

有明海大浦沖における海底撈拌の効果

滝川 清*・秋元和實**・吉武弘之***・渡辺 枢****

有明海の諫早湾湾口部の2海域において海底を撈拌し、底質調査、水質調査および生物調査を実施し、撈拌の効果を追跡調査した。周辺海域の環境特性についても調査研究を行い、懸濁物質の集積・移動など海域環境についても総合的評価を行った。その結果、以下の結論が得られた。1)堆積物が砂質あるいは泥質であっても、撈拌効果は3ヶ月間維持され、底生生物が増加した、2)泥質堆積物における撈拌効果は、暴風時の波浪による撈拌に匹敵する、3)2004年6月～11月の連続観測に基づく、大浦沖には筑後川流域の降水後に懸濁物と植物プランクトンに富む低塩分水が流入し、これらが沈降すると短時間に海底が貧酸素状態になり、pHも低下する、4)大浦沖に集積した泥粒子は潮汐流の影響で南東に移動し、その移動方向は表層堆積物の厚さの分布に一致する。

1. はじめに

有明海における環境悪化の原因分析については、多くの機関・研究者を中心に調査・研究が積極的に鋭意すすめられているが、環境を支配する要因が多かつ複雑であるために十分な機構解明に至っておらず、具体的な再生策等については不明のままである。耕耘、覆砂、浚渫、作渇など底質改善や流況改善による環境回復と漁業水産回復を期待した対策が実施されているが、これら個々の対策の効果に対する科学的根拠にも乏しい実情にある。

本研究は、有明海の諫早湾湾口部周辺の海底を撈拌して、底質調査、水質調査および生物調査を実施し海底撈拌の効果を追跡調査するとともに、周辺海域の環境特性についても調査研究を行って海域環境の総合的評価を加えたものである。海底撈拌による効果を科学的に調べ、底質環境の改善・維持方策に寄与する資料を得ることを目的として研究を行った。

2. 海底撈拌

長崎県国見沖海域(2004年7月23日～31日)および佐賀県大浦沖海域(2004年9月11日～16日)のそれぞれ約5 km²の区域で、「カイケタ」を用いて実施した(図-1)。撈拌は、前者は中潮から小潮から中潮にかけて、後者は小潮から大潮にかけて実施された。

3. 調査内容

両海域において、水質、底質、底生生物、地形および地質を、撈拌直前、撈拌直後、1週間後、2週間後、1ヶ月後および3ヶ月後まで追跡して調査した。国見沖

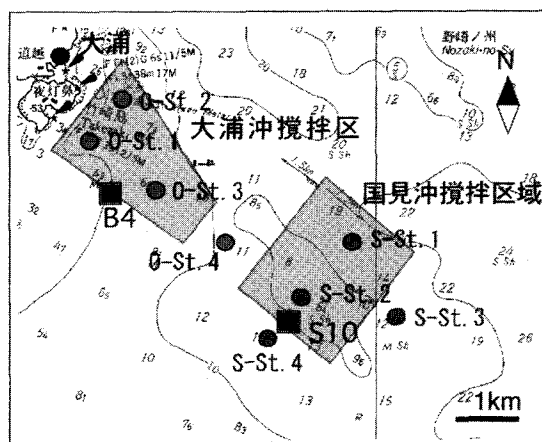


図-1 撈拌区域、水質・底質調査地点(●)および観測槽(■)

(観測槽 B4)および国見沖(観測槽 S10)に沈降瓶を設置し、浮遊沈降物(不溶性懸濁物質質量:SSおよび有機物質質量:VSS)を採集した。周辺海域の変動特性を把握するため、諫早湾にある観測槽(湾中央:B3、湾口北部:B4、湾口南部 B5、湾口外側や北側:B6)での連続観測データ(流況、水質項目など)を収集分析した。同時に、目視観測とともに、2次元及び3次元流動解析(POM2k)を行って、海域の潮汐流動特性を調べた。撈拌効果に関して底質・水質・流況の物理・化学的変化と生態環境との関連を総合的観点において検討した。

4. 海底撈拌の効果

(1) 砂質ないし砂泥質堆積物(国見沖)

堆積物は、表面を極薄いシルトが被覆する細粒から粗粒砂からなり、含水率30～50%、含泥率20～50%である。

撈拌直前に作業海域で得られた水質と、撈拌区域の南東端から約500 m離れた B5観測槽の同じ時刻のそれは良く一致していた。そこで、作業による底質の巻き上げの影響を、近接の観測槽で得られた海水1 l中の懸濁物

* フェロー 工博 熊本大学教授 沿岸域環境科学教育研究センター

** 正 会 員 理博 熊本大学助教授 沿岸域環境科学教育研究センター

*** 正 会 員 農林水産省九州農政局整備部農地整備課

**** 正 会 員 熊本市役所

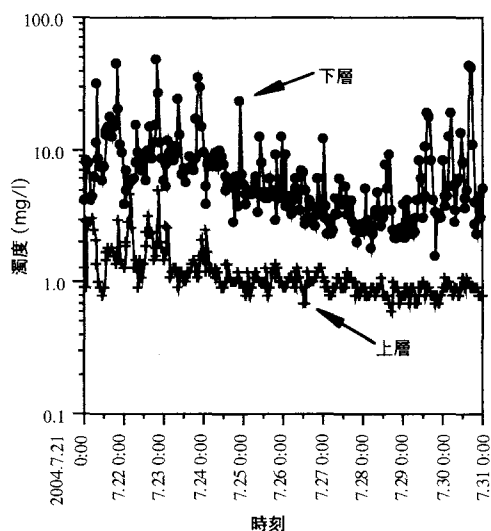


図-2 国見沖攪拌期間(7月23日～31日)付近の観測槽 B5における濁度の変化

量を濁度(mg/l)として調査した, B5の濁度には攪拌開始前後の3日間顕著な変化が認められなかった(図-2). このことから, 砂質堆積物の攪拌によって巻き上がる粒子の影響は, 最大でも500 m 以下と考えられる.

攪拌による堆積物表層における顕著な変化が認められた. 粗粒砂(S-St.1)では, 含泥率は21%と変化が無いが, 含水率が38%から攪拌後には41%に増加した. 泥質中粒砂(S-St.2)でも, 含泥率は41%から48%とほとんど変化がないが, 含水率が49%から54%に増加し, 約3ヶ月後も55%であった. 含水率の増加は通水性が良くなったことを意味する. 攪拌前には強熱減量が5.9(S-St.

1)および9.5(S-St.2), CODが6.8(S-St.1)および12.0(S-St.2)であった. 攪拌の約3ヵ月後には前者が3.6(S-St.1)および7.6(S-St.2)に, 後者が4.8(S-St.1)および10.0(S-St.2)になり, ともに減少していた. 含泥率はほとんど変化がないが, 砂地を好む生物(アサリ, シタガレイなど)には良好な環境が創生されたといえる. このことは, 底生物の種数が約3ヶ月後には増加したことから支持される.

(2) 泥質堆積物(大浦沖)

a) 人為的攪拌の効果

海底表層には, 含水率は約65%, 含泥率80%以上の底質堆積物が分布する.

観測槽 B4の下層の濁度に基づくと, 作業前後の2回の小潮から大潮(8月11日-19日, 10月10日-16日)において, 通常時の干潮に極大値(約10)を示すことから, 粒子の巻き上がりを把握した.

攪拌期間における B4における濁度の変化を図-3に示す. 開始直後の上層における濁度は2であり, 下層のそれは約30である. 作業が行われていない夜間の干潮時には2まで低下したことから, 攪拌の効果は少なくとも開始2日後には認められた. 期間後半における上層の濁度は1以下であり, 懸濁物質の供給はほとんどない. しかしながら, 昼間の干潮時における下層の濁度は60(平常時の最大値の5倍以上)に達する. このことから, 泥質堆積物の分布域において, 粒子の巻き上げには少なくとも6日間の攪拌が必要であると判断される.

さらに, 下層の濁度は, 攪拌1日後(9月17日)も, 中潮の干潮から次の干潮の1時間後まで10~20であり, 満潮の0.5~1時間後において最大であった. この時の定

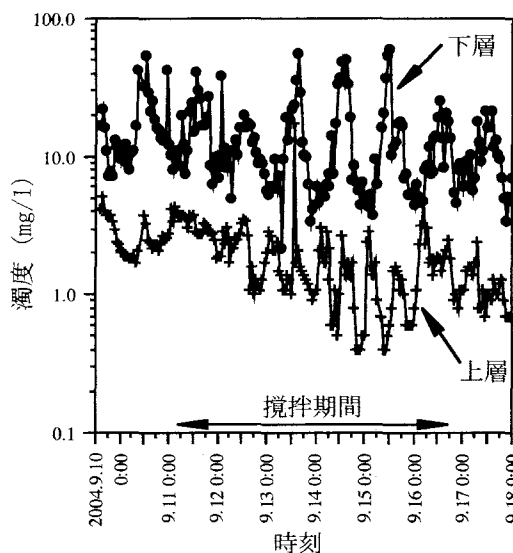
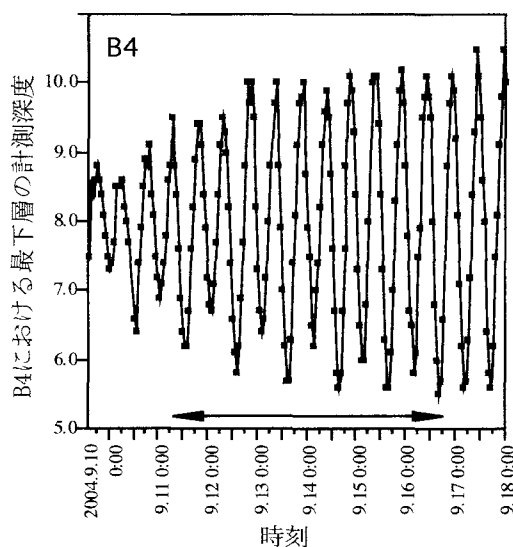


図-3 大浦沖攪拌期間付近の観測槽 B4の濁度の変化

点の値は、2.0~2.8(定点 O-St. 2), 2.4~3.6(定点 O-St. 4)であった。このことから、少なくとも、水深の浅い撈拌区域北西部では、満潮でも撈拌の効果が持続していた。

B4に近接する定点 O-St. 2において、堆積物表層の含水率は66%(撈拌直前), 63%(撈拌6日後), 66%(撈拌77日後), 含泥率は81%(撈拌直前), 68%(撈拌6日後), 80%(撈拌77日後)である。撈拌によって一旦低下するが、約2.5ヶ月後には元の状態に戻る。撈拌前には強熱減量が10.0(撈拌直前), 10.0(撈拌6日後), 9.6(撈拌77日後), CODが15.0(撈拌直前), 14.0(撈拌6日後), 17.0(撈拌77日後)であった。堆積物の性状にはほとんど変化がないが、撈拌直後には軟体動物種が増え、約3ヶ月後には環形動物や節足動物が増加した。また、無生物であった地点にも生物が出現し、3ヵ月後も生息するなど、個体数、種類数の増加がした。

b) 自然状況(波浪)による底質撈拌

台風18号の接近前後の観測資料に基づき、暴風による撈拌を検討した(図-4)。

接近の3日前(9月4日)における海底直上の懸濁物の濃度は、潮汐が最速になる満潮と干潮の中間の時間において、微弱であるが極大(約10)になる。24時間後(9月5日0時)からは、潮汐の変化と関係なく増加し、9月6日の干潮付近(6:00)には、極大値が約50に達している。一方、上層、中層の値は、最下層の値より低く、潮汐の変化とも不調和である。加えて、9月5日以降下層の値が増加したにもかかわらず、逆に低下している。したが

って、台風の接近とともに波浪の影響を受け、とくに干潮時に海底が撈拌されていると判断される。

台風通過の2日後(9月9日:撈拌作業前日)に、2定点(O-St. 2およびO-St. 4)および2観測槽(B5およびB6)において濁度を調査した。ただし、2槽では9日13:00まで観測していないため、定点と観測槽の値には2.5時間の差がある。

干潮に測定したO-St. 2の濁度は、水深4m以深で増加し、最下層に極大が認められた(14.1:O-St. 2, 11.7:O-St. 4)。2観測ステーションでも、同様に下層で濁度が高い。しかしながら、B4では潮汐最速時に極大(53.5)になるのに対して、B6におけるそれは不規則に現われ、値も約10である。このことから、堆積物の巻き上げはB4で発生していると推定される。また、B4の極大値から、カイケタによる撈拌は、暴風に伴う波浪による撈拌に匹敵することが判明した。

5. 懸濁粒子の挙動

(1) 粒子の集積

B4の沈降瓶で得られた不溶性懸濁物質量および有機物質量は、S10のそれらに比べて著しく多い(図-5)。沈降瓶におけるSSおよびVSSの相関は、高い($VSS=0.305 \cdot SS^{0.833}$, $r^2=0.990$)。SSの主な構成粒子は、泥と珪藻殻であった。このことは、表層の濁度とクロロフィルの値が一致して変化すること、ならびに両者は同じ経路で流入することを示唆している。

沈降瓶調査を行った9月22日においても、観測槽B4

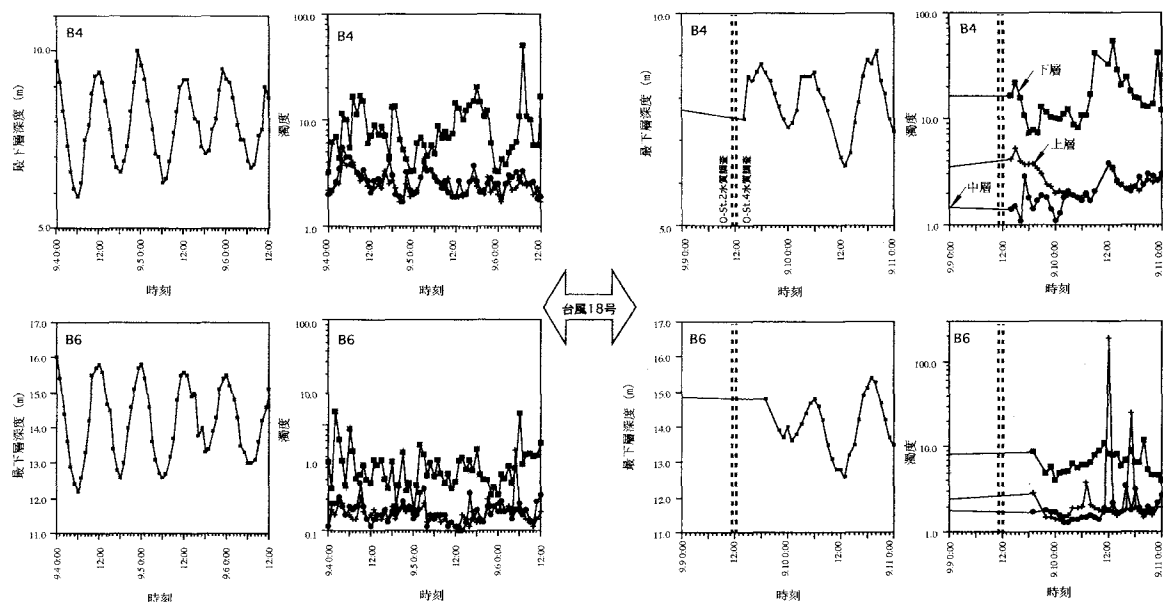


図-4 台風18号の接近前後のB4, B6観測結果

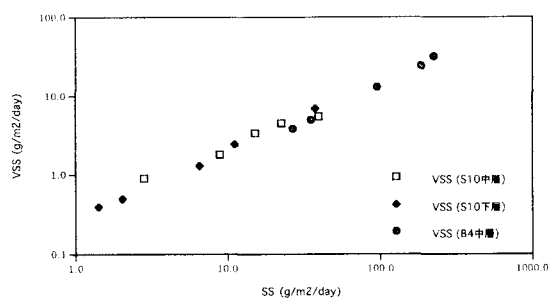


図-5 SS量とVSS量の地点別相関

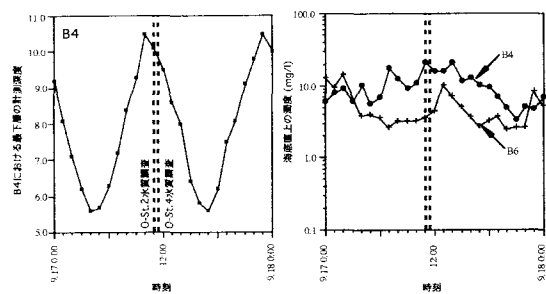


図-7 B4およびB6における下層の濁度の変化

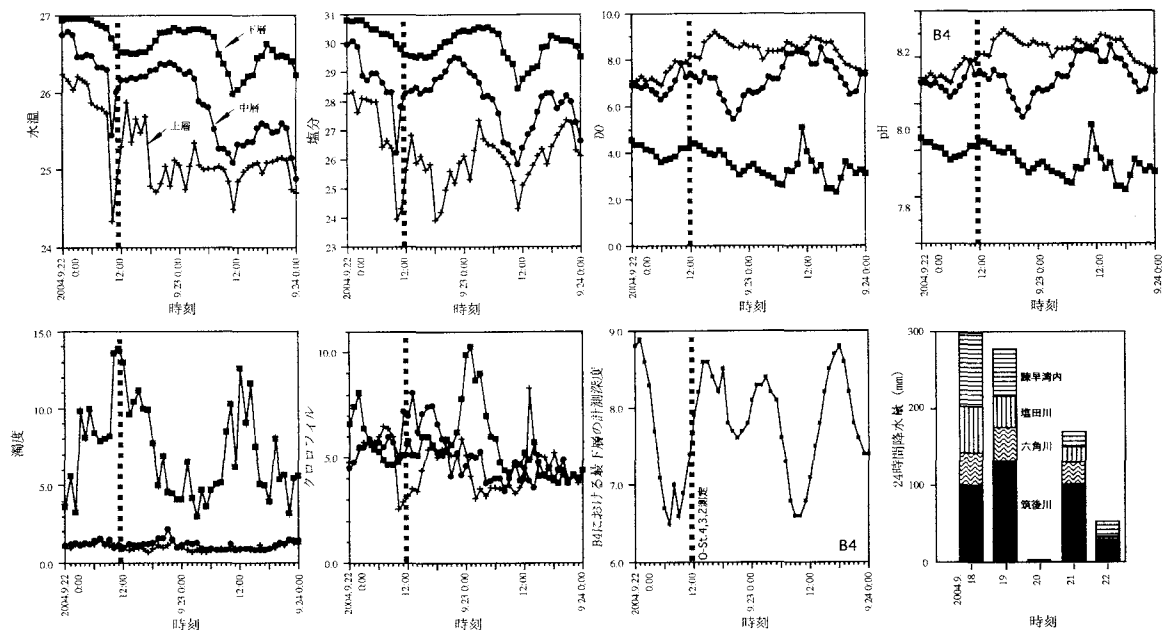


図-6 筑後川流域の雨量と大浦沖の海洋環境の時系列変化

から塩分が低下しはじめ、B6でも遅れて極端な低下が認められた(図-6)。しかしながら、他の2層では軽微であった。この塩分低下の直前には筑後川流域で24時間雨量が高いことから、筑後川を起源とした懸濁粒子に富む低塩分水が大浦沖に流入したと推定される。6月には観測槽B4における表層の濁度は他の槽における値の10倍に達し、これ以外の期間でもB4の値はやや高い。6月26日から28日にかけての、筑後川流域の24時間雨量の増加、衛星画像によるクロロフィルの分布(有明海等環境情報・研究ネットワーク衛星画像)、B4の塩分低下は、表層水が筑後川沖から大浦沖に流入していることを、連続して捉えている。

(2) 海底環境に対する沈降粒子の影響

B4における9月22日の塩分低下と同時に、下層では濁度が増加する(図-6)。このとき、クロロフィル量の12時間後に認められる。沈降瓶には泥粒子と珪藻殻が多

産していたので、クロロフィル量は珪藻の個体数に相関する。したがって、懸濁物とクロロフィルの極大の時間差は、それぞれの比重の違いに起因すると判断される。

中層において、クロロフィル量が極大を示した6時後に溶存酸素とpHの極小が現われた。さらに、9時間後に下層で両者の極小が認められた。このことは、海底直上の溶存酸素とpHの低下が、低塩分の表層水によって流入した珪藻を含む有機物の沈降と分解過程の結果、発生していることを示している。

さらに、同時に測定した下層のpHが、7.74(B4、水深7.5m)で、8.08(O-St.2、水深7m)で、8.04(O-St.4、水深7m)と異なる。このことは、海底の貧酸素状態の原因になる有機懸濁物が、極めて限られた場所に供給されていることを示唆している。

(3) 沈降粒子の再移動

大浦沖で巻き上げられた懸濁物の再移動について、観

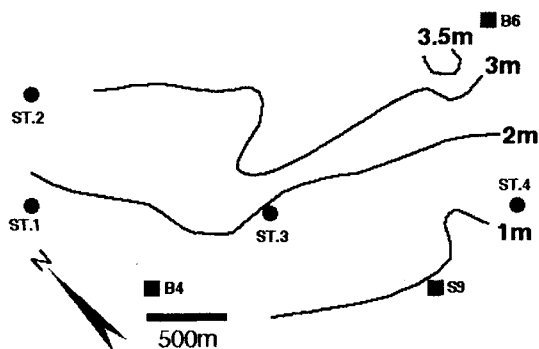


図-8 大浦沖における表層堆積物の層厚分布図

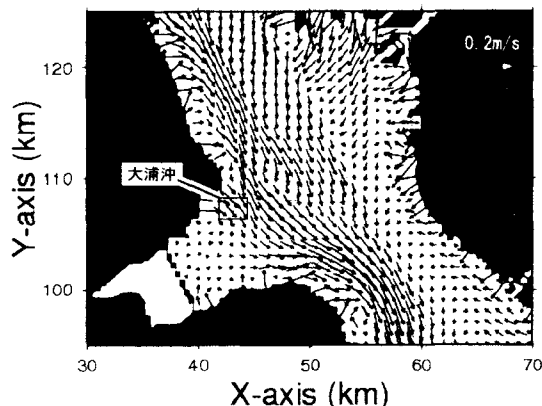


図-9 有明海湾奥部残差流

測槽(B4およびB6)の資料を基に検討した(図-7)。

撈拌1日後(9月17日)の満潮付近におけるB4の下層の濁度は、20に達していた。この時の他の観測点における下層の濁度は2.8(O-St.2およびO-St.4)、3.6(B6)であった。このことは、少なくともB4で粒子が懸濁していることを示している。さらに、この満潮の前後の下げ潮最速時に、B6で10.3であった。2観測槽の値から、この時に海底を沿う懸濁物の移動が発生していると推定される。

さらに、台風18号の通過後の9月9日における定点(O-St.2およびO-St.4)の最下層の濁度は、14.1および11.7であった。下げ潮最強時以外の観測値は4～5以下であることから、B4で懸濁した粒子が底層を移動したと考えると解釈される。9月10日のB6においても、下げ潮最強時に下層の濁度の上昇が認められた(図-4)。

大浦沖において、下げ潮最強時には、南東に未固結の泥の移動限界流速である20 cm/秒に達する底層流が存在する(中村ほか, 2002)。両ステーションにおいて中層の値は低く、ほとんど変化しない。これらのことから、巻き上げられた泥は、海底に沿って南東に拡散していると推定される。これは、地形調査における表層堆積物の厚さがB6付近で厚くなっていることとも一致する(図-8)。

(4) 諫早湾近傍海域での潮汐流動特性

諫早湾近傍の潮汐流動に関する2次元の数値シミュレーション(滝川・田淵, 2002)によると、潮汐残差流は、諫早湾口部では基本的に湾奥および湾口部の東海域からの入込みが存在しており、諫早干拓堤防の設置後は諫早湾内への入込みが少なくなって、湾口付近での南北の流れが強まり、湾口南部や島原半島北部での循環流が弱ま

ることが算定されている。

ここでは更に、3次元流動モデル(POM-2k)を用いて諫早湾口付近の潮汐流動特性を調べた。計算領域は八代海を含む、北緯32°～33°10′、東経129°50′～130°40′の広範囲で、格子間隔400 m、水深方向6分割で、主要4分潮の潮汐を入力した。なおプログラムは干潟の干出・水没を再現できるよう改良したものである。

図-9は、3次元解析による潮汐残差流の水深方向平均値を図示したものである。諫早湾口部の北部付近の大浦沖では、湾奥からの流れが集結し、さらに諫早湾口部に沿って南下する流れが存在する。本研究の調査期間に観測された懸濁物質が大浦沖で沈降し、さらに海底に堆積した底質が湾口部を南下することと対応するものと考えられる。

6. おわりに

底質が異なる2箇所の海底撈拌を実施し、その効果を物理・化学的指標および生物的指標から調べるとともに海域環境特性との関連において検討を加えることによって、海域環境特性に関する極めて重要な知見と資料を得ることができた。

参考文献

- 中村武弘・多田章秀・矢野真一郎(2002): AラインおよびEラインの流速観測について。有明プロジェクト研究チーム編: 有明プロジェクト中間報告書(その1), pp. 126-134.
- 滝川 清・田淵幹修(2002): 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響。海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1061-1065.