

作 漚 効 果 の 調 査 結 果 と 評 価 （ 案 ）

- 1 . 作 漚 の 効 果 と 評 価 方 法
- 2 . 作 漚 効 果 の 調 査 結 果
- 3 . 作 漚 効 果 の 評 価 （ 案 ）

平 成 1 6 年 2 月

1 作漥による事業効果

(1) 期待される事業効果

作漥とは、浅い海域、干潟域に局部的に深い漥筋をつくることにより対象海域の流況を変え、海水交換を促進すると同時に交換量を増大させる工法であり、浅海域が広がる区域で海水の移流・拡散の促進が図られ、海域の水質の改善に有効な手法である。

香椎地区における期待される事業効果は、以下のとおりである。

作れい	海水交換効果	・香椎川からの流入負荷を地区外へ早く排出 ・海水中の有機物、栄養塩等の停滞を防ぐ
-----	--------	---

香椎地区においては、香椎川の流入負荷を地区外へ早く排出し、海水中の有機物や栄養塩等の停滞を防ぐものと期待できる。これらの作用は、富栄養化しているこの海域の環境において、覆砂による生息環境の改善をサポートし、香椎川の夏場の悪臭発生を抑制する効果などを持つものと考えられる。

香椎川河口域は、流速が小さく、滞留している傾向にあるが、やや沖合のアイランドシティ護岸の周囲には、御島西端地区を通り、地区外へ向かう流れがあることから、香椎川河口からアイランドシティ護岸に至る作漥を行うことにより、香椎川河口域の滞留域の解消及び、香椎川から流入する負荷の地区外への流出促進効果が期待される。

また、東西方向の作漥の効果により、100m 水路より漥をとって外海水が海域奥部まで流入してくることで、より大きな海水の拡散の促進が期待できる。

さらに、作漥による漥付近の流況変化により、海水の御島海域への流入時の流線と御島海域から流出する時の流線が異なることで、一様な平面流れの破壊による海水の拡散も期待される。

(2) 作漥効果の評価方法

香椎地区における効果・影響の評価項目及び判断基準・望ましい方向性として、前述した作漥の効果から、表 - 1 のとおり選定した。

表 - 1 作漥の効果・影響の評価項目及び基準（案）

効果・影響				効果の判断基準・望ましい方向性
海水交換の促進	○	流況	滞留域の解消	測流板による流線動向
			河川水の域外への流出促進	漥に沿った流向・流速頻度の増加、塩分濃度変化
			海域奥部への外海水の流入増加	漥に沿った流向・流速頻度の増加、水域奥への流量割合増加、塩分濃度変化
			流入時と流出時の流動状況の違い	流入、流出時の流線変化
水質の改善			水中栄養塩類の低下	水中の全窒素、全リン濃度の低下
			植物プランクトン量の低下	水中の有機物量(COD)として減少
			懸濁有機物量の低下	水中の有機物量(COD)として減少
			透明度の増大	透明度が増大する
			赤潮発生の減少	赤潮の発生可能性(頻度、規模)が小さくなる
			着色現象の減少	プランクトン、水中有機物による着色が少なくなる
			ガス・悪臭成分の減少	ガス・悪臭成分量の発生量が減少する
			悪臭発生の減少	悪臭発生が減少する
			底層の DO 増大	夏季底層水 DO が増大
			動物プランクトン量の増大	動物プランクトン量の増大

○印は、香椎地区の計画段階で評価対象とした項目（基本設計時の評価項目）
 印は、基本設計時はなかったが、追加した評価の視点
 印は、効果・影響が期待されるが、総合的な見地から判断が必要と考えられる項目

(3) 調査方法

測流板調査
GPS 内蔵測流板を用い、それを調査海域に投入し、時間毎の場所を把握することにより移流効果を調査した。測定層は表層（海面下 1m）とした。

連続調査
作濤に伴う作濤部及びその近傍の流動変化及び水温、塩分変化を把握するため、濤上とその近傍に電磁流速計及び自記式水質計を設置した。St.1 ～ St.3 は作濤第 2 区（平成 12 年度施工）、St.4 ～ St.6 は作濤第 1 区（平成 10 年度施工）、St.7 ～ St.9 は作濤第 3 区（平成 13 年度施工）の配置している。（図 - 1）
データの取得層は図 - 3 に示すとおりである。

断面調査
作濤に伴う対象海域への流量変化を把握するため、100m 水路のライン、250m 水路のラインで ADCP を艀装した調査船を航行し、流向、流速を測定した。その際、同時に水温、塩分の測定を行った。また、対象海域内の流況変化を把握するため、濤の横断面（ライン 2 ～ 5）において、ADCP を艀装した調査船を航行し、流向、流速を測定した。その際、同時に水温、塩分の測定を行った。（図 - 2）
データの取得層は図 - 4 のとおりである。

表 - 2 調査項目概要

調査名称	調査項目	調査方法	調査時期			備 考
			1 区施工後 H11.5	2 区施工後 H13.7	3 区施工後 H13.1 1	
流線調査	流線	GPS 内蔵測流板	○			
連続調査	流向・流速	自記式流向流速計	○	○	○	
	水温・塩分	自記式水温塩分計	○	○	○	
断面調査	流向・流速	ADCP		○	○	
	水温・塩分	STD		○	○	

注) ADCP:超音波ドップラー式流向流速計(Acoustic Doppler CurrentProfiler)、
STD:水深別自動水温・塩分計(Salinity Temperature and Depth profiler)

表 - 3 気象条件

調査日	降水量	潮位
H11 年 5 月 16 ～ 17 日	0mm	干満差 200cm 程度
H13 年 7 月 19 日,22 日	調査日は 0m 12 日に約 30mm、17 日に約 20mm	19 日 干満差 180cm 程度 22 日 干満差 215cm 程度
H13 年 11 月 1 日	調査日は 0m 10 月 28 日に 5mm 以下の降水	干満差 140cm 程度

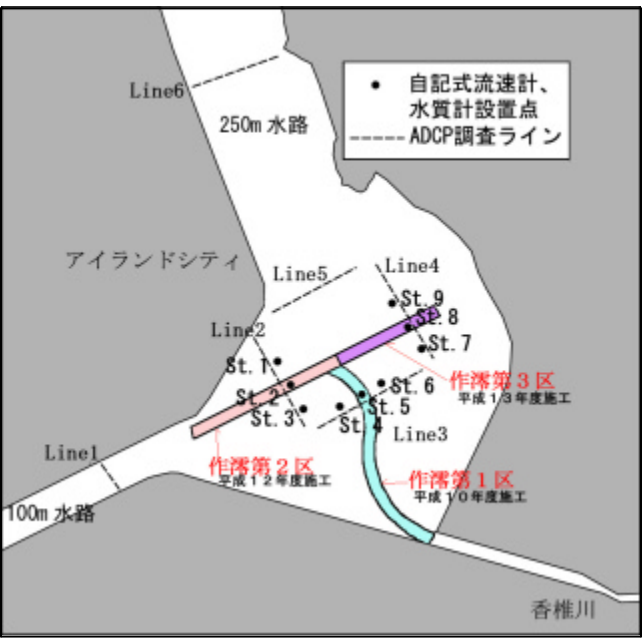


図 - 1 自記式流向流速計による調査点

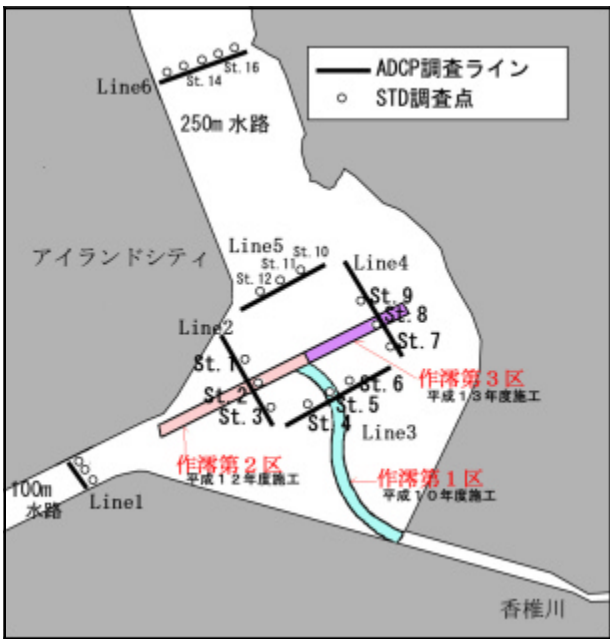


図 - 2 ADCP,STD による調査点

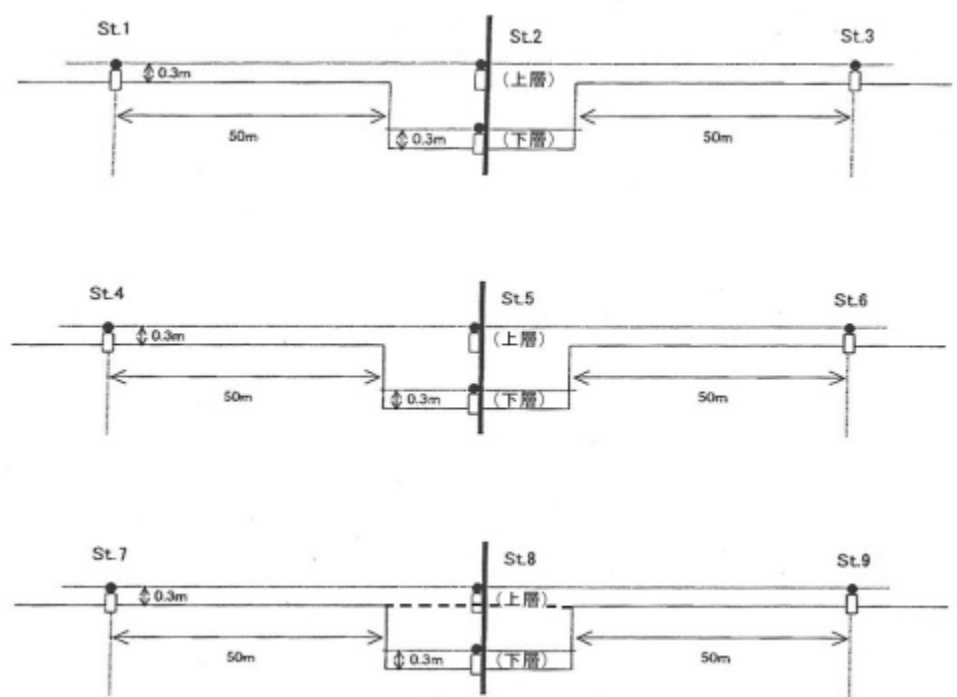


図 - 3 データの取得層（連続調査）

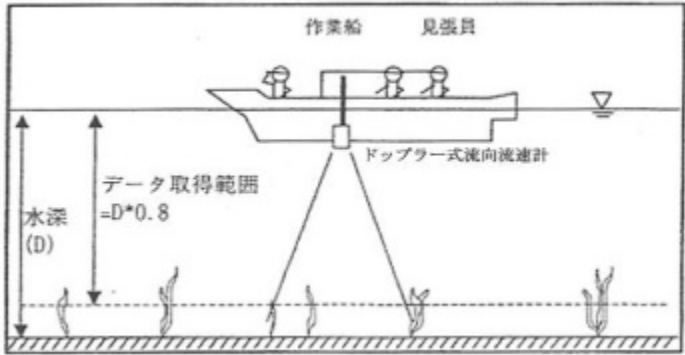


図 - 4 データの取得層（断面調査）

2 作濇効果の調査結果

(1) 香椎川河口付近の流線

GPS 内蔵測流板による流線動向を調査することにより、香椎川河口付近の滞留域の解消に効果があったか検証した。

平成 8 年 7 月の事前調査によると、香椎川河口部から流入してきた河川水は、御島海域の岩礁帯に阻まれ、滞留傾向にある。(図 - 5)

そこで、平成 10 年度に行った第 1 区作濇工事後、香椎川河口を投入点として、下げ潮時の GPS 内蔵測流板による流線調査を行った。図 - 6 に測流板別流線結果図を示す。

測流板は、すべて濇筋に沿って沖に向かう傾向を示した。(3 回調査を実施し、一度ずつ測流板が濇端よりはずれて移流速度が落ち、滞留する傾向を示したので再投入を行っている) 3 回のデータでみると、濇筋内、特に岩礁付近は速く、濇筋を離れると移流速度が落ち、滞留する傾向を示した。

このことから、第 1 工区作濇後は、濇筋や岩礁帯が取り除かれたことにより下げ潮時の表層水は濇筋をとり沖合に移流しているものと考えられる。

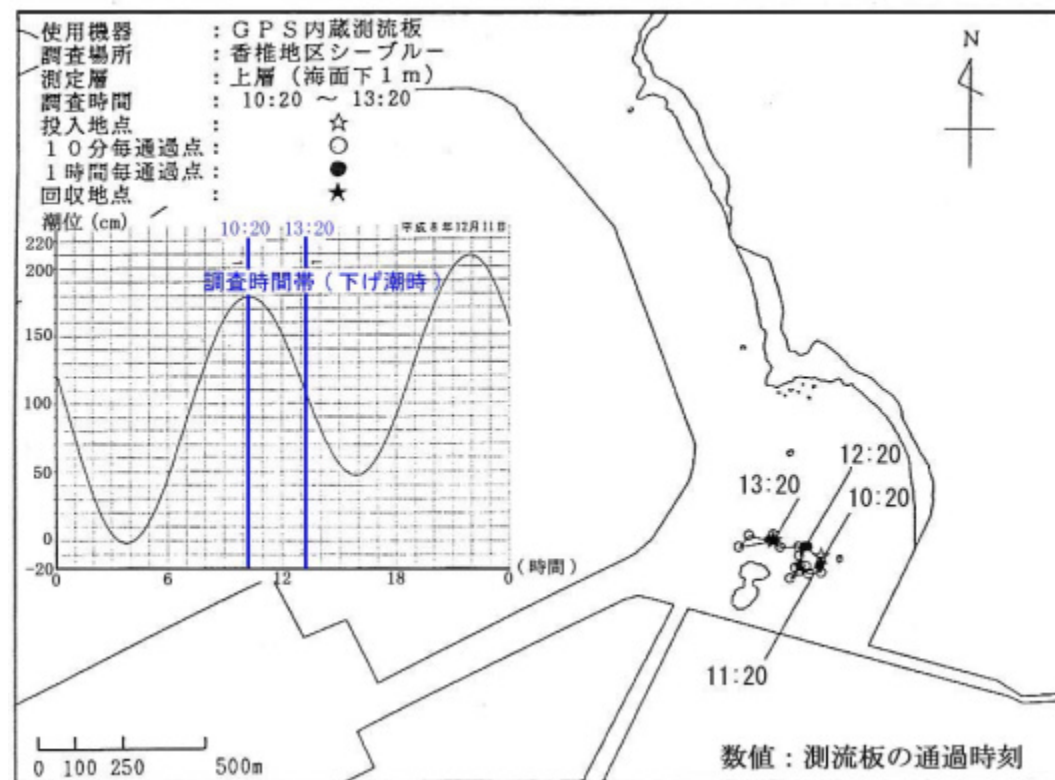


図 - 5 測流板流線結果図 (事前調査：平成 8 年 12 月)

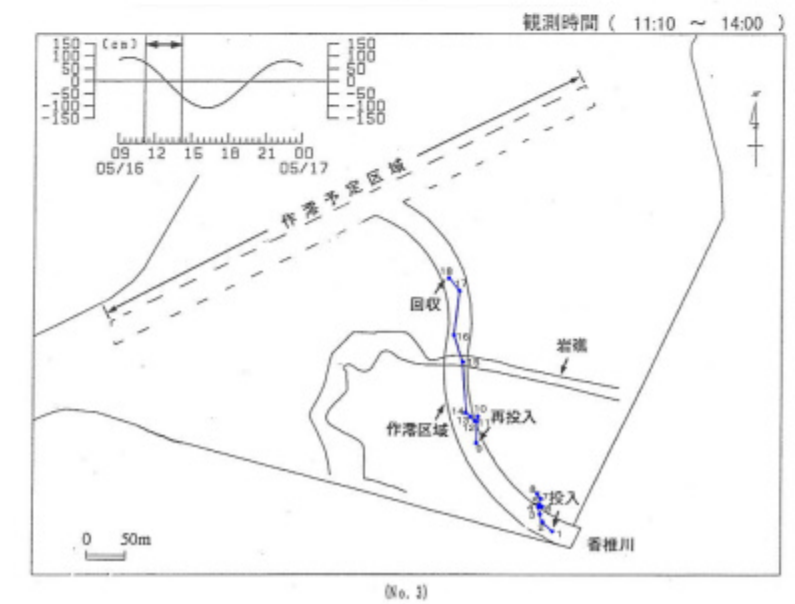
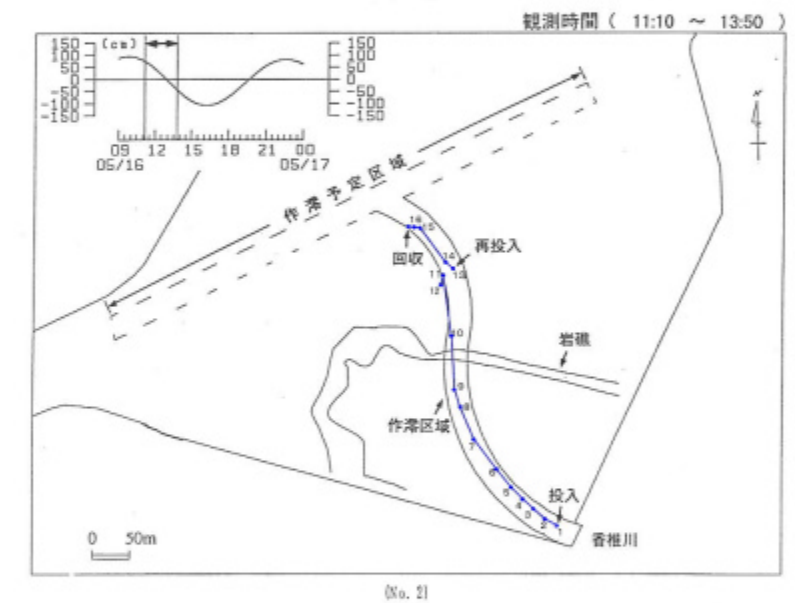
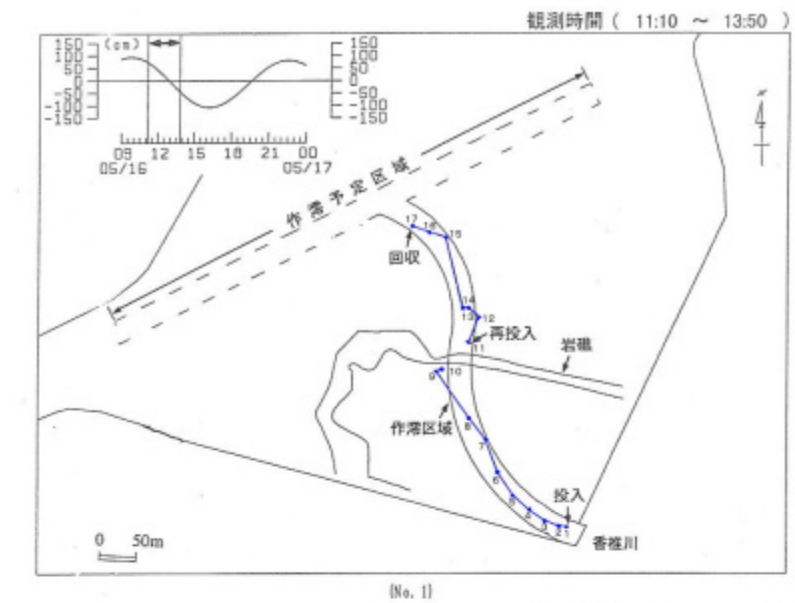


図 - 6 測流板別流線結果図 (平成 11 年 5 月調査)

(2) 河川水の流出・外海水の流入状況

第 1 工区（南北方向）作濇付近の流況

平成 10 年度に実施した第 1 工区の南北方向の作濇による効果は、香椎川から流入してくる河川水を域外へ流出させることにあるため、効果的に流出促進がなされているか南北の濇筋付近で調査を行った。

(a) 濇付近の流速の確認

平成 11 年 5 月、平成 13 年 7 月、平成 13 年 11 月に St.4 から St.6 で得られた連続データを用いて、濇上とそれ以外の最大流速の比較図を図 - 7 に示す。

最大流速比較図では、流入方向の流速最大値は濇上の St.5 が近傍に対して大きくなっていた。一方、流出方向の流速最大値は、平成 13 年 7 月では St.5 が近傍に対して大きくなっていた。

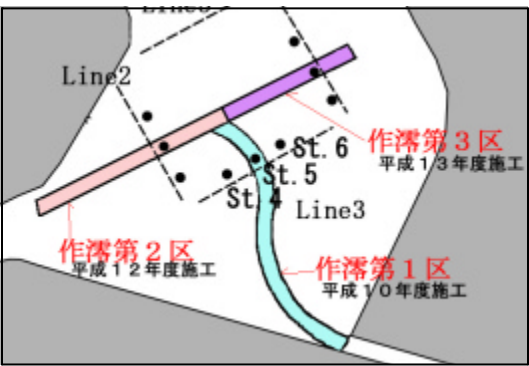
流速区分毎の流速出現頻度図を図 - 8 に示す。平成 11 年 5 月調査時では、St.4 で流入、流出の頻度が同程度であったが、St.5、St.6 では流入する方向の頻度が高くなっていた。一方、100m 水路へつながる作濇が完成した後の平成 13 年 7 月調査では、St.4、St.6 では流入、流出の頻度が同程度であったが、濇上の St.5 では流出する頻度が高くなっていた。

(b) 濇付近の流向の確認

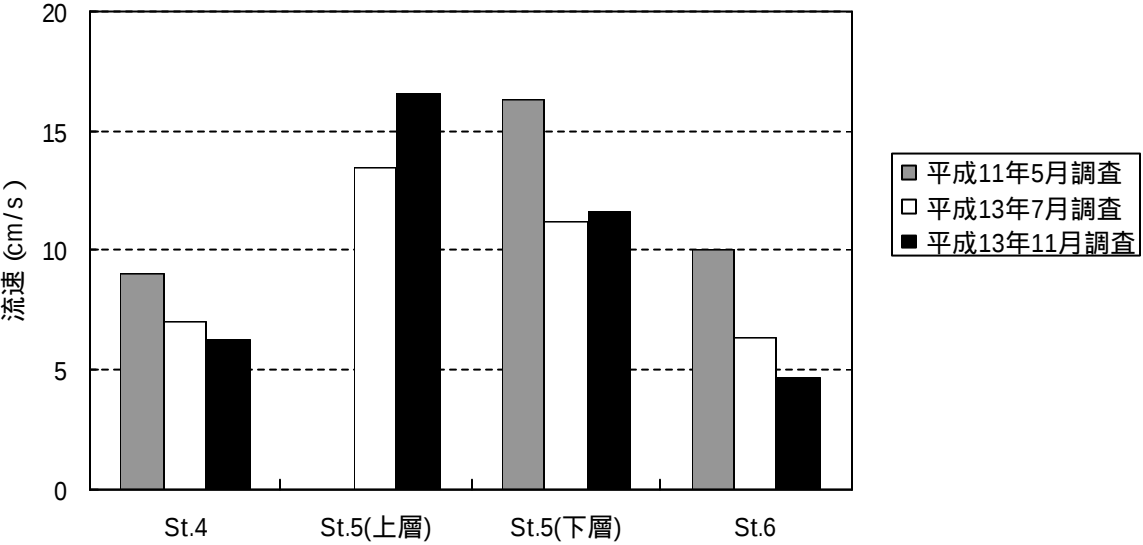
平成 11 年 5 月、平成 13 年 7 月、平成 13 年 11 月に St.4 から St.6 で得られた連続データを用いて流向別流速出現頻度分布図（図 - 9）を作成し、作濇前後の流向別の流速出現状況を確認した。

平成 11 年 5 月調査時、濇に沿って流入する方向である東南東から南南東の流れを示す頻度が高くなっていた。一方、100m 水路側へつながる作濇が完成した後の平成 13 年 7 月調査時には、濇に沿って流入する方向の流れを示す頻度とともに、濇に沿って流出する方向である北から北北西の流れを示す頻度が高くなっていた。

第 1 工区（南北方向）作濇の濇上の流出方向の流速が大きくなっていた。これは、南北方向の作濇が実施されたことに加えて、100m 水路方向に作濇が延伸したことにより、河川水を効果的に排出できるようになったためと考えられる。



(流入方向)



(流出方向)

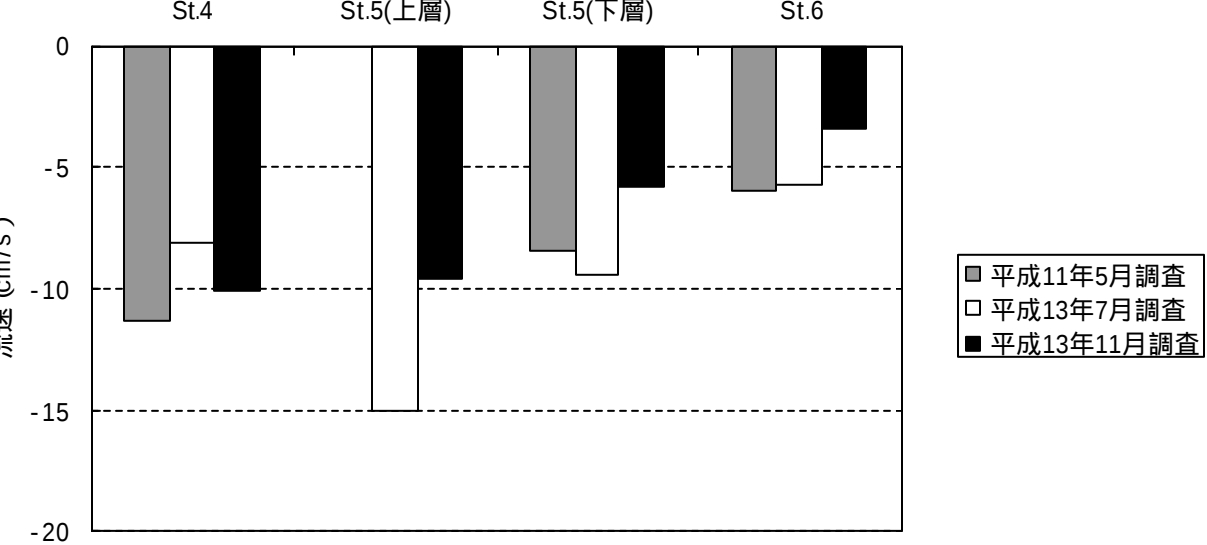
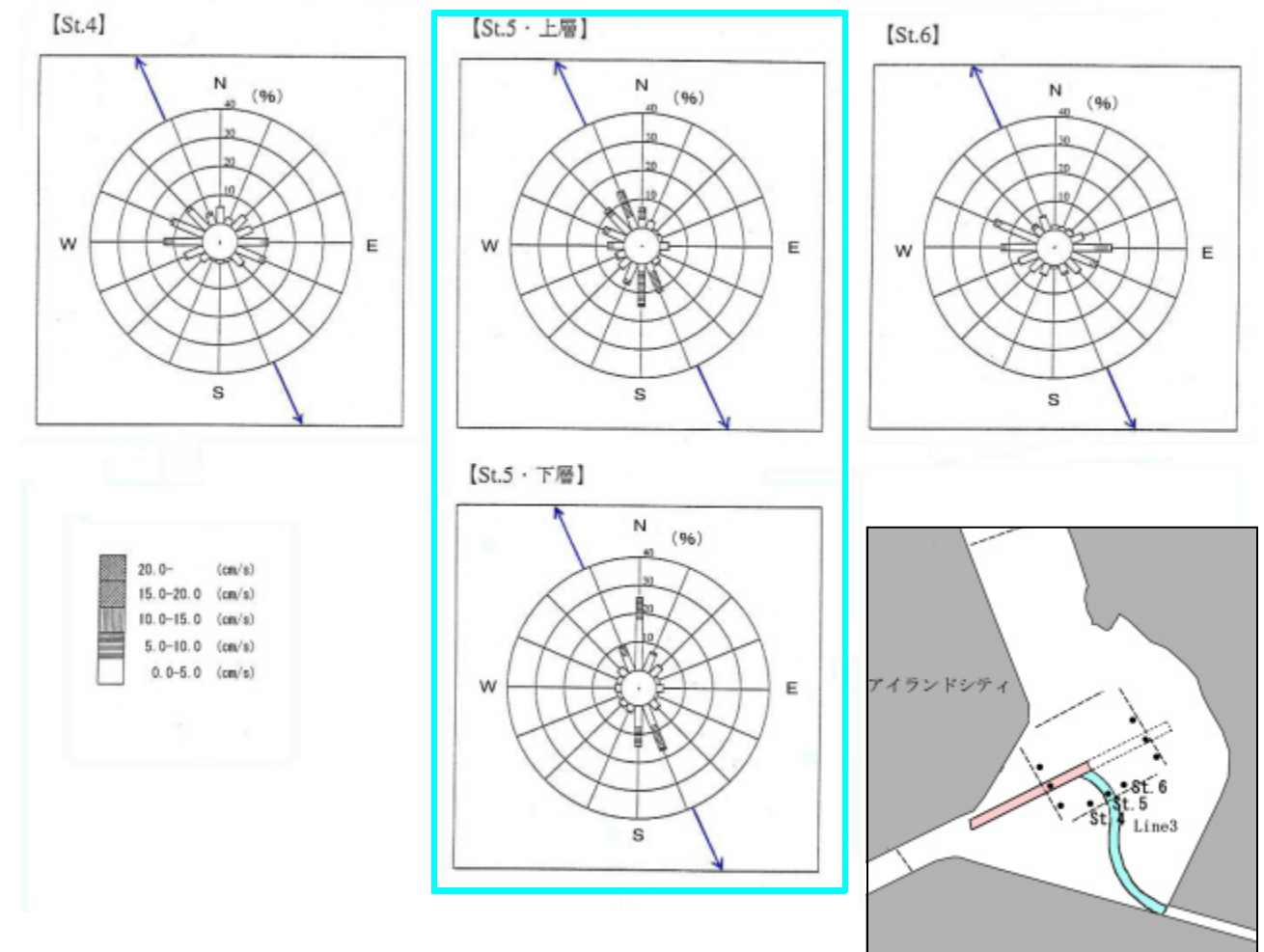
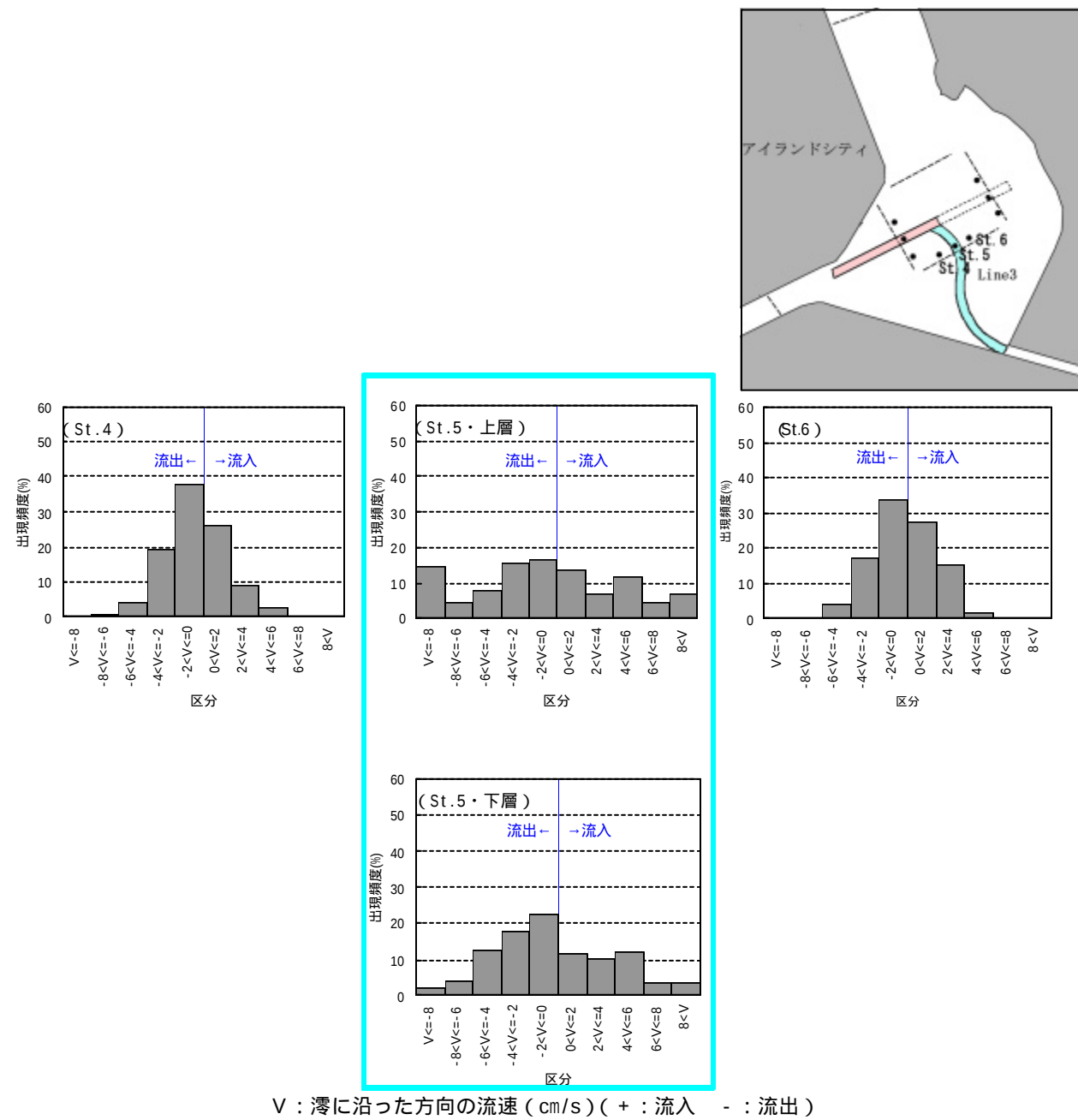
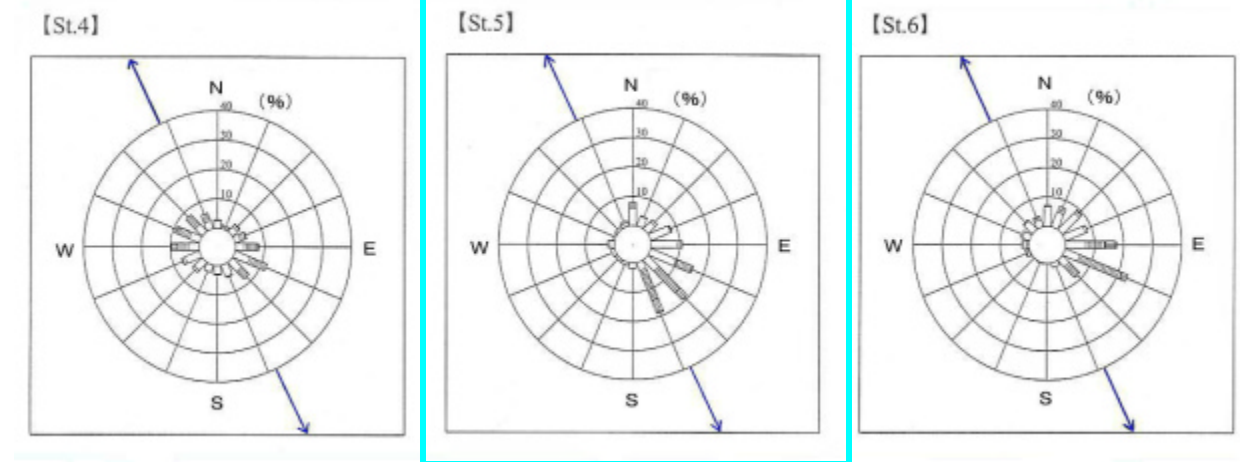
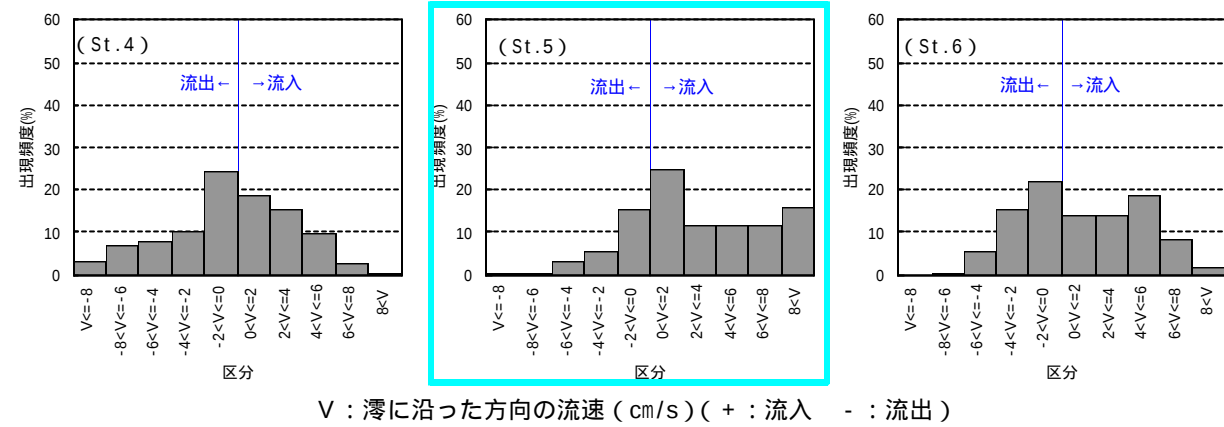


図 - 7 濇に沿った方向の最大流速の比較



第2、第3工区（東西方向）作濤付近の流況

平成12、13年度に実施した東西方向の作濤による効果は、100m水路から濤筋を通じて外海水を流入させることにあるため、濤筋を通じて外海水を効果的に流入させているか、東西方向の作濤付近で調査を行った。

(a) 濤付近の流速の確認

平成13年7月、平成13年11月に St.1 ～ St.3、St.7 ～ St.9 で得られた連続データを用いて、濤上とそれ以外の最大流速の比較図を図-10に示す。

平成13年11月の作濤完成後の調査では、濤上の St.2、St.8 の最大流速が近傍より速くなっており、特に、流入方向の最大流速が増加していた。

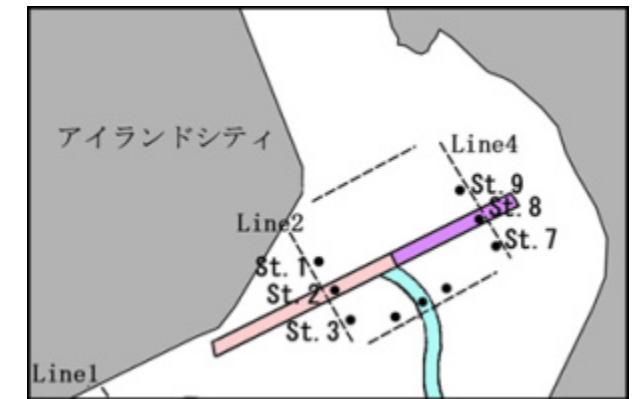
また、平成13年11月の流速区分毎の流速出現頻度図を図-11に示す。濤上の St.2、St.8 の流速は、近傍よりも、大きい流速を示す頻度が高く、また、流入方向の流速が流出方向より高かった。

(b) 濤付近の流向の確認

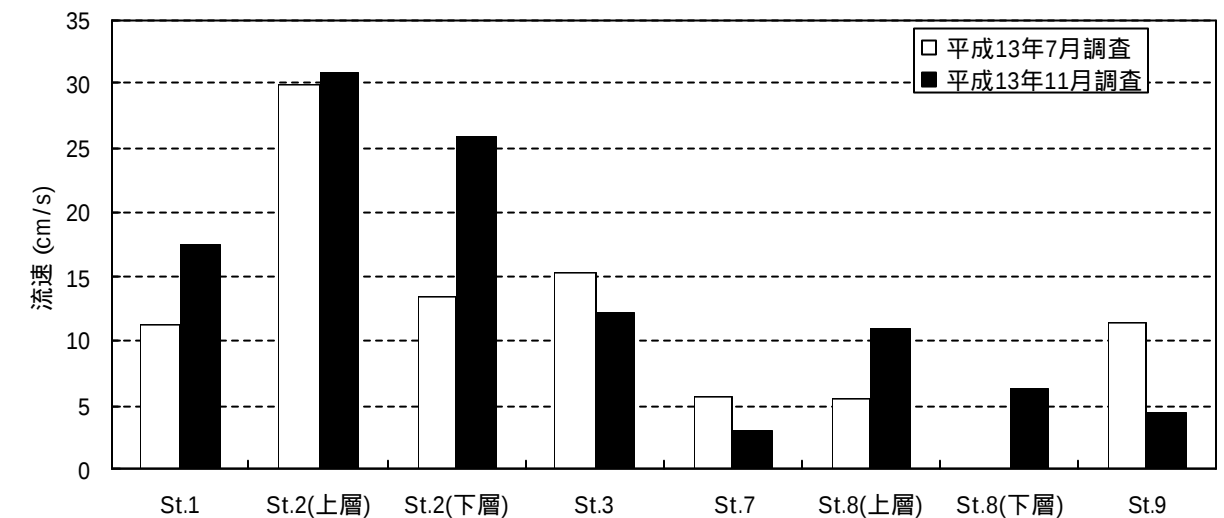
平成13年11月に St.1 ～ St.3、St.7 ～ St.9 で得られた連続データを用いて流向別流速出現頻度分布図（図-12）を作成し、作濤前後の流向別の流速出現状況を確認した。

St.1 では、北東に流入する方向と南西に流出する方向の頻度が高く、St.3 では、濤に沿った方向である北東、東に流入する方向と西南西に流出する方向の頻度が高くなっていた。濤上の St.2 では、濤に沿った方向である東北東、西南西を示していた。また、流出方向を示す頻度が約30%、流入する方向を示す頻度が約50%となっており、流入する方向を示す頻度が高くなっていた。

作濤の濤上の流速は流出・流入方向ともに近傍より大きくなっていたが平成13年11月調査では7月時より、流入方向の流速が増加した。これは、湾奥部へ作濤を延伸したことにより100m水路から流入した外海水が濤を通じて湾奥部へより多く運ばれるようになったためと考えられる。



（流入方向）



（流出方向）

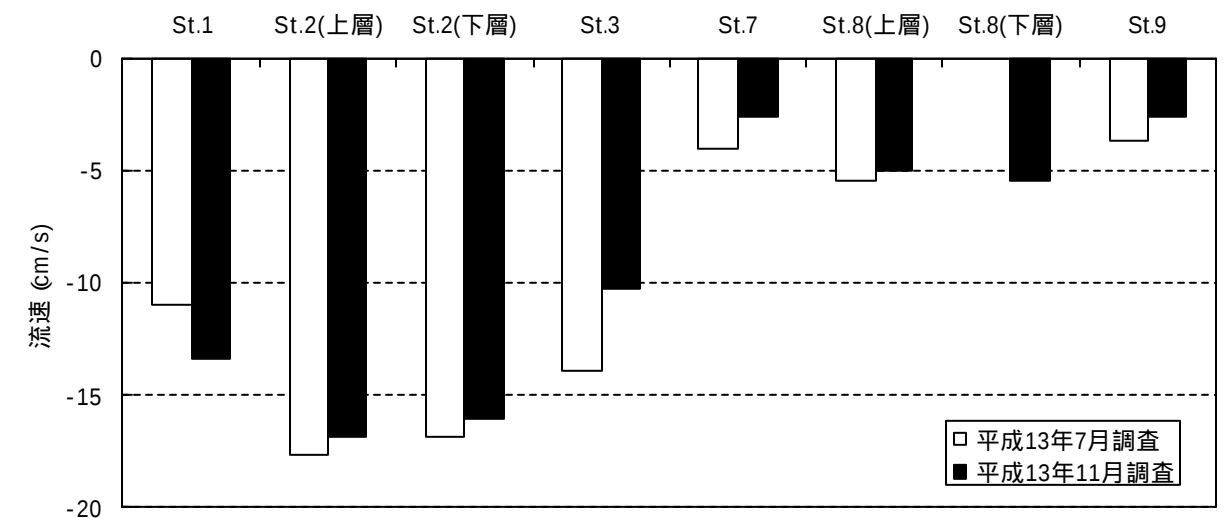
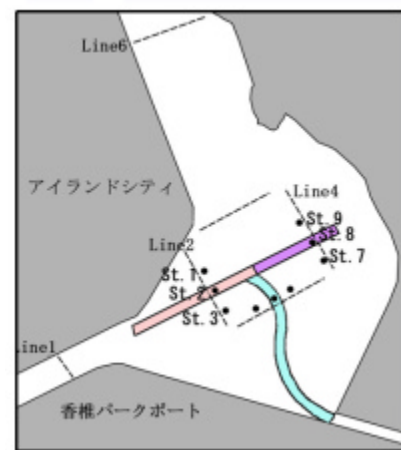
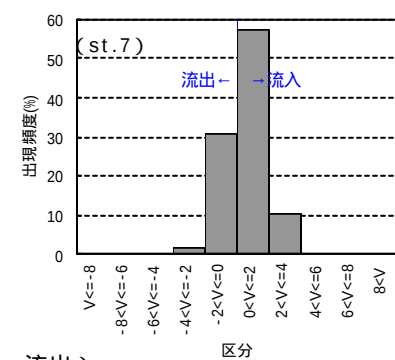
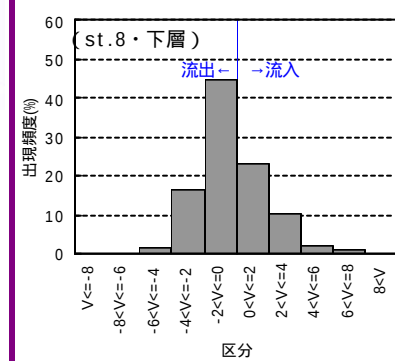
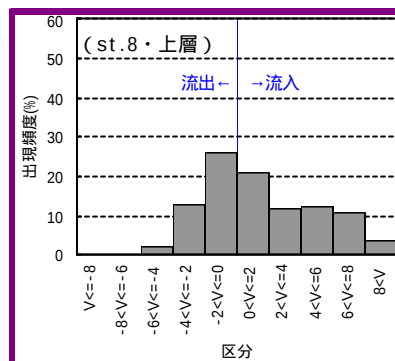
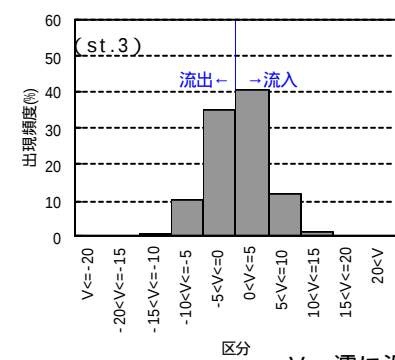
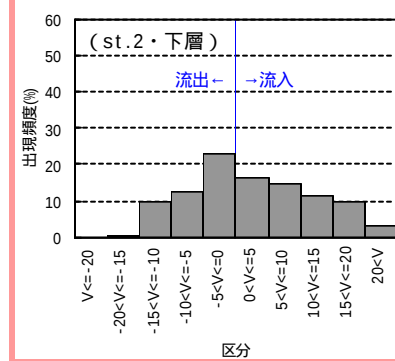
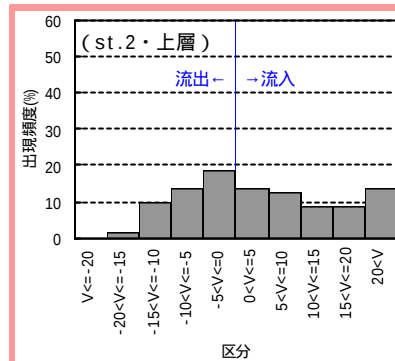
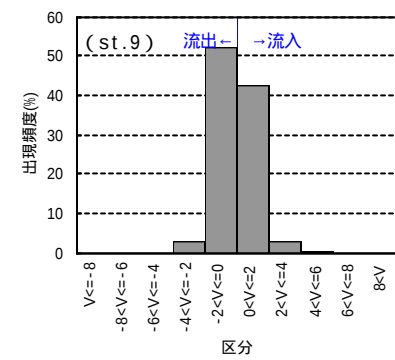
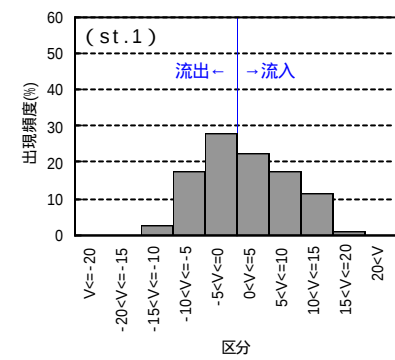


図-10 濤に沿った方向の最大流速の比較



V : 湾に沿った方向の流速 (cm/s) (+ : 流入 - : 流出)

図 - 11 流速区分毎の流速出現頻度 (平成 13 年 11 月調査)

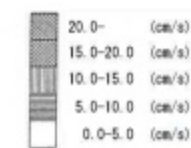
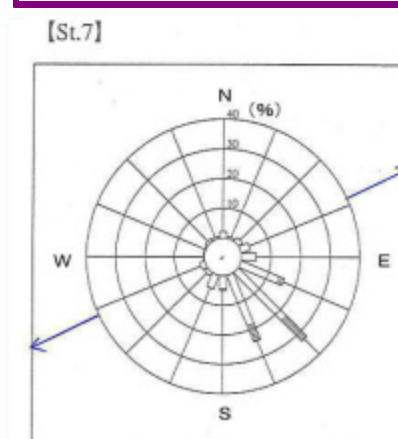
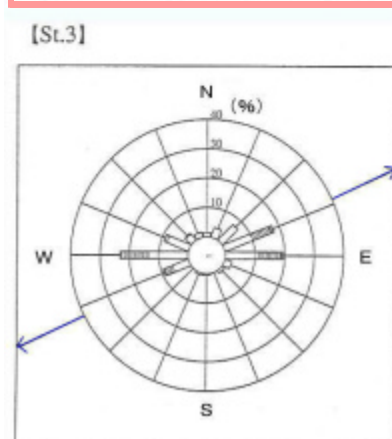
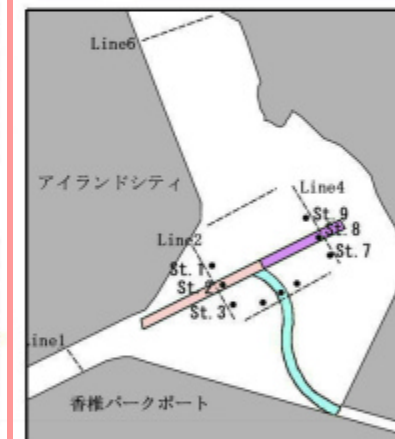
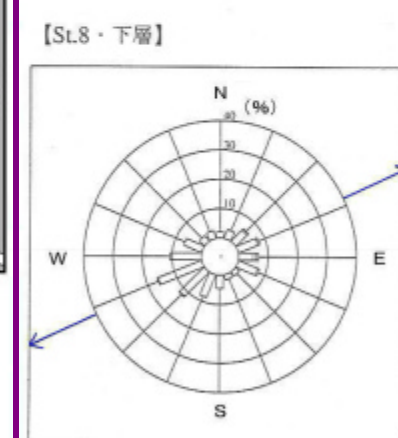
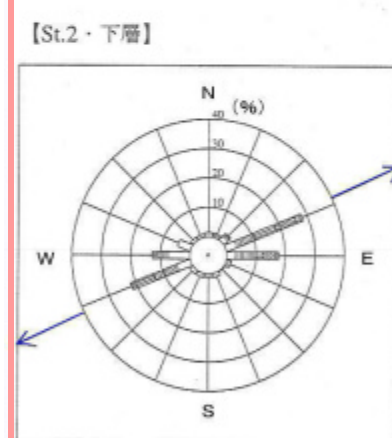
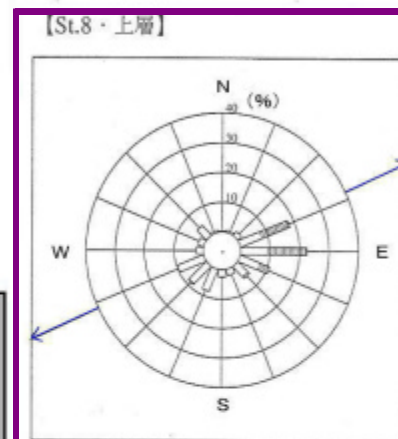
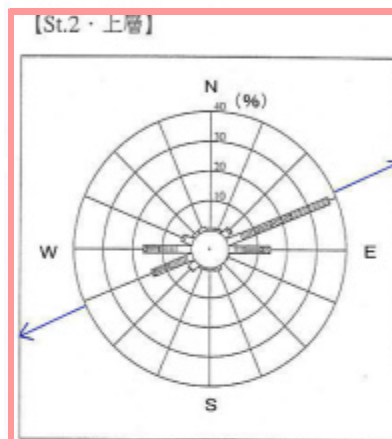
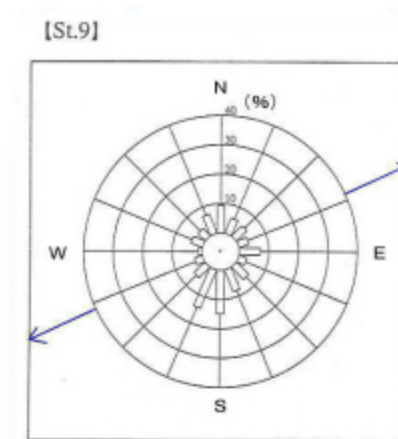
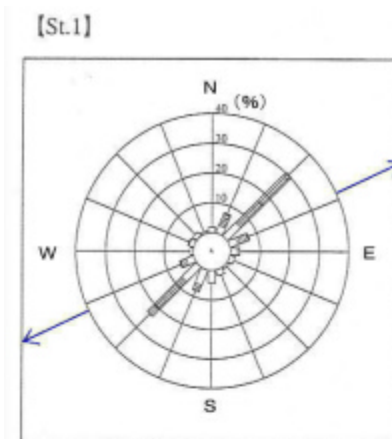


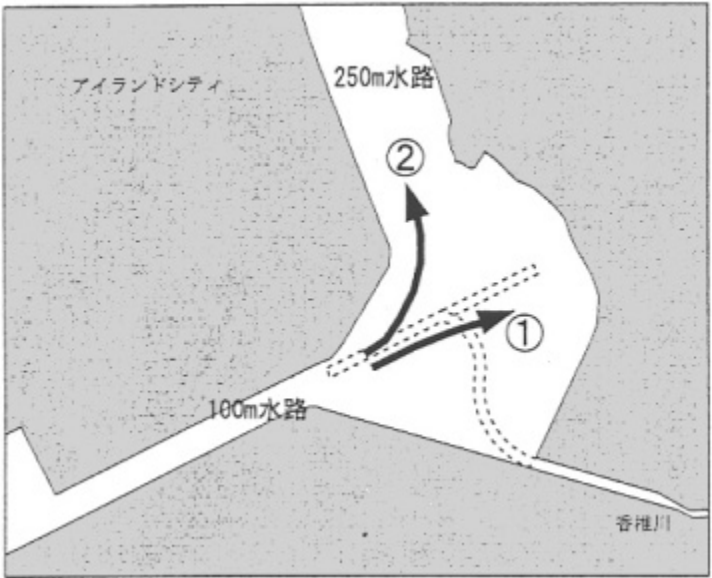
図 - 12 ライン 2 , 4 の流向別流速出現頻度分布図 (平成 13 年 11 月調査)

御島海域奥部への流量

平成 13 年 7 月調査と平成 13 年 11 月調査に行った ADCP による断面調査により得られた流量データを比較し、御島海域奥部への流量が増加しているか検討した。

ADCP による流動調査によると、対象海域では上げ潮最強時には、100m 水路から流入した外海水が対象水域の東部へ流れやすくなれば、250m 水路へ流出する量は減少すると考えられる。(図 - 13)

そこで、第 3 工区の作濤前後で上げ潮時の流量を算定し、御島海域の奥部へ流入する量が増えているか検討した。流量算定期間は図 - 14 のとおりである。



外海水は、上げ潮最強時に 100m 水路から流入し、 または の経路をたどる。
作濤により、東部水域へ海水が流入しやすくなることから、 の経路をたどる
量が増えると考えられる。

図 - 13 考えられる作濤による効果

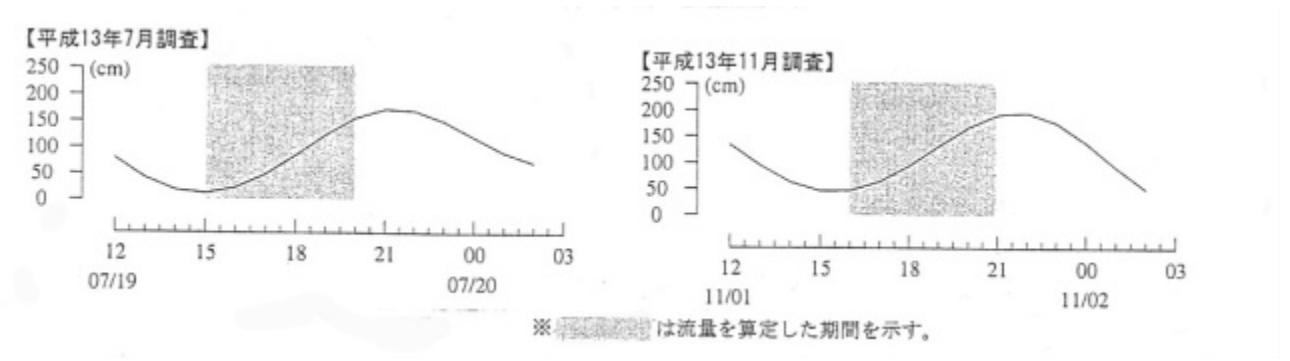


図 - 14 流量算定期間

表 - 4、図 - 15 の流量算定結果をみると、平成 13 年 7 月には、期間内に 100m 水路から 352m³/s 流入し、250m 水路から 72m³/s 流出していることから、100m 水路から流入した海水の 21%が 250m 水路へ流出し、残りの 79%が湾奥へ流入していることが伺える。

一方、平成 13 年 11 月には、期間内に 100m 水路から 302m³/s 流入し、250m 水路から 44m³/s 流出していることから、100m 水路から流入した海水の 15%が 250m 水路へ流出し、残りの 85%が湾奥へ流入していることが伺える。

以上のことから、第 3 工区の作濤が行われたことにより、100m 水路から流入した海水は、湾奥へ流れ込む割合が増加していると考えられる。

表 - 4 流量算定結果

	7 月調査		11 月調査	
	100m 水路	250m 水路	100m 水路	250m 水路
流入量	352	11	302	23
流出量	-	72(21%)	-	44 (11%)
湾奥への 流入割合	79 %		85 %	

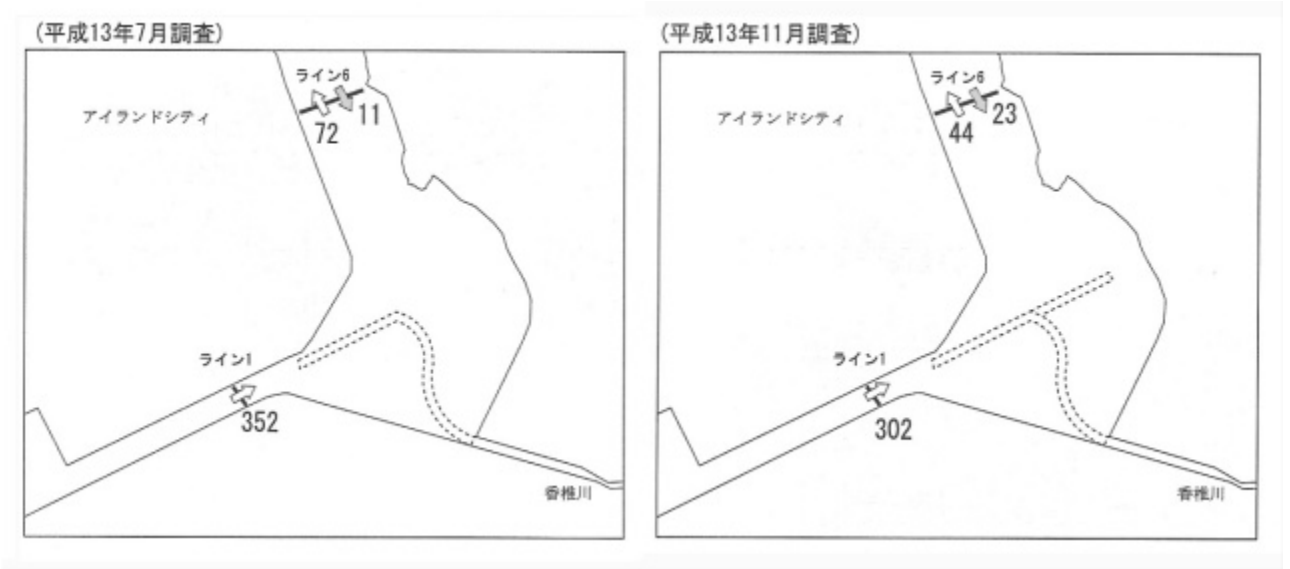


図 - 15 流量算定結果

塩分流入の状況

外海水を速く対象海域に流入させるとともに、対象海域内の海水を早く外海へ流出させるという湾の機能が効果的に働き、高塩分の海水を 100m 水路から流入させ、湾奥の低塩分の海水を流出させているか、湾上の海水塩分変化を確認した。

湾上の鉛直方向の塩分断面分布図を図 - 16 に、またライン 2 の塩分と流速ベクトルの断面分布図を図 - 17 に示す。

海水が流出する下げ潮時には、香椎川河口に最も近いライン 3 の表層で最も塩分が低く、この塩分の海水が南北方向の湾を通じて、東西方向の作湾部にまで達している様子が伺える。また、上げ潮時には高塩分の外海水が 100m 水路から流入し、御島海域の奥部まで到達している様子が伺える。

また、流速ベクトルの断面図をみると、下げ潮時は断面全体から 100m 水路に向かって流出しているが、表層ほど流速が大きく、また塩分が低い値を示している。上げ潮時は流入時は湾付近の底層の流速が大きく塩分が高い値を示している。

これにより、下げ潮時には表層から対象海域内に存在する河川等に由来していると考えられる低塩分の海水が、100m 水路に向かって流出しており、上げ潮時には外海の高塩分の海水が 100m 水路から対象海域に流入していると考えられる。

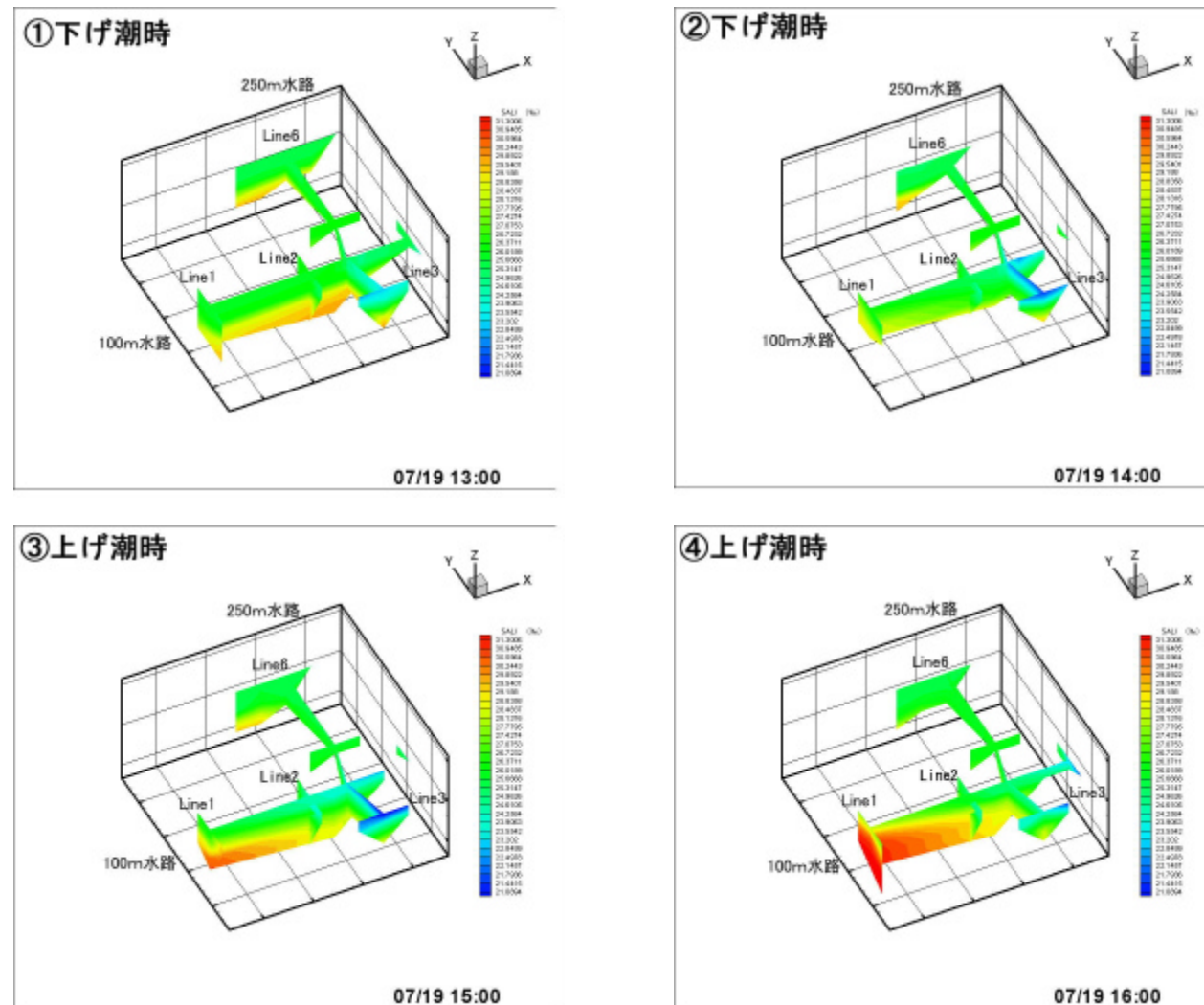


図 - 16.1 対象海域の塩分断面図

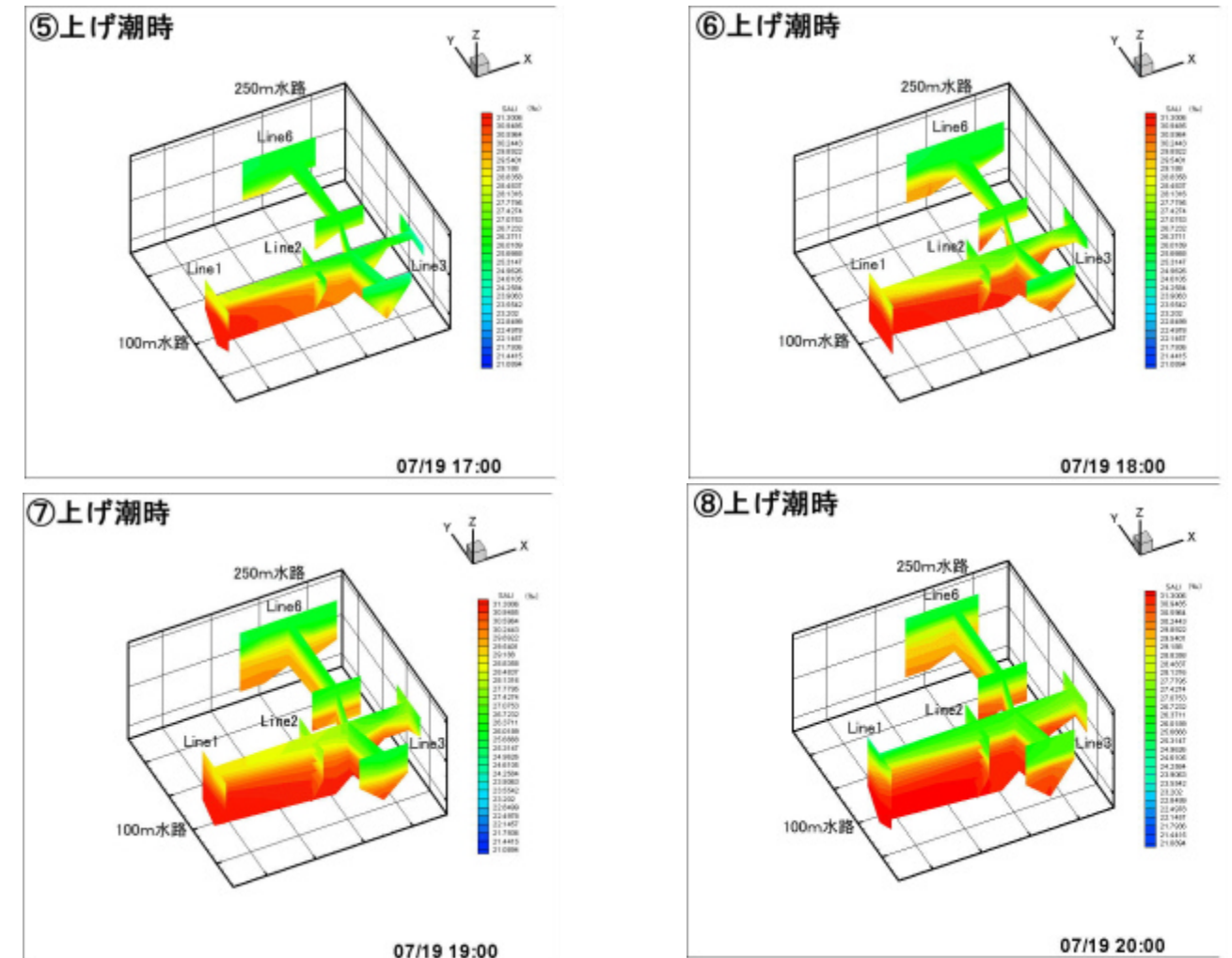


図 - 16.2 対象海域の塩分断面図

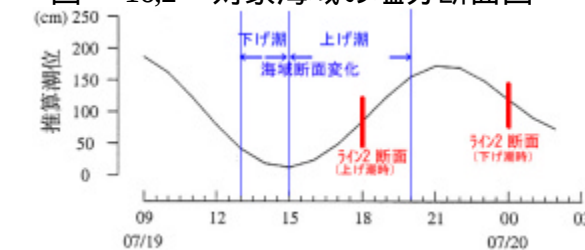


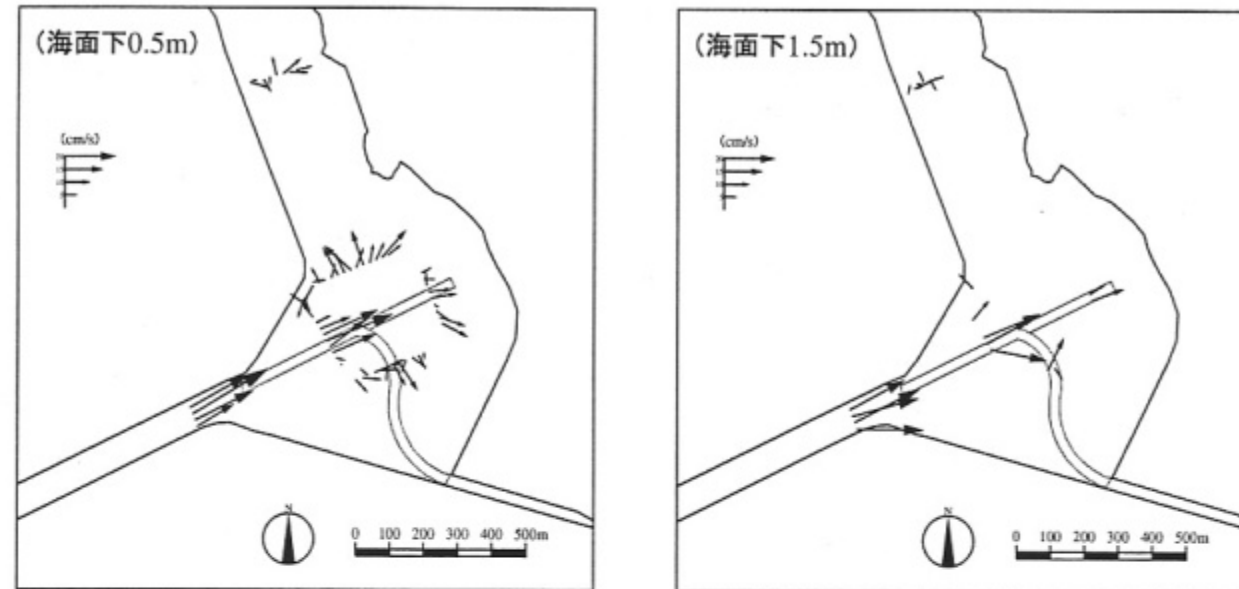
図 - 17 ライン 2 の塩分と流速ベクトルの断面図

(3) 流入時と流出時の流線

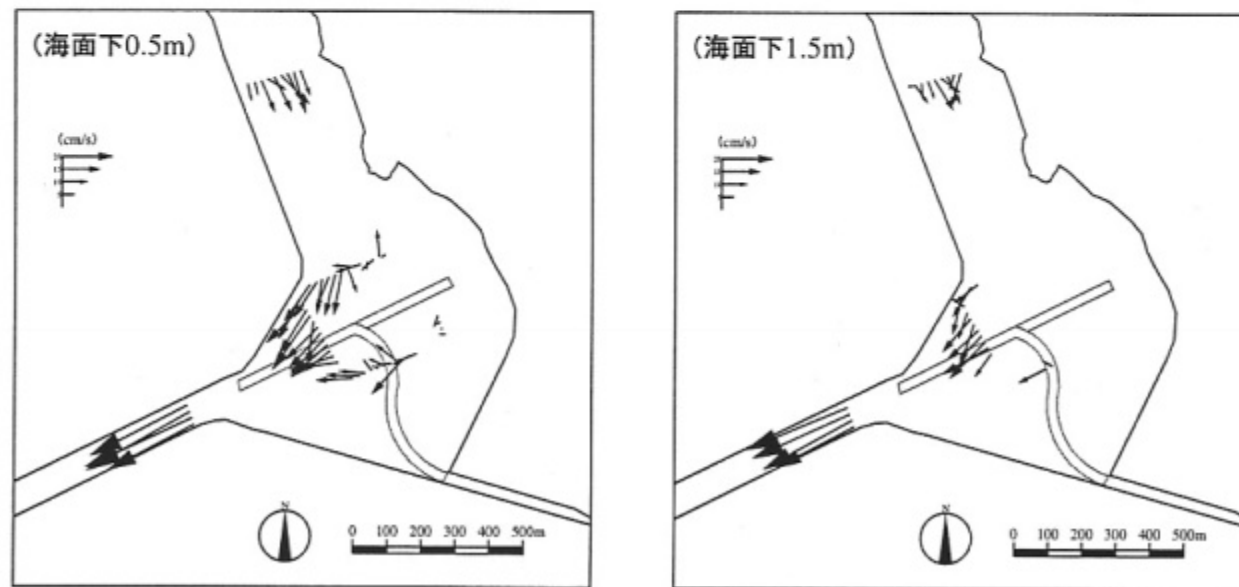
平成 13 年 11 月調査時の上げ潮時及び下げ潮時の流速の水平分布を図 - 18 に示す。

上げ潮時には、外海水が 100m 水路から湾を通じて湾内に流入している様子が伺える。一方、下げ潮時には、対象海域全体から 100m 水路に向かって流出している様子が伺える。

流入時の流速ベクトル分布



流出時の流速ベクトル分布



上げ潮時：平成 13 年 11 月 2 日 7 時～
下げ潮時：平成 13 年 11 月 1 日 23 時～

図 - 18 流入時及び流出時の流速ベクトル水平分布図

これらの流速ベクトル水平分布図を基に、対象海域の流入時と流出時の流れの模式図を図 - 19 に示す。

図に示すように、対象海域では、外海水が流入時は湾に沿った強い流れで流入し、奥部まで到達し、流出時には、対象海域全体から、100m 水路に向かって流出している。

このように、流入時と流出時の流線が異なっており、一様な平面流れではないため、海水が拡散し、対象海域全体の海水交換が促進されているものと考えられる。

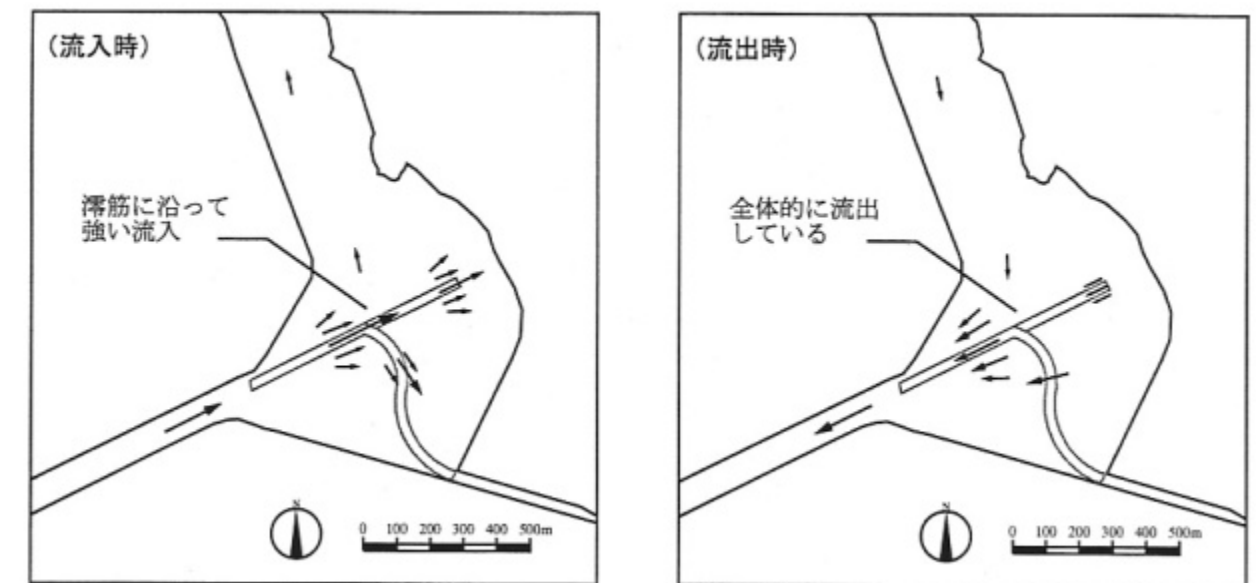


図 - 19 対象海域の流れの模式図

作漥効果の調査結果と評価

滞留域の解消	
流線動向	作漥後の測流板による流線動向をみると、測流板は香椎川河口より漥筋に沿って岩礁を越え沖に向かう傾向を示した。また、漥筋内（特に岩礁付近）は近傍に比較して移流速度は速かった。

以上のことから、河川水は、作漥により漥筋を通り沖合に移流しやすくなり、河口付近の滞留域の解消に効果があったと考えられる。

流入河川水の域外への流出促進

流向・流速	南北の作漥部では、漥上の流速が、その近傍に対して大きくなっており、漥に沿った方向に流出する頻度が高くなっていた。
塩分	下げ潮時に河川水が混合した低塩分の海水が、100m 水路へ向って流出している様子が確認できた。

以上のことから、作漥が実施されたことにより、漥筋が効果的に機能し、流出方向の流速が増加したことから、河川水の流出促進効果があったと考えられる。

海域奥部への外海水の流入増加

流向・流速	漥上の流速が、その近傍に対し大きくなっていた。 漥を通じて外海から対象海域へ流入する頻度が、流出する頻度に対して増加しており、流入方向の流速が増加していた。
塩分	上げ潮時に、高塩分の外海水が対象海域に流入している様子が伺えた。
流量	第 3 工区の作漥が行われたことにより、100m 水路から流入した海水は、湾奥へ流れ込む割合が増加していた。

以上のことから、作漥により、漥筋が効果的に機能し、流入方向の流速が増加したことから、外海水の流入増加に効果があったと考えられる。

流入時と流出時の流動状況の違い

流向・流速	流入時は、漥に沿った強い流れで流入し、奥部にまで外海水を到達させ、流出時には、対象海域全体から 100m 水路に向かって流出させており、流入時と流出時では流線が異なっていた。
-------	---

以上のことから、作漥により、一様な平面流れを破壊して、海水を拡散させる効果があったと考えられる。

3 作漥効果の評価（素案）

博多港香椎地区（御島海域）において作漥を実施したことにより、南北方向の漥の効果で香椎川河口付近に滞留していた河川水は漥に沿って沖合に移流しやすくなり、また漥上の流速が増大していることから淡水の流出促進に効果があったと考えられる。また、東西方向の漥の効果で、漥上では海域奥部に流入する方向の流速が増大しており、海域奥部に外海水の流入が増大する効果があったと考えられる。また流入時と流出時の流線の違いから、一様な平面流れを破壊し、海水の拡散効果があった。

よって、香椎地区において作漥を行った結果、海水交換の促進について効果があったと考えられる。

とりまとめ結果を表に示す。評価に当たっては、以下の三段階とした。

効果があった項目	○
効果が確認できないまたは不明である項目	

なお、作漥の効果・影響が期待されるが、総合的な見地からの判断が必要とされる項目は（ ）で示した。

表 - 5 作漥の効果・影響の評価項目及び基準と評価（素案）

効果・影響			効果の判断基準		評価	
海水交換の促進	流況	滞留域の解消	測流板による流線動向	○	○	
		流入河川水の域外への流出促進	漣に沿った流向・流速頻度の増加、塩分濃度変化	○		
		海域奥部への外海水の流入増加	漣に沿った流向・流速頻度の増加、塩分濃度変化、水域奥への流量割合増加	○		
		流入時と流出時の流動状況の違い	流入、流出時の流線変化	○		
水質の改善	水中栄養塩類の低下		水中の全窒素、全リン濃度の低下			
	植物プランクトン量の低下		水中の有機物量(COD)として減少			
	懸濁有機物量の低下		水中の有機物量(COD)として減少			
	透明度の増大		透明度が増大する			
	赤潮発生の減少		赤潮の発生可能性(頻度、規模)が小さくなる			
	着色現象の減少		プランクトン、水中有機物による着色が少なくなる			
	ガス・悪臭成分の減少		ガス・悪臭成分量の発生量が減少する			
	悪臭発生の減少		悪臭発生が減少する			
	底層の DO 増大		夏季底層水 DO が増大			
	動物プランクトン量の増大		動物プランクトン量の増大			