞：本研究は、有明プロジェクト II の一環として平成 15 年 7 月 20 日に実施された調査結果の一部を報告したものである。また本研究は、平成 13 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号 13650572) 並びに平成 14 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A) (課題番号 14205075) の援助のもとで行われたことを付記する。さらに、有明海タワー総合観測所データ並びに河川流量データは国土交通省九州地方整備局より提供を受けたものである。あわせて感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 有明プロジェクト研究チーム：有明プロジェクト中間報告書 (その 1), 2002.
- 2) 大串浩一郎・馬場里美・荒木宏之・T. Y. Gan: 衛星画像と現地観測に基づく有明海湾奥部の水質評価、水工学論文集、第 47 巻、pp.1261-1266, 2003.
- 3) 大串浩一郎・T. Y. Gan・荒木宏之：人工衛星画像を用いた有明海の水質解析、水工学論文集、第 46 巻、pp.995-1000、2002.
- 4) Ohgushi, K., H. Araki, S. Baba and T. Y. Gan: Estimating water quality of the Ariake Sea by remote sensing and field investigation, *Proc. of International Symposium on Lowland Technology*, Saga, pp.425-430, 2002.

(2003. 9. 30 受付)