

---

# 有明海における流れ構造の解明

---

土木学会平成 16 年度重点研究課題（研究助成金）  
研究成果報告書

平成 17 年 4 月

研究代表者 矢野真一郎  
（九州大学大学院  
工学研究院助教授）  
推薦：水工学委員会

はじめに

本研究は、諫早湾干拓事業に代表される大型公共事業の影響によると推測されている水環境の悪化が大きな社会問題化している有明海において、その原因究明と再生へ向けた基礎情報となる流れ構造の解明を以下の3つの現地観測により試みたものである。

(1) ADCP同時曳航観測による諫早湾全体の流動構造の把握：

2004年夏季(8月8日)の小潮期に諫早湾内に湾口から湾奥にむけて3つの断面を設定し、超音波ドップラー流速計(ADCP)を搭載した3艘の観測船を使用して同時曳航観測を実施した。さらに、別途3艘の観測船により湾内外20地点において流れの観測と同期させた成層・水質観測も実施した。各観測は、一潮汐間に90分間隔で合計9回行われた。

観測結果より、貧酸素水塊の発生が起こりやすいといわれる流れの弱い小潮期において、湾内の3次元的な流動構造、有明海本体部の流れとの相互作用であるcavity flowの空間構造、湾内の水温成層の発達過程、ならびにクロロフィル-aの一潮汐間での移動状況など多くの情報が得られた。これまで流れの観測データがほとんど無かった諫早湾内において、初めて流れの時空間的な構造を明らかにすることができた。今後は、流れの強い大潮期における同様な観測が必要である。

(2) 北部有明海の海水交換支配断面における潮汐条件と流動構造の関係性の把握：

有明海における水質動態を支配している物理現象として、狭窄部になっている多比良-長洲を結ぶ断面の流動構造がある。この断面について、2004年冬季(12月24日)の大潮期にADCP曳航観測と成層・水質観測を各1艘ずつの観測船を使用して実施した。各観測は、一潮汐間に3時間間隔で合計5回行われた。

今回の観測結果と過去に行われた大潮、中潮、小潮期のそれぞれの観測結果を総合して解析したところ、全てに共通する流動構造として島原半島沿いに非常に流れの強い領域が発生することなどが明かとなった。ただし、本観測は潮汐条件に対する流動構造の関係を明確にすることを目的に実施されたが、気象条件に大きな影響を受けており明確な関係性を抽出するには至らなかった。今後は同様な観測を繰り返し行いデータを蓄積していくことで、関係を明らかにする必要がある。

(3) 諫早干拓建設前後の流動構造変化の把握：

諫早干拓締切堤の建設前後における流動構造を比較するため、建設前(1993年4月28日~5月28日:31日間)に長崎大学水産学部により行われていた流れの定点連続観測と全く同じ時期(2004年4月22日~5月22日:31日間)に、全く同じ測点(2地点×鉛直方向に2点)で、全く同じ計測機器を使用した定点連続観測を実施した。

観測結果より、今回測定した測点では、 $M_2$ 潮の潮流振幅について締切堤建設前と較べて5~22%の減少が認められた。2003年秋に別の2地点で行った同様な観測の結果と併せると、諫早干拓締切堤建設に伴うと考えられる潮流の流速減少は諫早湾内だけに留まらず有明海本体部分にも広がっていることが確認され、有明海の疲弊の原因として諫早干拓が有力であることが示唆された。

今後の予定として、これまでに多数実施してきた現地観測データについてGIS(地理情報システム)などを活用することで系統的に整理、解析し、有明海の流動構造や水質・底質などに関するデータベースの構築後、Webによる公開を行うことで一般の利用へ供したい。また、本研究で得られた成果は、土木学会や関連学会で順次発表する予定である。

## 研究体制

### 研究代表者：

矢野真一郎（九州大学大学院工学研究院助教授）

：研究総括，現地観測

### 研究分担者：

松永信博（九州大学大学院総合理工学研究院教授）

：現地観測

押川英夫（九州大学大学院工学研究院助手）

：現地観測

## 助成交付額

1,000 千円

## 研究発表（投稿中も含む）

### (1)学会誌等

Yano, S., Saita, T., Nishinokubi, H. and Komatsu, T.: Impact of reclamation in Isahaya Bay on water environment in Ariake Sea, Japan., Proc. of 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and 14th Congress of Asia and Pacific Division International Association of Hydraulic Engineering and Research, Hong Kong, China, p.1149-1154, Dec., 2004.

多田彰秀，中村武弘，矢野真一郎，武田誠，橋本彰博，染矢真作，齋田倫範：諫早湾における夏季の流況観測，海岸工学論文集，52，2005年11月。（投稿中）

齋田倫範，矢野真一郎，橋本泰尚，小松利光：大規模一斉観測データを用いた諫早湾湾口部の流動特性の検討，海岸工学論文集，52，2005年11月。（投稿中）

### (2)口頭発表

西ノ首英之，齋田倫範，矢野真一郎，小松利光：有明海島原半島沿岸部における潮流の定点観測，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，pp.343-344，2004年9月。

齋田倫範，橋本泰尚，矢野真一郎，西ノ首英之，小松利光：有明海島原半島沖における潮流の定点観測，平成16年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，pp.183-184，2005年3月。

染矢真作，多田彰秀，矢野真一郎，中村武弘，武田誠，橋本彰博：夏季小潮期の諫早湾内の流動特性に関する現地観測，平成16年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，CD-ROM，pp.187-188，2005年3月。

齋田倫範，矢野真一郎，小松利光，西ノ首英之：潮流の定点観測による有明海島原半島沿岸部における潮受堤防の影響の検討，土木学会第60回年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，2005年9月。（印刷中）

（平成17年4月現在）

## 第 1 章 ADCP 同時曳航観測による諫早湾全体の流動構造の把握

### 1.1 はじめに

諫早湾湾口部の中央部では干拓事業に伴って採砂が行われ、海底には深さ 3~4m の溝が爪痕のように多数残っている。近年、夏季成層期の有明海湾奥部や諫早湾湾口部では貧酸素水塊の発生が大きな問題となっており、その発生源の一つがこの採砂跡地ではないかと疑われている。このようなことから、本研究では諫早湾内の流動特性を明らかにするため、2004 年夏季の小潮期に諫早湾内で潮流および水質の一潮汐間連続観測を実施した。

### 1.2 現地観測の概要

#### (1) ADCP を用いた曳航観測

諫早湾の概略および観測点を図-1.1 に示す。小潮期の諫早湾内における流動特性を明らかにするため、E-E' ライン(約 9 km)、I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ライン(約 8 km)および I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ライン(約 6.5 km)の 3 測線上で、2004 年 8 月 8 日に ADCP による曳航観測を行った。観測に際して、各測線毎に 1 隻の観測船を割り当て、Workhorse-ADCP1200kHz(RD Instruments 社製)を観測船の舷側に取り付け、90 分間隔で 1 潮汐間に 9 回行った(図-1.2 参照)。観測船の航行速度は約 6 ノットに保ち、E-E' ラインを約 50 分間、I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ラインを約 45 分間、I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ラインを約 40 分間かけて計測した。なお、ADCP のシステム上、海水面から ADCP センサー部までの水深 2.0m と海底面上約 2.0m は計測が不可能である。

#### (2) 多項目水質計による水質観測

多項目水質計(ACL1183PDK および YSI6600)を用いた水質観測は、P1~P5 点と Q5~Q7 点、a1~f1 点および a2~f2 点の計 19 地点において、ADCP の曳航観測と同時に実施された。とくに、a1~d1 点および a2~d2 点は、それぞれ I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ラインおよび I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ライン間の五等分点であり、計測項目は水温、塩分、濁度およびクロロフィル a(Chl-a)等である。なお、図-1.2 に 2004 年 8 月 8 日の潮位(大浦)を示す。この日の潮差は約 2.5m であった。

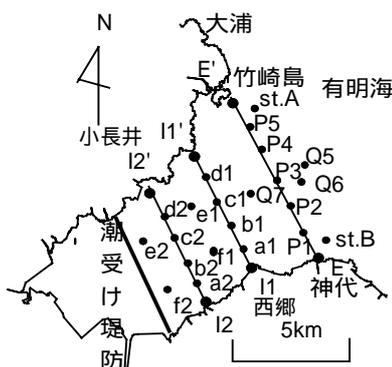


図-1.1 諫早湾の概略および観測点

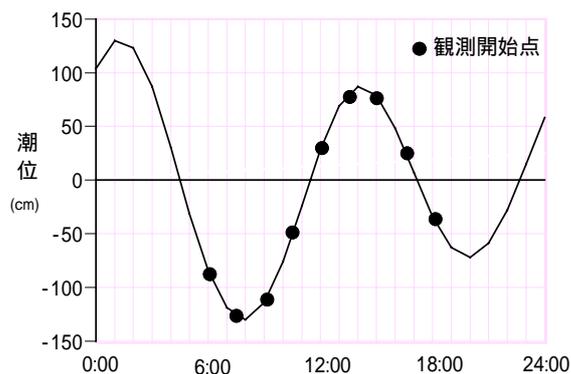


図-1.2 2004 年 8 月 8 日の潮位(大浦)

### 1.3 観測結果および考察

2004年8月8日に実施された ADCP による曳航観測のデータに基づいて、E-E'ライン、 $I_1-I_1'$ ラインおよび  $I_2-I_2'$ ライン上での流速ベクトルの水平分布(表層:水深 2m)を図-1.3に示す。図-1.3(b)の上げ潮最強時には、E-E'ライン上で神代側(E)から約 2km 地先で最大流速が出現し、諫早湾内に海水が流入していることが確認できる。さらに、 $I_1-I_1'$ ライン上でも E-E'ラインと同様に西郷側( $I_1$ )から約 2km 地先で最大流速が出現している。また、下げ潮最強時(図-1.3(f))にも E-E'ライン上で神代側(E)から約 2 km地先で最大流速が認められ、2002 年夏季の現地観測(大潮期)と同様な流況が得られた。これらのことより上げ潮および下げ潮ともに諫早湾内の流動は、島原半島に沿った流れが卓越しているものと判断される。また、図-1.3(e)の流速ベクトル図は下げ潮時(第7回)に該当するが、竹崎島から約 1km 地先までの区間で、流速が小さいながらも諫早湾内への流入傾向が認められる。

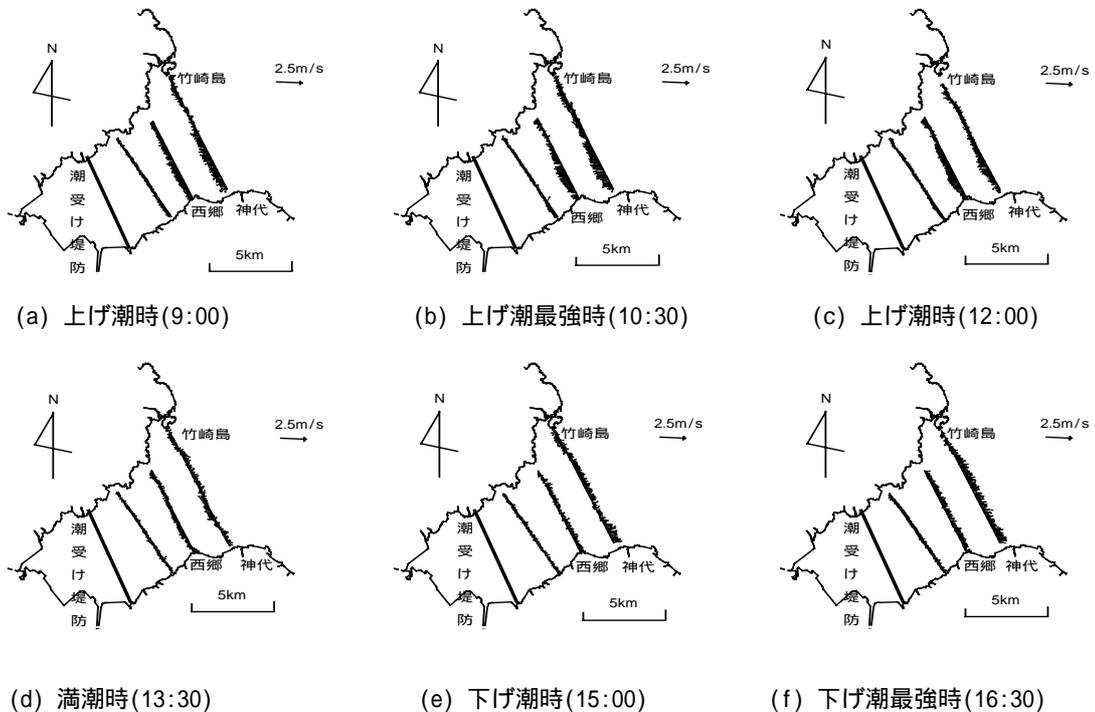
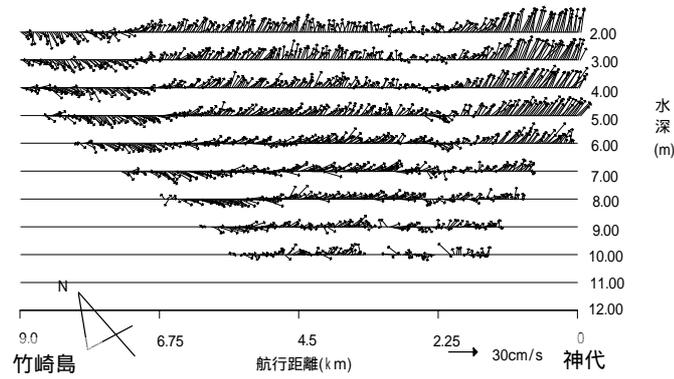


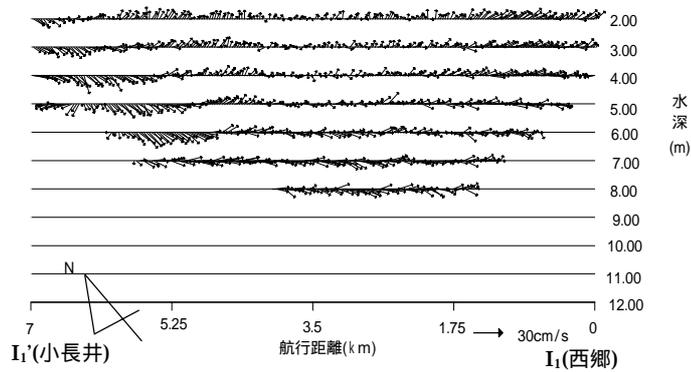
図-1.3 流速ベクトルの水平分布

図-1.4は、下げ潮時(第7回)の E-E'ラインおよび  $I_1-I_1'$ ライン上の流速ベクトルの鉛直分布である。図-1.3(e)で確認された E-E'ライン北側での諫早湾内への流入は、表層から底層にわたって出現していることが図-1.4(a)より分かる。一方、 $I_1-I_1'$ ラインの鉛直断面でも E-E'ラインと同様な流入傾向の流れが認められる。

さらに、E-E'ライン、 $I_1-I_1'$ ラインおよび  $I_2-I_2'$ ラインにおける流動特性を把握するため、1 潮汐間に各測線を通過する流量を求めた。図-1.5は E-E'ラインおよび  $I_1-I_1'$ ラインにおける各分割断面を通過する流量の経時変化を示しており、諫早湾内から有明海側へ流出する流量を正としている。両ラインを水平方向には 4 等分、鉛直方向には表層と底層に 2 分割した。すなわち、E-E'ラインでは最深地点より 9m、 $I_1-I_1'$ ラインでは最深地点よ



(a) E-E'ライン



(b) I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>'ライン

図-1.4 下げ潮(第7回観測)における流速ベクトルの鉛直分布

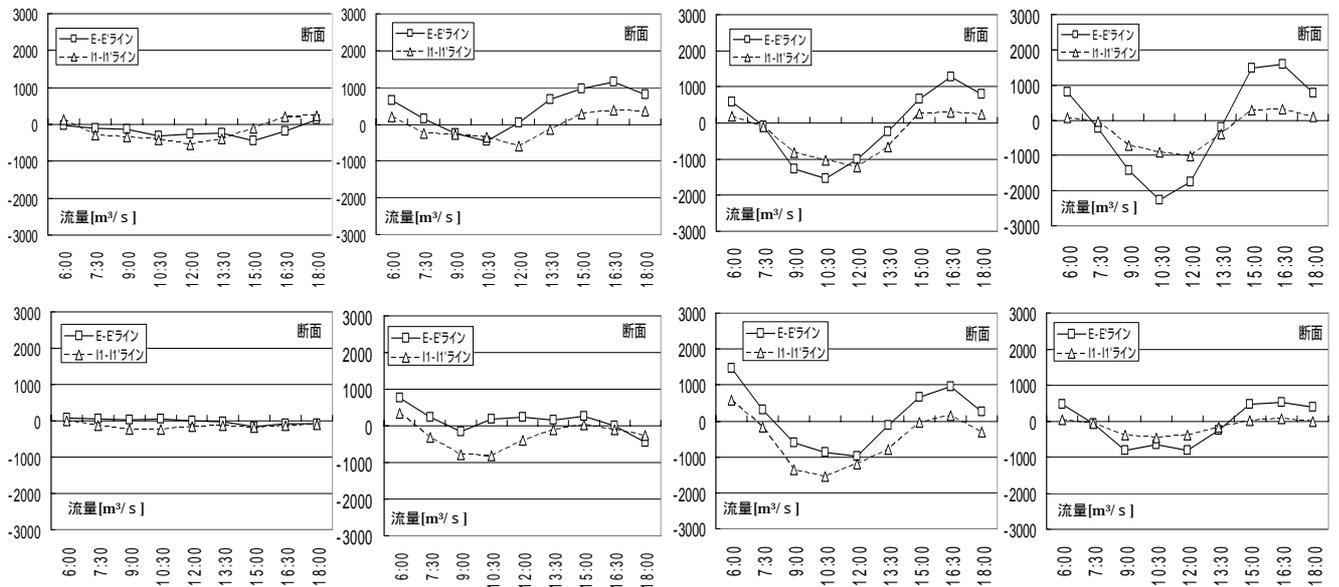


図-1.5 分割断面を通過する流量の経時変化(□ : E-E'ライン、△ : I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>'ライン)

り 6.5m までを底層とし、それらの水深から水表面までを表層とした。図中の □ は E-E'ラインの流量を、△ は I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>'ラインの流量を示している。便宜上、分割断面には両ラインの北側表層から 1 ~ , 北側底層から ~ の番号を付けている。図-1.5 に基づいて、

E-E'ラインの断面および断面，すなわち測線の南側断面では潮汐の入退潮による流量が大きいことが分かる．E-E'ライン上での流量の変化は，2002年夏季の現地観測(大潮期)と同様な結果が得られた．さらに， $I_1-I_1'$ ライン上においてもE-E'ラインと同様な流量の変化傾向が認められる．一方，第断面では1潮汐間を通して流量が小さいものの，諫早湾内に流入している．なお，分割断面ごとの流量の算出にあたっては，各分割断面に含まれるADCPの観測値を積分して求めた．

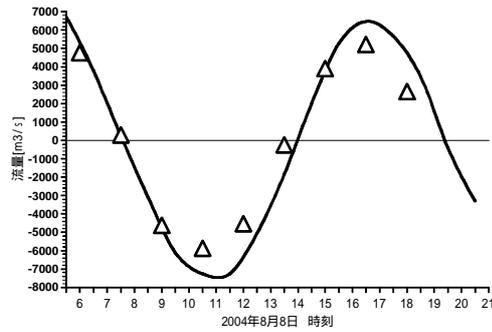


図-1.6 E-E'ラインを通過する流量の経時変化 (△: ADCP、実線: 潮位変動)

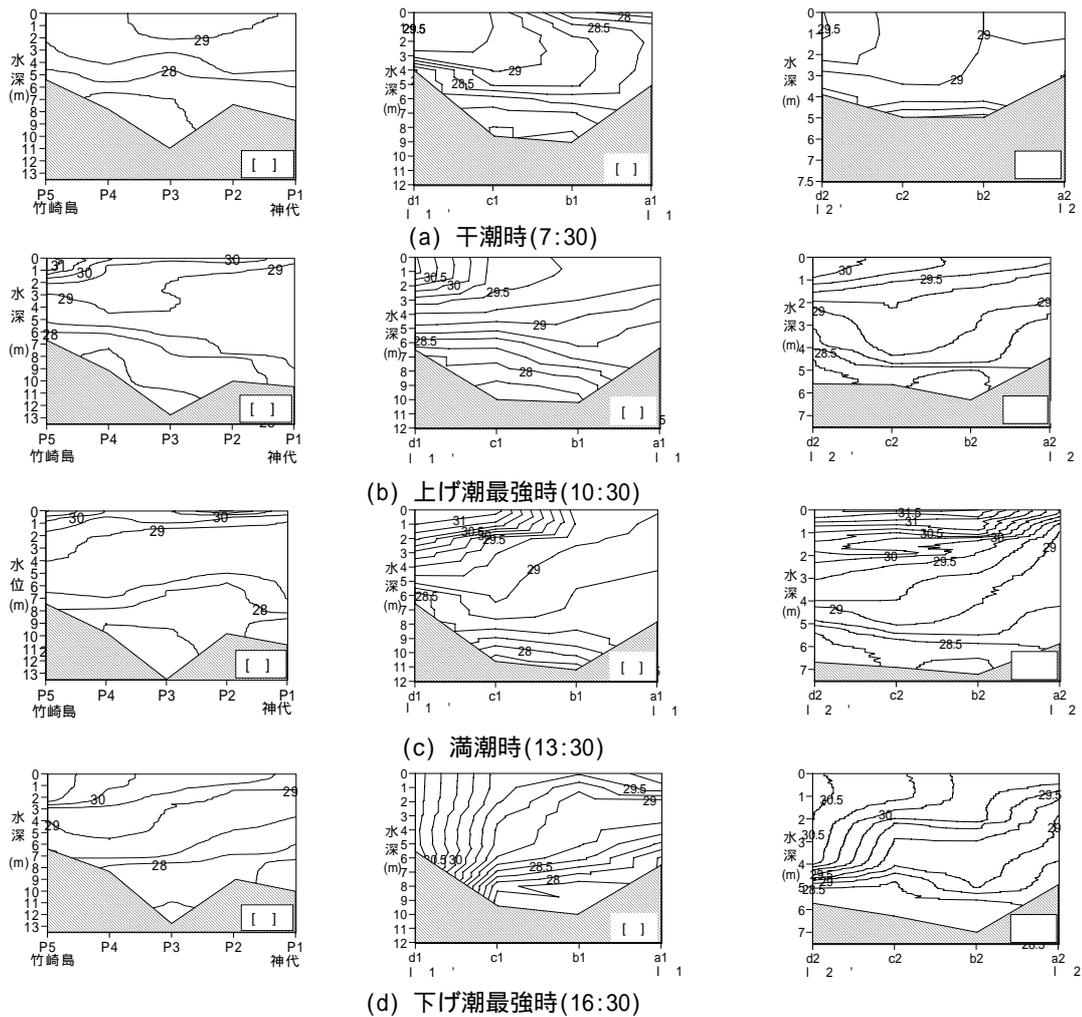


図-1.7 水温の鉛直分布 (左: E-E'ライン、中:  $I_1-I_1'$ ライン、右:  $I_2-I_2'$ ライン)

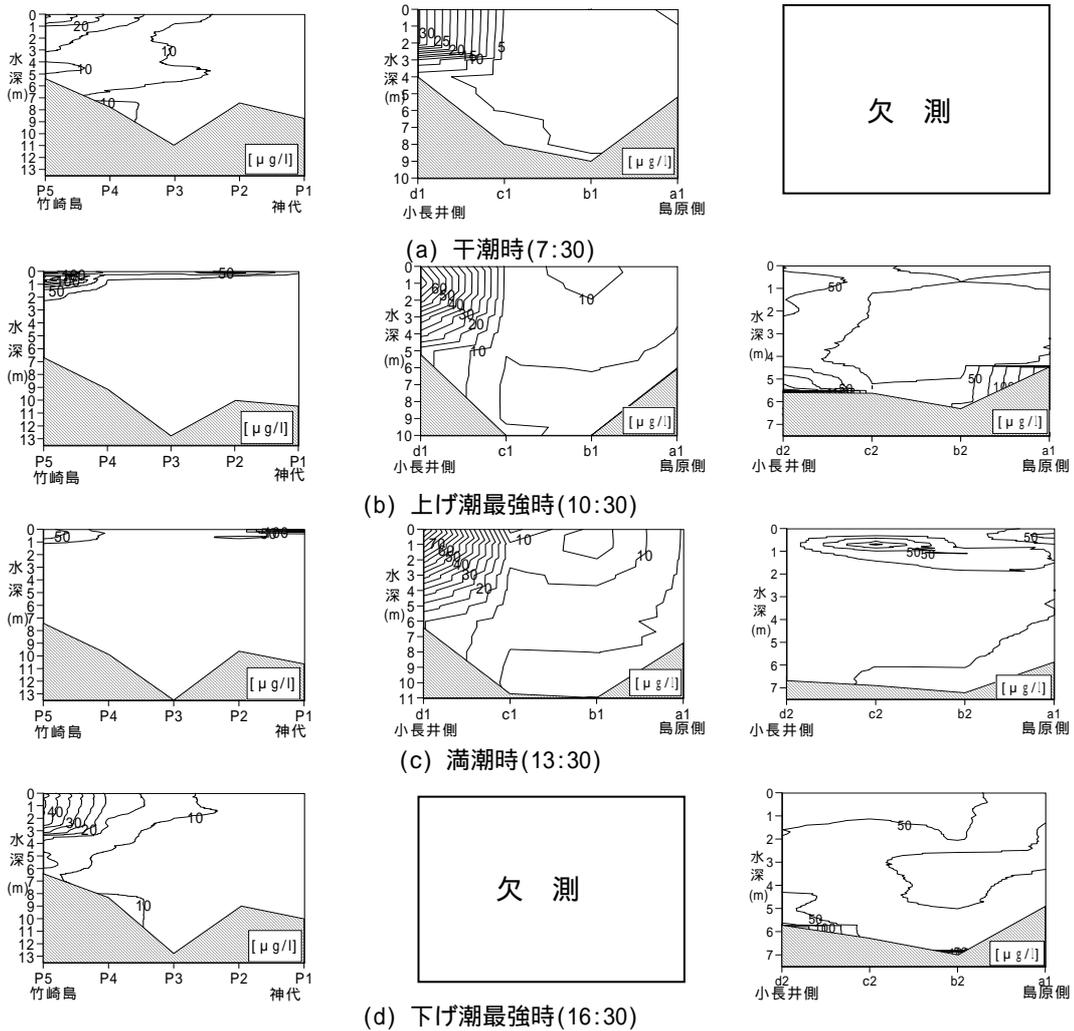


図-1.8 Chl-a の鉛直分布(左 : E-E' ライン、中 : I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ライン、右 : I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ライン)

図-1.6 は、E-E' ライン上の全分割断面の流量を加え合わせた流量、すなわち E-E' ラインを通過する流量の経時変化を示したものである。図中の実線は、St.P 地点の海底に設置した流速計の潮位データを用いて、諫早湾の水表面積に潮位変動分を乗じて算定した E-E' ラインを通過する流量である。両者は、ほぼ一致しており、ADCP の観測値から算出した流量(図中の 印)の信憑性の高さが確認できる。

湾口部 E-E' ライン、I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ラインおよび I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ライン上の鉛直断面内の水温および Chl-a の分布を図-1.7 および図-1.8 に示す。図中の数字は観測値である。E-E' ライン上の竹崎島側(P5)では神代側(P1)に比べ、常に Chl-a の値が高いことが確認できる。とくに、上げ潮最強時(図-1.7 および図-1.8 の(b))には、両ラインにおいて、竹崎島側(P5)および小長井側(d1)の表層部で高水温の海水が認められるとともに、Chl-a の値が急上昇している。一方で、I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ライン上の小長井側(d2)では、そのような変化は認められない。このようなことから、上げ潮時には、有明海より高水温の海水と高濃度の Chl-a が諫早湾内に流入していたものと考えられる。なお、I<sub>1</sub>-I<sub>1</sub>' ラインでは下げ潮最強時、I<sub>2</sub>-I<sub>2</sub>' ラインでは干潮時に、水質計のトラブルによってデータが収集できなかった。

#### 1.4 おわりに

2004年8月8日に行った夏季小潮期における諫早湾内の現地観測の結果，上げ潮時には島原半島に沿った流れが卓越していることが認められた．また，E-E'ラインおよび $I_1-I_1'$ ライン上において竹崎島側では1潮汐間を通じ，ほとんどの時間帯で，有明海から諫早湾内への流入傾向があることが確認することができた．さらに，上げ潮時には有明海より諫早湾内に高水温の海水と高濃度のChl-aが流入していることが明らかとなった．

#### 参考文献

- 1) 長崎海洋気象台 HP, <http://www.nagasaki-jma.go.jp/> .
- 2) 中村武弘，矢野真一郎，多田彰秀，野中寛之，亀井雄一（2002）：諫早湾湾口部における流況の現地観測，海岸工学論文集，49，pp.396-400.
- 3) 中村武弘，多田彰秀，矢野真一郎，武田誠，野中寛之（2003）：諫早湾湾口部における夏季の流況観測，海岸工学論文集，50，pp.371-375.

## 第2章 北部有明海の海水交換支配断面における潮汐条件と流動構造の関係性の把握

### 2.1 はじめに

諫早湾干拓事業が着工された1990年を境として漁獲量の減少や赤潮の発生頻度の増加等が深刻化し、有明海の水環境問題は大きな社会問題となっている。環境異変の原因を探るために、多くの観測が成層化しやすく、貧酸素化や赤潮発生等の問題を考える上で重要である夏季に行われている。しかし、2000年度冬季に有明海中北部を中心とした大規模な赤潮の発生によって養殖ノリの著しい色落ちが発生したことから、成層期でない時期の流動構造を把握することも重要であると考えられる。そこで、成層期と混合期の流動構造の違いについての検討を行うために、超音波ドップラー流速計（以下 ADCP）を用いた ADCP 曳航観測および多項目水質計を用いた STD 観測を実施した。

### 2.2 観測概要

2003年6月30日（大潮）と2004年12月24日（大潮）に一潮汐間に渡って約3時間毎に計5回（2004年12月24日は4回）の観測を実施した。観測断面は図-2.1に示す水質悪化の著しい北部有明海の境界と考えられる有明と長洲を結ぶC-C'ライン（約11km）で、速度約6~7knotで航行して計測を行った。観測では ADCP600kHz (RD-Instruments社製) を使用し、測定層厚1.0m、サンプリング間隔3sとした。また、6月30日の観測ではC-C'ライン上の3点で、12月24日の観測では同ライン上の9点でSTD観測を併せて行った。観測では ACL220 (アレック電子社製) を使用し、各測点で船を停止させ約0.5m/sで機器を降下させ、水温と塩分の鉛直分布を測定した。



図-2.1 観測実施場所の概略図

### 2.3 観測当日の状況

観測当日のアメダス（島原）における観測時間帯（6月30日 5:00～19:00，12月24日 7:00～17:00）の気象データを表-2.1に，大浦検潮所（図-2.1）における潮位の時系列および観測時間帯を図-2.2にそれぞれ示す。観測前から観測日にかけての降水量は両日ともに少なく，観測当日の平均風速は2m/s程度で安定した天候の下で行われた。潮位に関しては，6月30日の干満差は1回目は276cm，2回目は417cm，3回目は434cmで，12月24日の干満差は1回目は354cm，2回目は267cm，3回目は264cmであった。特徴的な海域状況として，2004年12月23日には15:18頃，C5（Cからの距離が約5.2kmのSTD観測点）よりやや西側で，24日には16:00頃，C3（Cからの距離が約9.2kmのSTD観測点）のやや西側で赤潮が見られた。

表-2.1 気象データ

	2003/6/30	2004/12/24
平均気温( )	23.4	9.5
最高気温( )	24.4	10.5
最低気温( )	22.2	8.4
平均風速(m/s)	2.3	1.8
風向	SSE	WNW
観測日4日前からの積算降水量(mm)	47	1

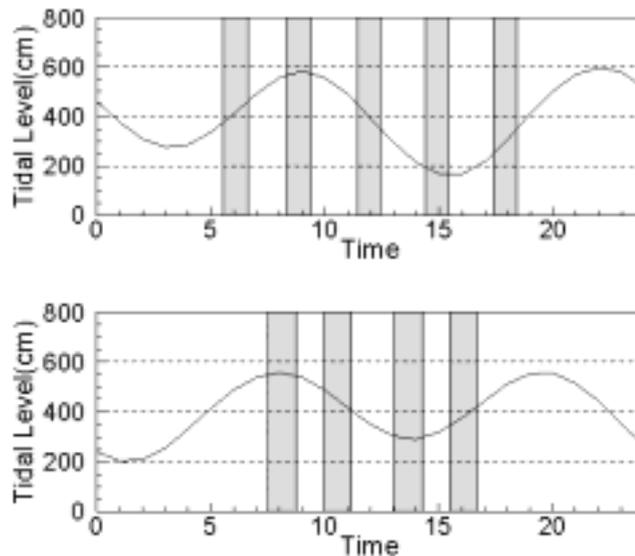


図-2.2 潮位変動及び観測時間帯  
（上段：2003年6月30日，下段：2004年12月24日）

### 2.3 観測結果

観測データのうち下げ潮最強時（2003年6月30日 11:26～12:26，2004年12月24日 9:58～11:10），および上げ潮最強時（12月24日 5:32～6:40，12月24日 15:30～16:41）の，水深平均流速のベクトル図を図-2.3に，観測断面に直交する成分（上げ潮方向を正）の水

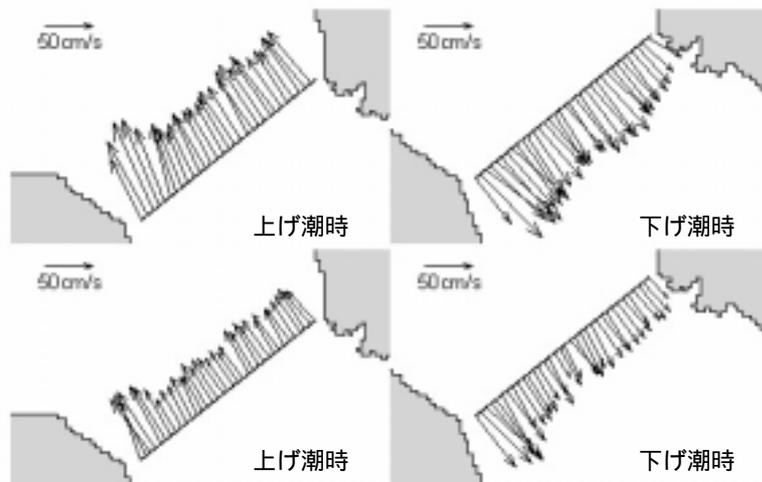


図-2.3 水深平均流速のベクトル図  
 (上段：2003年6月30日，下段：2004年12月24日)

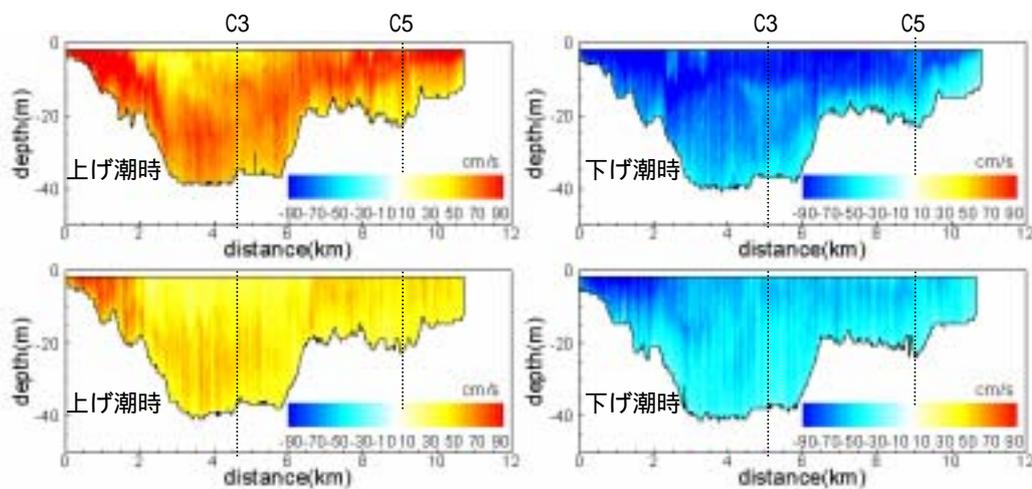


図-2.4 水平流速コンタ - 図  
 (上段：2003年6月30日，下段：2004年12月24日)

平流速コンタ - 図(横軸は始点Cからの距離,縦軸は水深)を図-2.4に示す.この結果から,著者らの研究グループ<sup>1)2)3)</sup>が成層期の観測において報告している島原半島沿いの大きな流速は混合期にも生じることが確認された.また,鉛直方向の流速分布に着目すると,図-2.4より始点からの距離が2.5km~6.5kmの水深が比較的大きい領域では,上げ潮時には表層部の方が中~底層部と比較して流速が大きくなっているのに対して,下げ潮時には,表層部の方が中~底層部よりも流速が大きくなっている.一方,始点からの距離が6.5km以東の水深が20m程度の領域では,上げ潮時と下げ潮時の両方で表層部の方が中~底層部よりも流速が大きくなっている.

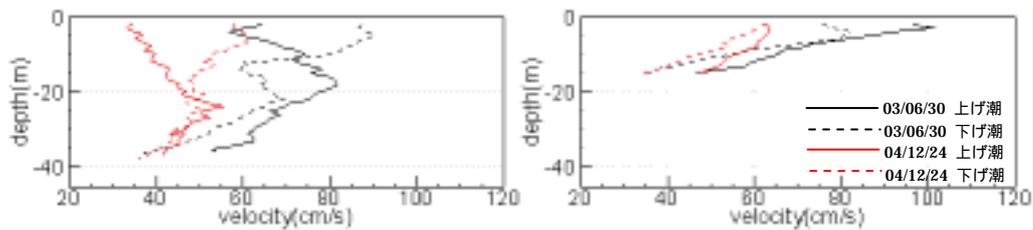


図-2.5 流速の鉛直プロファイル (左: C3, 右: C5)

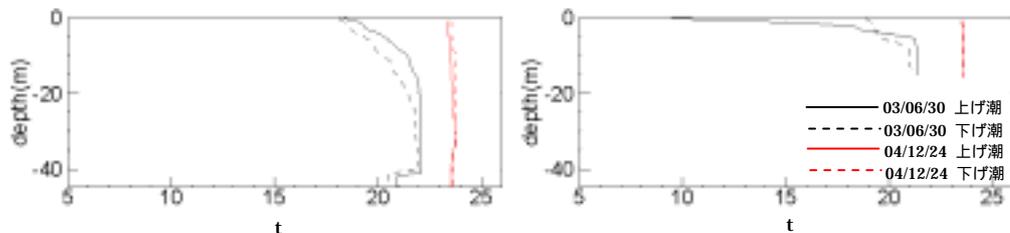


図-2.6  $\sigma_t$  の鉛直プロファイル (左: C3, 右: C5)

次に STD 観測点のうち, C3, C5 における流速および密度の鉛直プロファイルをそれぞれ図-2.5, 図-2.6 に示す. C5 において最小流速に対する最大流速の割合を比較してみたところ, 6月30日の上げ潮時で2.2倍, 下げ潮時で2.3倍, 12月24日の上げ潮時で1.3倍, 下げ潮時で1.8倍となっており, その傾向は6月30日の方が顕著であった. これは, 図-2.6において12月24日の両測点では密度の鉛直分布がほぼ一様であるのに対して, 6月30日のC3では表層から水深約20mの位置まで密度勾配があり, C5では水深約5mの位置で躍層が形成されていることから, 6月30日は密度差に起因した流れが顕著に現れたためであると考えられる.

#### 2.4 おわりに

本観測は北部有明海における成層期と混合期の流動構造の違いを検討するために行った. 干満差に違いはあるものの, 各成層状態での潮流現象を表していると考えられ, 混合期を含む貴重なデータが得られた. 測線 C-C' は北部有明海に位置していることに加え, 全領域において特徴的な流動構造をしていることから, 本海域の流況が北部有明海の海水交換に及ぼしている影響を把握することが重要であると考えられる.

#### 参考文献

- 1) 小松利光, 安達貴浩, 金納聡, 矢野真一郎, 小橋乃子, 藤田和夫(2003): 有明海における流れと物質輸送に関する現地観測, 海岸工学論文集, 50, pp.936-940.
- 2) 矢野真一郎, 齋田倫範, 橋本泰尚, 神山泰, 藤田和夫, 小松利光(2004): 有明海における潮汐条件に対する流動・成層構造の変化, 海岸工学論文集, 51, pp.331-335.
- 3) 小松利光, 矢野真一郎, 齋田倫範, 松永信博, 鶴崎賢一, 徳永貴久, 押川英夫, 濱田孝治, 橋本彰博, 武田誠, 朝位孝二, 大串浩一郎, 多田彰秀, 西田修三, 千葉賢, 中村武弘, 堤裕昭, 西ノ首英之(2004): 北部有明海における流動・成層構造の大規模現地観測, 海岸工学論文集, 51, pp.341-345.

### 第3章 諫早干拓建設前後の流動構造変化の把握

#### 3.1 はじめに

有明海における水環境問題は、諫早湾干拓事業が着工された1990年以降の赤潮の大規模化・多発化や二枚貝等の漁獲量減少に端を発し、2000年冬期の大規模なノリの色落ちを契機に深刻な社会問題へと発展した。2003年8月には、水環境の悪化の一因とされている諫早湾干拓工事の差し止め仮処分が決定され、事業全体の再検討と修正が求められている状況である。近年の有明海においては、諫早湾干拓事業の影響として流速・流況の変化が指摘されている。しかしながら、流況変化の一因とされている諫早湾干拓事業着工以前の流況データが充実していないため、その検証は容易ではなかった。

西ノ首(1996)<sup>1)</sup>は、雲仙普賢岳の火山活動による漁業被害の評価・予測の一環として、1993年4月28日～5月28日に、長崎県島原漁港沖で潮流の連続観測を行っていた。この観測結果は、諫早湾干拓事業によって潮受堤防が締め切られた1997年以前のデータであること、1ヶ月間の連続データを取得していること等から、非常に貴重なものである。そこで、潮受堤防締め切り前後の潮流流速の比較を行うことを目的として、1993年に実施された観測と全く同じ条件で潮流連続観測を行った。

#### 3.2 観測の概要

観測は、2004年4月22日～5月22日の31日間に、図-3.1に示す長崎県島原漁港沖の2つの測点P41(32°41'23"N, 130°23'49"E, 平均水深47m)、P43(32°45'30"N, 130°25'52"E, 平均水深48m)において実施した。P41、P43の水深5mと20m位置に1993年に使用した流速計と同じ電磁流速計(ALEC電子社製)を西ノ首が係留し、流速・流向の測定を行った。図-3.2に係留系の概略を示す。各流速計の測定間隔は10分毎とした。



図-3.1 観測実施位置の概略図

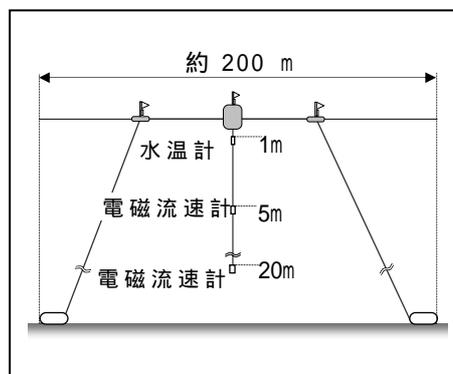


図-3.2 観測機器類係留系の概略図

### 3.3 観測結果と考察：

潮受堤防締め切り前後の各観測期間のうち，潮受堤防建設前のデータは 1993 年 4 月 29 日～5 月 13 日の 15 昼夜分について，潮受堤防建設後のデータは 2004 年 4 月 27 日～5 月 11 日の 15 昼夜分について解析を行った．なお，この期間中の気象条件は，アメダス（島原）における総降雨量，平均風速ならびに最大風速についてみると，1993 年は 154mm，3.7m/s，9.0m/s であり，北西風が卓越していた．一方，2004 年は 124mm，2.8m/s，9.0m/s であり，南風が卓越していた．また，筑後川の上流に位置するアメダス（久留米）の期間中の総降雨量を比較したところ，1993 年が 141mm，2004 年が 149mm であり，筑後川の流量については大きな差異はなかったと推測できる．

表-3.1 各測点における調和定数（振幅のみ）

	P41								
	潮位 (cm)	水深5m		水深20m		水深5m		水深20m	
		北方流速 (cm/s)	東方流速 (cm/s)	北方流速 (cm/s)	東方流速 (cm/s)	北方流速 (cm/s)	東方流速 (cm/s)	北方流速 (cm/s)	東方流速 (cm/s)
1993年観測									
M <sub>0</sub>	-	-8.86	-4.48	1.77	1.17	-8.82	-0.72	-1.89	4.36
M <sub>2</sub>	167.91	55.70	17.00	72.60	26.40	45.90	8.51	55.20	13.10
S <sub>2</sub>	55.76	17.30	10.60	24.40	10.00	12.40	5.47	18.40	5.01
K <sub>1</sub>	32.35	1.99	4.59	6.90	4.79	4.62	1.54	5.70	3.85
O <sub>1</sub>	22.14	2.06	2.74	4.77	3.94	4.17	1.66	1.36	3.99
2004年観測									
M <sub>0</sub>	-	-8.75	-0.86	1.56	2.61	-6.24	-3.96	-4.33	0.44
M <sub>2</sub>	156.18	39.10	23.70	69.80	21.60	41.30	11.30	46.90	9.49
S <sub>2</sub>	64.98	14.30	6.64	28.90	10.80	13.40	7.69	20.50	2.27
K <sub>1</sub>	33.54	1.47	4.15	8.68	3.02	4.32	0.83	5.83	1.28
O <sub>1</sub>	27.25	5.86	3.62	5.47	1.91	6.36	3.93	1.29	4.20

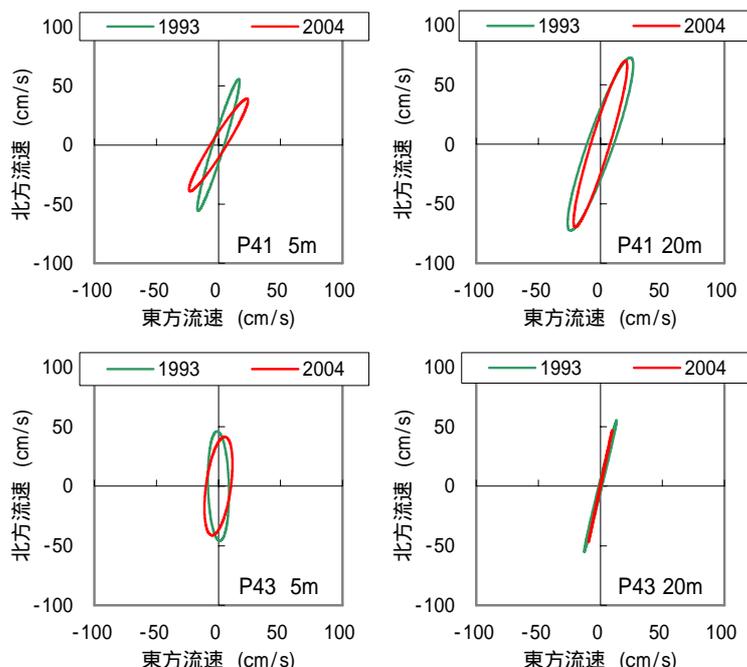


図-3.3 M<sub>2</sub>潮の潮流楕円（上図：測点 P41，下図：測点 P43）

1993年と2004年の両観測により得られた潮流流速および気象庁の大浦検潮所で観測された同期間の潮汐<sup>2)3)</sup>について最小自乗法による調和解析を行った。潮汐および潮流流速の調和定数を表-3.1に、 $M_2$ 潮の潮流楕円を図-3.3に示す。有明海で支配的である $M_2$ 潮の潮位変動の振幅は、1993年が167.9cm、2004年が156.2cmであり、7.0%減少していたのに対して、 $M_2$ 潮の潮流楕円の長軸長は、P41水深5m、20m、P43水深5m、20mにおいて、1993年では各々58.1cm/s、76.5cm/s、46.0cm/s、56.7cm/s、2004年では45.4cm/s、72.6cm/s、41.7cm/s、47.9cm/sとなり、P41水深5mで21.8%、P41水深20mで5.10%、P43水深5mで9.36%、P43水深20mで15.6%の減少が確認された。

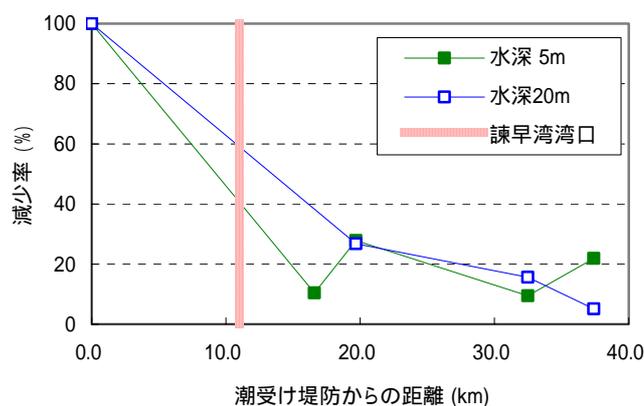


図-3.4 潮受堤防からの距離と潮流流速の減少率の関係

潮受堤防からの距離と $M_2$ 潮の潮流楕円の長軸長の減少率の関係を図-3.4に示す。ここで、潮受堤防からの距離は、 $32^{\circ}45'00''N$ 、 $130^{\circ}16'24''E$ （普賢岳山頂付近）を中心とし、各測点を通る円の円弧の長さとして算出した。今回の観測で得られた観測値以外に、図中には、西ノ首ら<sup>4)</sup>によるP61、P62地点の結果も併せて記載した。なお、潮受堤防における潮流の減少率は100%と仮定している。この結果から、潮流の減少率は潮受堤防からの距離が大きくなるほど小さくなる傾向があり、潮受堤防から32.5~37.4km離れた今回の観測実施海域で15%程度の減少率となっている。また、この図からは、諫早湾湾口付近において40~60%程度の潮流減少が生じるものと推測される。しかしながら、潮流の減少率は地形や減少率を算出する際に基準となるその海域の潮流流速等の種々の要因によって変化すると考えられる。また、諫早湾への海水の出入りは島原半島に沿うように生じていると考えられることから、島原半島からの距離も潮流の減少率に影響する重要な要因となっていると推測される。

### 3.4 まとめ

今回実施した観測は、諫早湾潮受堤防の建設前後を比較できる貴重な観測である。調和解析の対象とした期間は1993年と2004年とでは、風向を除けば気象条件に顕著な差異は見られず、ほぼ同等な条件での潮流の比較が可能であった。これらの潮流データを使用して調和解析を行った結果、この期間中の $M_2$ 潮の潮位変動が7.0%減少しているのに対して、 $M_2$ 潮の潮流楕円の長軸長は最大21.8%減少していた。測点が潮受堤防から30km以上離れて

いることから、これらの潮流の減少に対しては、諫早干拓事業以外の要因が寄与していることも考えられるが、潮受堤防建設の影響が広範囲に亘って生じている可能性を示唆するものである。

#### 参考文献

- 1) 有明海漁場環境調査協議会：雲仙普賢岳火山活動の水産業に及ぼす影響調査事業報告書，1996.5
- 2) (財)気象業務支援センター：潮位観測データ 1993年～1996年，CD-ROM
- 3) 気象庁：潮位観測資料，<http://www.data.kishou.go.jp/marine/tide/genbo/index.php>
- 4) 西ノ首英之，小松利光，矢野真一郎，齋田倫範(2004)：諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価，海岸工学論文集，51，pp.336-340.

#### 謝 辞

本研究は、(社)土木学会の平成16年度重点研究課題(研究助成金)による援助の元に行われた。ここに記し、深甚なる感謝の意を表す。

また、本研究を遂行するにあたっては、研究の中心をなす現地観測において、以下の方々に多大なるご協力を頂いた。長崎大学水産学部の西ノ首英之名誉教授、長崎大学工学部の多田彰秀教授、長崎大学環境科学部の中村武弘教授、中部大学工学部の武田誠講師、東京電機大学工学部の橋本彰博助手、ならびに各先生方の研究室の学生諸君。また、九州大学大学院工学府環境流体力学研究室の博士後期課程3年齋田倫範君とその他学生諸君。さらに、有明漁業協同組合、ならびに瑞穂漁業協同組合には、観測船の傭船において多大な協力を得た。また、本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究A(課題番号：14205075，課題：有明海の流れ構造の解明と蘇生・再生のための調査研究)と基盤研究S(課題番号：13854006，課題：有明海の環境と生態系・漁業の変遷に関する調査研究)の援助を受けた。ここに記して、謝意を表す。