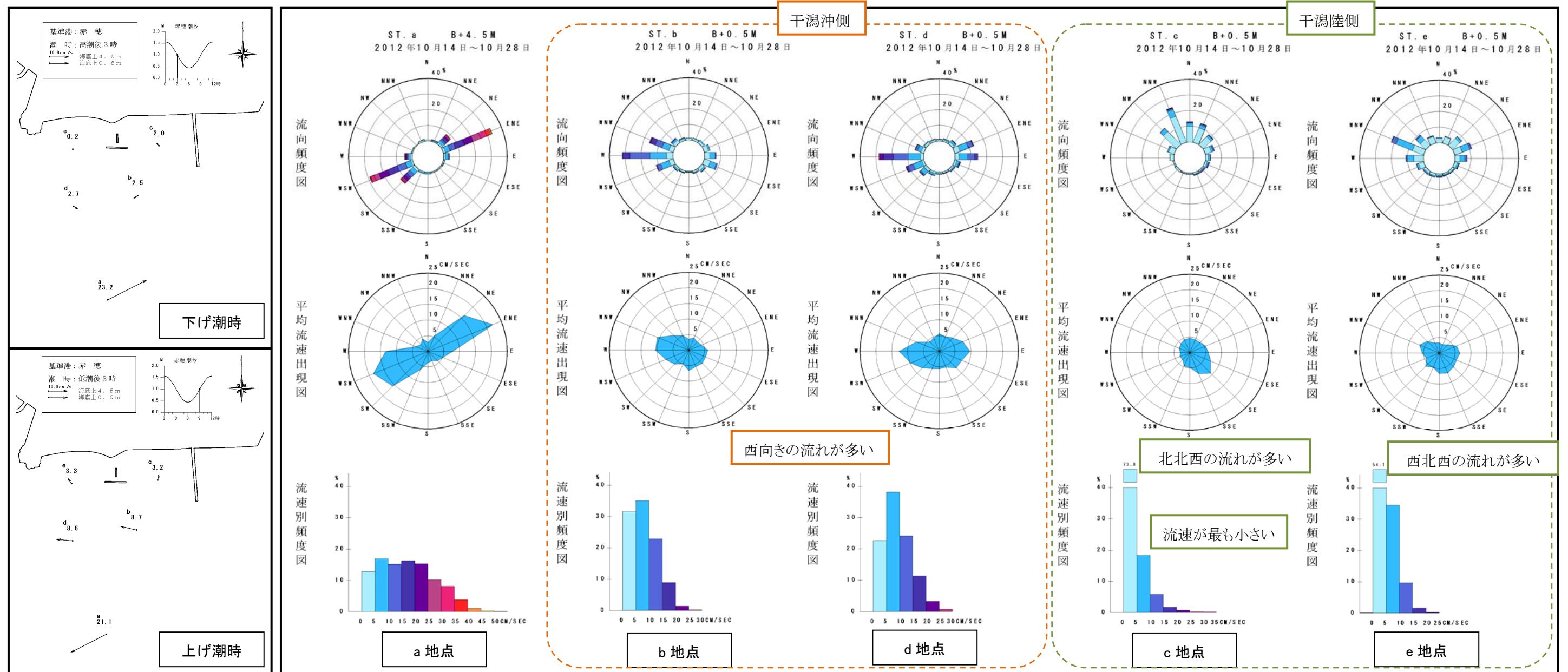


(2) 流況平面分布、流況頻度

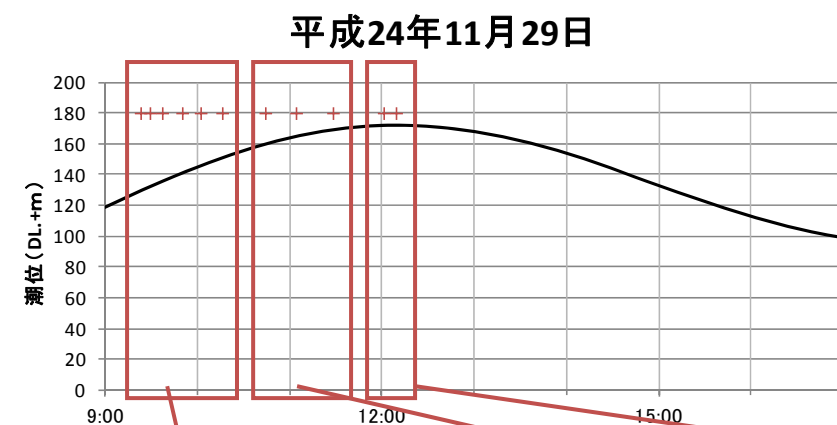
干潟部の濁りが高く見られ、かつ沖合、干潟部、海岸部の流況が同時に観測されている10月14日～28日の観測データより調和分解を行って、平均大潮期流況図(左)を作成し、流況頻度についても整理した。



(考察)

- ・唐船海岸周辺海域は、上げ潮時には西流、下げ潮時には東流となり、その大きさは沖合の水深が深い場所で大きく、干潟部 4 地点(b,c,d,e)の潮流は小さくなる。地形が沖合 a では DL-6.0m であるのに対して、干潟部は DL-1.5m 以浅であることが、潮流の強さに影響している。
- ・流況頻度図を見ると、c 地点の流速が最も小さく、T 突堤と東側導流堤に囲まれた地形の影響を受けているものと考えられる。
- ・干潟部の b、d 地点は西寄りの流れの出現頻度が高く、平均流速も西寄りの流れが大きい。これは沖合を流れる潮汐流が千種川右岸側の埋立地の影響を受けて東流時の干潟部への流れが小さくなるためと考えられる。

図- 2.17 平均大潮期流況図及び流況頻度(10月14日～29日データより作成)



測線No	時刻
f-1	9:23
f-2	9:29
f-3	9:37
f-4	9:50
f-5	10:02
f-6	10:16
f-7	10:44
f-8	11:04
f-9	11:28
f-10	12:01
f-11	12:09

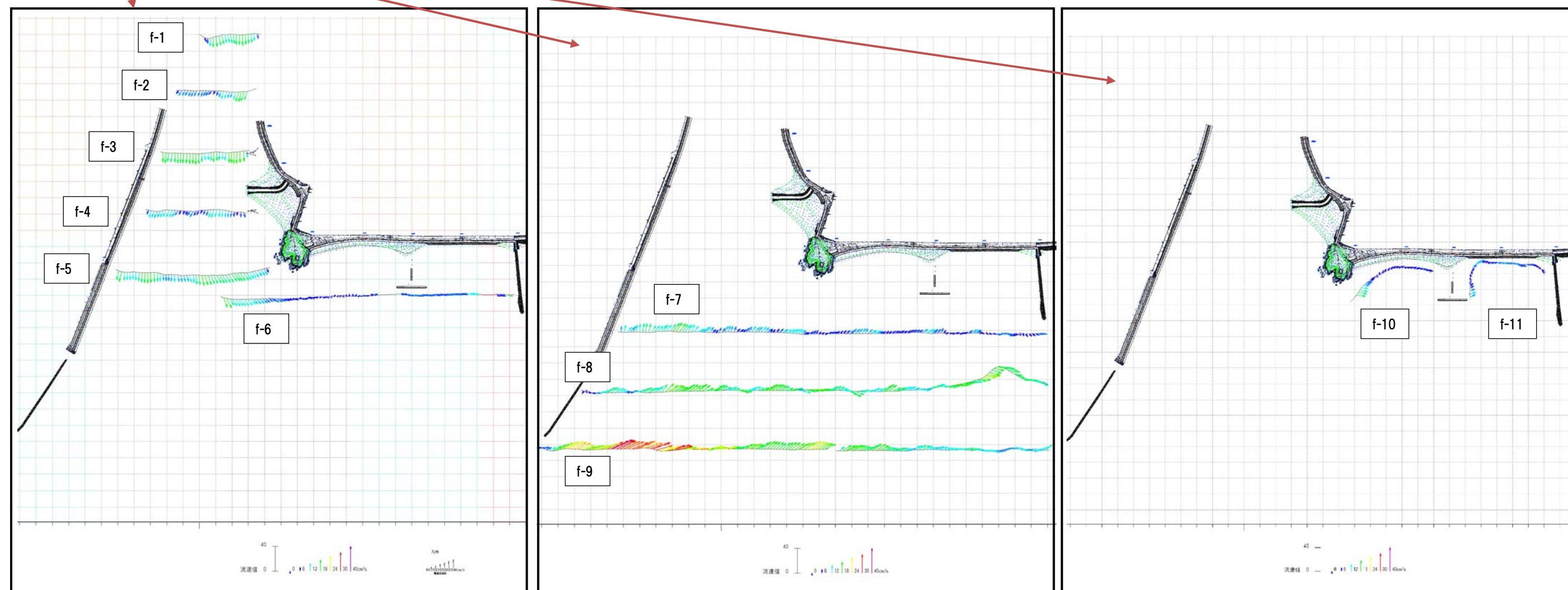
(考察)

調査は上げ潮時から満潮時にかけて実施しており、f-1～f-6 のベクトル図より、上げ潮時の表面流は河川を流下して、唐船山の南側では東に向かう流れが見られた。

f-7～9 では流向が東～北寄りの流れとなっており、特に f-7 は岸に向かう流れとなっていた。これは満潮前 1 時間付近での調査であったために、沖合の流れが西流から東流に転流したためと考えられる。

f-10～11 では満潮時のデータであるが、海岸内の流れは微弱で、唐船山南東部や T 突堤先端付近ではやや流れが見られ、汀線近傍の範囲では流れが小さい状況が確認された。

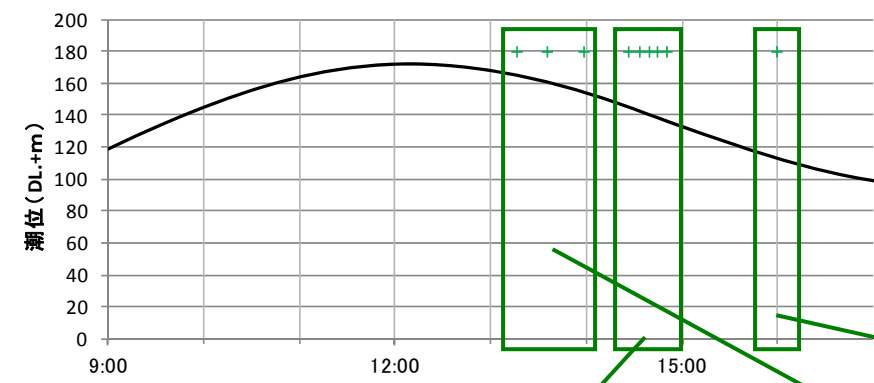
以上より、河川からの表面流は上げ潮時も流下する流れが見られ、唐船山南側では弱いながらも東に向かう流れが見られ、T 突堤沖側付近まで東向きの流れが見られる。



No.1～No.6 水面下 0.2～0.45m の平均値
No.7～No.9 水面下 0.5～0.7m の平均値

図- 2.18(1) 表層流速ベクトル図(実施日 平成 24 年 11 月 29 日 平水時 上げ潮時)

平成24年11月29日



測線No	時刻
e-1	14:50
e-2	14:44
e-3	14:39
e-4	14:33
e-5	14:26
e-6	13:16
e-7	13:35
e-8	13:58
e-9	15:59

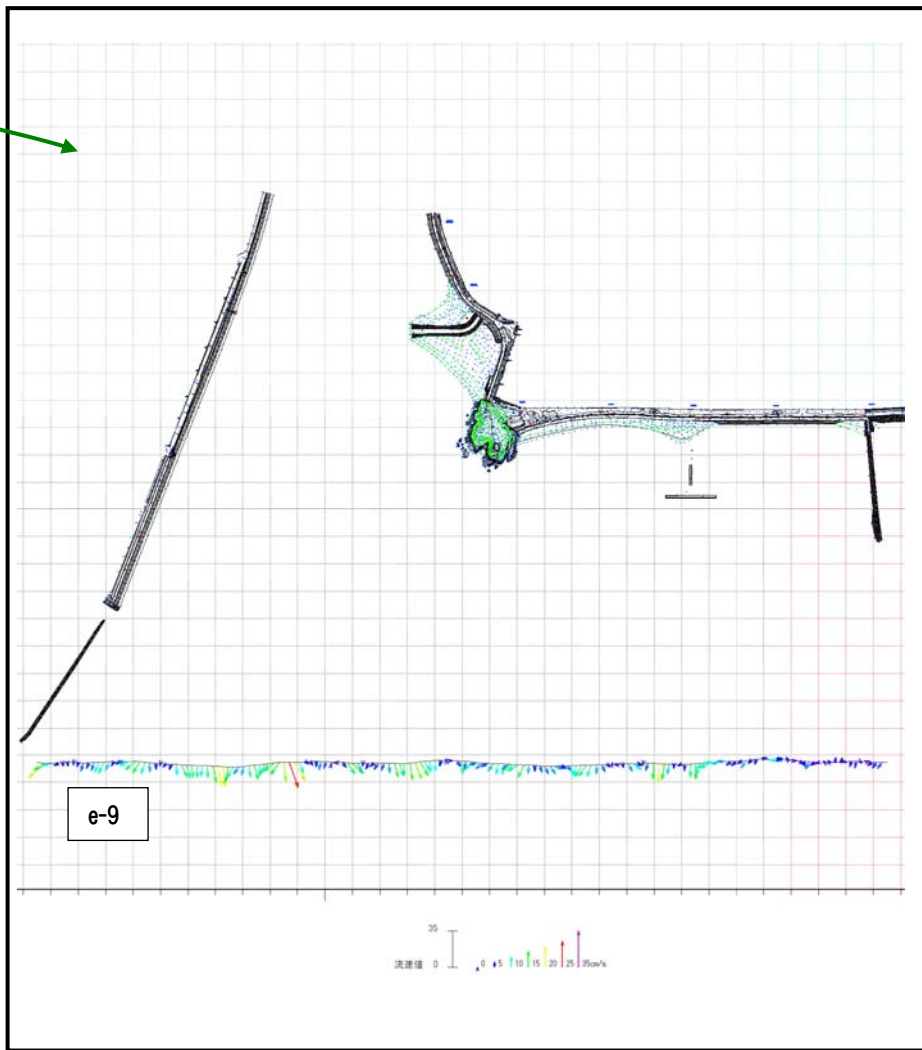
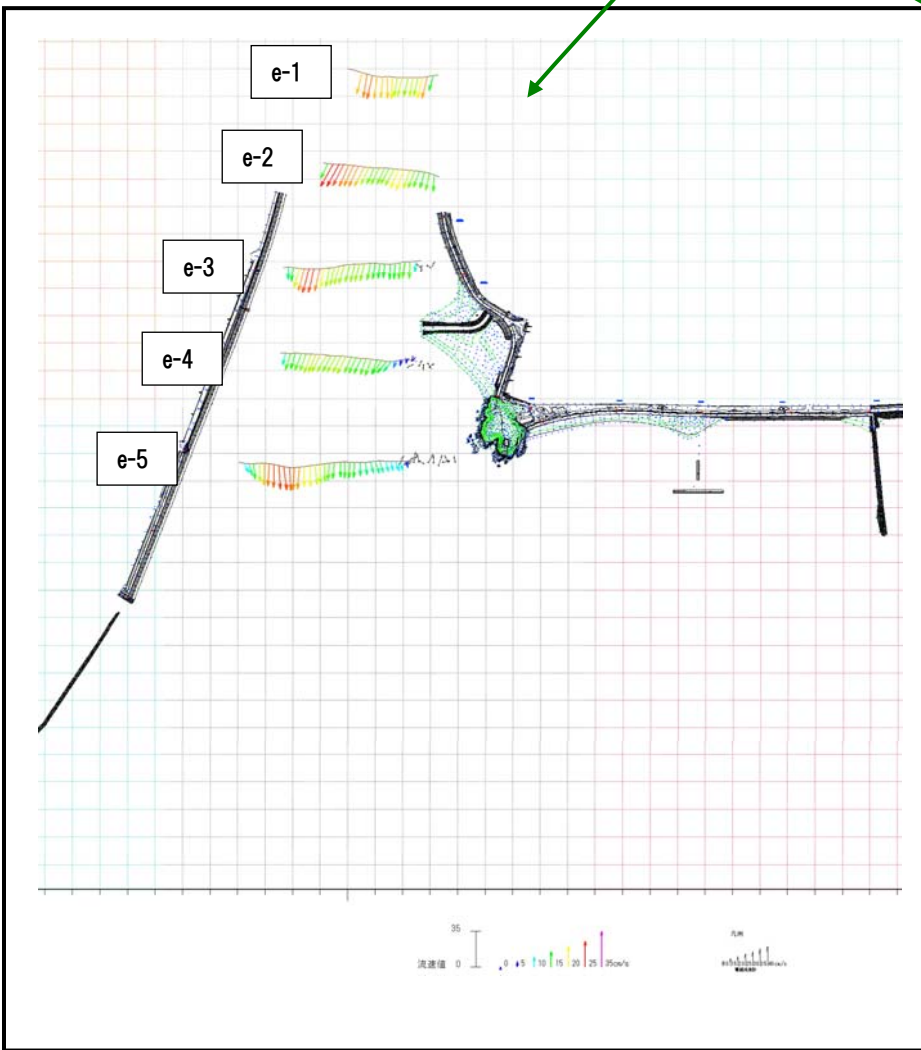
(考察)

調査は満潮後、1 時間から下げ潮時に実施しており、e-1～e-5 のベクトル図より、下げ潮時の表面流は河川を流下し、上げ潮時よりも流速は大きい。

e-6～8 では流向が河川部は南向き、唐船山から東の範囲は東～北向きの流れとなっていた。

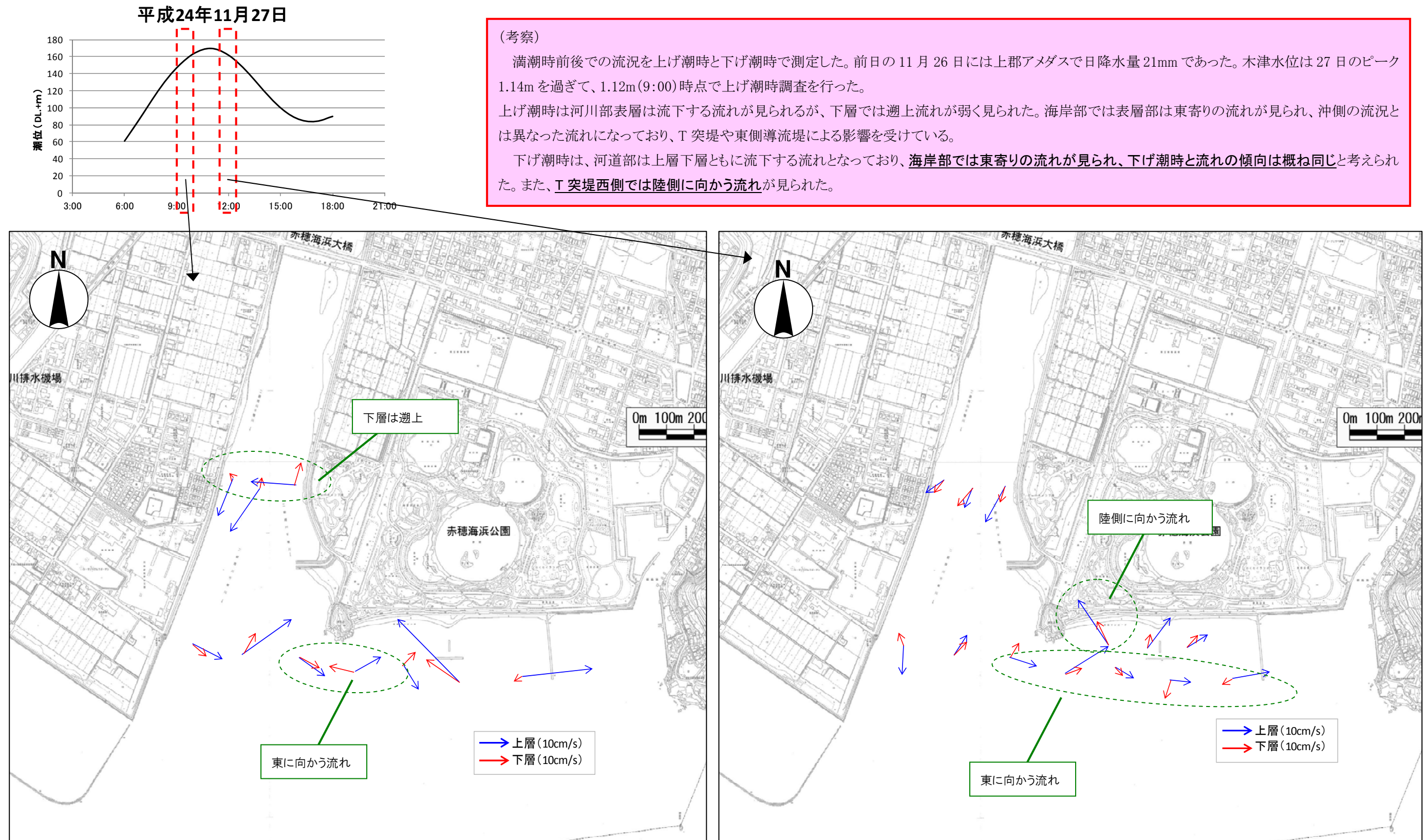
e-9 では干潮前のデータであるため、既に転流を迎えている状況と考えられる。

以上より、下げ潮時においても上げ潮時と同様に唐船山南側では東に向かう流れが見られ、東防砂堤付近まで東向きの流れが見られる。



No.1～No.6 水面下 0.2～0.45m の平均値
No.7～No.9 水面下 0.5～0.7m の平均値

図- 2.18(2) 表層流速ベクトル図(実施日 平成 24 年 11 月 29 日 平水時 下げ潮時)



※各地点で電磁流速計を用いて深度方向に流向流速を計測。

※上層:水面下0.5m、下層:底面上0.3m

図-2.19 上げ・下げ平面流況図(実施日 平成24年11月27日 小規模出水時 左:上げ潮時、右:下げ潮時)

2.5 海岸への土砂供給源の想定

2.5.1 風資料の整理

ここでは、2012 年 9 月 27 日～10 月 29 日までの約 1 ヶ月間を対象に、現地風観測データと家島アメダスデータを比較し、相関関係について整理した。

現地風向風速観測値が 3m/s 以上となる日時の家島風向風速との相関を整理した結果、以下の相関関係が得られた。なお、風向は北を 16 として、時計回りを正とした数値で表した。

家島アメダスの風向別(西～南～東を対象)に風速の相関をみるとデータ数は SE～S が多く、相関は SE、S で高かく、SSE も弱い相関は見られた。また、風向は SSE ではばらつきが見られたが、他の風向は概ね観測値の風向と同じ向きであった。

これより、家島アメダスから現地風向風速を概ね予想可能と考える。

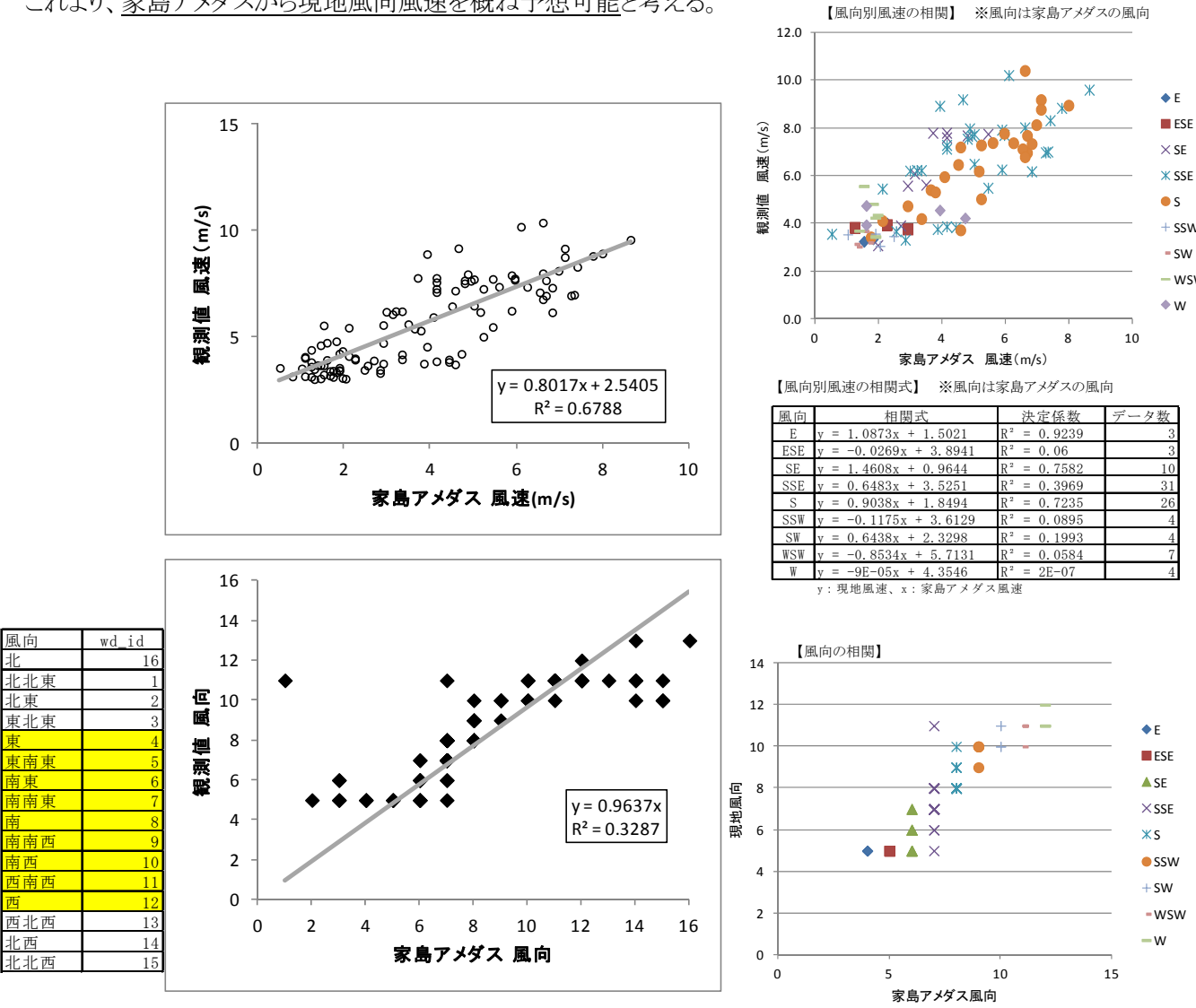


図- 2.20 風向風速観測結果の相関関係(家島アメダスと現地観測結果)

2.5.2 現地風速データからの波浪推算(SMB 法)

現地の風向風速データより、9 月 28 日～10 月 29 日の 1 時間毎の有義波高、有義波周期を SMB 法により推算し、推算結果と現地波高観測結果との相関関係を整理した。整理においては、現地風速が 3m/s 以上で、かつ西～南～東の風向のデータを抽出した。

これより、有義波高、有義波周期の推算値は、現地観測値と高い相関関係が得られた。

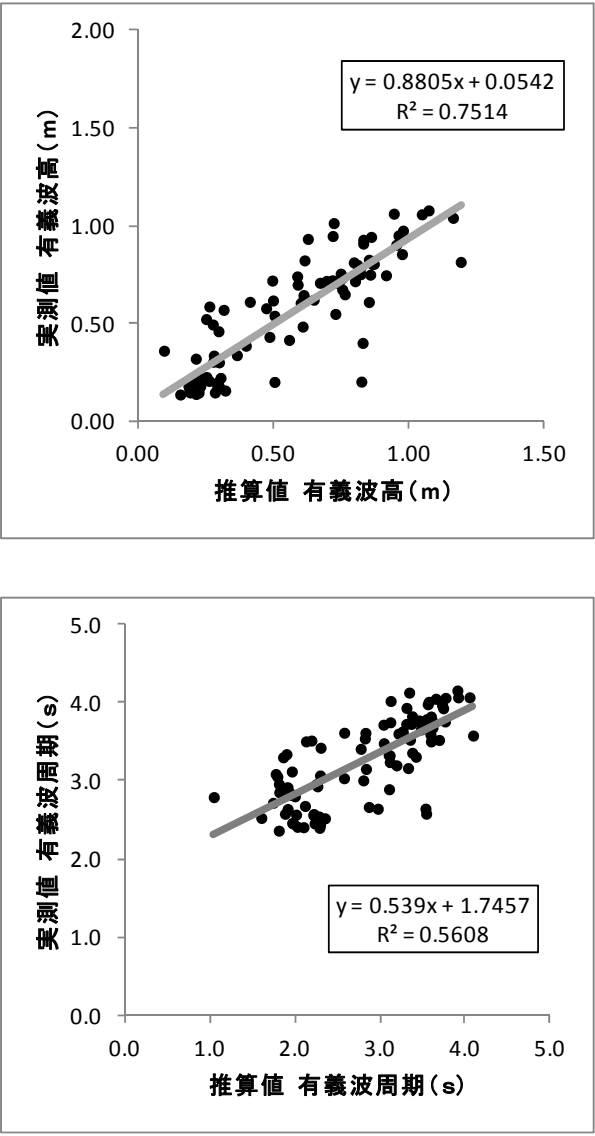


図- 2.21 現地風速からの波浪推算結果と現地波高との相関関係

2.5.3 過去 10 年間を対象とした波浪推算

前項までの検討結果より、家島風向風速と現地風向風速の相関関係が得られ、かつ、現地風向風速から推算した有義波高及び有義波周期は、現地観測波高と高い相関関係が得られた。

したがって、家島アメダスの過去の風向風速データ(3m/s、南寄りの風に限る)を用いて、唐船海岸に来襲したであろう波浪諸元を推算することが可能と考えられる。

ここでは、家島アメダス風向風速データより現地風向風速を算定し、その結果より過去の有義波高、有義波周期を推算した。

推算結果より、換算した現地風速が 3m/s 以上、かつ、南寄りの風(西～南～東)を抽出して有義波高と有義波周期を整理した(表- 2.3 参照)。

表- 2.3 周期別波高階級一覧表

		波高：m 周期：sec									
波高	周期	0.0－ 1.0	1.0－ 2.0	2.0－ 3.0	3.0－ 4.0	4.0－ 5.0	5.0－ 6.0	6.0－ 7.0	7.0－ 8.0	8.0－	合計
0.0 - 0.2		639 1.6	8583 21.6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	9222 23.2
0.2 - 0.4		0 0	1609 4.1	20085 50.6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	21694 54.7
0.4 - 0.6		0 0	0 0	4994 12.6	1033 2.6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	6027 15.2
0.6 - 0.8		0 0	0 0	21 0.1	1441 3.6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1462 3.7
0.8 - 1.0		0 0	0 0	0 0	752 1.9	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	752 1.9
1.0 - 1.2		0 0	0 0	0 0	180 0.5	191 0.5	0 0	0 0	0 0	0 0	371 1
1.2 - 1.4		0 0	0 0	0 0	0 0	81 0.2	0 0	0 0	0 0	0 0	81 0.2
1.4 - 1.6		0 0	0 0	0 0	0 0	28 0.1	0 0	0 0	0 0	0 0	28 0.1
1.6 - 1.8		0 0	0 0	0 0	0 0	11 0	0 0	0 0	0 0	0 0	11 0
1.8 - 2.0		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	3 0
2.0 - 2.2		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	0 0	2 0
2.2 - 2.4		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	0 0	0 0	0 0	4 0
2.4 - 2.6		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	1 0
2.6 -		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	1 0
合計		639 1.6	10192 25.7	25100 63.3	3406 8.6	311 0.8	9 0	0 0	0 0	0 0	39657 100

上段：出現回数、下段n：出現頻度

年 1 回程度、あるいはそれ以下の頻度で来襲する波を抽出

2.5.4 底質移動限界水深

以上の整理結果より、過去 10 年間で来襲したであろう波浪諸元のうち、1.6m 以上の波は 22 回あり、過去 10 年間の中で、平成 16 年、平成 17 年、平成 18 年、平成 19 年、平成 24 年の 5 ヶ年で見られた。そのうち半分以上は平成 16 年の夏季(台風時期)であった。

この結果より、過去に来襲したと考えられる 1.6m 以上の波浪に対して、底質移動限界水深を算定した。検討対象とした粒径は中砂 0.5mm、シルト 0.075mm、粘土 0.005mm とした。

算定結果より、粒径が大きい砂分ほど水深が浅い場所であれば動かないことを示している。各粒径の移動限界

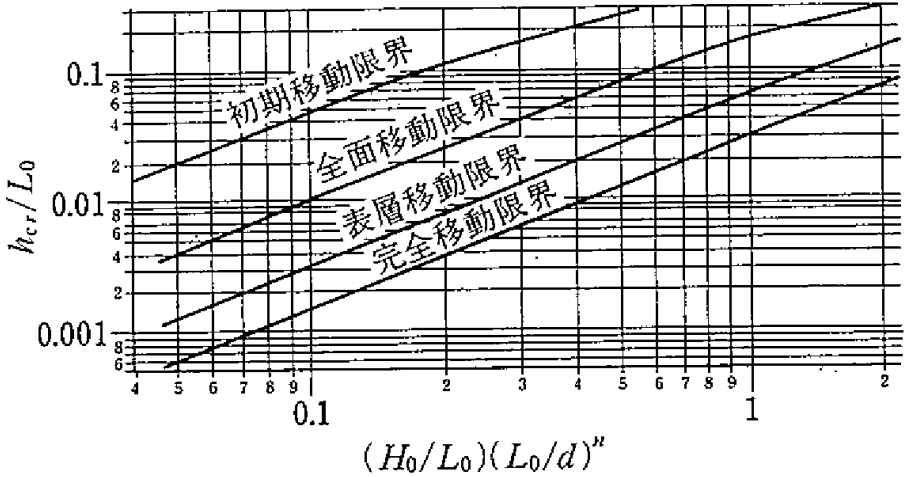
水深が最も大きかったのは平成 16 年の台風時の有義波高 2.77m、有義波周期 5.8 秒の波浪であった。平成 24 年では、4 月 3 日の発達した低気圧接近によって有義波高 1.78m、有義波周期 4.9 秒の波浪が来襲したと考えられ、このときの移動限界水深は中砂で 1.0m、シルトで 2.0m、粘土で波 5.8m であった。

すなわち、同じ波浪が来襲した場合、中砂はより岸に近い浅い場所で動き出すが、シルトや粘土は水深が深い場所から動き出すので、シルトや粘土は砂よりも広い範囲で動くこととなる。

表- 2.4 移動限界水深

年月日	H _{1/3}	T _{1/3}	L ₀	H/L	d (中砂)	d (シルト)	d (粘土)	全面移動限界水深		
								h _{cr} (中砂)	h _{cr} (シルト)	h _{cr} (粘土)
2004/4/27 0:00	1.65	4.7	34.73	0.04740	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.4
2004/8/19 9:00	1.65	4.7	34.73	0.04740	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.4
2004/8/30 19:00	1.65	4.7	34.73	0.04740	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.4
2004/8/30 20:00	2.30	5.4	45.79	0.05021	0.50000	0.075	0.005	1.4	3.1	7.8
2004/8/30 21:00	2.77	5.8	53.38	0.05193	0.50000	0.075	0.005	1.8	3.7	9.6
2004/8/30 22:00	2.39	5.5	47.33	0.05057	0.50000	0.075	0.005	1.4	3.2	8.0
2004/9/7 12:00	2.02	5.1	41.12	0.04907	0.50000	0.075	0.005	1.1	2.5	6.6
2004/9/7 13:00	1.92	5.0	39.54	0.04867	0.50000	0.075	0.005	1.1	2.3	6.2
2004/9/7 14:00	1.92	5.0	39.54	0.04867	0.50000	0.075	0.005	1.1	2.3	6.2
2004/9/7 15:00	2.58	5.7	50.37	0.05126	0.50000	0.075	0.005	1.6	3.5	9.0
2004/9/7 16:00	2.21	5.3	44.25	0.04984	0.50000	0.075	0.005	1.2	2.7	7.3
2004/9/7 17:00	1.68	4.7	34.69	0.04832	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.4
2004/12/5 0:00	1.74	4.8	36.35	0.04783	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.7
2005/9/7 0:00	1.74	4.8	36.35	0.04783	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.7
2005/9/7 1:00	2.21	5.3	44.25	0.04984	0.50000	0.075	0.005	1.2	2.9	7.3
2005/9/7 2:00	2.02	5.1	41.12	0.04907	0.50000	0.075	0.005	1.1	2.5	6.6
2005/9/7 3:00	1.92	5.0	39.54	0.04867	0.50000	0.075	0.005	1.1	2.3	6.2
2006/9/18 3:00	1.74	4.8	36.35	0.04783	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.7
2007/3/5 9:00	1.74	4.8	36.35	0.04783	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.7
2007/8/3 8:00	1.74	4.8	36.35	0.04783	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.9	5.7
2012/4/3 10:00	1.66	4.7	34.90	0.04744	0.50000	0.075	0.005	0.9	1.8	5.4
2012/4/3 12:00	1.78	4.9	36.99	0.04801	0.50000	0.075	0.005	1.0	2.0	5.8

h_{cr} : 移動限界水深(m)
 H_0 : 波高(m)
 L_0 : 波長(m)
 d : 粒径(mm)



2.5.5 平成 24 年 4 月のぬかるみの発生原因の推定

(1) 干潟部底質が移動する波浪諸元の推定

現地調査結果より、常にぬかるみが移動していると考えられるが、当該海岸の底質のシルト分が大量に移動して流れの弱い T 突堤背後に堆積すると考える場合、広範囲にわたって土砂が海岸に移動する必要がある。

底質調査結果から、干潟底質が広範囲に移動したと考えられるのは、含泥率が低い場所であった DL-1.0m～0.0m の範囲と考えられる。したがって、DL-1.0m の水深帯の底質が全面移動状態となる波浪が、干潟部のシルト分をより多く海岸部に輸送する外力の一つと考えられる。

平成 24 年 4 月 3 日の爆弾低気圧接近時の波浪諸元は、 $H_{1/3}$ 1.66～1.78m、 $T_{1/3}$ 4.7～4.9sec であることから、表-2.4 の結果より、潮位に応じて波浪諸元を整理すると以下のとおりであり、干潟部にシルト粘土が堆積した状態であった場合、広範囲のシルト粘土分が移動し、流速が小さくなる海岸部に堆積した可能性がある。

(干潟部シルト分を海岸へ輸送と考えられる波浪諸元の推定)

- HWL(DL+1.8m)時:水深 2.8m(DL-1.0m の水深) $H_{1/3}$ 2.21m、 $T_{1/3}$ 5.3sec
- MSL(DL+1.0m)時:水深 2.0m(DL-1.0m の水深) $H_{1/3}$ 1.65m、 $T_{1/3}$ 4.7sec

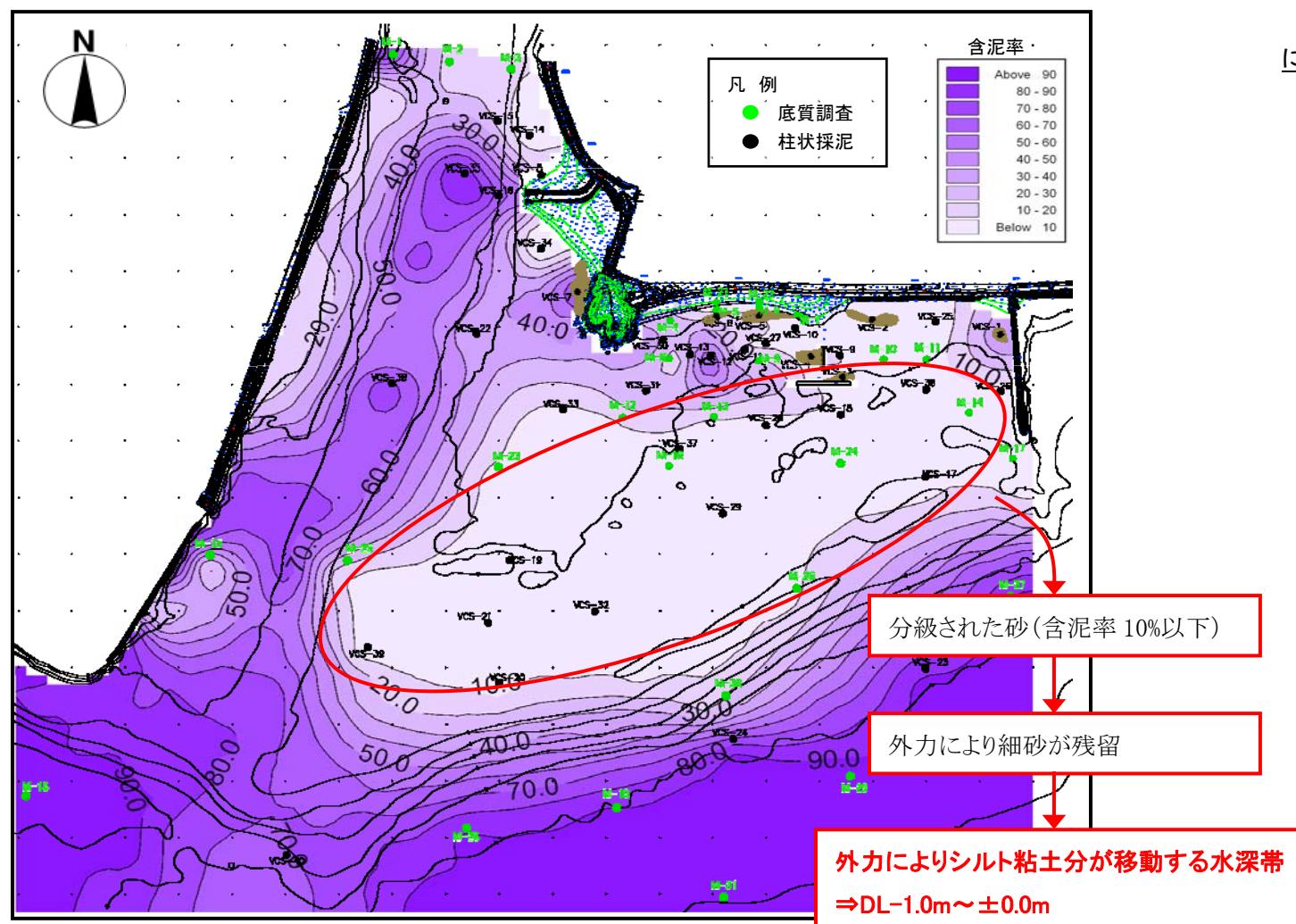


図- 2.22 表層泥の含泥率(シルト分含有率)の分布状況

また、粘土についてはシルトよりも深い水深から動き始めるが、粘土が多く堆積しているのは沖合のトラフである。平成 24 年 4 月の高波浪時を考えると移動限界水深は 5.4～5.8m であり、干潟から急激に水深が深くなる地形であることも踏まえると、粘土が動き始めるとしても DL-6.0m 以浅であると考えられる。

すなわち、ぬかるみの主な供給源は、沖合トラフではなく、干潟部あるいは河川部に堆積したシルト粘土分と考えられ、砂分は DL+0.0m 以浅から動き始めるのでシルト粘土よりも移動可能な面積は小さい。

(2) 干潟部への土砂供給源の想定

現地調査では出水時の河川流入水、流量のデータが得られなかったが、4 月 3 日のぬかるみ発生がそれ以前の出水によって干潟部へ土砂が供給されたと考えると、前年の平成 23 年 9 月 3 日、同年 9 月 20 日～21 日の台風 12 号と 15 号が原因イベントとしてあげられる。

「2.1」で整理したとおり、この台風時は流域全体で大雨を記録しており、木津水位は最高水位 4.89m を記録し、水防団待機水位 2.8m を 17 時間連続で超過していた。こうした大規模な出水により大量の土砂が干潟域に流入した可能性がある。また、平成 23 年 9 月末から平成 24 年 4 月 3 日までの期間で有義波高 1.65m を超える波浪は推算結果からは見られない。

すなわち、平成 23 年 9 月の大規模出水で干潟域に堆積した土砂が、平成 24 年 4 月 3 日の爆弾低気圧で一気に海岸部に集積した可能性がある。

2.6 現地調査結果、既存資料整理結果のまとめ

現地調査結果、既存資料整理結果より、以下のとおり整理した。

(ぬかるみ分布状況のまとめ)

- ・土質調査結果より、現地海岸が侵食されて粘土層が露出したためにぬかるみが発生した可能性は極めて低い。
- ・ぬかるみは T 突堤西側、唐船山河川側に常時見られるが、それ以外は波浪の来襲などの外力の変化に応じてぬかるみは移動している。
- ・干潟部は「分級された砂」がほとんどであり、沖合トラフでは含泥率が高い範囲が広範囲にわたって存在していることが分かる。また、河道部、唐船海岸 (T 突堤西側)、唐船山河道側において、部分的に含泥率が多く含まれる箇所が見られた。逆に、「含泥率 10% 以下のエリア = シルトが抜けた跡」と考えると、このエリアが海岸へのシルト供給源になっている可能性がある。
- ・ぬかるみを形成する泥は、千種川の運搬土砂と鉱物組成が酷似し、瀬戸内海の広い範囲から運搬されてきたものではない。

(流況等のまとめ)

- ・一潮汐間における水質の変化は、下げ潮時に SS 濃度が低下し、粒子径もやや低下する傾向が見られた。
- ・同じ波高の波が来襲した場合、風向が南寄りの時に、有義波高が高くなるとともに、干潟部 SS 濃度 (濁度) が高くなる傾向がある。
- ・唐船海岸周辺海域は、上げ潮時には西流、下げ潮時には東流となり、その大きさは沖合の水深が深い場所で大きく、干潟部 4 地点 (b,c,d,e) の潮流は小さくなる。地形が沖合 a では DL-6.0m であるのに対して、干潟部は DL-1.5m 以浅であることが、潮流の強さに影響している。
- ・c 地点 (T 突堤東側) の流速が最も小さく、T 突堤と東側導流堤に囲まれた地形の影響を受けているものと考えられる。
- ・干潟部の b、d 地点 (T 突堤沖側) は西寄りの流れの出現頻度が高く、平均流速も西寄りの流れが大きい。これは沖合を流れる潮汐流が千種川右岸側の干拓地等の影響を受けて東流時の干潟部への流れが小さくなるためと考えられる。

(土砂供給源の想定)

- ・家島アメダス風データと現地風観測結果、現地波高と現地風観測結果より推算した波高において、それぞれ相関関係が得られたことから、家島アメダス風データより唐船海岸へ来襲した過去の波浪を推算した。
- ・ぬかるみの主な供給源は、沖合トラフではなく、干潟部あるいは河川部に堆積したシルト粘土分と考えられ、砂分は DL+0.0m 以浅から動き始めるのでシルト粘土よりも移動可能な面積は小さくなる。
- ・干潟部の DL-1.0m ～ ±0.0m にシルト粘土が堆積していた場合、平成 24 年 4 月 3 日の爆弾低気圧接近に伴う波浪 (有義波高最大値 1.78m) によって、干潟域のシルト粘土は広範囲で動き出し、大量に海岸へ輸送される可能性があると考えられた。
- ・平成 23 年 9 月の台風による大規模出水が、平成 24 年 4 月 3 日の爆弾低気圧の接近による波浪でぬかるみが一気に拡大した可能性がある。

(ぬかるみ分布に関する不明点)

- ・平成 23 年の大規模出水において河川からどれぐらいの土砂が流出したか、その出水が今年のぬかるみ発生にどれぐらい寄与しているかはデータが存在しないため不明である。
- ・河川より供給された土砂が干潟に堆積し、潮汐流や波浪によって輸送されるものと考えられるが、今回調査で出水が観測されていないため、出水による泥の拡散状況、ぬかるみ発生への影響は把握できていない。
- ・河川出水が無くても、ぬかるみの範囲が広がり、その範囲も変化するが、ぬかるみ分布の詳細なデータが今回調査では得られていないため、その挙動と外力との関係が不明瞭である。