6.5 水象

6.5.1 調査

水象の調査項目及び調査状況は、表 6.5.1.1 に示すとおりである。

表 6.5.1.1　水象の調査項目及び調査状況

調査項目		文献その他の資料調査	埋立事業実施区域及びその周辺における調査	
			既存の現地調査	現地調査
（ア）水象の状況				
	ア）波浪	―	○	○
	イ）潮流	―	○	○
	ウ）河川等流量	―	○	○

(1) 文献その他の資料調査

該当なし。

(2) 既存の現地調査

「第 3 章　3.2.2　(2) 水環境, 1) 水象の状況, (イ) 既存の現地調査」に示すとおりである。

(3) 現地調査

1) 調査項目

（ア）水象の状況

ア）波浪

イ）潮流

ウ）河川等流量

2) 調査概要

現地調査の概要は、表 6.5.1.2に、現地調査の方法は表 6.5.1.3に、調査位置は図 6.5.1.1に示すとおりである。

表 6.5.1.2　水象に係る現地調査の概要

調査項目	調査位置・測定層	調査時期
波浪 （波向・波高）	埋立事業実施区域及びその周辺の波浪を適切に把握できる地点として 5 地点（St.C、D、F、H、I）	夏季・降雨時（夏季台風期）： 令和 6 年 8 月 5 日～10 月 11 日 冬季： 令和 7 年 1 月 14 日～2 月 12 日
潮流 （流向・流速）	埋立事業実施区域及びその周辺の潮流を適切に把握できる地点として 9 地点（多層観測 5 地点(St.A～St.E)、単層観測 4 地点(St.F～St.I)）	夏季・降雨時（夏季台風期）： 令和 6 年 8 月 5 日～10 月 11 日 冬季： 令和 7 年 1 月 14 日～2 月 12 日
河川等流量	埋立事業実施区域及びその周辺の河川流量を適切に把握できる地点として河川 6 地点（St.1～St.6)	夏季（台風降雨時　夏季台風期）： 令和 6 年 8 月 5 日～令和 6 年 10 月 7 日

表 6.5.1.3　水象に係る現地調査の方法

調査項目	調査方法
波浪 （波向・波高）	リーフ内外の 5 地点において、波高計を設置し、2 季（夏季、冬季）に 15 日間以上の現地波浪データを取得した。 観測は毎正時から 20 分間とし、サンプリング間隔はリーフ外は 0.5 秒、リーフ内は 0.1 秒とした。波高計の設置方法や設置場所等は、各地点の水深、海底状況及び周辺状況を考慮して決定した。
潮流 （流向・流速）	リーフ外の 5 地点においては、ADCP（音響ドップラー流向流速プロファイラ）を海底に設置し、多層観測を行った。 リーフ内の 4 地点においては、電磁流向流速計を設置し、1 層（表層）の観測を行った。電磁流向流速計は海底直上に固定した。
河川等流量	自記式水位流速計を河床等に設置し、流速及び水位の連続観測を 1 層で実施した。機器の点検時に、流量補正のため電磁流速計を用いて河川流量観測を実施した。

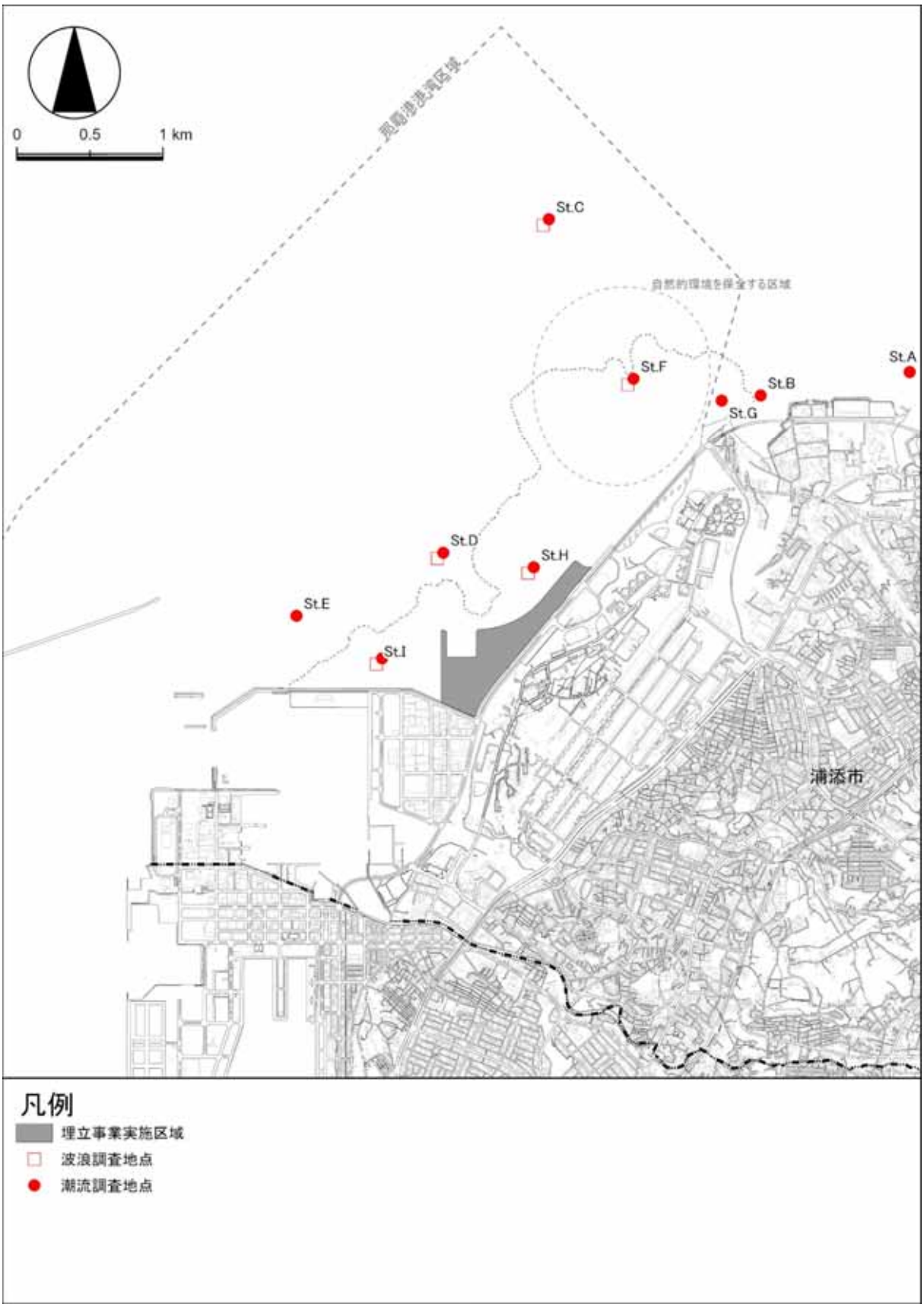


図 6.5.1.1(1)　調査位置（潮流及び波浪観測調査）

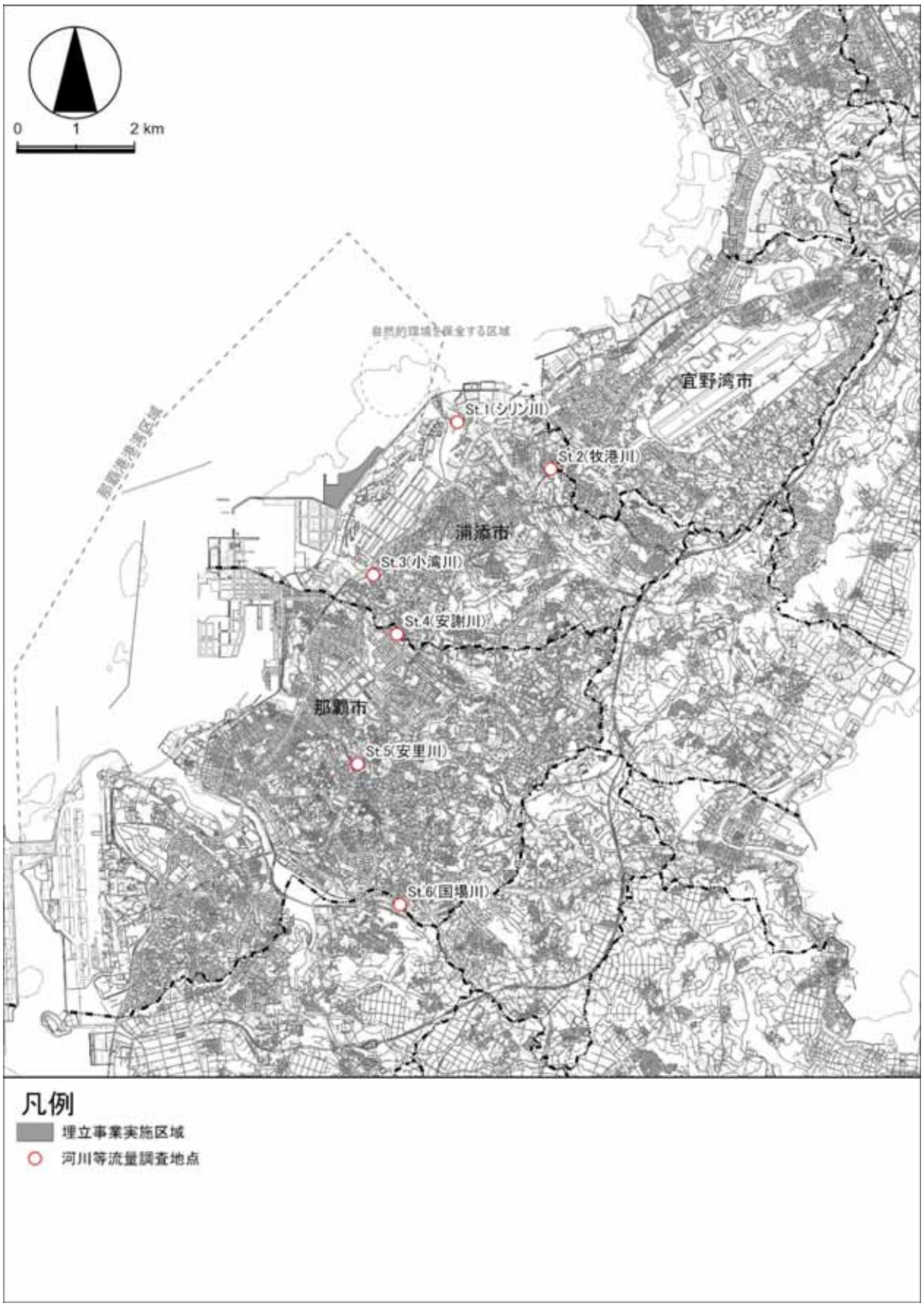


図 6.5.1.1(2)　調査位置（河川等流量）

3) 調査結果

(ア) 水象の状況

ア) 波浪

(a) 波高・周期出現頻度

令和６年度に実施した波浪の観測結果について、夏季の波高と波向の出現頻度分布は図 6.5.1.2に、波高と周期の出現頻度分布は表 6.5.1.5に、冬季の波高と波向の出現頻度分布は図 6.5.1.3に、波高と周期の出現頻度分布は表 6.5.1.6に、各地点の有義波高の時系列の比較は図 6.5.1.4に示すとおりである。

以下に各季の特徴を整理した。

a) 夏季

- 波高と波向の頻度分布

リーフ外側の地点（St.C、St.D）では、St.C は北北西の出現頻度が最も多く、次いで北西の出現頻度が多くなっていた。また、St.D は北西の出現頻度が最も多く、次いで西北西の出現頻度が多くなっていた。

- 波高と周期の頻度分布

リーフ外側の地点（St.C、St.D）の波高は、0.0～0.5mの出現頻度が最も多くSt.C は 60%程度、St.D は 80%程度、周期は 5～6s の出現頻度が 30%程度で最も多かった。リーフ内側の地点（St.F、St.H、St.I）の波高は 0.1～0.2m の出現頻度が最も多く、周期 3.5～4.5s の出現が最も多かった。

b) 冬季

- 波高と波向の頻度分布

リーフ外側の地点（St.C、St.D）では、St.C、St.D ともに最も出現頻度の多い波向は北西であるが、St.CはSt.Dに比べて北北西の出現頻度が多く、St.Dはほとんどが北西であった。

- 波高と周期の頻度分布

リーフ外側の地点（St.C、St.D）の波高は、0.0～0.5m の出現頻度が最も多く、St.C は 20%程度、St.D は 40%程度、周期は 5～6s の出現が 30～40%程度で最も多かった。リーフ内側の地点（St.F、St.H、St.I）の波高は、90%程度が 0.5m未満であり、周期 3～4s の出現頻度が 30%程度で最も多かった。

- 高波浪時の状況

冬季は冬型気圧配置により、Ｓｔ．Ｃにおいて波高 3mを超える高波浪を 3 回観測した。高波浪時の各地点のピーク波浪は、表 6.5.1.4 に示すとおりである。

表 6.5.1.4　高波浪時の各地点のピーク波浪

擾乱	St.C	St.D	St.F	St.H	St.I
1/27　冬型気圧配置	波高 3.11m 周期 8.8s	波高 1.96m 周期 8.2s	波高 0.61m 周期 4.7s	波高 0.71m 周期 4.6s	波高 0.54m 周期 5.4s
2/4　冬型気圧配置	波高 3.30m 周期 8.7s	波高 1.91m 周期 8.6s	波高 0.69m 周期 4.8s	波高 0.74m 周期 5.3s	波高 0.58m 周期 5.1s
2/8　冬型気圧配置	波高 3.96m 周期 10.6s	波高 2.23m 周期 9.4s	波高 0.54m 周期 9.4s	波高 0.74m 周期 5.3s	波高 0.50m 周期 4.6s

注：1.St.Cにおける波高上位３位までの擾乱を整理
　　2.周期は波高ピーク時の値を整理

統計期間　2024年8月5日~ 2024年10月11日

対象地点　St.C

規定回数	1606 回
測得回数	1396 回
欠測回数	210 回　13.1%

波高(m) \ 波向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	計	累計
0.00~ 0.50	1 0.1											51 3.7	190 13.6	256 18.3	194 13.9	16 1.1		708 50.7	708 50.7
0.50~ 1.00												53 3.8	71 5.1	63 4.5	262 18.8	25 1.8		474 34.0	1182 84.7
1.00~ 1.50												7 0.5	1 0.1	23 1.6	133 9.5	1 0.1		165 11.8	1347 96.5
1.50~ 2.00														10 0.7	36 2.6			46 3.3	1393 99.8
2.00~ 2.50															3 0.2			3 0.2	1396 100.0
2.50~ 3.00																		0 0.0	1396 100.0
3.00~ 3.50																		0 0.0	1396 100.0
3.50~ 4.00																		0 0.0	1396 100.0
4.00m以上																		0 0.0	1396 100.0
計	1 0.1	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	111 8.0	262 18.8	352 25.2	628 45.0	42 3.0	0 0.0	1396 100.0	

上段は出現回数
下段は出現率(%)

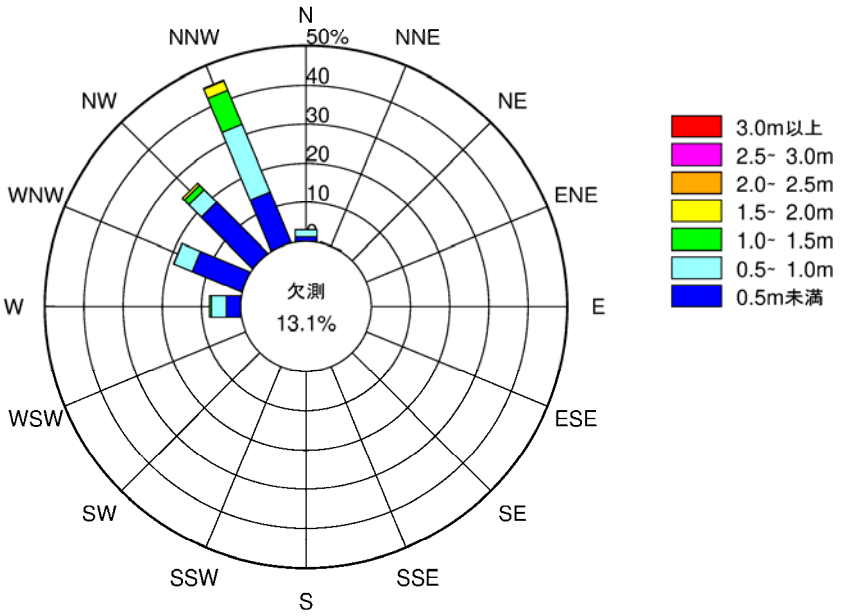


図 6.5.1.2(1)　波高と波向の出現頻度分布（夏季、St.C）

統計期間　2024年8月8日~ 2024年10月11日

対象地点　St.D

規定回数	1536	回
測得回数	1277	回
欠測回数	259 回	16.9%

波高(m) \ 波向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	計	累計
0.00~ 0.50												42 3.3	472 37.0	444 34.8	30 2.3			988 77.4	988 77.4
0.50~ 1.00													24 1.9	219 17.1	10 0.8			253 19.8	1241 97.2
1.00~ 1.50														36 2.8				36 2.8	1277 100.0
1.50~ 2.00																		0 0.0	1277 100.0
2.00~ 2.50																		0 0.0	1277 100.0
2.50~ 3.00																		0 0.0	1277 100.0
3.00~ 3.50																		0 0.0	1277 100.0
3.50~ 4.00																		0 0.0	1277 100.0
4.00m以上																		0 0.0	1277 100.0
計	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	42 3.3	496 38.8	699 54.7	40 3.1	0 0.0	0 0.0	1277 100.0	

上段は出現回数
下段は出現率(%)

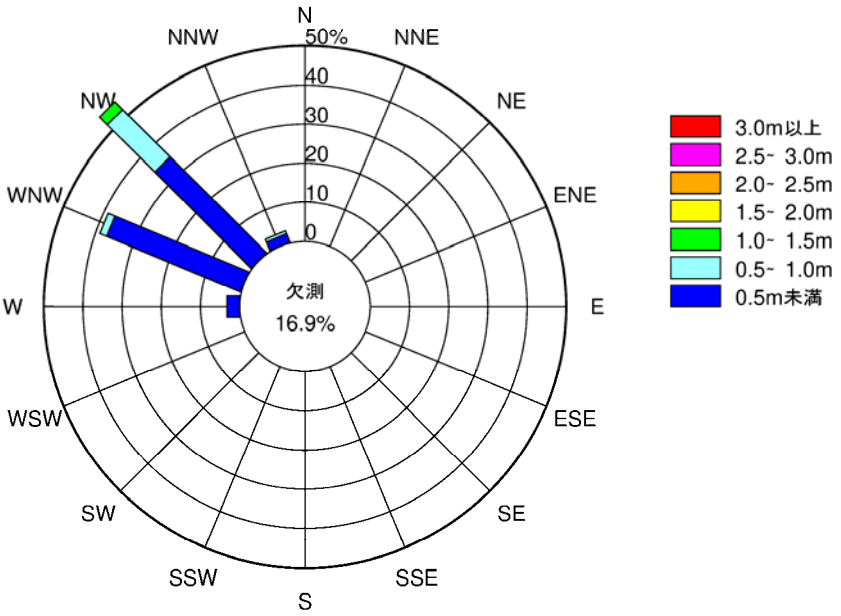


図 6.5.1.2(2)　波高と波向の出現頻度分布（夏季、St.D)

表 6.5.1.5(1)　波高と周期の出現頻度分布（夏季、St.C）

規定回数	1606 回
測得回数	1606 回
欠測回数	0 回 0.0 %

統計期間　2024年8月5日~ 2024年10月11日

対象地点　St.C

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50			3	72	228	302	201	94	11			911	911
			0.2	4.5	14.2	18.8	12.5	5.9	0.7			56.7	56.7
0.50~ 1.00				9	83	159	126	55	16	23	10	481	1392
				0.6	5.2	9.9	7.8	3.4	1.0	1.4	0.6	30.0	86.7
1.00~ 1.50					5	16	61	42	37	3	1	165	1557
					0.3	1.0	3.8	2.6	2.3	0.2	0.1	10.3	96.9
1.50~ 2.00						6	14	2	11	9	4	46	1603
						0.4	0.9	0.1	0.7	0.6	0.2	2.9	99.8
2.00~ 2.50										3		3	1606
										0.2		0.2	100.0
2.50~ 3.00												0	1606
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	1606
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	1606
												0.0	100.0
4.00m以上												0	1606
												0.0	100.0
計	0	0	3	81	316	483	402	193	75	38	15	1606	
	0.0	0.0	0.2	5.0	19.7	30.1	25.0	12.0	4.7	2.4	0.9	100.0	
	0	0	3	84	400	883	1285	1478	1553	1591	1606		
	0.0	0.0	0.2	5.2	24.9	55.0	80.0	92.0	96.7	99.1	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.5(2)　波高と周期の出現頻度分布（夏季、St.D）

規定回数	1536 回
測得回数	1536 回
欠測回数	0 回 0.0 %

統計期間　2024年8月8日~ 2024年10月11日

対象地点　St.D

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50			23	183	292	337	251	114	20	16	11	1247	1247
			1.5	11.9	19.0	21.9	16.3	7.4	1.3	1.0	0.7	81.2	81.2
0.50~ 1.00				11	45	88	40	35	22	3	9	253	1500
				0.7	2.9	5.7	2.6	2.3	1.4	0.2	0.6	16.5	97.7
1.00~ 1.50					5	14		1	6	9	1	36	1536
					0.3	0.9		0.1	0.4	0.6	0.1	2.3	100.0
1.50~ 2.00												0	1536
												0.0	100.0
2.00~ 2.50												0	1536
												0.0	100.0
2.50~ 3.00												0	1536
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	1536
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	1536
												0.0	100.0
4.00m以上												0	1536
												0.0	100.0
計	0	0	23	194	342	439	291	150	48	28	21	1536	
	0.0	0.0	1.5	12.6	22.3	28.6	18.9	9.8	3.1	1.8	1.4	100.0	
	0	0	23	217	559	998	1289	1439	1487	1515	1536		
	0.0	0.0	1.5	14.1	36.4	65.0	83.9	93.7	96.8	98.6	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.5(3)　波高と周期の出現頻度分布（夏季、St.F）

規定回数	1536	回
測得回数	1536	回
欠測回数	0 回	0.0 %

統計期間　2024年8月8日~ 2024年10月11日

対象地点　St.F

周期(s) / 波高(m)	0.0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0	3.0 ~ 3.5	3.5 ~ 4.0	4.0 ~ 4.5	4.5 ~ 5.0	5.0 ~ 5.5	5.5 ~ 6.0	6.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.10			21	58	65	76	55	31	18	17	11	7	6	365	365
			1.4	3.8	4.2	4.9	3.6	2.0	1.2	1.1	0.7	0.5	0.4	23.8	23.8
0.10~ 0.20				1	31	62	95	78	83	79	53	54	125	661	1026
				0.1	2.0	4.0	6.2	5.1	5.4	5.1	3.5	3.5	8.1	43.0	66.8
0.20~ 0.30						2	21	43	49	49	42	39	47	292	1318
						0.1	1.4	2.8	3.2	3.2	2.7	2.5	3.1	19.0	85.8
0.30~ 0.40							3	40	56	17	8	3	15	142	1460
							0.2	2.6	3.6	1.1	0.5	0.2	1.0	9.2	95.1
0.40~ 0.50								5	15	21	8	1	1	51	1511
								0.3	1.0	1.4	0.5	0.1	0.1	3.3	98.4
0.50~ 0.60									7	6	4	3		20	1531
									0.5	0.4	0.3	0.2		1.3	99.7
0.60~ 0.70										3	2			5	1536
										0.2	0.1			0.3	100.0
0.70~ 0.80														0	1536
														0.0	100.0
0.80~ 0.90														0	1536
														0.0	100.0
0.90~ 1.00														0	1536
														0.0	100.0
1.00m以上														0	1536
														0.0	100.0
計	0	0	21	59	96	140	174	197	228	192	128	107	194	1536	
	0.0	0.0	1.4	3.8	6.2	9.1	11.3	12.8	14.8	12.5	8.3	7.0	12.6	100.0	
	0	0	21	80	176	316	490	687	915	1107	1235	1342	1536		
	0.0	0.0	1.4	5.2	11.5	20.6	31.9	44.7	59.6	72.1	80.4	87.4	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.5(4)　波高と周期の出現頻度分布（夏季、St.H）

規定回数	1611	回
測得回数	1604	回
欠測回数	7 回	0.4 %

統計期間　2024年8月5日~ 2024年10月11日

対象地点　St.H

周期(s) / 波高(m)	0.0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0	3.0 ~ 3.5	3.5 ~ 4.0	4.0 ~ 4.5	4.5 ~ 5.0	5.0 ~ 5.5	5.5 ~ 6.0	6.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.10		28	62	45	59	59	45	32	23	20	8	7	5	393	393
		1.7	3.9	2.8	3.7	3.7	2.8	2.0	1.4	1.2	0.5	0.4	0.3	24.5	24.5
0.10~ 0.20				12	59	74	88	82	89	57	37	34	121	653	1046
				0.7	3.7	4.6	5.5	5.1	5.5	3.6	2.3	2.1	7.5	40.7	65.2
0.20~ 0.30					3	16	45	53	38	21	24	29	66	295	1341
					0.2	1.0	2.8	3.3	2.4	1.3	1.5	1.8	4.1	18.4	83.6
0.30~ 0.40							11	38	38	22	16	8	20	153	1494
							0.7	2.4	2.4	1.4	1.0	0.5	1.2	9.5	93.1
0.40~ 0.50								8	15	18	15	6	11	73	1567
								0.5	0.9	1.1	0.9	0.4	0.7	4.6	97.7
0.50~ 0.60								3	9	4	3	1	6	26	1593
								0.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.4	1.6	99.3
0.60~ 0.70									3		1	2	2	8	1601
									0.2		0.1	0.1	0.1	0.5	99.8
0.70~ 0.80											1	2		3	1604
											0.1	0.1		0.2	100.0
0.80~ 0.90														0	1604
														0.0	100.0
0.90~ 1.00														0	1604
														0.0	100.0
1.00m以上														0	1604
														0.0	100.0
計	0	28	62	57	121	149	189	216	215	142	105	89	231	1604	
	0.0	1.7	3.9	3.6	7.5	9.3	11.8	13.5	13.4	8.9	6.5	5.5	14.4	100.0	
	0	28	90	147	268	417	606	822	1037	1179	1284	1373	1604		
	0.0	1.7	5.6	9.2	16.7	26.0	37.8	51.2	64.7	73.5	80.0	85.6	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.5(5)　波高と周期の出現頻度分布（夏季、St.I）

規定回数	1587	回
測得回数	1587	回
欠測回数	0 回	0.0 %

統計期間　2024年8月6日~ 2024年10月11日

対象地点　St.I

周期(s) / 波高(m)	0.0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0	3.0 ~ 3.5	3.5 ~ 4.0	4.0 ~ 4.5	4.5 ~ 5.0	5.0 ~ 5.5	5.5 ~ 6.0	6.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.10			77	132	74	74	53	26	15	4	1	1	1	458	458
			4.9	8.3	4.7	4.7	3.3	1.6	0.9	0.3	0.1	0.1	0.1	28.9	28.9
0.10~ 0.20					1	11	62	84	82	66	73	37	60	476	934
					0.1	0.7	3.9	5.3	5.2	4.2	4.6	2.3	3.8	30.0	58.9
0.20~ 0.30							4	57	67	38	34	30	81	311	1245
							0.3	3.6	4.2	2.4	2.1	1.9	5.1	19.6	78.4
0.30~ 0.40								9	52	61	27	36	42	227	1472
								0.6	3.3	3.8	1.7	2.3	2.6	14.3	92.8
0.40~ 0.50									4	31	35	9	16	95	1567
									0.3	2.0	2.2	0.6	1.0	6.0	98.7
0.50~ 0.60										7	3	7		17	1584
										0.4	0.2	0.4		1.1	99.8
0.60~ 0.70												2	1	3	1587
												0.1	0.1	0.2	100.0
0.70~ 0.80														0	1587
														0.0	100.0
0.80~ 0.90														0	1587
														0.0	100.0
0.90~ 1.00														0	1587
														0.0	100.0
1.00m以上														0	1587
														0.0	100.0
計	0	0	77	132	75	85	119	176	220	207	173	122	201	1587	
	0.0	0.0	4.9	8.3	4.7	5.4	7.5	11.1	13.9	13.0	10.9	7.7	12.7	100.0	
	0	0	77	209	284	369	488	664	884	1091	1264	1386	1587		
	0.0	0.0	4.9	13.2	17.9	23.3	30.7	41.8	55.7	68.7	79.6	87.3	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

統計期間　2025年1月14日~ 2025年2月11日

対象地点　St.C

規定回数	670	回
測得回数	637	回
欠測回数	33 回	4.9 %

波高(m) \ 波向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	計	累計
0.00~ 0.50										4 0.6	12 1.9	18 2.8	40 6.3	44 6.9	9 1.4			127 19.9	127 19.9
0.50~ 1.00	1 0.2										1 0.2		8 1.3	125 19.6	15 2.4			150 23.5	277 43.5
1.00~ 1.50											1 0.2	1 0.2	2 0.3	63 9.9	68 10.7			135 21.2	412 64.7
1.50~ 2.00														45 7.1	40 6.3			85 13.3	497 78.0
2.00~ 2.50												6 0.9		23 3.6	34 5.3			63 9.9	560 87.9
2.50~ 3.00												4 0.6		24 3.8	22 3.5			50 7.8	610 95.8
3.00~ 3.50														10 1.6	12 1.9			22 3.5	632 99.2
3.50~ 4.00														5 0.8				5 0.8	637 100.0
4.00m以上																		0 0.0	637 100.0
計	1 0.2	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	4 0.6	14 2.2	29 4.6	50 7.8	339 53.2	200 31.4	0 0.0	0 0.0	637 100.0	

上段は出現回数
下段は出現率(%)

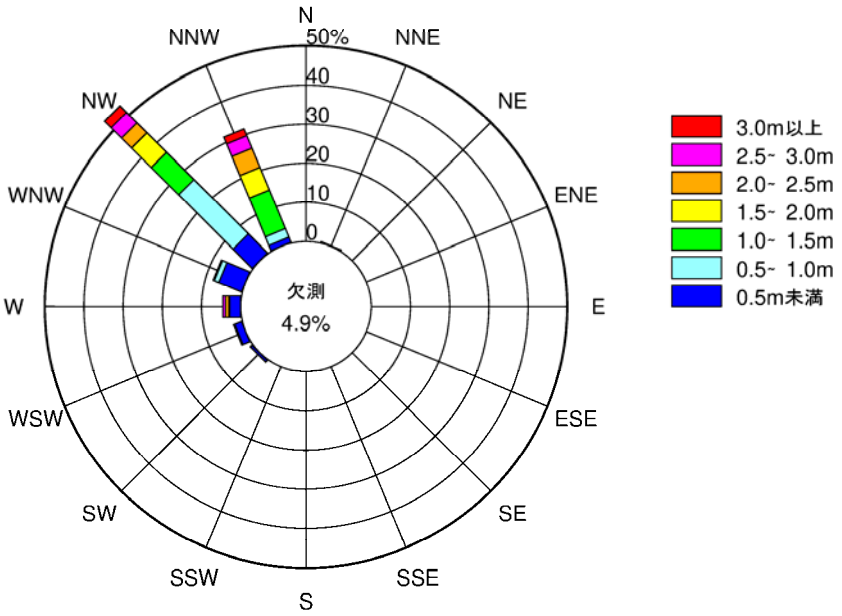


図 6.5.1.3(1)　波高と波向の出現頻度分布（冬季、St.C）

統計期間　2025年1月14日~ 2025年2月12日

対象地点　St.D

規定回数	692	回
測得回数	632	回
欠測回数	60 回	8.7 %

波向 / 波高(m)	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	計	累計
0.00~ 0.50													14 2.2	173 27.4	16 2.5			203 32.1	203 32.1
0.50~ 1.00													2 0.3	247 39.1	5 0.8			254 40.2	457 72.3
1.00~ 1.50														119 18.8				119 18.8	576 91.1
1.50~ 2.00													1 0.2	49 7.8				50 7.9	626 99.1
2.00~ 2.50														6 0.9				6 0.9	632 100.0
2.50~ 3.00																		0 0.0	632 100.0
3.00~ 3.50																		0 0.0	632 100.0
3.50~ 4.00																		0 0.0	632 100.0
4.00m以上																		0 0.0	632 100.0
計	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	17 2.7	594 94.0	21 3.3	0 0.0	0 0.0	632 100.0	

上段は出現回数
下段は出現率(%)

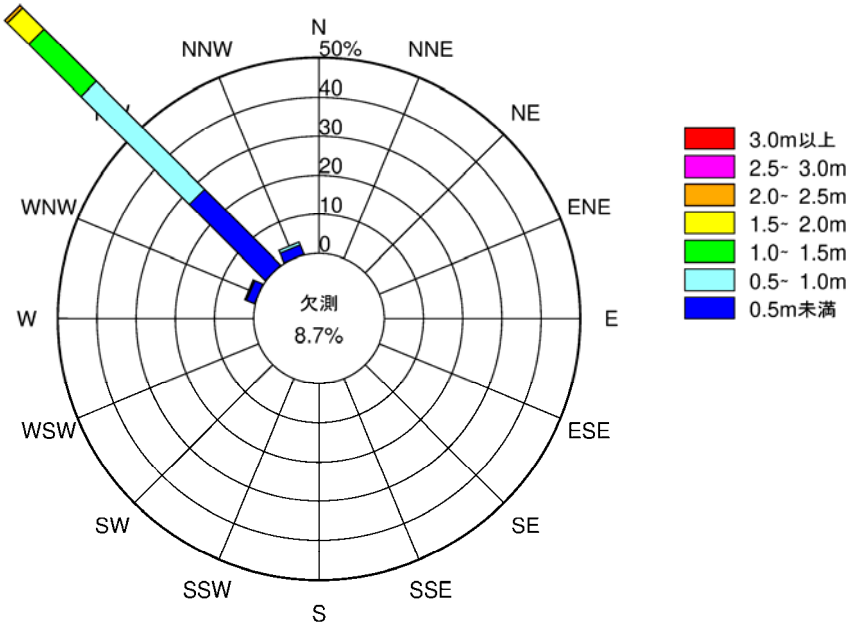


図 6.5.1.3(2)　波高と波向の出現頻度分布（冬季、St.D)

表 6.5.1.6(1)　波高と周期の出現頻度分布（冬季、St.C）

規定回数	670	回
測得回数	670	回
欠測回数	0 回	0.0 %

統計期間　2025年1月14日~ 2025年2月11日

対象地点　St.C

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50			1	21	26	80	29	3				160	160
			0.1	3.1	3.9	11.9	4.3	0.4				23.9	23.9
0.50~ 1.00				4	10	71	36	27	2			150	310
				0.6	1.5	10.6	5.4	4.0	0.3			22.4	46.3
1.00~ 1.50					1	19	35	67	13			135	445
					0.1	2.8	5.2	10.0	1.9			20.1	66.4
1.50~ 2.00						2	21	31	31			85	530
						0.3	3.1	4.6	4.6			12.7	79.1
2.00~ 2.50							13	16	26	8		63	593
							1.9	2.4	3.9	1.2		9.4	88.5
2.50~ 3.00							2	5	34	9		50	643
							0.3	0.7	5.1	1.3		7.5	96.0
3.00~ 3.50								1	13	8		22	665
								0.1	1.9	1.2		3.3	99.3
3.50~ 4.00										2	3	5	670
										0.3	0.4	0.7	100.0
4.00m以上												0	670
												0.0	100.0
計	0	0	1	25	37	172	136	150	119	27	3	670	
	0.0	0.0	0.1	3.7	5.5	25.7	20.3	22.4	17.8	4.0	0.4	100.0	
	0	0	1	26	63	235	371	521	640	667	670		
	0.0	0.0	0.1	3.9	9.4	35.1	55.4	77.8	95.5	99.6	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.6(2)　波高と周期の出現頻度分布（冬季、St.D）

規定回数	692	回
測得回数	692	回
欠測回数	0 回	0.0 %

統計期間　2025年1月14日~ 2025年2月12日

対象地点　St.D

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50			3	9	61	149	35	6				263	263
			0.4	1.3	8.8	21.5	5.1	0.9				38.0	38.0
0.50~ 1.00				4	31	95	92	32				254	517
				0.6	4.5	13.7	13.3	4.6				36.7	74.7
1.00~ 1.50					1	9	42	48	18	1		119	636
					0.1	1.3	6.1	6.9	2.6	0.1		17.2	91.9
1.50~ 2.00								20	25	5		50	686
								2.9	3.6	0.7		7.2	99.1
2.00~ 2.50									1	5		6	692
									0.1	0.7		0.9	100.0
2.50~ 3.00												0	692
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	692
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	692
												0.0	100.0
4.00m以上												0	692
												0.0	100.0
計	0	0	3	13	93	253	169	106	44	11	0	692	
	0.0	0.0	0.4	1.9	13.4	36.6	24.4	15.3	6.4	1.6	0.0	100.0	
	0	0	3	16	109	362	531	637	681	692	692		
	0.0	0.0	0.4	2.3	15.8	52.3	76.7	92.1	98.4	100.0	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.6(3)　波高と周期の出現頻度分布（冬季、St.F）

規定回数	670 回
測得回数	670 回
欠測回数	0 回 0.0 %

統計期間　2025年1月14日~ 2025年2月11日

対象地点　St.F

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50		52	131	228	172	40	8					631	631
		7.8	19.6	34.0	25.7	6.0	1.2					94.2	94.2
0.50~ 1.00				1	37	1						39	670
				0.1	5.5	0.1						5.8	100.0
1.00~ 1.50												0	670
												0.0	100.0
1.50~ 2.00												0	670
												0.0	100.0
2.00~ 2.50												0	670
												0.0	100.0
2.50~ 3.00												0	670
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	670
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	670
												0.0	100.0
4.00m以上												0	670
												0.0	100.0
計	0	52	131	229	209	41	8	0	0	0	0	670	
	0.0	7.8	19.6	34.2	31.2	6.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
	0	52	183	412	621	662	670	670	670	670	670		
	0.0	7.8	27.3	61.5	92.7	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.6(4)　波高と周期の出現頻度分布（冬季、St.H）

規定回数	670 回
測得回数	670 回
欠測回数	0 回 0.0 %

統計期間　2025年1月15日~ 2025年2月12日

対象地点　St.H

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50	11	51	124	203	117	59	15					580	580
	1.6	7.6	18.5	30.3	17.5	8.8	2.2					86.6	86.6
0.50~ 1.00				4	81	5						90	670
				0.6	12.1	0.7						13.4	100.0
1.00~ 1.50												0	670
												0.0	100.0
1.50~ 2.00												0	670
												0.0	100.0
2.00~ 2.50												0	670
												0.0	100.0
2.50~ 3.00												0	670
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	670
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	670
												0.0	100.0
4.00m以上												0	670
												0.0	100.0
計	11	51	124	207	198	64	15	0	0	0	0	670	
	1.6	7.6	18.5	30.9	29.6	9.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
	11	62	186	393	591	655	670	670	670	670	670		
	1.6	9.3	27.8	58.7	88.2	97.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

表 6.5.1.6(5)　波高と周期の出現頻度分布（冬季、St.I）

規定回数	670 回
測得回数	670 回
欠測回数	0 回 0.0 %

統計期間　2025年1月15日~ 2025年2月12日

対象地点　St.I

周期(s) / 波高(m)	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 ~ 9.0	9.0 ~ 10.0	10.0 s以上	計	累計
0.00~ 0.50		126	79	183	181	67	10					646	646
		18.8	11.8	27.3	27.0	10.0	1.5					96.4	96.4
0.50~ 1.00					19	5						24	670
					2.8	0.7						3.6	100.0
1.00~ 1.50												0	670
												0.0	100.0
1.50~ 2.00												0	670
												0.0	100.0
2.00~ 2.50												0	670
												0.0	100.0
2.50~ 3.00												0	670
												0.0	100.0
3.00~ 3.50												0	670
												0.0	100.0
3.50~ 4.00												0	670
												0.0	100.0
4.00m以上												0	670
												0.0	100.0
計	0	126	79	183	200	72	10	0	0	0	0	670	
	0.0	18.8	11.8	27.3	29.9	10.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	
	0	126	205	388	588	660	670	670	670	670	670		
	0.0	18.8	30.6	57.9	87.8	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

上段は出現回数
下段は出現率(%)

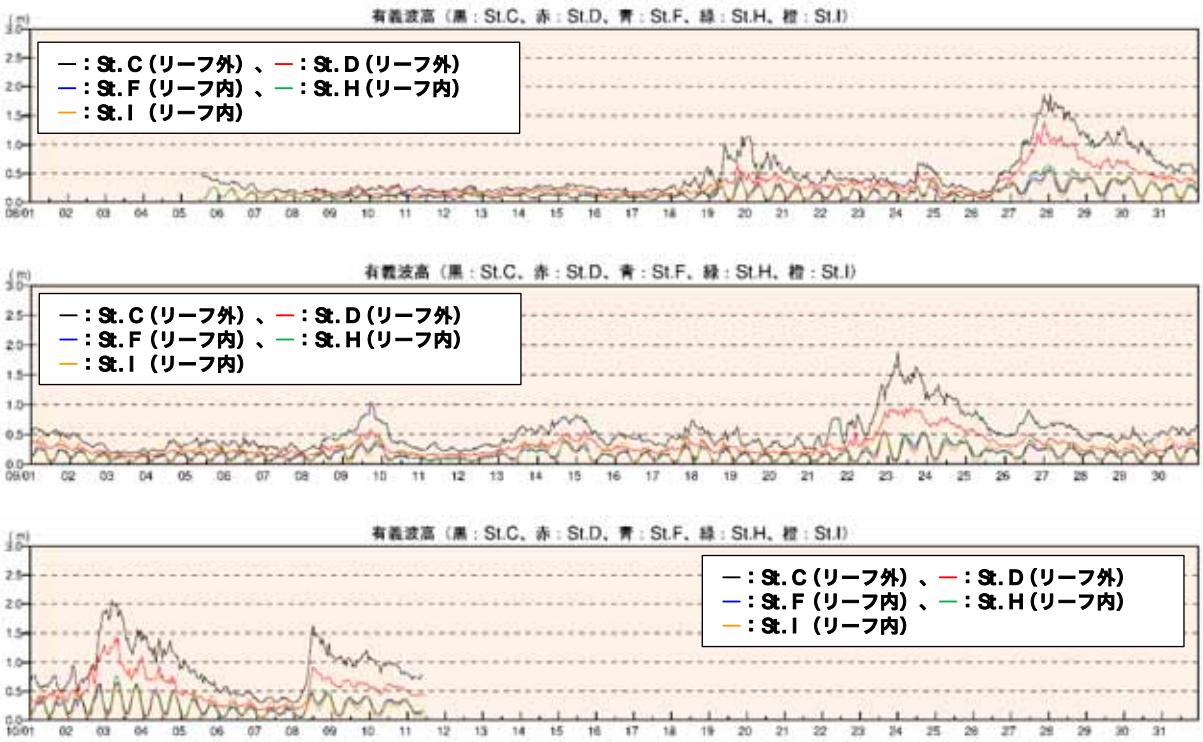


図 6.5.1.4(1)　各地点の有義波高の時系列の比較（夏季（令和６年８月～10月））

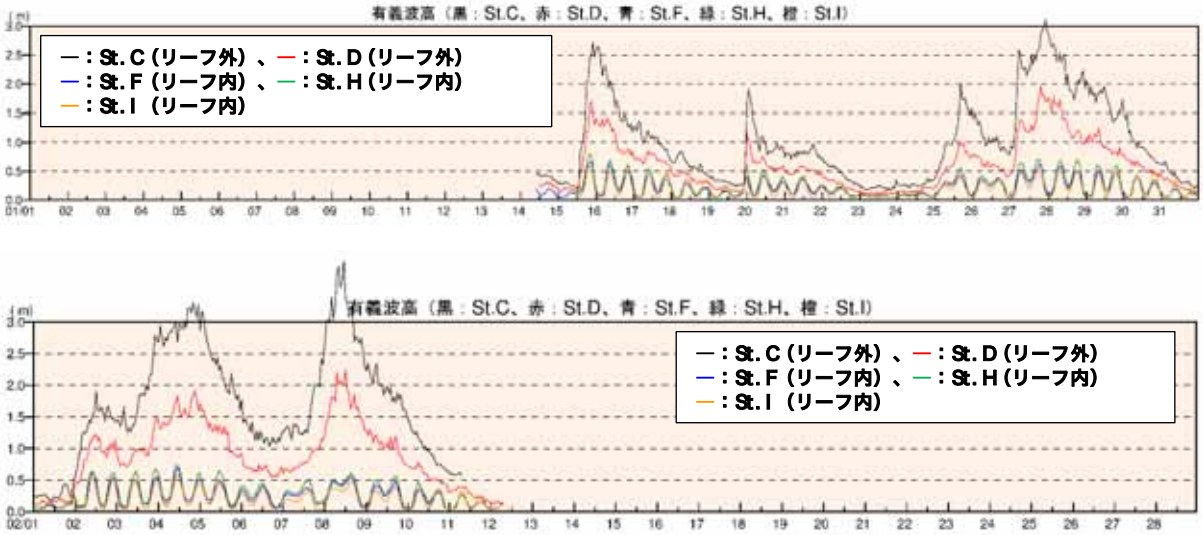


図 6.5.1.4(2)　各地点の有義波高の時系列の比較（冬季（令和７年１月～２月））

(b) ナウファス那覇との関係性の整理

「第 6 章　6.5.2　予測」の波浪変形計算において、沖波の代表地点を設定する必要がある。これを踏まえ、調査地点のうち最も沖側の St.C と、ナウファス那覇との波浪の関係性を整理した。ナウファス那覇及び St.Cの位置関係を図 6.5.1.5 に、ナウファス那覇と St.Cの波高、周期、波向の散布図を図 6.5.1.6 に示す。

図 6.5.1.6より、波高と周期は決定係数が約0.8～0.9、回帰直線の傾きは概ね0.9程度であり、両地点の傾向は概ね同様であることがわかる。一方で、波向は決定係数が 0.04 であり、ばらつきが大きく、両地点では波の入射方向に違いがみられる。

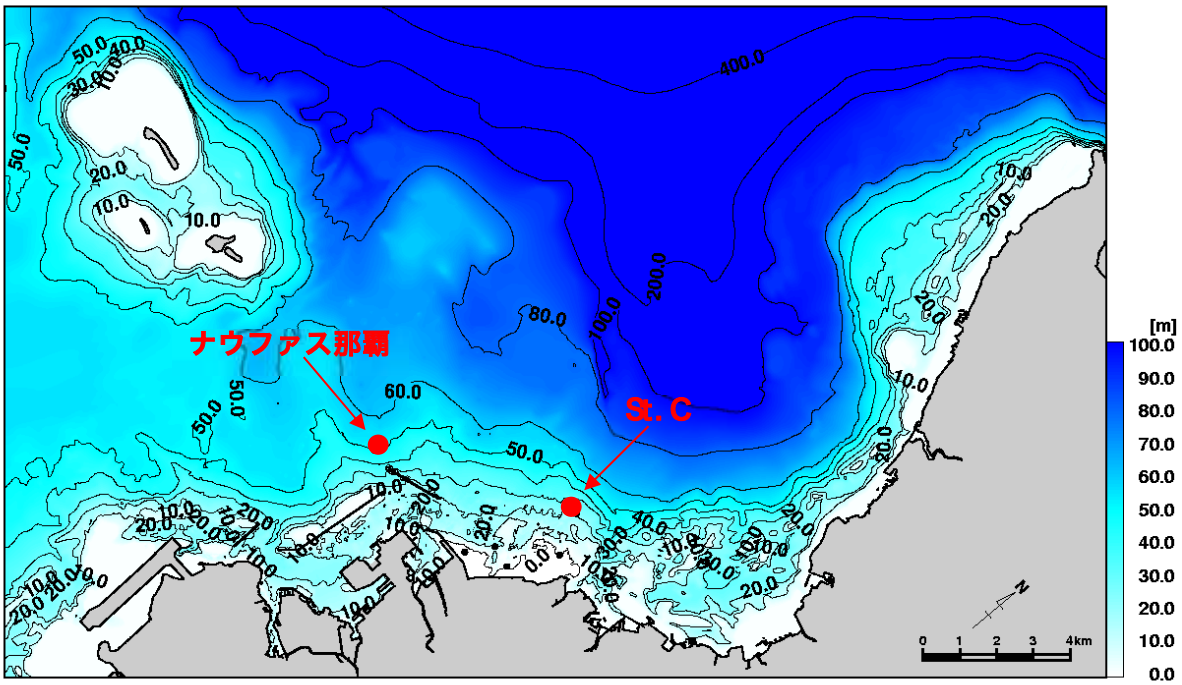


図 6.5.1.5　ナウファス那覇と St.Cの位置関係

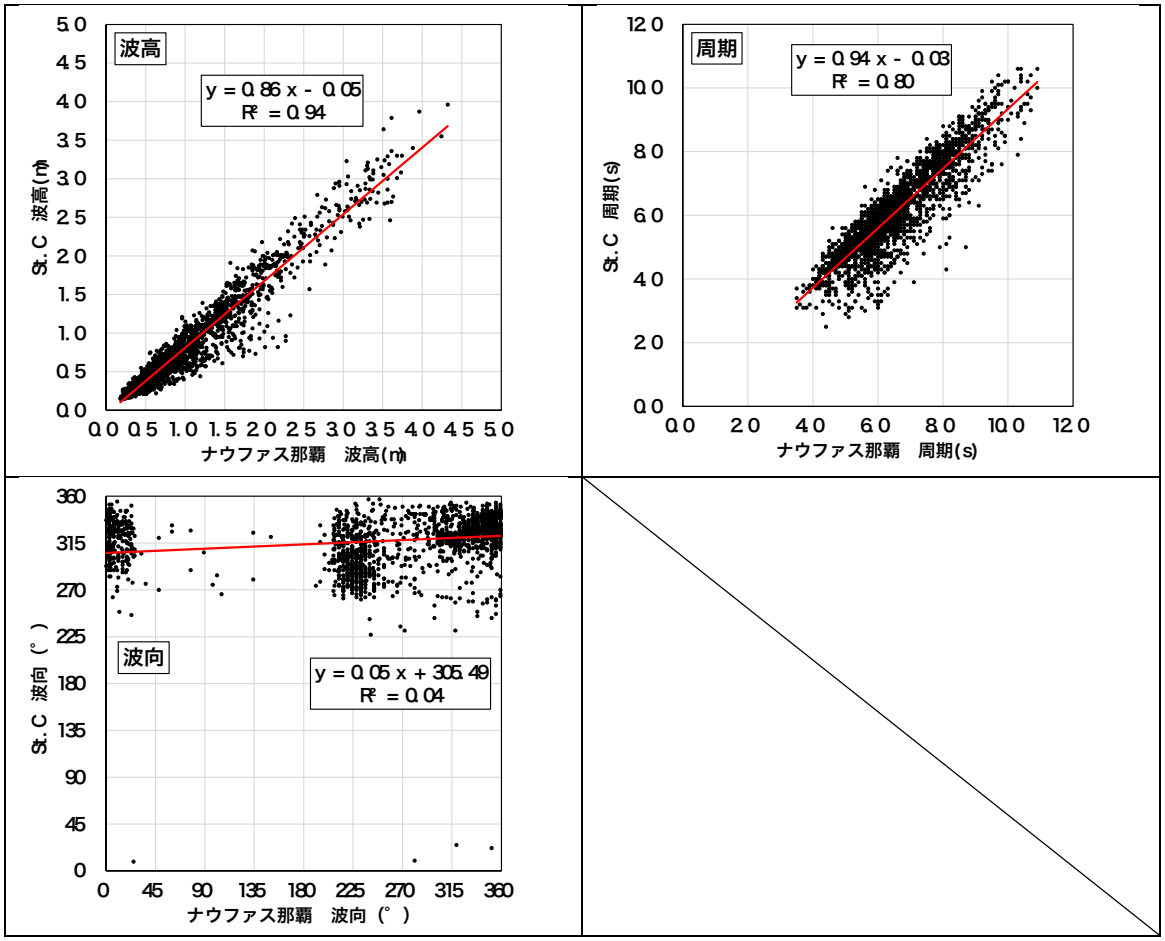


図 6.5.1.6　ナウファス那覇と St.Cの波浪（波高、周期、波向）の関係

また、St.Cにおける夏季、冬季の波向の出現頻度を図 6.5.1.7 に示す。夏季は NNWが最多頻度、冬季は NWが最多頻度となっている。また、度単位で整理した波向出現頻度は図 6.5.1.8 に示すとおりであり、度単位でみると、夏季は卓越波向が N342°（NNW）であり、16 方位別統計での最多頻度 NNWと一致している。一方で、冬季は卓越波向が N328°（NNW）であり、16 方位別統計での最多頻度 NWと若干異なっている。

以上のことから、波向の予測条件として夏季は 342°、冬季は 328°とすることとした。

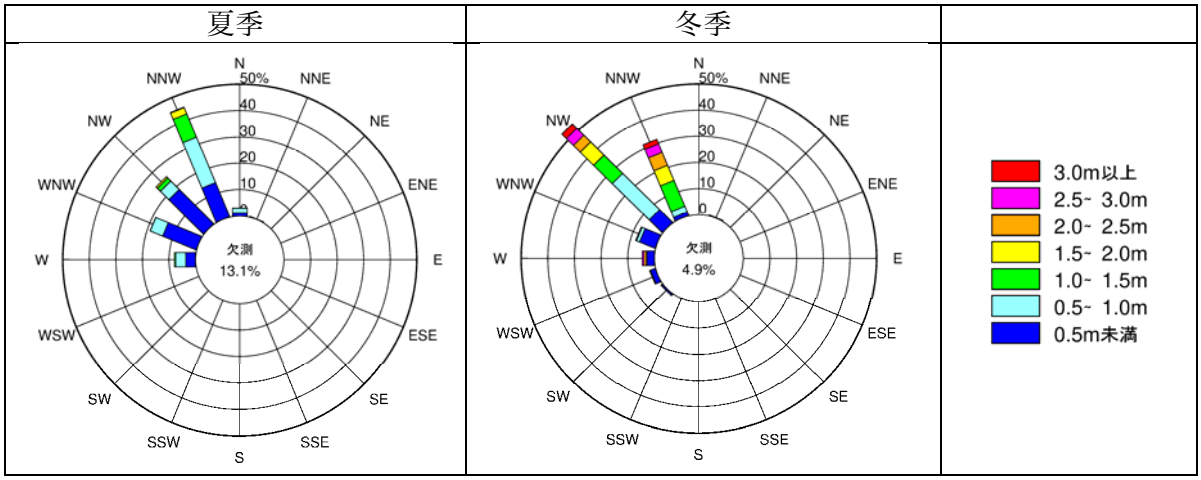


図 6.5.1.7　St.Cの波向出現頻度［方位］（夏季、冬季）

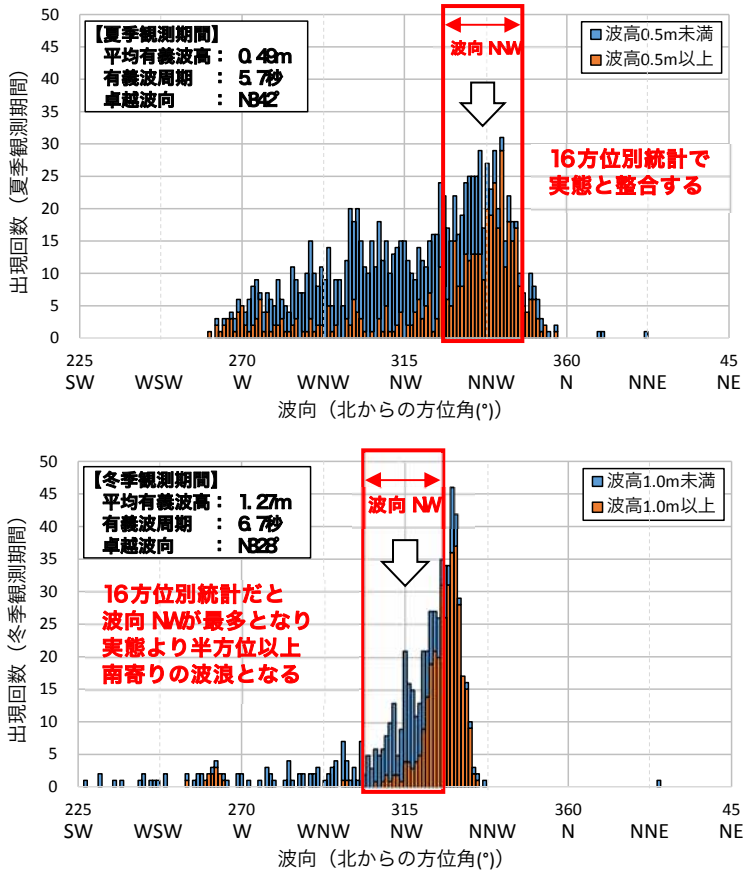


図 6.5.1.8　St.Cの波向出現頻度［角度］（夏季、冬季）

イ）潮流

(a) 流向・流速出現頻度分布

令和６年に実施した潮流の観測結果から、流向流速別頻度分布の夏季は図 6.5.1.9 に、冬季は図 6.5.1.10 に示すとおりである。なお、St.A～E については複数層でデータを取得しており、表 6.5.1.7 に示す代表層について解析を行った。以下に各季の特徴を整理した。

a) 夏季

リーフ外の地点に着目すると、St.C及び St.E では沿岸方向の海底地形に沿った流れが卓越していることがわかる。St.D も上層では沿岸方向の流速出現頻度が卓越しているが、下層では卓越流向はみられなかった。St.A及び St.B は流速が小さく、卓越した流向はみられなかった。

次に、リーフ内の地点に着目すると、St.F 及び St.I は流速が小さく、卓越した流向はみられなかった。St.G及び St.Hでは海岸線に沿った往復流がみられた。

b) 冬季

リーフ外の地点に着目すると、St.C及び St.E では海底地形に沿った南西及び西南西向きの流れが卓越していることがわかる。St.D も上層では沿岸方向の流速出現頻度が卓越しているが、下層では岸から沖に向かう方向（北西）に卓越流向がみられた。St.B は南向きの流れが多く出現していた。St.A は流速が小さく、卓越した流向はみられなかった。

次に、リーフ内の地点に着目すると、St.F は流速が小さく、卓越した流向はみられなかった。St.G及び St.H、St.I では、それぞれ南東、南西、東北東の流れが多く出現していた。また St.Gにおいて 30cm/s 以上の強い流れが出現していた。

表 6.5.1.7　代表層の設定

地点	層	使用データ
St.A	上層	海底上 5.7m
	下層	海底上 2.7m
St.B	上層	海底上 3.7m
	下層	海底上 2.7m
St.C	上層	海底上 20.6m
	中層	海底上 9.6m
	下層	海底上 3.6m
St.D	上層	海底上 10.8m
	下層	海底上 3.8m
St.E	上層	海底上 10.5m
	下層	海底上 3.5m

注：代表層は流速分布、地形条件等を基準に設定した。

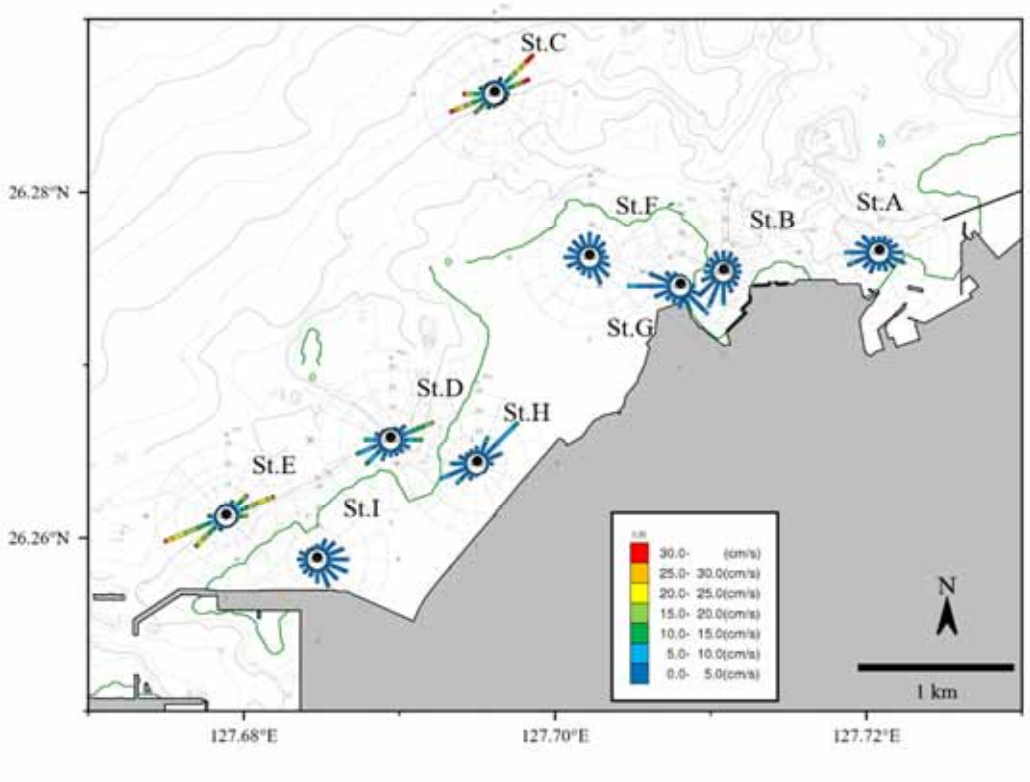


図 6.5.1.9(1)　流向・流速頻度分布(夏季、上層)

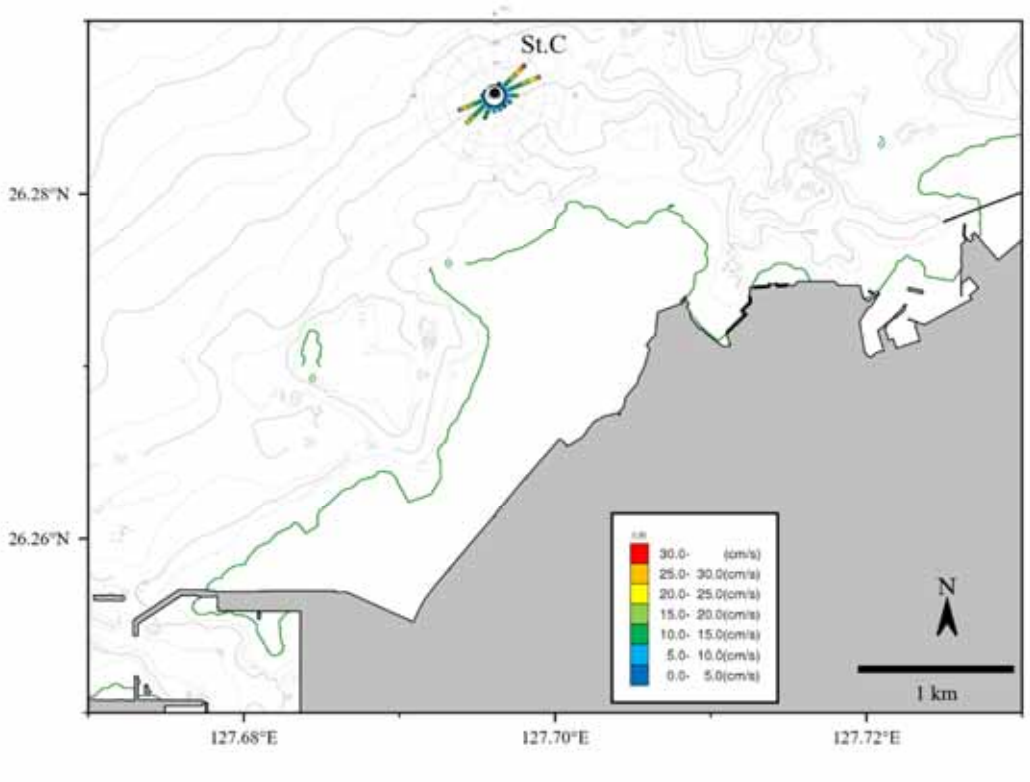


図 6.5.1.9(2)　流向・流速頻度分布(夏季、中層)

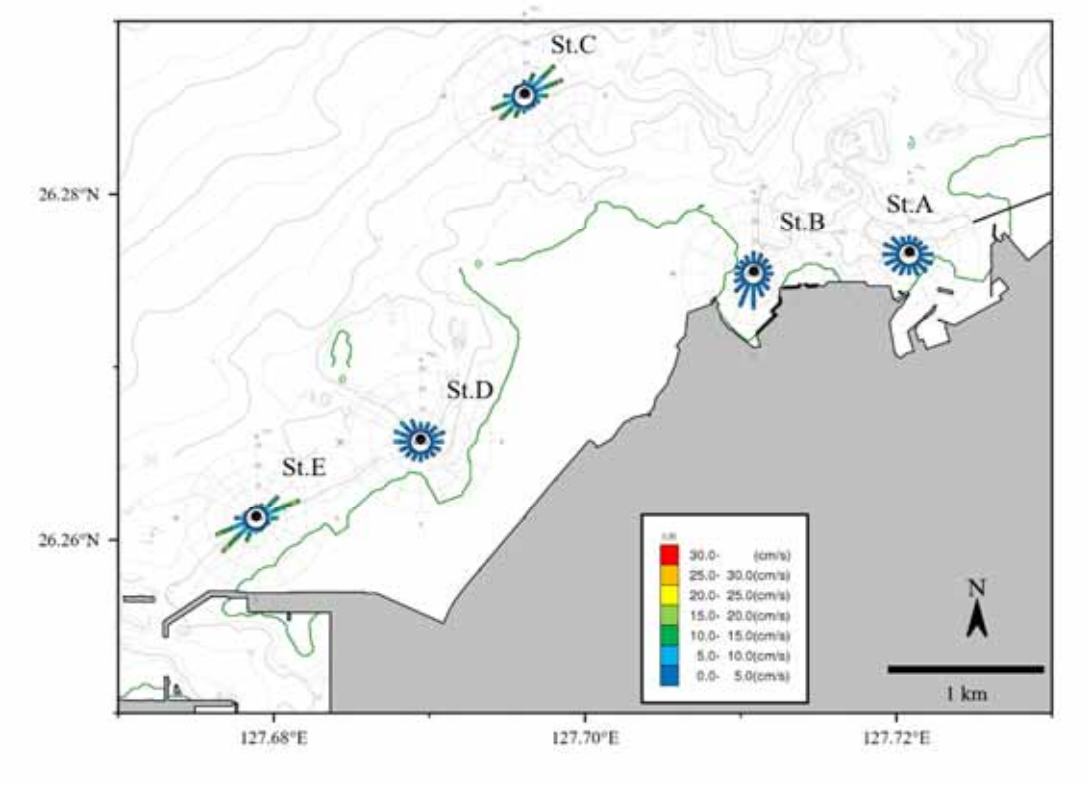


図 6.5.1.9(3)　流向・流速頻度分布(夏季、下層)

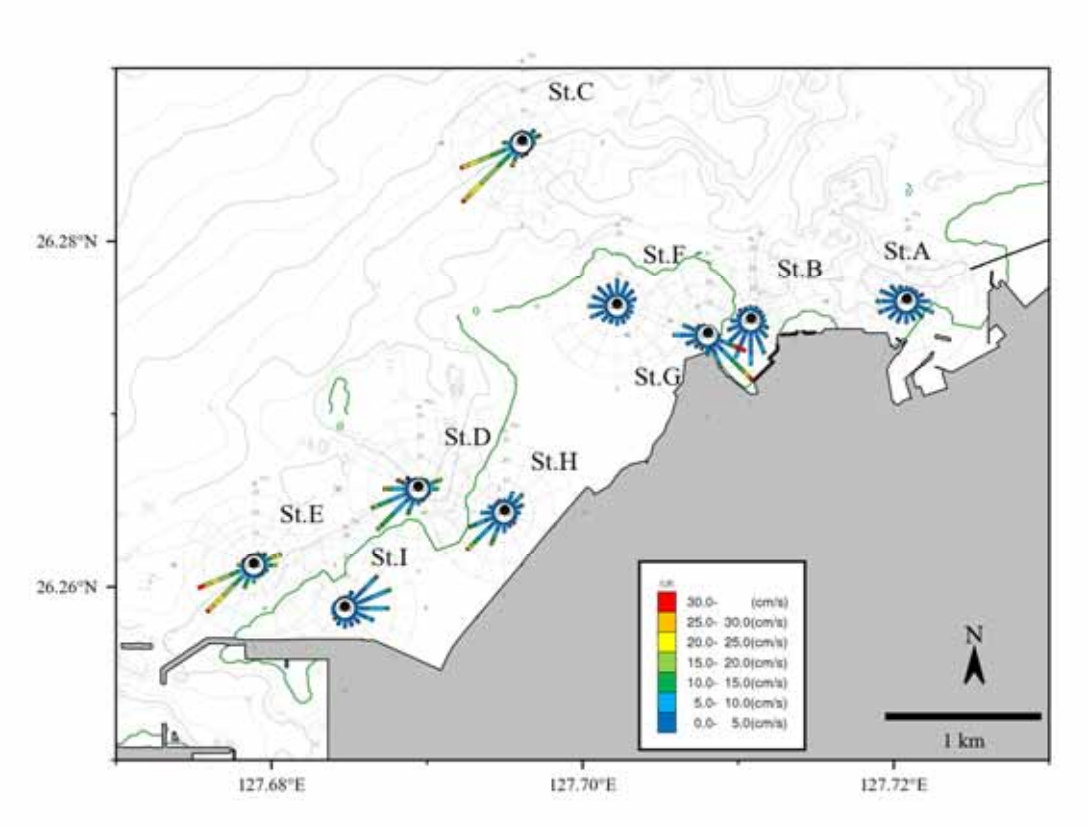


図 6.5.1.10(1)　流向・流速頻度分布(冬季、上層)

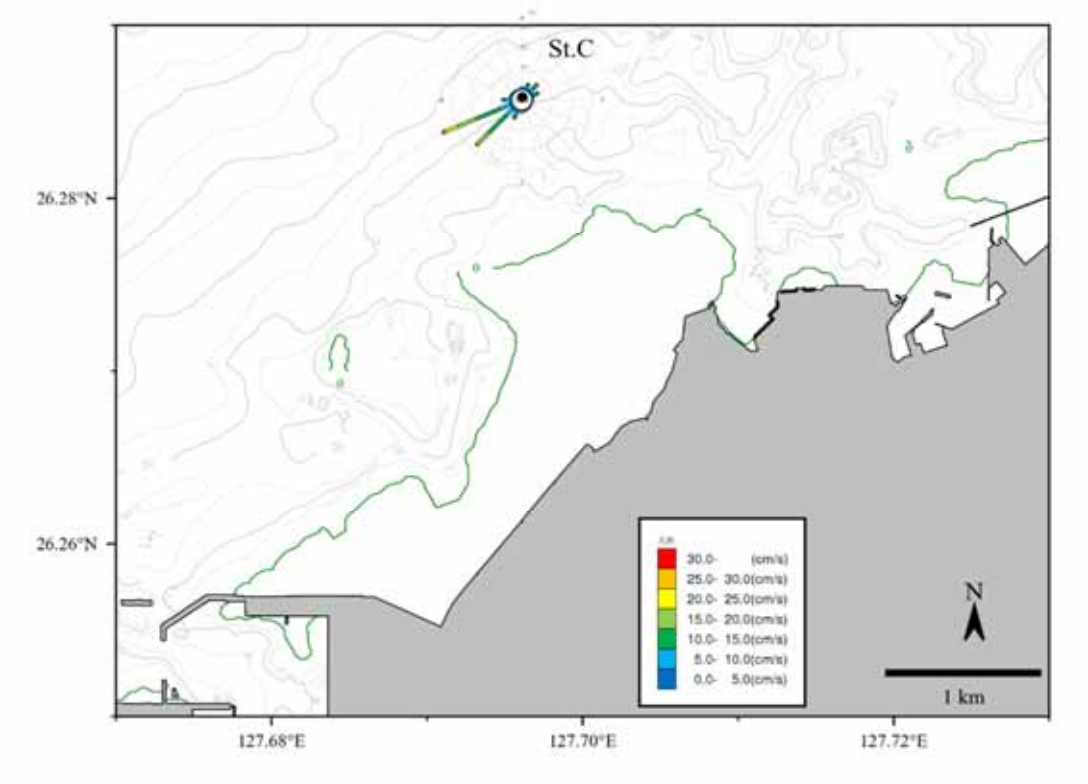


図 6.5.1.10(2)　流向・流速頻度分布(冬季、中層)

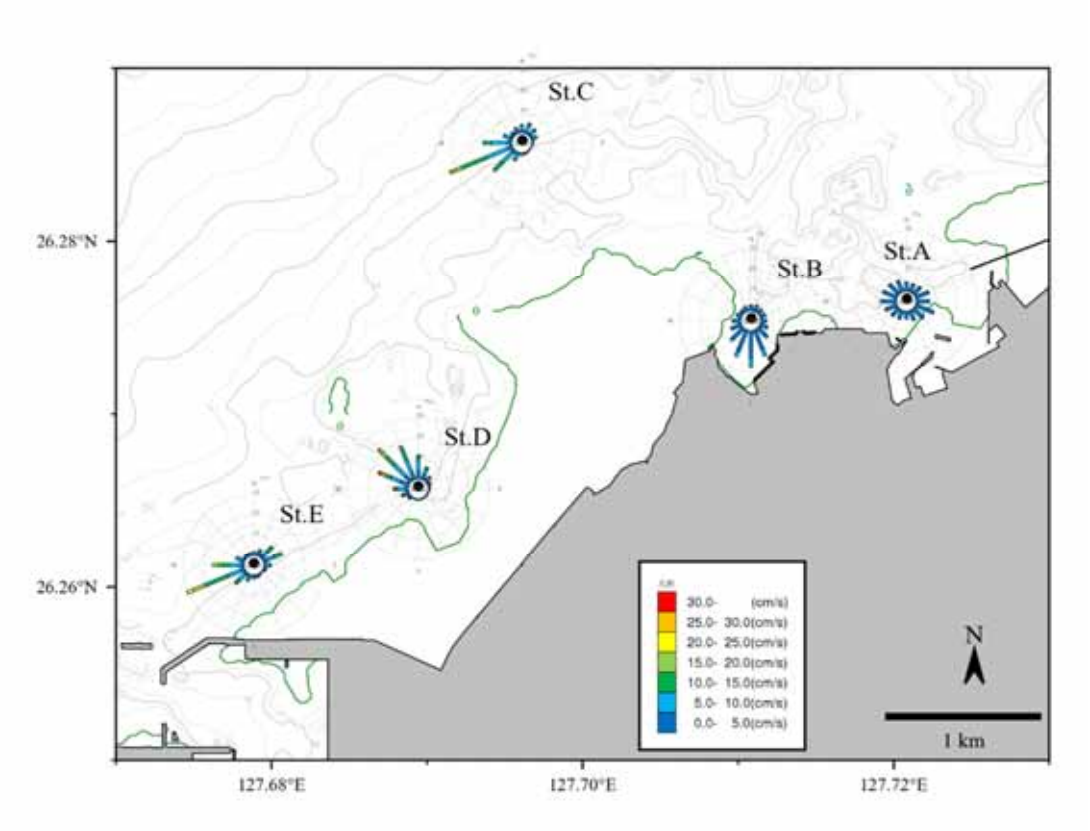


図 6.5.1.10(3)　流向・流速頻度分布(冬季、下層)

(b) 潮流楕円

令和６年に実施した潮流の観測結果から、潮流調和解析を実施し得られた調和定数を表 6.5.1.8 に示す。潮流楕円の夏季は図 6.5.1.11 に、冬季は図 6.5.1.12 に示すとおりである。以下に各季の特徴を整理した。

a) 夏季

リーフ外の St.C、St.D、St.Eとリーフ内の St.Hは、半日周期の潮流成分が顕著に現れており、卓越分潮は半日周期の M_2 分潮及び S_2 分潮で、その他の分潮は M_2 分潮及び S_2 分潮と比べて弱かった。その他の地点では潮流成分は非常に弱く、最も大きい分潮でも概ね 1cm/s 以下の振幅であった。

b) 冬季

リーフ外の St.C、St.D、St.E とリーフ内の St.H、St.G では、半日周期の潮流成分が顕著に現れており、海岸線に沿った流れであった。卓越分潮は半日周期の M_2 分潮及び S_2 分潮で、その他の分潮は M_2 分潮及び S_2 分潮と比べて弱かった。

表 6.5.1.8　潮流の調和解析結果

季節	地点名	層	M_2分潮					S_2分潮					K_1分潮					O_1分潮					平均流	
			長軸			短軸		長軸			短軸		長軸			短軸		長軸			短軸			
			θ	W	α	θ	W	θ	W	α	θ	W	θ	W	α	θ	W	θ	W	α	θ	W	θ	W
夏季	St.A	上層	89	2.3	133	179	0.3	76	1.0	164	166	0.1	82	0.9	252	172	0.0	313	0.5	52	43	0.2	240	0.8
		下層	290	0.7	247	20	0.1	289	0.5	267	19	0.2	7	0.4	254	97	0.0	298	0.2	304	28	0.1	224	0.3
	St.B	上層	7	0.8	245	97	0.3	18	0.5	311	108	0.0	15	0.2	323	105	0.1	16	0.3	217	106	0.0	204	0.9
		下層	10	0.7	245	100	0.2	20	0.3	301	110	0.0	13	0.2	310	103	0.0	359	0.3	233	89	0.0	192	0.7
	St.C	上層	55	21.0	209	145	0.9	60	9.4	233	150	0.6	32	3.0	292	124	0.2	63	3.4	329	153	0.9	18	2.5
		中層	51	15.5	207	141	0.3	53	7.4	236	143	0.4	57	2.9	296	147	0.4	64	3.8	339	154	0.5	95	2.2
		下層	52	10.8	201	142	0.8	56	4.8	235	146	0.4	67	1.5	269	157	0.0	41	2.3	334	131	0.2	79	0.9
	St.D	上層	71	8.6	154	161	0.2	71	2.8	174	161	0.1	77	1.3	258	167	0.0	49	1.2	260	139	0.1	104	1.4
		下層	273	3.7	294	3	0.2	276	1.0	316	6	0.1	55	0.8	112	145	0.1	34	1.1	254	124	0.4	341	0.7
	St.E	上層	60	21.0	160	150	1.7	62	7.3	188	152	0.8	75	1.9	229	165	0.3	55	2.5	240	145	0.1	226	2.2
		下層	57	13.6	153	147	2.3	54	5.0	181	144	0.8	78	0.9	201	168	0.1	272	1.3	60	2	0.4	193	1.3
	St.F	上層	320	0.9	291	50	0.3	308	0.5	326	38	0.1	38	0.5	317	128	0.1	356	0.7	268	86	0.2	260	0.2
	St.G	上層	296	1.2	162	26	0.1	301	0.5	179	31	0.1	286	1.1	98	16	0.2	43	0.5	305	133	0.2	229	1.1
	St.H	上層	52	5.3	138	142	0.5	56	2.0	174	146	0.2	72	0.5	214	162	0.3	37	0.9	255	127	0.2	16	1.2
	St.I	上層	315	1.3	266	45	0.6	296	0.5	280	26	0.3	336	0.4	6	66	0.2	35	0.3	218	125	0.2	109	0.8
冬季	St.A	上層	271	2.2	328	1	0.2	86	1.0	283	176	0.0	280	0.8	182	10	0.0	275	1.0	251	5	0.1	226	1.1
		下層	270	0.7	300	0	0.1	48	0.3	348	138	0.1	69	0.3	341	159	0.2	60	0.3	14	150	0.0	287	0.2
	St.B	上層	302	0.8	96	32	0.1	333	0.5	1	63	0.1	337	0.3	33	67	0.2	342	0.3	121	72	0.2	184	2.1
		下層	302	0.8	103	32	0.2	1	0.5	14	91	0.1	349	0.3	41	79	0.1	310	0.4	94	40	0.2	182	1.9
	St.C	上層	56	11.9	224	146	0.1	54	5.0	254	144	0.1	40	1.8	334	130	0.1	79	1.7	236	169	0.4	231	11.6
		中層	57	10.3	221	147	0.2	54	4.8	257	144	0.1	53	1.7	325	143	0.1	59	1.2	234	149	0.3	239	8.7
		下層	55	7.3	213	145	0.1	50	3.5	256	140	0.6	68	1.2	305	158	0.2	46	1.2	234	136	0.4	254	5.7
	St.D	上層	71	7.9	156	161	2.7	40	3.0	219	130	1.1	3	1.0	247	93	0.3	81	0.9	69	171	0.7	246	5.6
		下層	295	2.6	255	25	2.0	32	0.8	332	122	0.2	10	1.2	231	100	0.2	20	0.5	162	110	0.2	316	7.0
	St.E	上層	61	18.7	171	151	3.1	64	7.4	195	154	1.0	50	1.9	264	140	0.6	56	1.1	122	146	0.2	227	8.4
		下層	68	12.2	164	158	0.0	63	4.8	197	153	0.1	63	1.2	253	153	0.2	314	0.6	277	44	0.1	257	4.4
	St.F	上層	89	1.4	47	179	0.3	18	0.2	17	108	0.2	74	0.4	42	164	0.1	63	0.3	24	153	0.2	290	1.0
	St.G	上層	298	6.4	78	28	0.0	293	2.8	2	23	0.3	311	2.0	35	41	0.3	311	2.2	24	41	0.0	136	7.0
	St.H	上層	59	4.0	120	149	0.9	20	1.1	235	110	0.3	19	0.8	345	109	0.2	41	1.0	18	131	0.1	226	3.5
	St.I	上層	12	1.7	262	102	0.6	289	0.8	345	19	0.3	287	0.8	7	17	0.3	72	0.6	221	162	0.3	75	3.6

注：M_2分潮：主太陰半日周期
S_2分潮：主太陽半日周期
K_1分潮：日月合成日周期
O_1分潮：主太陰日周期
θ：各分潮の長軸、短軸及び平均流の方向で、北方軸（真北）からの時計回りの角度（単位：度）
W：各分潮の最大（長軸）流速、最小（短軸）流速及び平均流の流速（単位：cm/s）
α：遅角（単位：度）

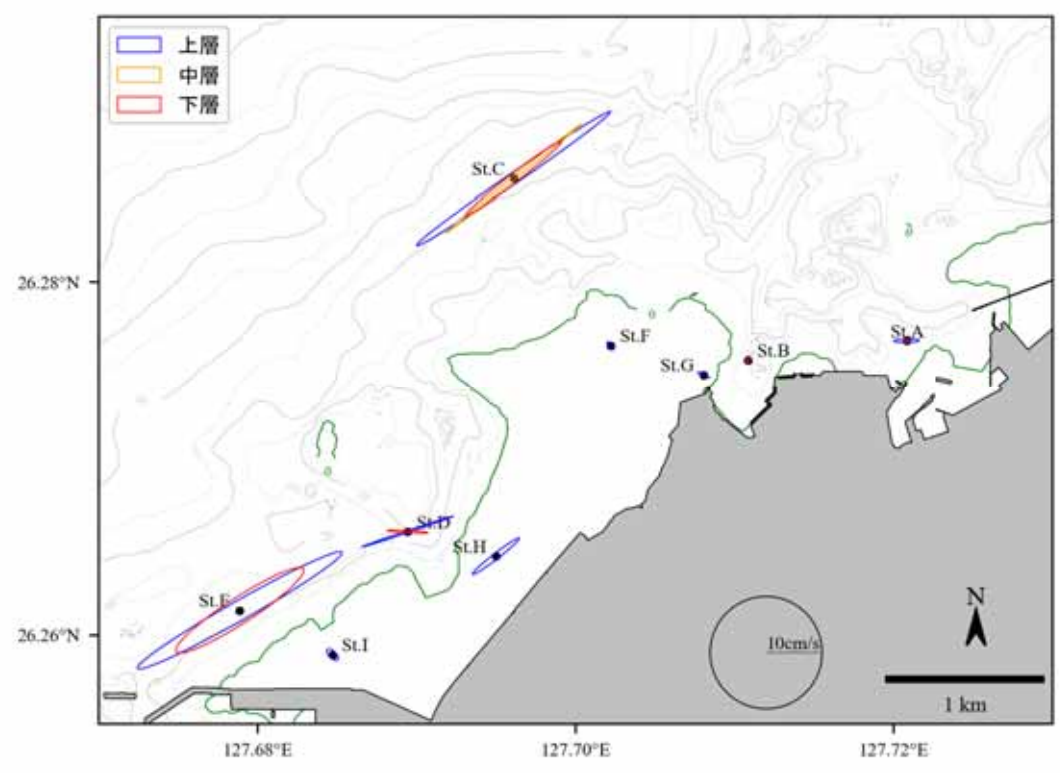


図 6.5.1.11(1)　主要４分潮の潮流楕円の平面分布図（M_2分潮、夏季）

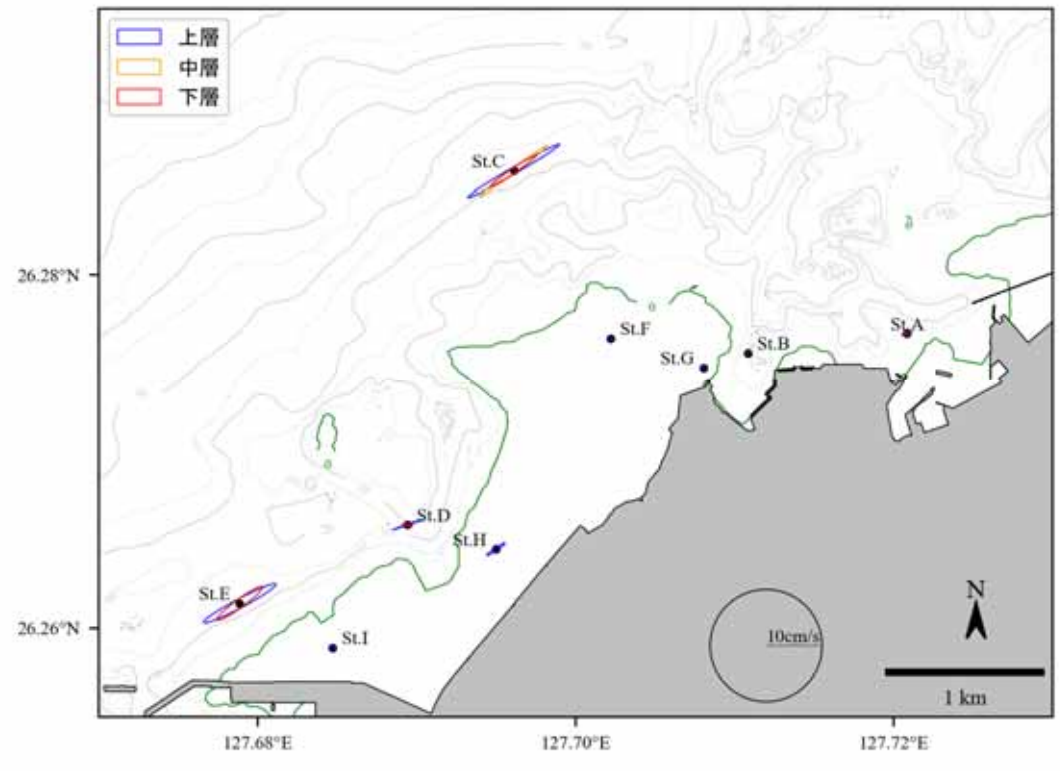


図 6.5.1.11(2)　主要４分潮の潮流楕円の平面分布図（S_2分潮、夏季）

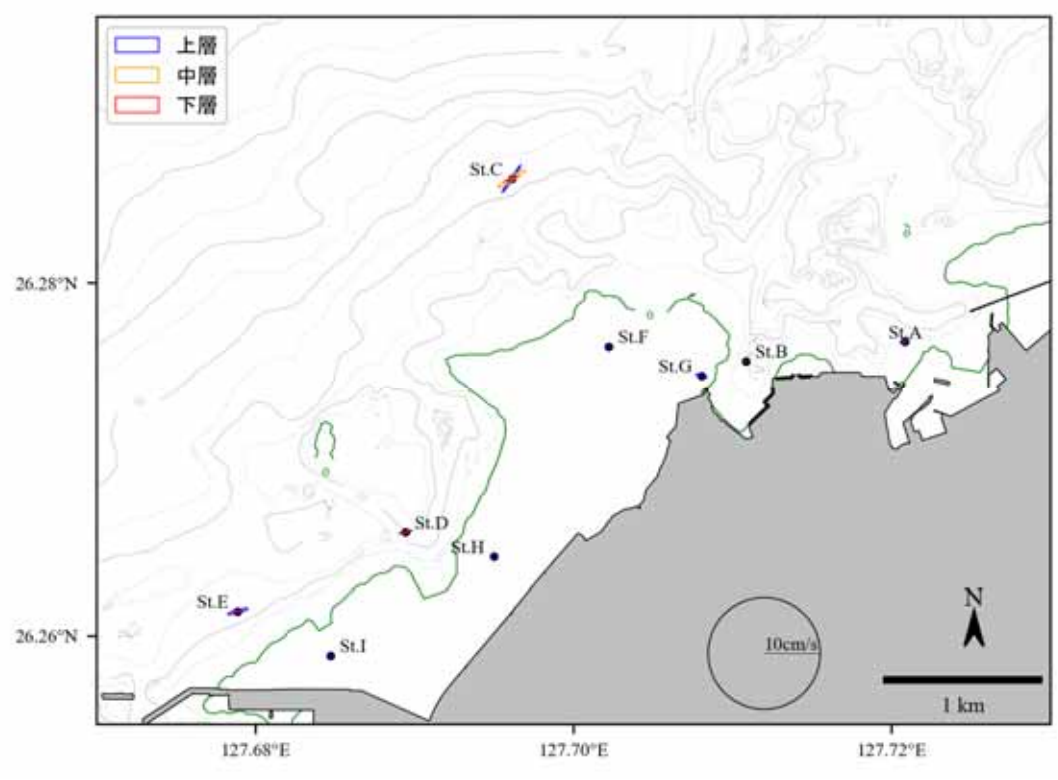


図 6.5.1.11(3)　主要 4 分潮の潮流楕円の平面分布図（K_1 分潮、夏季）

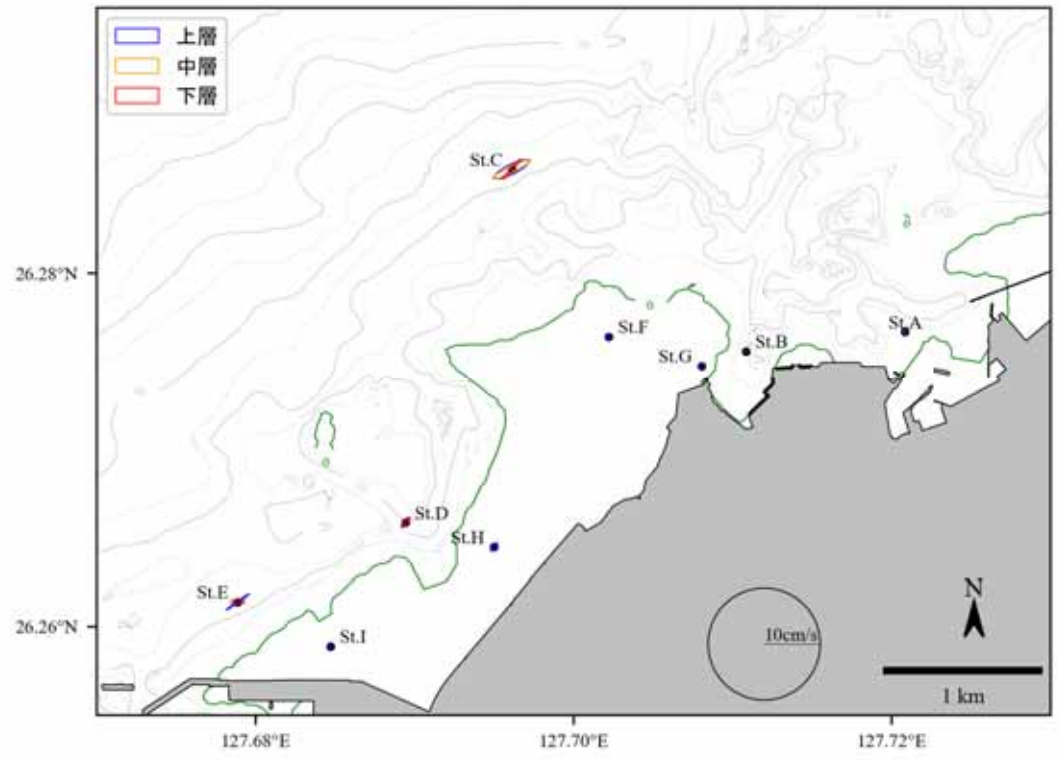


図 6.5.1.11(4)　主要 4 分潮の潮流楕円の平面分布図（O_1 分潮、夏季）

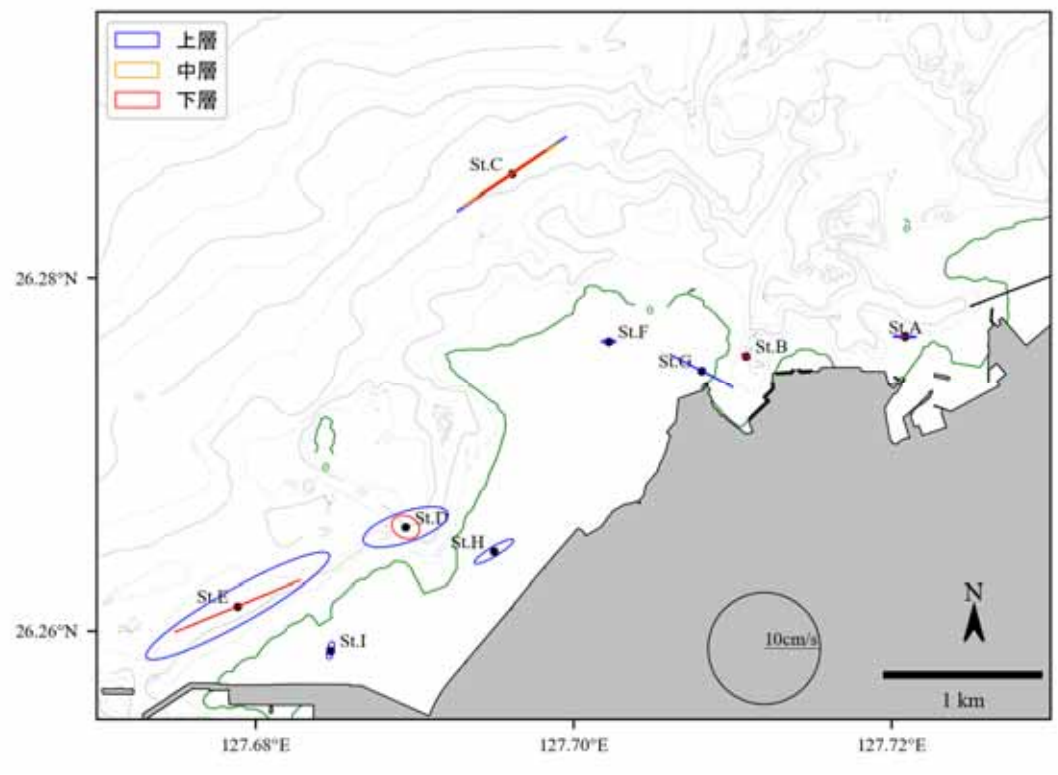


図 6.5.1.12(1)　主要４分潮の潮流楕円の平面分布図（M_2分潮、冬季）

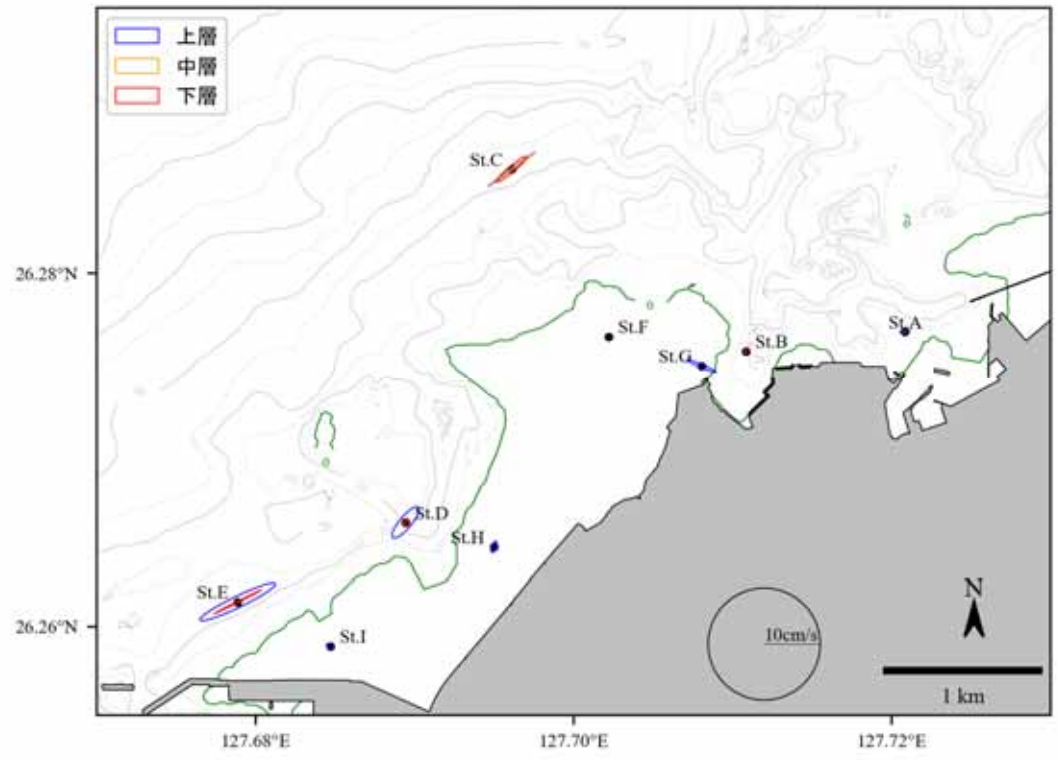


図 6.5.1.12(2)　主要４分潮の潮流楕円の平面分布図（S_2分潮、冬季）

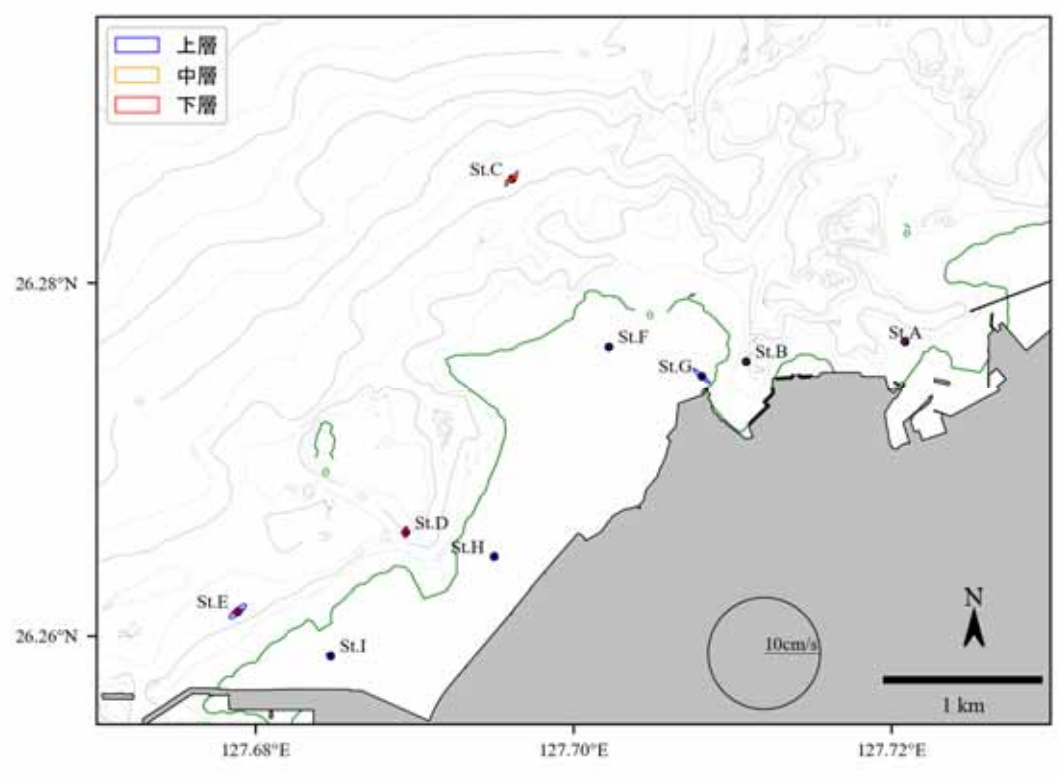


図 6.5.1.12(3)　主要 4 分潮の潮流楕円の平面分布図（K_1 分潮、冬季）

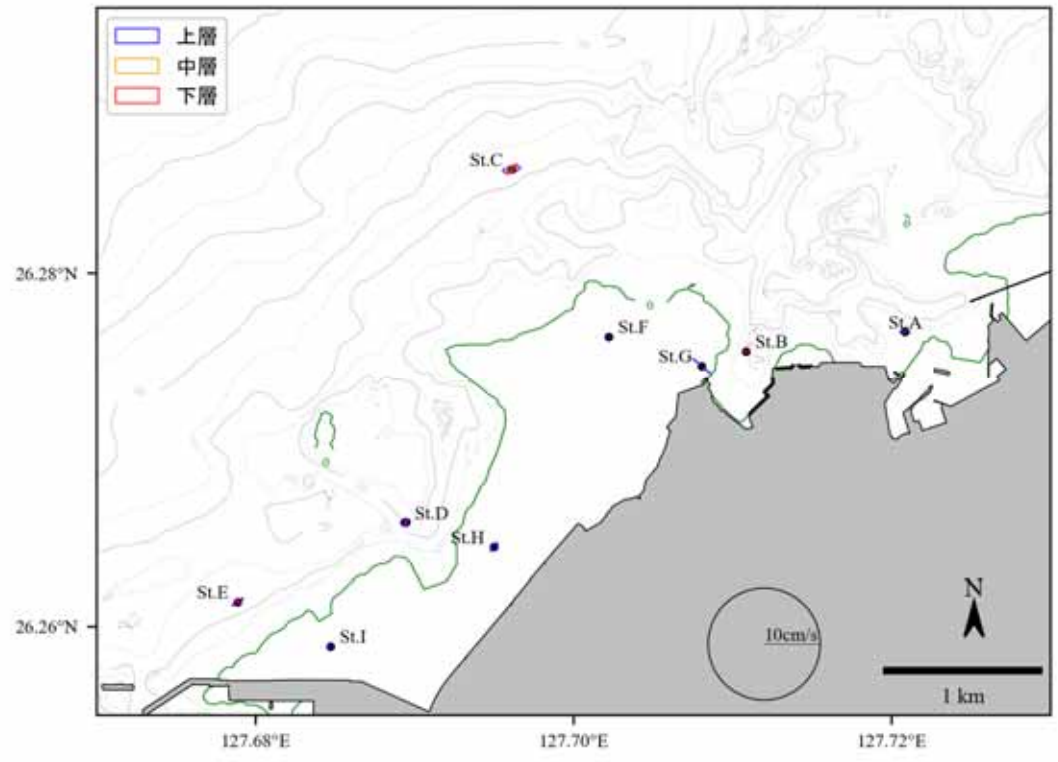


図 6.5.1.12(4)　主要 4 分潮の潮流楕円の平面分布図（O_1 分潮、冬季）

(c) 平均大潮期流況

令和 6 年に実施した潮流の観測結果から、平均大潮期の流況図の夏季は図 6.5.1.13 に、冬季は図 6.5.1.14 に示すとおりである。以下に各季の特徴を整理した。

a) 夏季

半日周期の潮流成分が顕著にみられた St.C、St.D上層、St.E、St.Hに着目すると、那覇港において満潮時前後、干潮時前後の時に流速が最大となっており、満潮時は概ね北東方向、干潮時は概ね南西方向の流れとなっていた。またその他の St.A、St.B、及び St.Hを除くリーフ内の地点は、潮時に関わらず流速は弱くなっていた。

b) 冬季

リーフ外において半日周期の潮流成分が顕著にみられた St.C、St.D上層、St.Eに着目すると、那覇港において干潮時前後の時に流速が最大となっており、概ね南西方向の流れとなっていた。

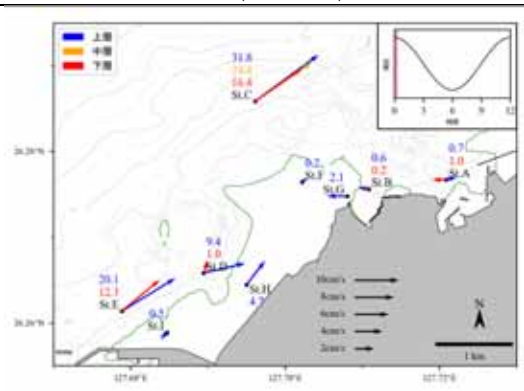
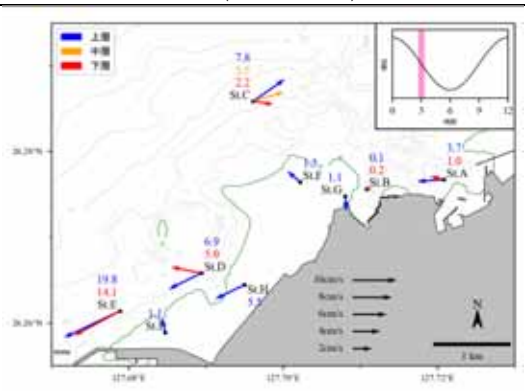
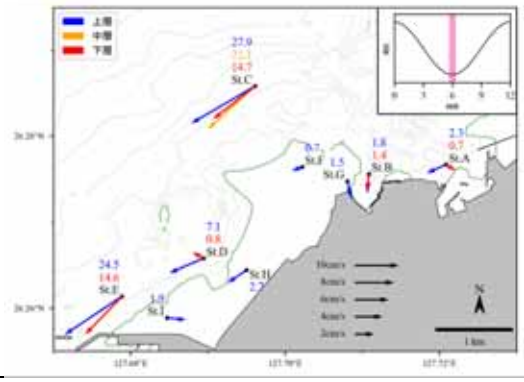
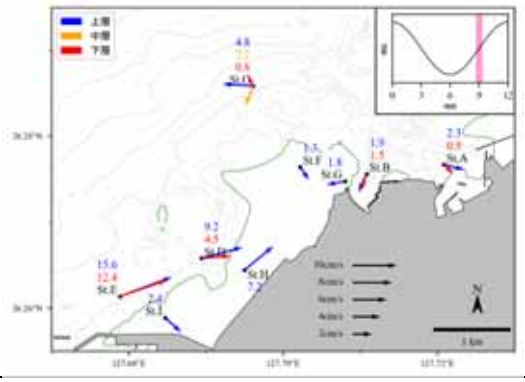
T=0h(満潮時)	T=3h(下げ潮時)
	
T=6h(干潮時)	T=9h(上げ潮時)
	

図 6.5.1.13　平均大潮期流況（夏季）

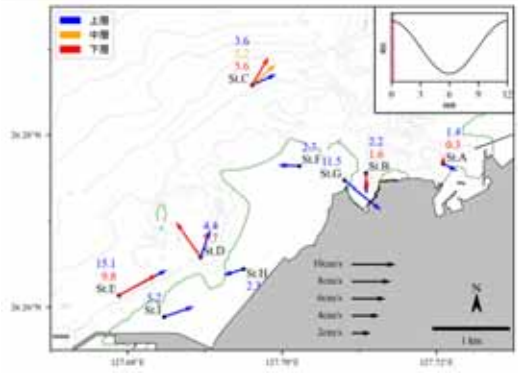
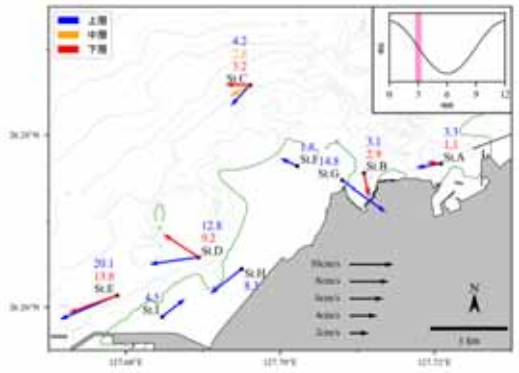
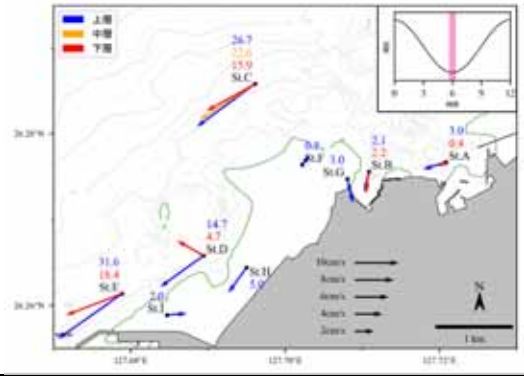
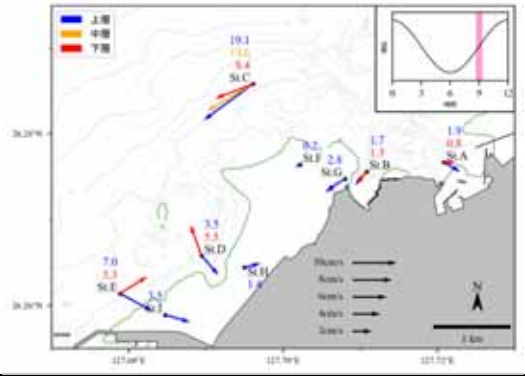
T=0h(満潮時)	T=3h(下げ潮時)
	
T=6h(干潮時)	T=9h(上げ潮時)
	

図 6.5.1.14　平均大潮期流況（冬季）

(d) 平均流

令和 6 年に実施した潮流の観測結果から、観測期間の平均流分布の夏季は図 6.5.1.15 に、冬季は図 6.5.1.16 に示すとおりである。以下に各季の特徴を整理した。

a) 夏季

リーフ外の地点のうち、St.A、St.B、St.D では、上層においてリーフの内側に向かう流れがみられた。St.C では上層は北北東向きの平均流がみられ、中層及び下層では、海底地形に沿った東向きの平均流がみられた。St.E は上層及び下層で地形に沿った南西～南南西向きの平均流がみられた。

リーフ内の地点のうち、St.H、St.G、St.I では、それぞれ海岸地形に沿った向きの平均流がみられた。

b) 冬季

リーフ外の地点のうち、St.C、St.D、St.E では、上層において海底地形に沿った南西、西南西向きの流れがみられた。St.A、St.B では平均流は弱い傾向であり、最大で 2.1cm/s であった。

リーフ内の地点のうち、St.G、St.H、St.I では、3.5～7.0cm/s の平均流がみられ、それぞれ南西向き、南東向き、東北東向きの平均流がみられた。

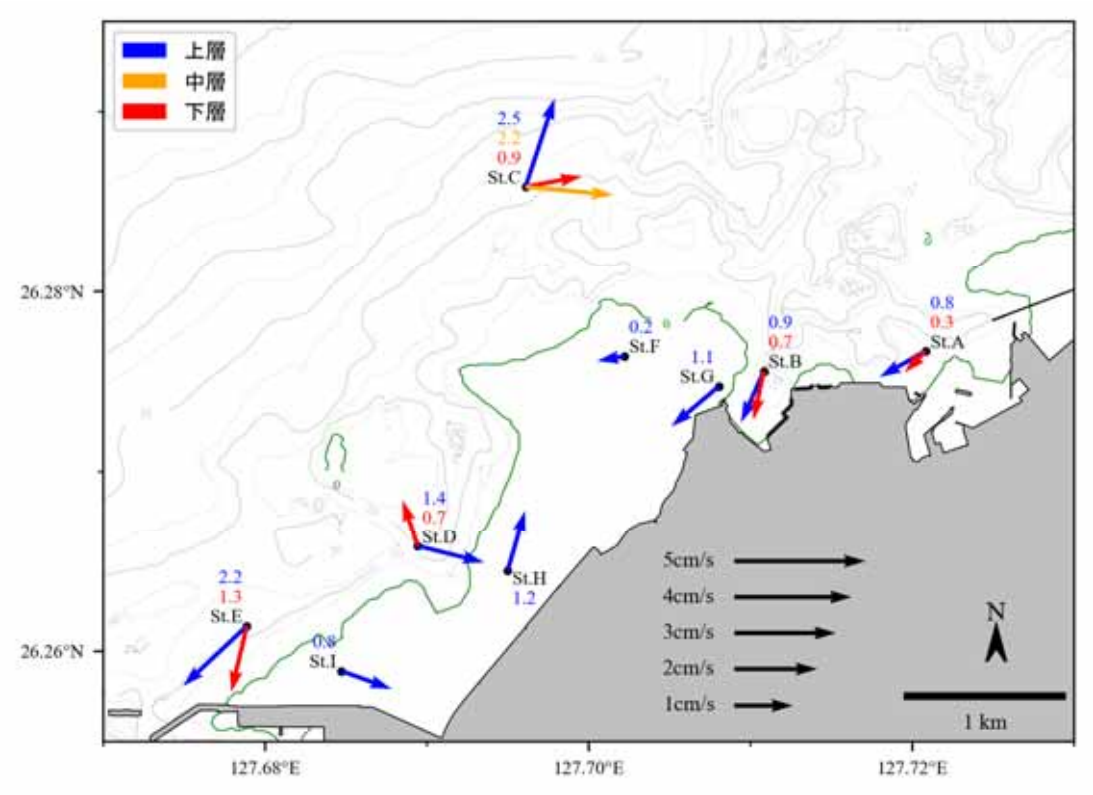


図 6.5.1.15　平均流分布（夏季）

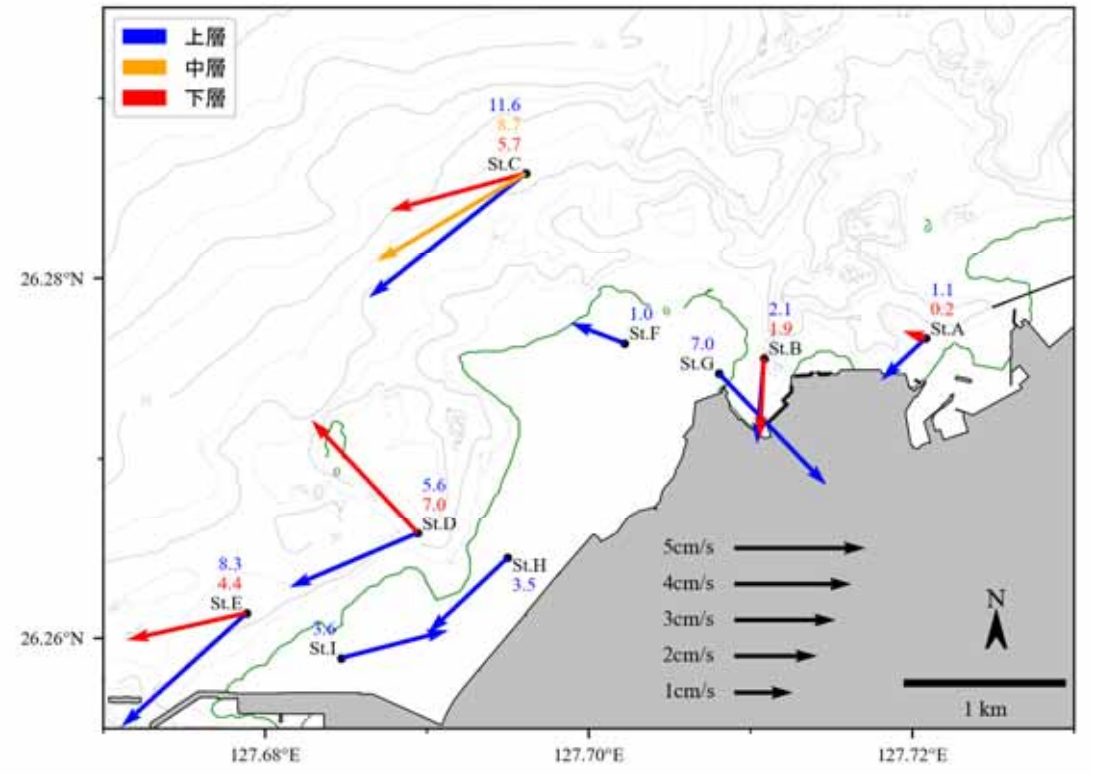


図 6.5.1.16　平均流分布（冬季）

ウ) 河川流量

(a) 時系列解析

各地点における河川の流れの特徴は、表 6.5.1.9 に示すとおりである。

なお、河川の流下方向に対して逆方向の流速が観測された場合は、負の値として示した。

表 6.5.1.9　調査結果概要（河川の流れの特徴）

地点	河川名	水深 (m)	流速 (m/s)	平常時の流速	降雨時の流速
St.1	シリン川	0.20～2.01	-0.30～2.80	概ね 0.2 m/s 以下	2.0 m/s を超える
St.2	牧港川	0.49～1.98	-0.75～1.10	概ね 0.3 m/s 以下	1.0 m/s を超える
St.3	小湾川	0.33～2.09	0.03～1.32	概ね 0.2 m/s 以下	1.0 m/s を超える
St.4	安謝川	0.23～1.84	-0.27～1.77	概ね 0.4 m/s 以下	1.0 m/s を超える
St.5	安里川	0.12～1.85	0.20～1.19	概ね 0.3 m/s 以下	1.0 m/s を超える
St.6	国場川	0.20～2.01	-0.36～5.17	平常時と降雨時の流速に大きな差は確認されなかった。	

(b) 河川流量の算定

各調査地点における流況データ、水位データ及び河床の横断測量結果を用いて、日平均流量を算定した。調査結果の概要は、表 6.5.1.10 に示すとおりである。

なお、河川の流下方向に対して逆方向の流量が観測された場合は、負の値として示した。

表 6.5.1.10　調査結果概要（河川流量）

地点	河川名	流量(m³/s)	観測期間 平均流量 (m³/s)	降雨時の最大流速	
				日付	日平均流量 (m³/s)
St.1	シリン川	-0.69 ～1.82	0.02	令和 6 年 9 月 28 日	1.82
St.2	牧港川	-0.18 ～1.83	0.28	令和 6 年 9 月 28 日	1.83
St.3	小湾川	0.34 ～1.11	0.34	令和 6 年 9 月 28 日	1.11
St.4	安謝川	0.58 ～2.01	0.58	令和 6 年 9 月 20 日	2.01
St.5	安里川	0.36 ～1.03	0.36	令和 6 年 9 月 20 日	1.03
St.6	国場川	0.67 ～3.20	0.67	令和 6 年 9 月 27 日	3.20

6.5.2 予測

水象の影響要因及びその内容は、表 6.5.2.1 に示すとおりである。

表 6.5.2.1　水象の影響要因及びその内容

項目	影響要因	内容
施設等の存在及び供用	・埋立地の存在	・波浪（波高・波向） ・潮流（流向・流速）

(1) 施設等の存在及び供用

1) 予測項目

（ア）波浪（波高・波向）

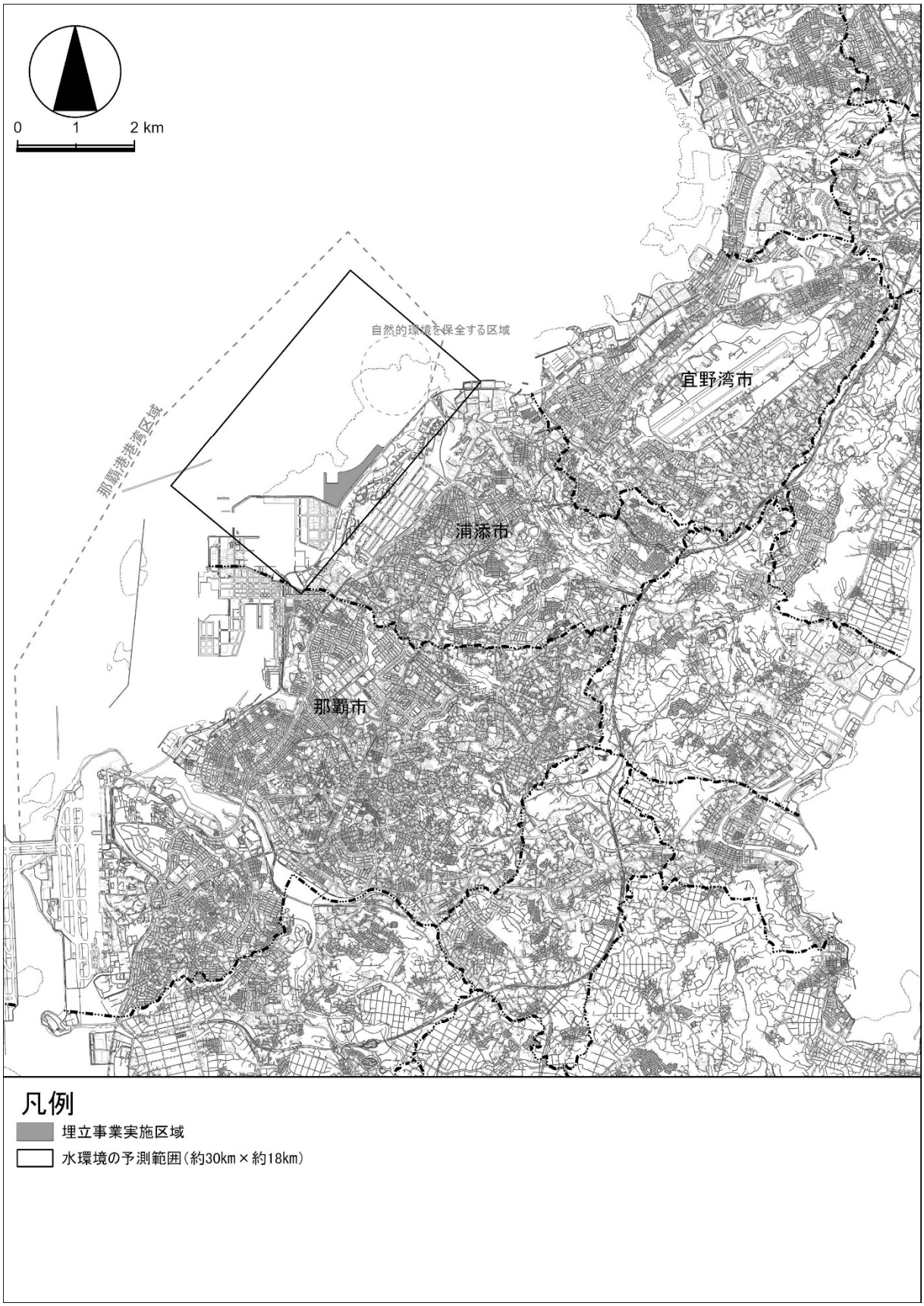
（イ）潮流（流向・流速）

2) 予測概要

埋立地の存在が水象に及ぼす影響の予測概要は、表 6.5.2.2 に示すとおりである。

表 6.5.2.2　予測概要（存在及び供用）

項　目	内　容
予測項目	波浪（波高・波向） 潮流（流向・流速）
予測方法	波浪の変化は、波の屈折・浅水変形・砕波・構造物による反射等を考慮した波浪変形モデルを用いた数値シミュレーションにより予測した。 潮流の変化は、流動モデルを用いた数値シミュレーション（2 次元多層モデル）により 3 次元的に予測した。流動モデルは、埋立事業実施区域及びその周辺の流れの特性を考慮し、潮汐流、吹送流、海浜流及び干満による浅海域（リーフ）の干出と水没を考慮できるモデルとした。また、埋立事業実施区域及びその周辺の主な河川からの淡水流入量を考慮した。
予測地域 予測地点	水象の状況を勘案し、影響を受けるおそれがあると認められる地域において、50m 格子に区分して数値計算を行い、水象を的確に把握できる地域。 ただし、埋立事業実施区域近傍についてはより小さな格子間隔（16.7m）を設定（図 6.5.2.1 及び図 6.5.2.26）
予測対象時期	埋立地が存在する時期 波浪：平常時及び高波浪時（台風期） 潮流：平常時



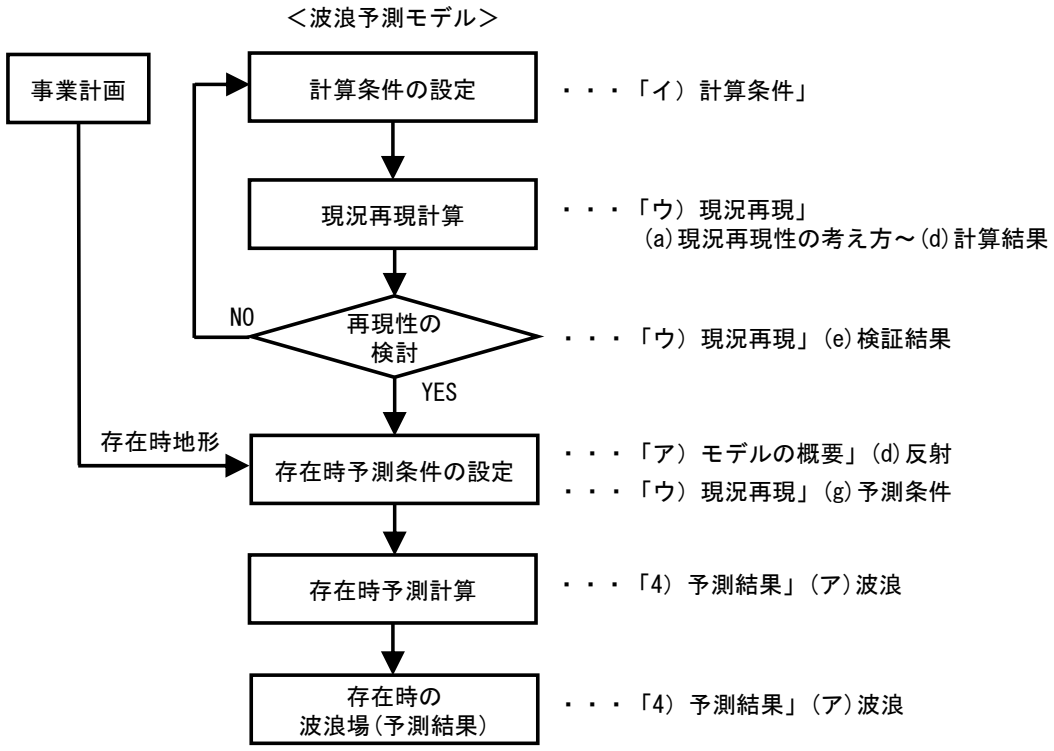
注：上記は埋立事業実施区域を示しているが、次頁以降の図では水環境の予測と関連する防波堤も表示している。

図 6.5.2.1　水環境の予測地域

3）予測方法

（ア）波浪（波高・波向）

埋立地の存在に伴う波浪の変化を予測するにあたり、夏季と冬季の平均的な波浪条件、及び高波浪時（台風期）の波浪条件を設定し、埋立て等の影響による波浪の変化を予測した。波浪の予測手順は図 6.5.2.2 に示すとおりである。予測にあたっては、計算値と観測値を比較することによりモデルの妥当性を検証した上で、事業計画に基づき存在時の計算条件を設定し、波浪の変化を予測した。



注：図の右側は、次ページ以降に対応する見出しを示す。

図 6.5.2.2　波浪の予測手順

ア）モデルの概要

埋立事業実施区域及びその周辺の波浪を適切に評価するにあたり、以下に示す項目に着目し、その全てを考慮することが可能な方法として、高山ら(1991)[出典]のエネルギー平衡方程式法を用いた。

・浅水変形及び屈折を考慮できること
・波浪の不規則性を考慮できること
・任意水深の適用が可能であること
・砕波を考慮できること
・海底摩擦による波高減衰を考慮できること
・広い計算範囲に適用可能であること

出典：高山知司・池田直太・平石哲也：砕波及び反射を考慮した波浪変形計算，港湾技術研究所報告，第 30 巻，第 1 号，平成 3 年（1991），pp. 21-67.

(a) 屈折及び浅水変形

エネルギー平衡方程式の基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial}{\partial x}(SC_g\cos\theta)+\frac{\partial}{\partial y}(SC_g\sin\theta)+\frac{\partial}{\partial\theta}\left[S\left(\frac{C_g}{C}\right)\left\{\sin\theta\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right)-\cos\theta\left(\frac{\partial C}{\partial y}\right)\right\}\right]=0$$

ここに、S（$=S(f,\theta)$、f：周波数、θ：角度）は波の方向スペクトル、C_g は波の群速度、C は波速である。

上式において、左辺第 1 項と第 2 項は浅水変形による波高の変化を表し、第 3 項は屈折による波高変化を表す。また、有義波高 $H(H_{1/3})$は、方向スペクトルを用いて次式で表される。

$$H=4.0\left(\int_0^{\infty}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}S(f,\theta)dfd\theta\right)^{1/2}$$

(b) 砕波

砕波波高 H_b は次式[出典]を用いて評価し、高山らの方法を用いてエネルギー平衡方程式法に組み入れた（砕波によって失われる波のエネルギーは個々の成分波が持っているエネルギーに比例するものとした）。

$$H_b=AL_0\left\{1-\exp\left[-1.5\frac{\pi h}{L_0}(1+15\tan^{4/3}\theta)\right]\right\}$$

出典：合田良實：砕波資料の整理について，土木学会論文集，No. 180，昭和 45 年（1970），pp. 39-49.

ここに、L_0 は波長、h は水深、$\tan\theta$ は海底勾配、A は定数で 0.12～0.18 の値が妥当とされ、現地での波浪観測結果の再現を行って 0.12 を適用した（再現結果は後述の「ウ)現況再現」に示す）。

(c) 海底摩擦

以下に示す方法により、海底摩擦によるエネルギー消散項 S_{bf} を基礎方程式に組み入れた。海底面における摩擦応力 τ_b は、

$$\tau_b = \frac{1}{2} f_w \rho_w u_b |u_b|$$

と表されると仮定すると、海底摩擦によるエネルギー消散項は以下のように表される。

$$S_{bf} = -\frac{1}{2} f_w \frac{\sigma^2}{g \sinh^2 kh} \langle u_b \rangle S(f,\theta)$$

ここに、ρ_w：海水の密度、u_b：海底近傍の流速、σ：角速度。また、〈u_b〉は海底近傍の流速の rms 値(二乗平均平方根)であり、次式で表される。

$$\langle u_b \rangle = \left\{ 2 \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sigma^2}{\sinh^2 kh} S(f,\theta) df d\theta \right\}^{1/2}$$

風から波を推算する代表的な方法である WAM モデルなどの場合には、エネルギー消散項 S_{bf}を以下のように簡略化して表現している出典。

$$S_{bf} = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kh} S(f,\theta)$$

また、〈u_b〉の代わりに以下のような U_{rms} を取り扱っている。

$$U_{rms} = \left\{ \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sigma^2}{\sinh^2 kh} S(f,\theta) df d\theta \right\}^{1/2}$$

ここで、C_{bottom} は、海底摩擦係数 f_w と以下のように関係づけられる。

$$C_{bottom} = f_w \frac{g}{\sqrt{2}} U_{rms}$$

C_{bottom} を一定とした計算条件とし、現地での波浪観測結果の再現を行って最適な C_{bottom} ＝0.1 を得た（再現結果は後述の「ウ)現況再現」に示す）。

出典：磯崎一郎・鈴木靖：波浪の解析と予報，東海大学出版会，平成 11 年（1999）pp.122-123.

(d) 反射

構造物などからの反射波の計算については、検討対象範囲に反射波の影響があると考えられる範囲について構造物等からの反射を考慮するものとし、高山らの方法を用いて、岸方向へ進む波と沖方向へ反射される波をエネルギー合成して波高を算定した。ここで、入射波の波高を H_p、反射波の波高を H_r とすると、エネルギー合成した波高 H_s は以下のように計算できる。

$$H_s = \sqrt{H_p{}^2 + H_r{}^2}$$

反射率の設定値については、表 6.5.2.3 に示す概略値をもとに、対応する構造様式の中央値を設定した。岩礁及び斜路（船揚場）については、構造様式に当て嵌らないことから、岩礁を捨石斜面、斜路を天然海浜に準じて設定した。反射率の設定状況は図 6.5.2.3 に示すとおりであり、反射率設定図の範囲外については、検討対象範囲に反射波による有意な影響がないと考え、反射を考慮しないものとした。

表 6.5.2.3　波の反射率の概略値

構造様式	反射率
直立壁（天端は静水面上）	0.7～1.0
直立壁（天端は静水面下）	0.5～0.7
捨石斜面（2～3 割勾配）	0.3～0.6
異形消波ブロック斜面	0.3～0.5
直立消波(スリットケーソン)構造物	0.3～0.8
天然海浜	0.05～0.2

出典：合田良實：耐波工学，鹿島出版会，平成 20 年（2008），83p.



図 6.5.2.3　反射率の設定状況（現況）

イ）計算条件

(a) 計算領域

計算領域は、図 6.5.2.4 に示す那覇空港～残波岬の範囲、チービシ（慶伊瀬島）及び代表的な波浪観測地点等を含む約 18km×約 30km の範囲とし、計算格子の沿岸方向の角度が埋立地の法線と一致するように設定した。

(b) 計算格子間隔

計算格子間隔は、流れの予測モデルの最小格子間隔と対応させて約 16.7m とした。

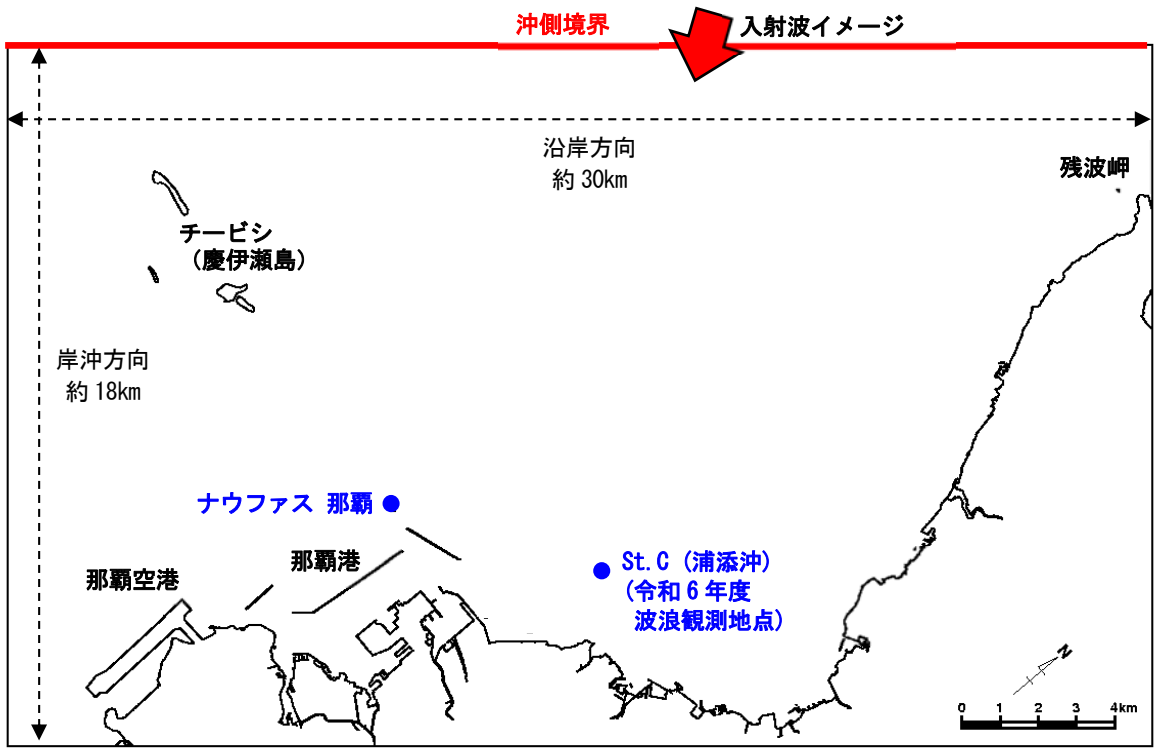


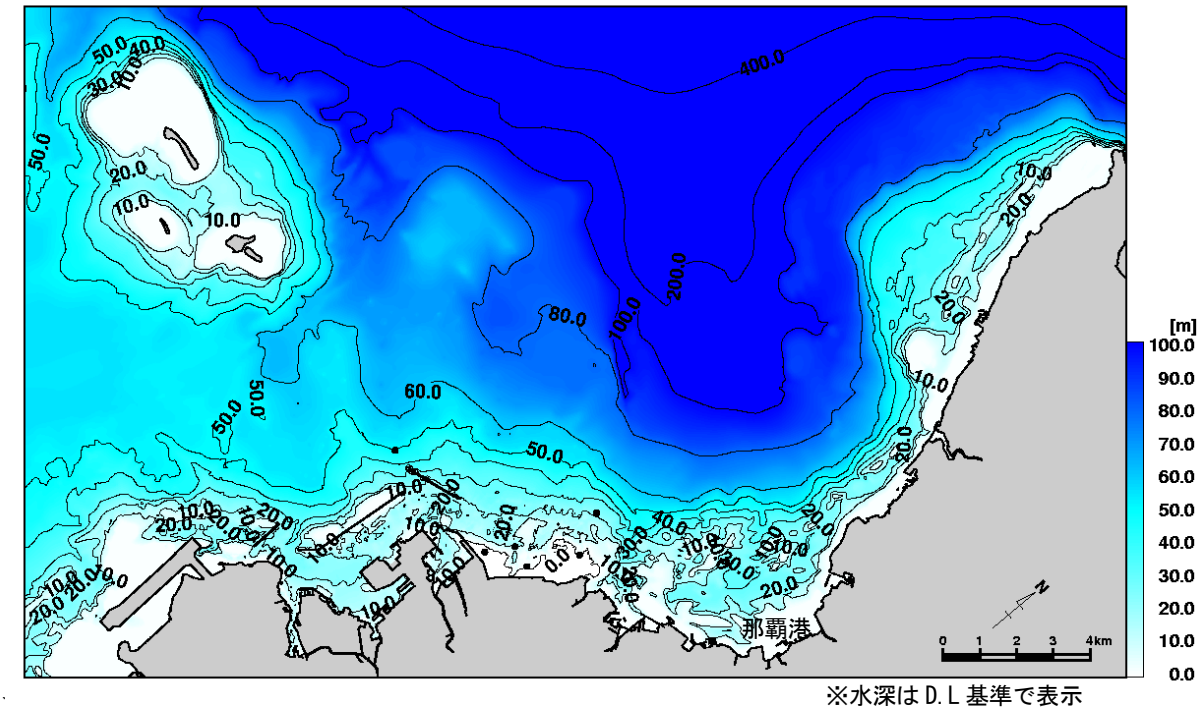
図 6.5.2.4　波浪計算の計算領域と主な波浪観測地点

(c) 水深条件

水深条件は下記の資料を基に作成しており、深浅測量結果はリーフ等浅海域のデータも含まれているため、サンゴ礁海域の複雑な地形を最大限表現できていると考える。計算領域の水深図を図 6.5.2.5 に示す。

水深分布は下記の資料を基に作成している。

- 海底地形デジタルデータ(M7020)
- 航海用海図(W243:那覇港_2020 年 3 月刊行)
- 令和 3 年 8 月那覇港深浅測量結果(那覇港湾・空港整備事務所)
- 令和 6 年度深浅測量結果
- 令和 6 年秋季汀線測量結果



※水深は D.L 基準で表示

図 6.5.2.5　計算領域の水深図

(d) 方向スペクトル

波の方向スペクトル分布の分割数は 36、周波数スペクトルの分割数は 5 とした。方向関数は光易型方向関数、周波数スペクトルはブレットシュナイダー・光易型を用いた。

ウ）現況再現

(a) 現況再現の考え方

埋立事業実施区域及びその周辺の波浪観測結果から、リーフ内外の波浪波高特性を把握して、現況再現の考え方について整理した。

a）浦添沖の波浪特性

令和 6 年度に実施した現地調査より、浦添沖のリーフ外の代表地点として St.C の波浪を整理し、常設の波浪観測地点であるナウファス那覇の波浪と比較することにより、浦添沖の波浪特性を把握した。ナウファス那覇と浦添沖 St.C の波高と波向の出現状況を図 6.5.2.6 に示す。波浪の出現状況をもとに、ナウファス那覇と浦添沖 St.C の波浪特性を整理して図 6.5.2.7 に示す。

ナウファス那覇においては、夏季は波向 SW、次いで波向 N の波浪が卓越している。一方、浦添沖の St.C においては、南系の波浪はほぼ出現しておらず、波向 NNW～NW の波浪が卓越している。これは、浦添沖の St.C が南側に那覇港、西側にチービシ（慶伊瀬島）があるため、南系の波浪が遮蔽されて浦添沖に伝達しにくいためだと考えられる。また、波向 N は残波岬による遮蔽の影響を受けるため、やや西偏して浦添沖に伝達しているものと考えられる。

冬季は、ナウファス那覇、浦添沖ともに北西系の波浪が卓越している。ナウファス那覇と比較して、浦添沖の波向がやや西偏しているのは、夏季と同様である。

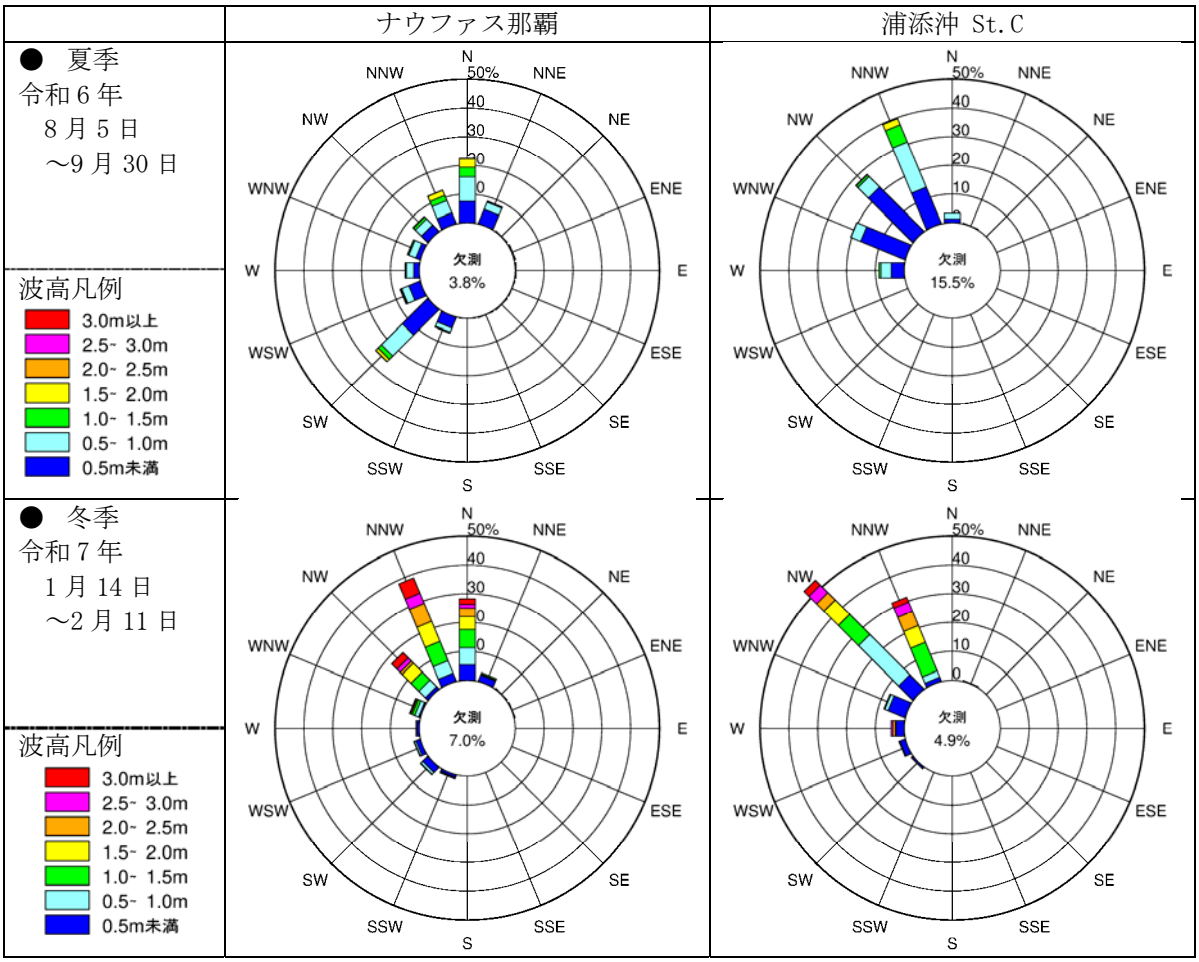


図 6.5.2.6　ナウファス那覇及び浦添沖 St.C の波高と波向の出現状況

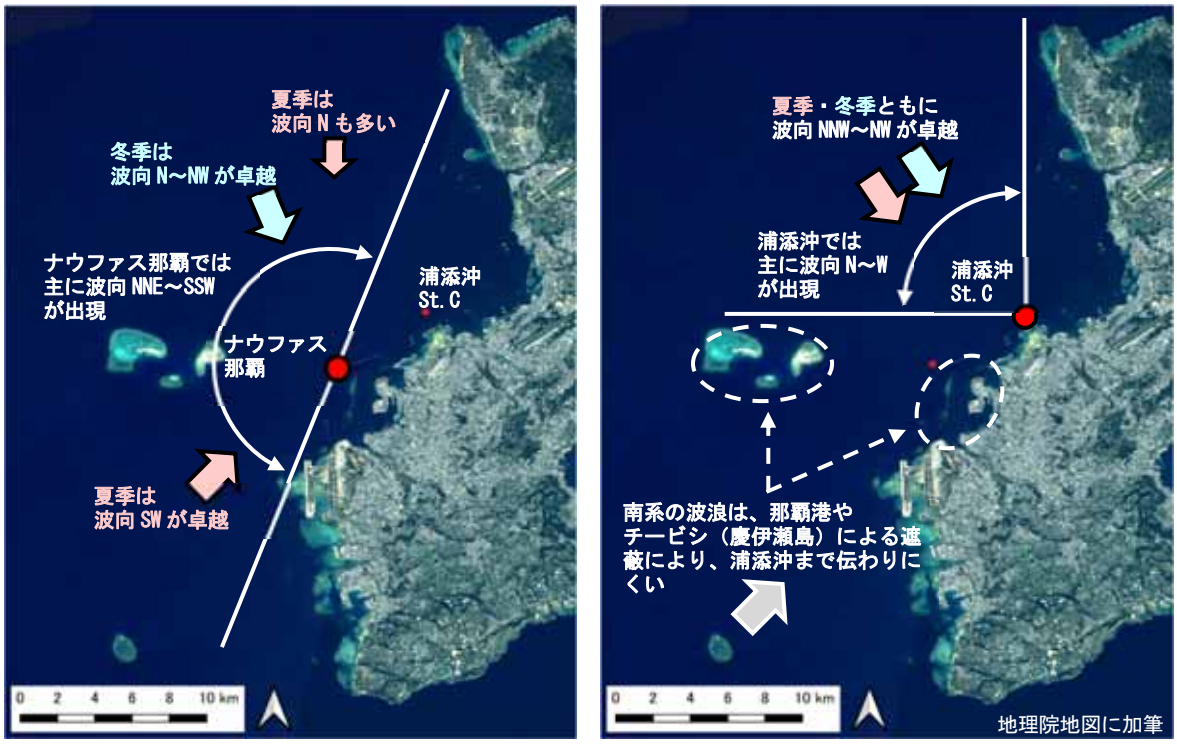


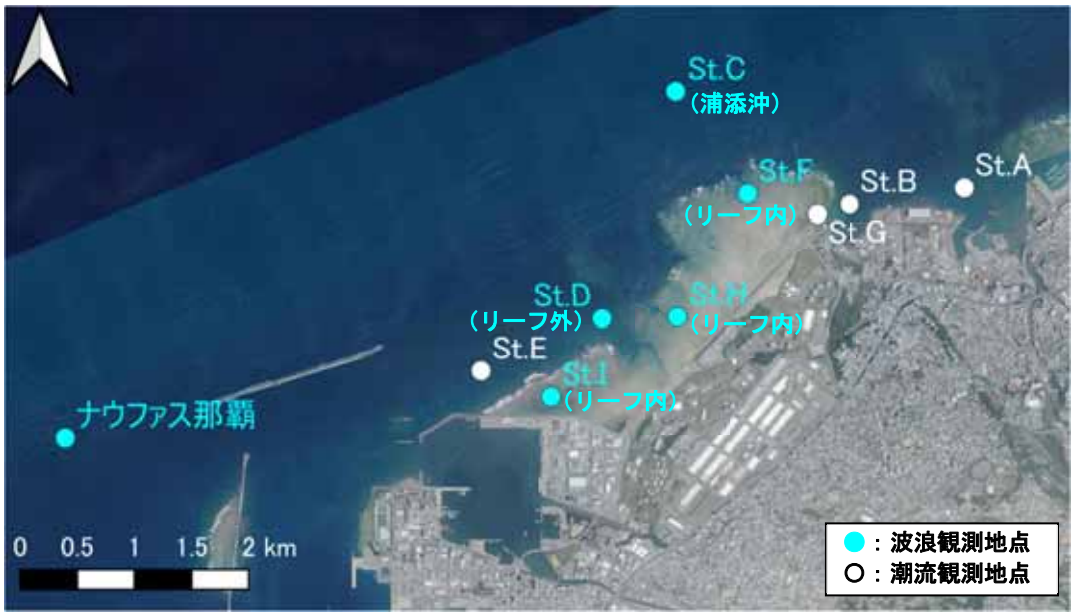
図 6.5.2.7　ナウファス那覇及び浦添沖 St.C における波浪特性

b）リーフ内外波浪特性

令和 6 年度に実施した現地調査より、浦添沖の St.C とリーフ内外の St.D,F,H,I の各地点の波浪を比較することにより、リーフ内における波浪特性を把握した。令和 6 年度調査の波浪観測地点を図 6.5.2.8 に示す。

また、浦添沖の St.C と St.D,F,H,I の波高を比較して図 6.5.2.9 に示す。浦添沖の St.C とリーフ外の St.D の波高は、相関係数が 0.96 と非常に高く、ばらつきの小さい散布図となっていることがわかる。一方、浦添沖の St.C とリーフ内の St.F,H,I の波高は、相関係数が 0.4～0.7 であり、浦添沖の波高が大きいとリーフ内の波高も大きくなる傾向はあるが、ばらつきが大きい散布図となっている。これは、水深が浅いリーフ内においてはリーフ上における砕波や海底摩擦により波高が低減しやすいため、浦添沖の波高の大きさに関わらず波高が小さくなることがあるためである。

リーフ内の波高のばらつきの要因を確認するために、リーフ内の St.F,H,I における水位と波高の関係を図 6.5.2.10 に示す。リーフ内においては、波高の上限が水位によって制約されていることがわかる。これは、砕波現象による波高の低下が、主に水深により決まる現象であることが原因であると考えられる。



出典：国土地理院撮影の空中写真

図 6.5.2.8　波浪観測地点

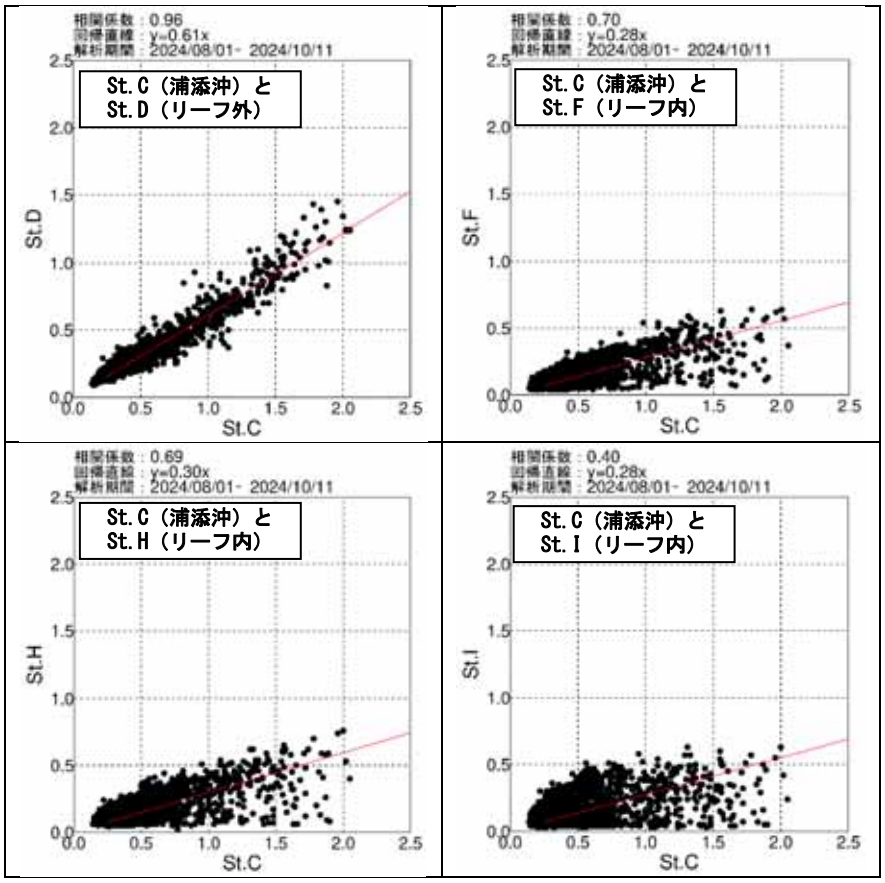


図 6.5.2.9　浦添沖の St.C とリーフ内外の St.D,F,H,I の各地点の波高の比較（全観測期間）

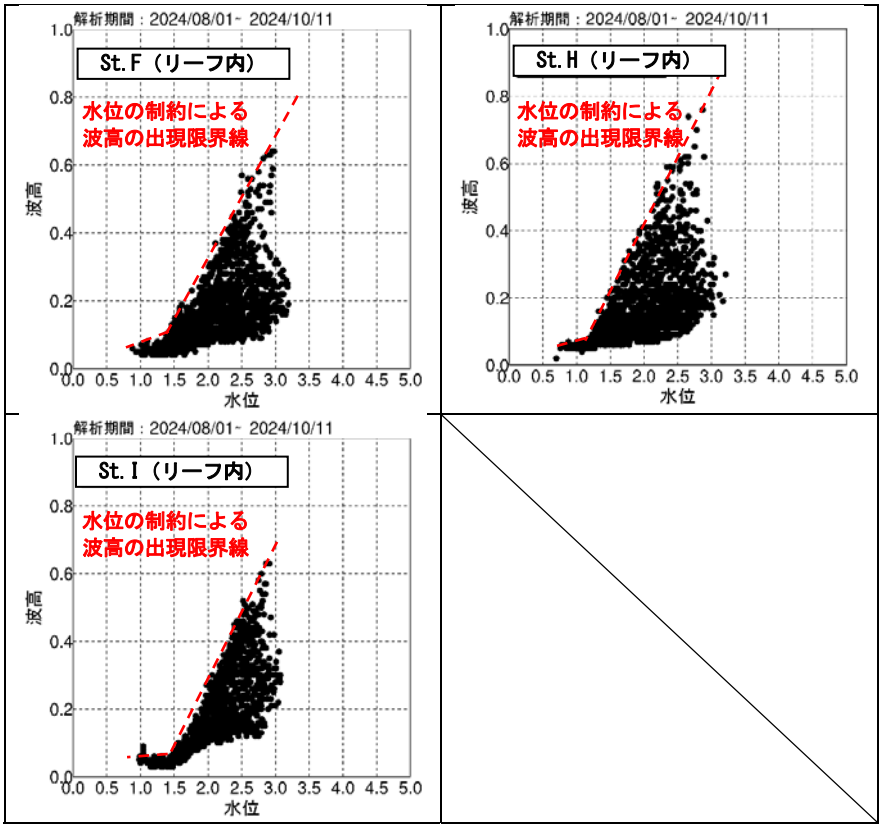


図 6.5.2.10　リーフ内（St.F,H,I）の各地点における水位と波高の関係（全観測期間）

c) 現況再現の考え方

波浪特性と現況再現の考え方を整理して表 6.5.2.4 に示す。「a)浦添沖の波浪特性」より、ナウファス那覇においては夏季には波向 SW の波浪、冬季は波向 N～NW の波浪が卓越しているが、浦添沖(St.C)においては、南西側は那覇港やチービシ（慶伊瀬島）、北側は残波岬の遮蔽の影響により、夏季・冬季ともに波向 NNW～NW の波浪が卓越していることがわかった。また、「b)リーフ内外波浪特性」より、リーフ外(St.D)の波高は、浦添沖(St.C)の波高と非常に相関が高く、１対１の対応関係にあることがわかった。また、リーフ内(St.F,H.I)の波高は、浦添沖(St.C)との対応関係に加え、波高の上限がリーフ内の水位に制約を受ける現象があることがわかった。

したがって、現況再現においては、浦添沖で卓越する波向 NNW と波向 NW の波浪について、再現計算を実施する。再現計算においては、浦添沖の波高に対する、リーフ内外の波高の再現性を検証するが、この際、複数の潮位条件で波浪の再現計算を実施することにより、「リーフ内において波高の上限が水位の制約を受ける現象」の再現性についても検証する。

表 6.5.2.4　波浪特性と現況再現の考え方

項目	波浪特性	現況再現の考え方
浦添沖の波浪	● ナウファス那覇では夏季は SW の波向の波浪が卓越しているが、浦添沖では NNW～NW の波向の波浪が卓越している。 ● ナウファス那覇では冬季は N～NW の波向の波浪が卓越しているが、浦添沖では NNW～NW の波向の波浪が卓越している。	浦添沖における卓越波向である、波向 NNW 及び NW で再現計算を実施する。
リーフ外の波浪特性	● 浦添沖(St.C)の波高とリーフ外(St.D)の波高の相関は非常に高く、おおむね１対１の対応関係にある。	浦添沖の波高に対する、リーフ内外の波高の再現性を検証する。 この際、複数の潮位条件で波浪の再現計算を実施することにより、「リーフ内において波高の上限が水位の制約を受ける現象」の再現性についても検証する。
リーフ内の波浪特性	● 浦添沖(St.C)の波高が高いときには、リーフ内(St.F,H.I)の波高が高いことが多く、一定の対応関係がある。ただし、相関係数は比較的低く、リーフ内の波高のばらつきは大きい。 ● リーフ内の波高は、その場所の水位と対応関係があり、波高の上限が水位の制約を受けている。	

(b) 波浪条件

再現計算の波浪条件は、浦添沖の St.C における波浪を基準として設定する。再現計算の波向は、浦添沖(St.C)で卓越する波向 NNW 及び NW とする。波高は、各波向における波高の出現範囲内の波高を 0.5m 毎に設定し、波向 NNW は 0.5～3.0m、波向 NW は 0.5～3.5m とする。周期は、浦添沖(St.C)における波高と周期の関係（図 6.5.2.11）の回帰式）より設定する。

表 6.5.2.5 再現計算の波浪条件

ケース	波向（方位角）	有義波高	有義波周期
1	NNW (N337.5°)	0.5m	5.8s
2	NNW (N337.5°)	1.0m	6.5s
3	NNW (N337.5°)	1.5m	7.2s
4	NNW (N337.5°)	2.0m	7.8s
5	NNW (N337.5°)	2.5m	8.5s
6	NNW (N337.5°)	3.0m	9.2s
7	NW (N315.0°)	0.5m	5.8s
8	NW (N315.0°)	1.0m	6.5s
9	NW (N315.0°)	1.5m	7.2s
10	NW (N315.0°)	2.0m	7.8s
11	NW (N315.0°)	2.5m	8.5s
12	NW (N315.0°)	3.0m	9.2s
13	NW (N315.0°)	3.5m	9.9s

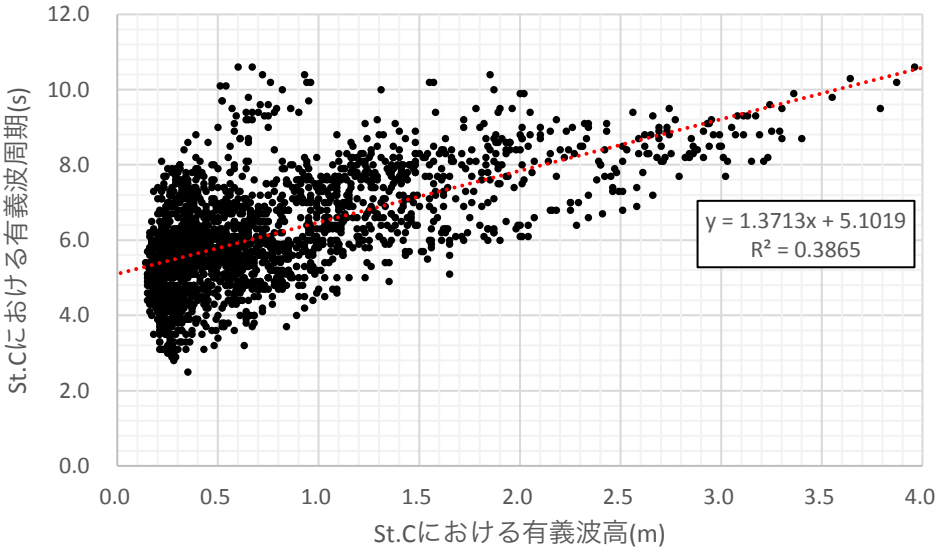


図 6.5.2.11 浦添沖(St.C)における有義波高と有義波周期の関係

(c) 潮位条件

リーフ内の波高は、潮位条件に影響される。このため、平均潮（M_2 分潮）を対象に、平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L.)及び平均低潮位(M.L.W.L.)の 3 潮位を設定した。

なお、D.L.は那覇港の工事用基準面である。

平均高潮位(M.H.W.L.)：D.L.+1.76m

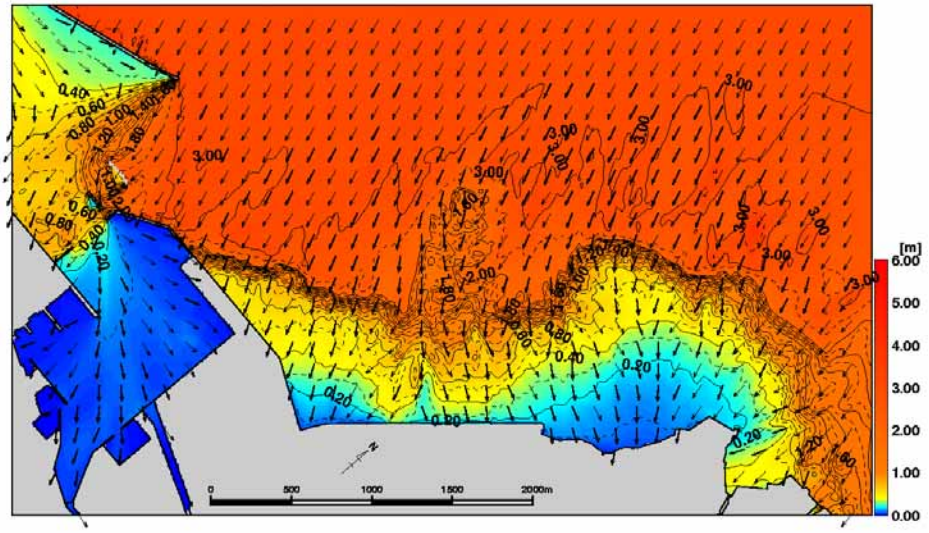
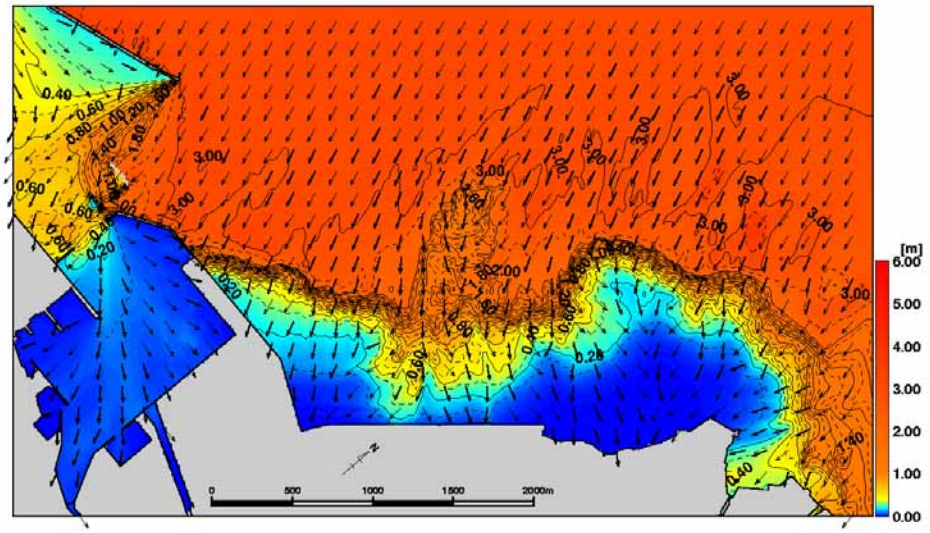
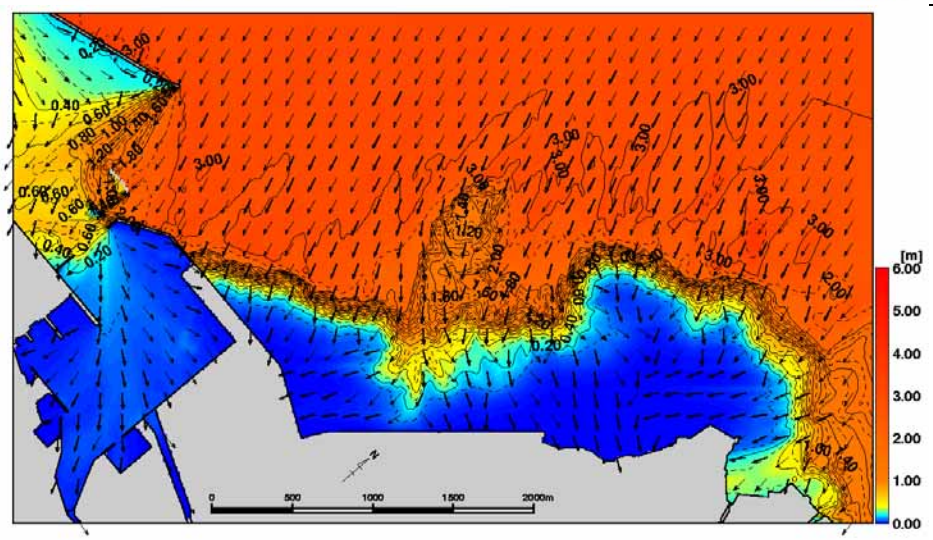
平均潮位(M.S.L.)　　：D.L.+1.18m

平均低潮位(M.L.W.L.)：D.L.+0.60m

(d) 計算結果

波浪計算結果の平面分布として、リーフによる波高減衰の影響が明確にわかる高波浪時の計算結果である波高 3.0m のケース（波向 NNW のケース及び波向 NW のケース）について波高・波向分布図を示す。波高 3.0m は、現地調査において浦添沖（St.C）で観測された上位 5%未満の波高の高波浪である。

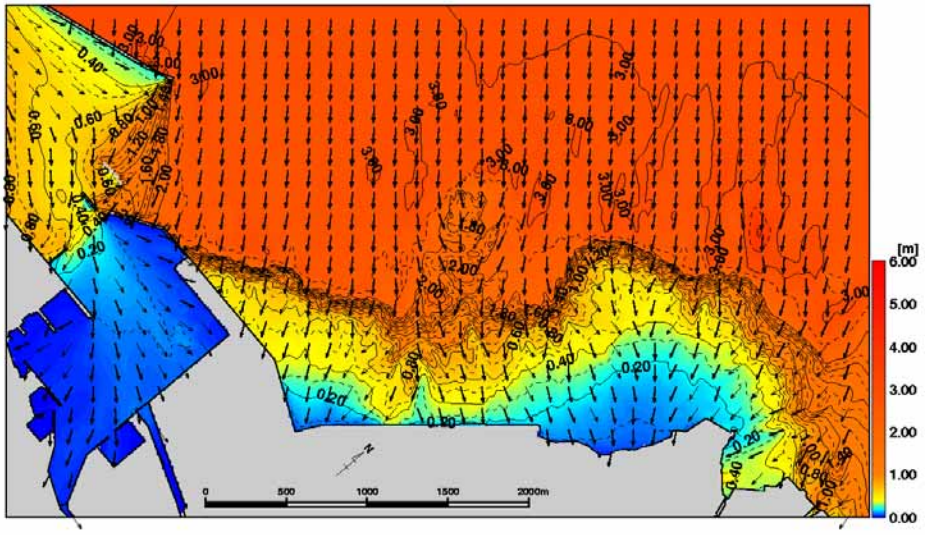
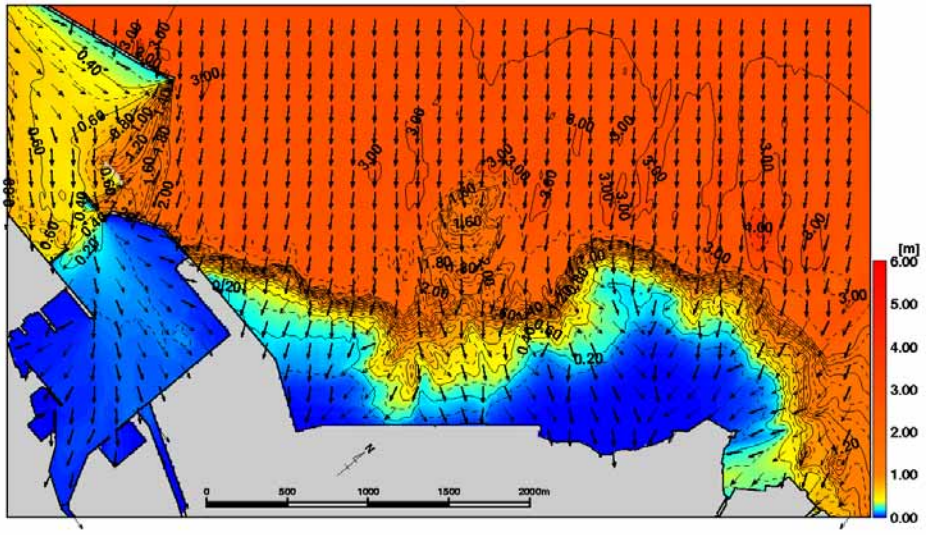
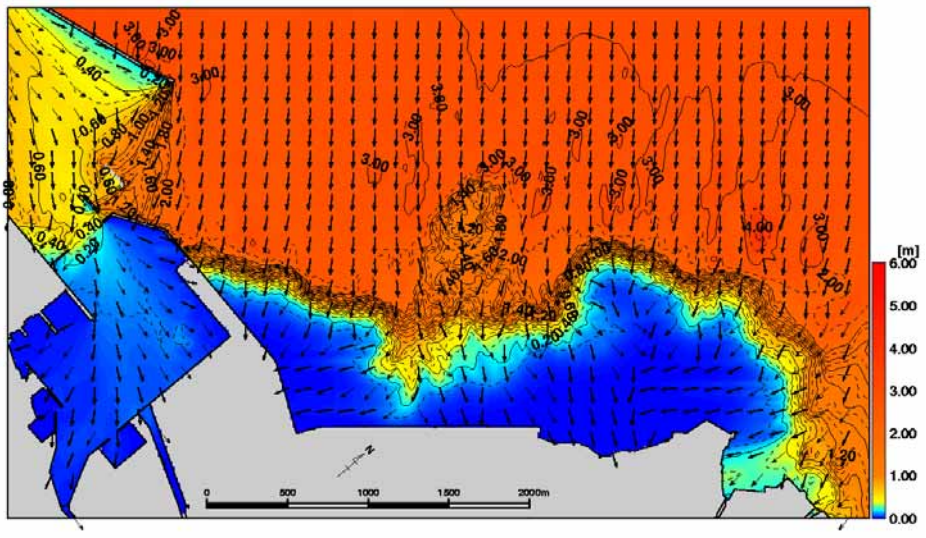
波向 NNW、波高 3.0m ケースの波高・波向分布を図 6.5.2.12 に、波向 NW、波高 3.0m ケースの波高・波向分布を図 6.5.2.13 に示す。潮位 9 低下により、リーフ内の波高が低くなる様子が確認できる。

潮位条件	ケース 6（波向 NNW、波高 3.0m、周期 9.2s）
M.H.W.L. = D.L.+1.76m	
M.S.L. = D.L.+1.18m	
M.L.W.L. = D.L.+0.60m	

注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.12　波高・波向分布図（表 6.5.2.5 のケース 6）

（浦添沖の波浪条件　波向：NNW、波高：3.0m、周期：9.2s）

潮位条件	ケース 12（波向 NW、波高 3.0m、周期 9.2s）
M.H.W.L. = D.L.+1.76m	
M.S.L. = D.L.+1.18m	
M.L.W.L. = D.L.+0.60m	

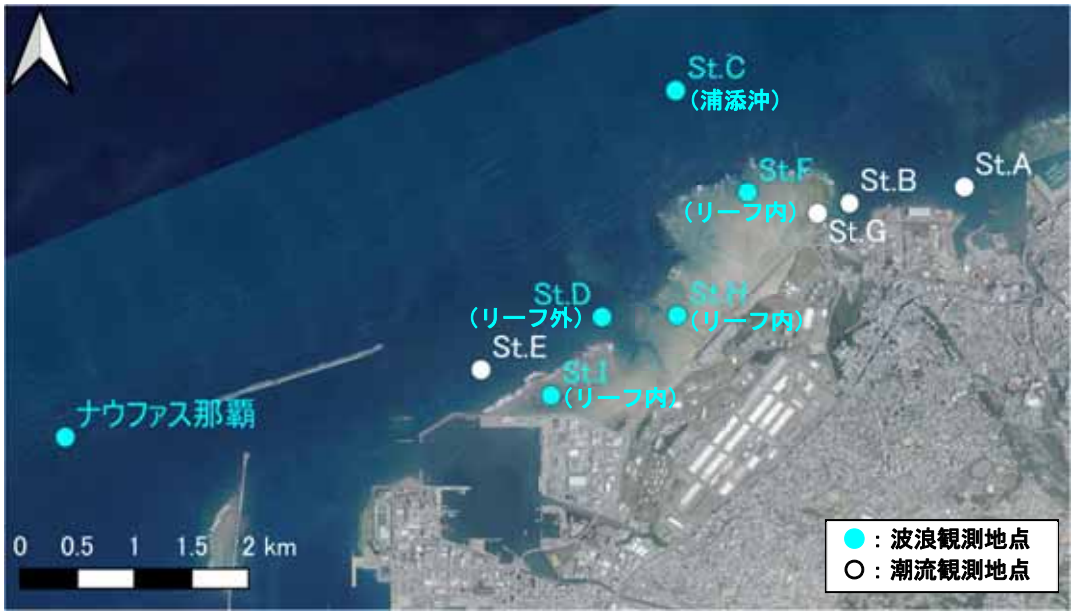
注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.13　波高・波向分布図（表 6.5.2.5 のケース 12）

（浦添沖の波浪条件　波向：NW、波高：3.0m、周期：9.2s）

(e) 検証結果

波浪特性の検討結果（表 6.5.2.4）を踏まえて、浦添沖(St.C)とその他の観測地点（図 6.5.2.14）について、観測波高の散布図を作成し、これと波浪の再現計算結果を比較することにより、再現性を検証する。波高と潮位の関係性についても検証する必要があることから、散布図においては、表 6.5.2.6 の潮位区分毎に計算結果及び観測結果を整理した。



出典：国土地理院撮影の空中写真

図 6.5.2.14　波浪観測地点（再掲）

a) 浦添沖(St.C)とナウファス那覇及びリーフ外(St.D)の関係の検証

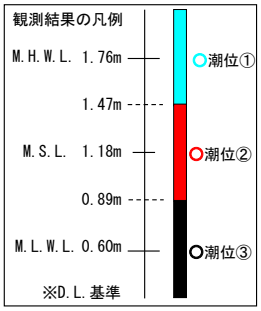
浦添沖(St.C)とナウファス那覇及びリーフ外(St.D)における波高の散布図を図 6.5.2.15 に示す。波浪計算結果は、波浪観測結果のばらつきの範囲内に位置しており、波高の再現性は良好である。またリーフ外の観測地点間の波高は、おおむね 1:1 の関係にあるという特性と、リーフ外においては潮位と波高の関係は小さく、波高の上限が水位の制約を受けないという特性について、おおむね再現できていることが確認できた。

b) 浦添沖(St.C)とリーフ内(St.F,H,I)の関係の検証

浦添沖(St.C)とリーフ内(St.F,H,I)における波高の散布図を図 6.5.2.16 に示す。潮時毎の波浪計算結果は、それぞれの潮時の波浪観測結果の分布とよく一致しており、リーフ内の波高の再現性は良好である。またリーフ内の波浪計算結果は、潮位が高いときには波高が高く、潮位が低いときには波高も低くなるという観測結果をよく表現できており、リーフ内の波高の上限が水位の制約を受けているという特性について、おおむね再現できていることが確認できた。

以上のことから、再現計算結果は、再現目標とおおむね一致しており、必要な再現性を満足していると考えられる。

表 6.5.2.6　観測値と計算値の潮位区分

区分	観測値の整理基準	計算ケース	模式図
潮位①	D.L.+1.47m 以上	M.H.W.L.（D.L.+1.76m）	
潮位②	D.L.+0.89m 以上、D.L.+1.47m 未満	M.S.L.　（D.L.+1.18m）	
潮位③	D.L.+0.89m 未満	M.L.W.L.（D.L.+0.60m）	

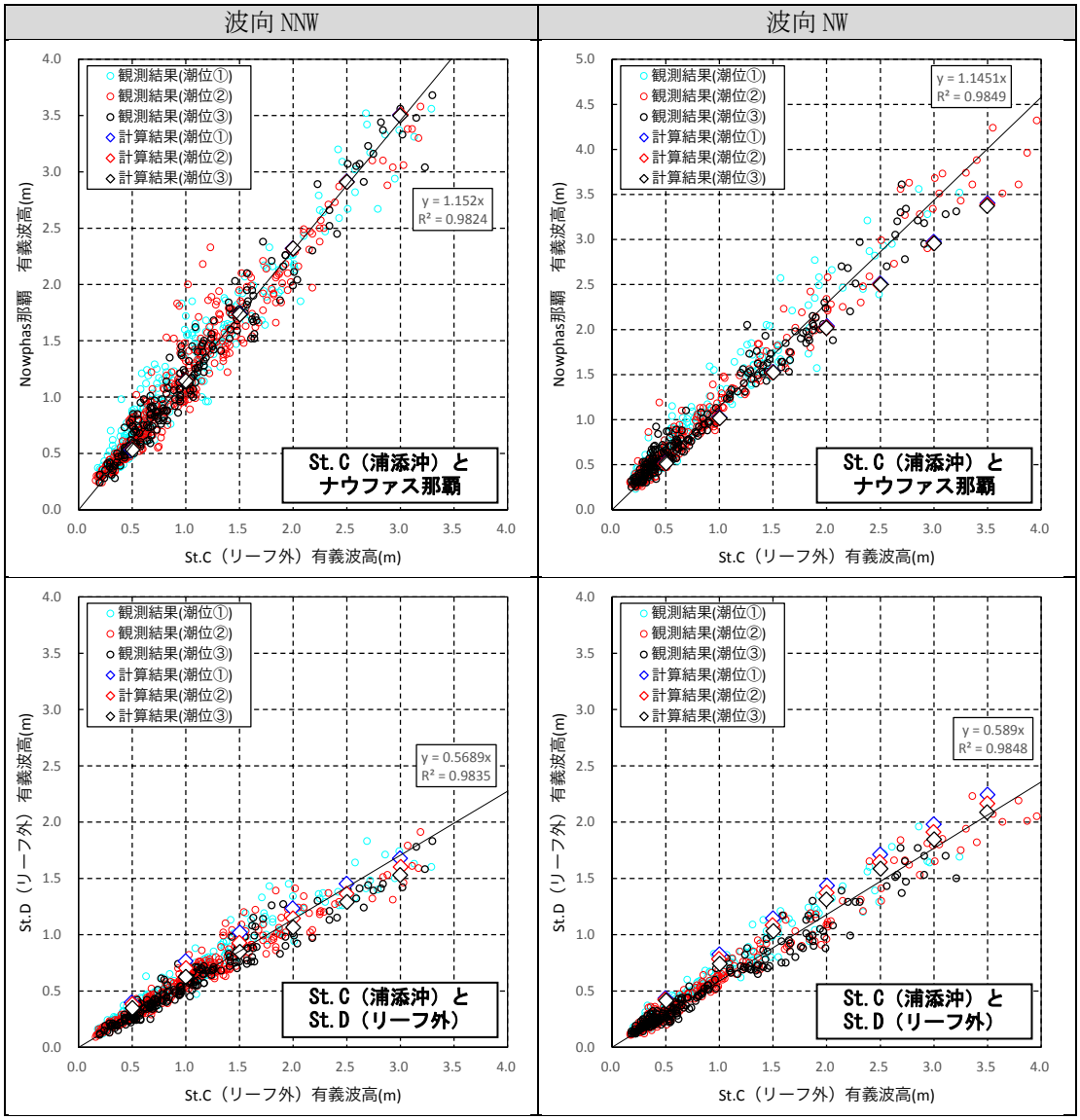


図 6.5.2.15　浦添沖(St.C)とリーフ外の波浪観測地点における波高の散布図

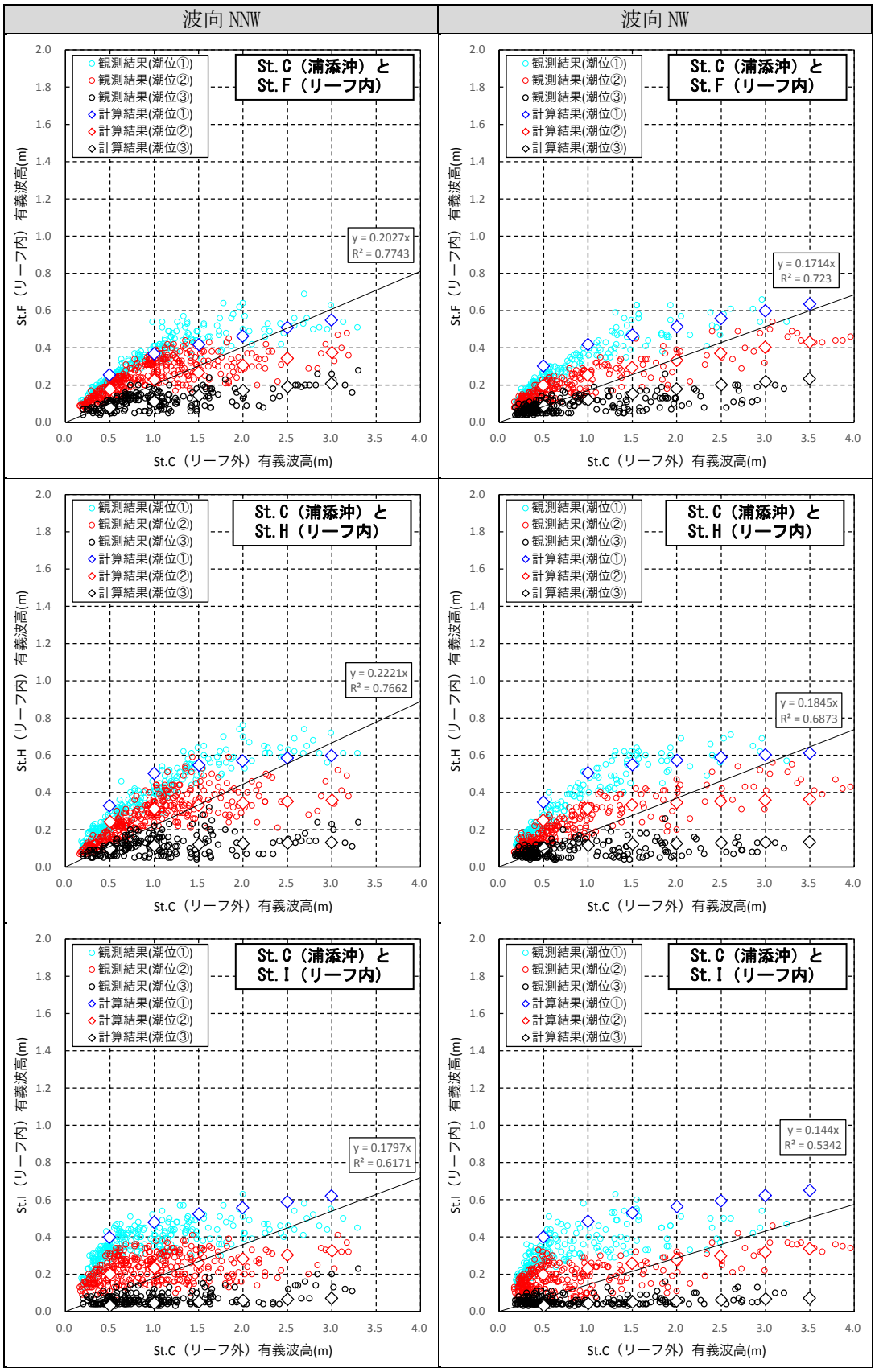


図 6.5.2.16　浦添沖(St.C)とリーフ内の波浪観測地点における波高の散布図

(f) 再現計算（潮流シミュレーションに用いる波浪場）

流況の再現計算に用いる代表波浪の波浪条件は、浦添沖(St.C)における夏季・冬季それぞれの流況再現期間の平均有義波高、平均有義波周期（表 6.5.2.7）及び最多出現波向（図 6.5.2.17）とする。代表波浪を表 6.5.2.8 に示す。また、夏季及び冬季の波浪計算結果は、図 6.5.2.18 及び図 6.5.2.19 に示すとおりである。

表 6.5.2.7　夏季及び冬季潮流再現期間の浦添沖(St.C)における平均有義波高及び有義波周期

地点	期間等	開始日時	終了日時	波高	周期
浦添沖(St.C)	夏季再現期間	2024/09/01 00:00	2024/09/16 00:00	0.40m	5.8s
	冬季再現期間	2025/01/18 00:00	2025/02/02 00:00	0.92m	6.1s

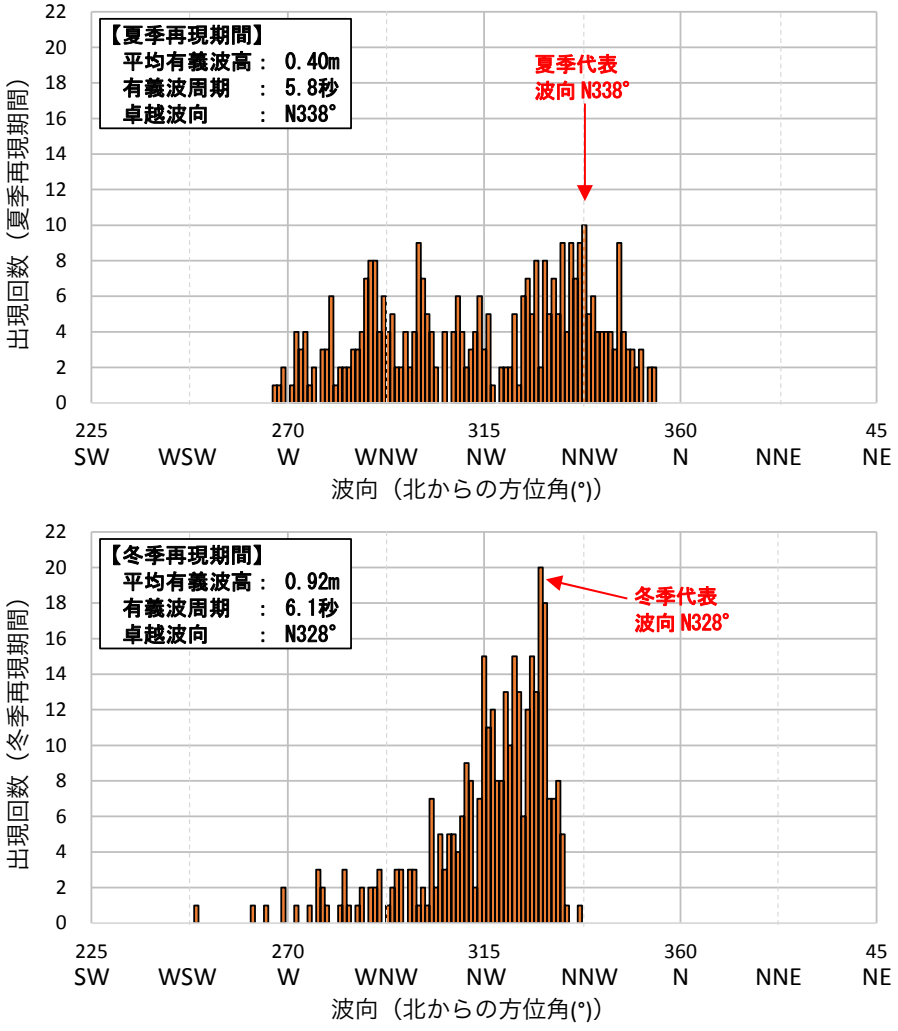
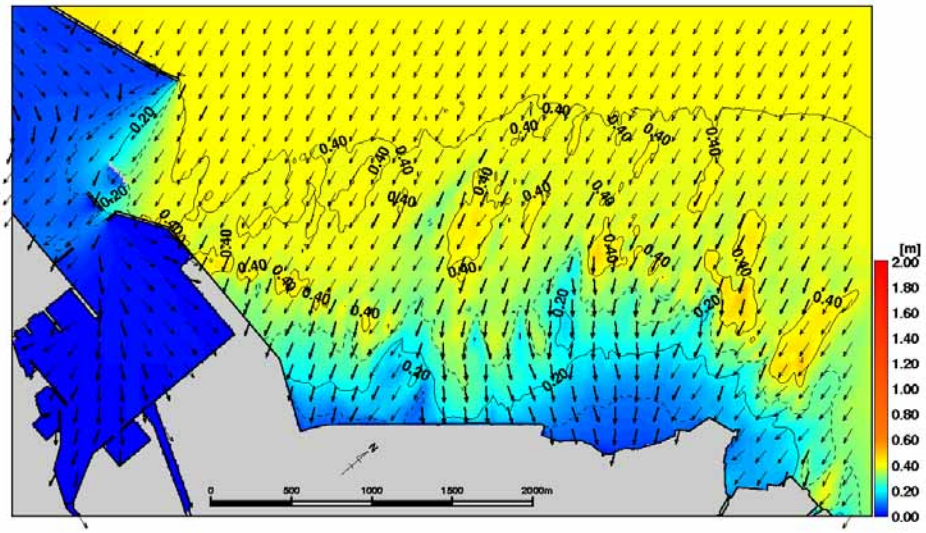
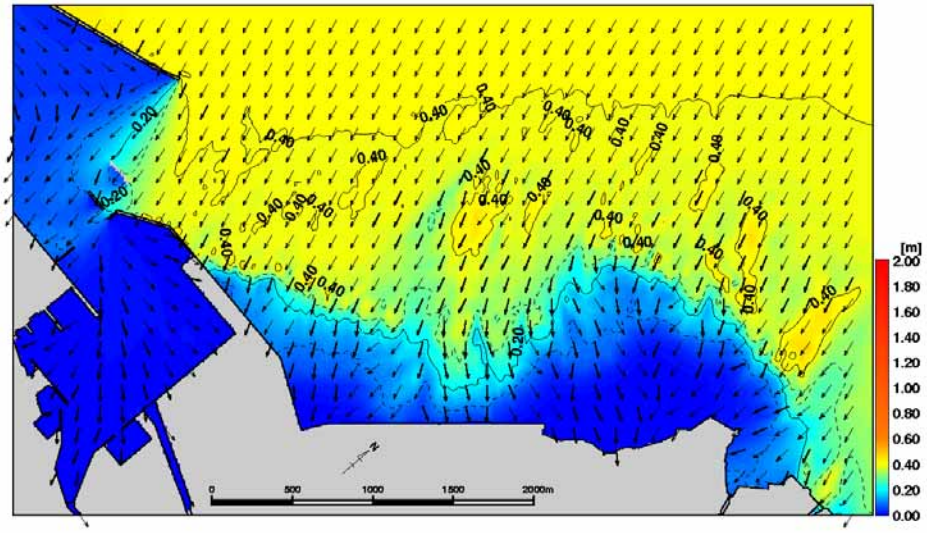
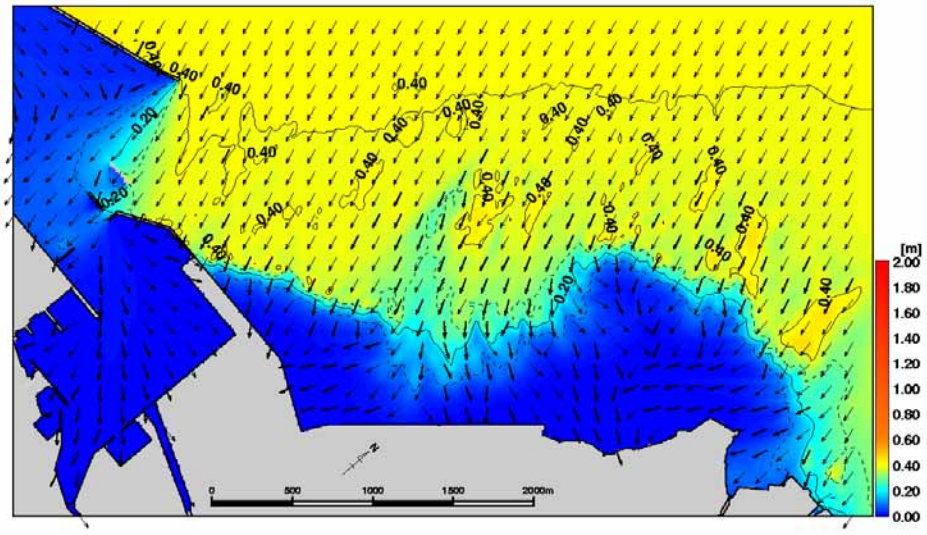


図 6.5.2.17　浦添沖(St.C)における再現期間の波向出現状況（再現期間は表 6.5.2.7 参照）

表 6.5.2.8　潮流の再現に用いる波浪条件の設定

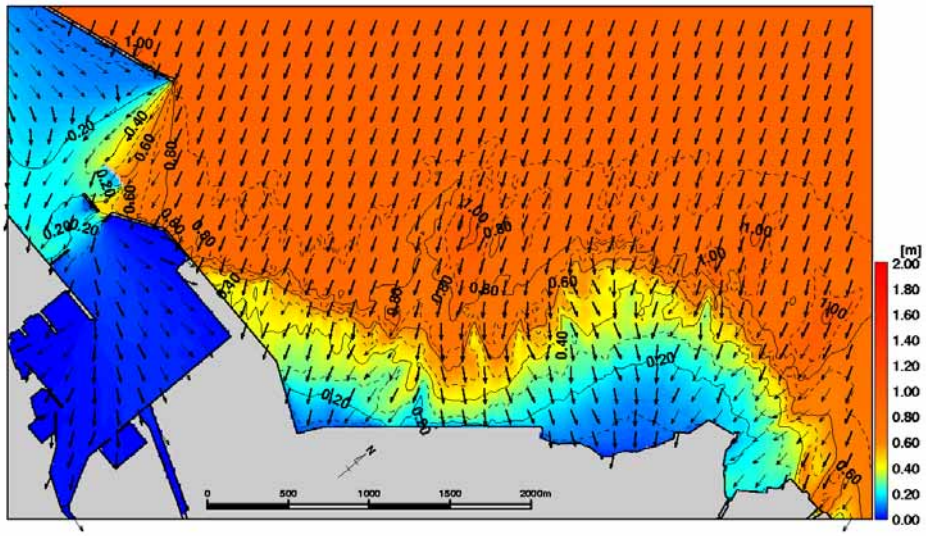
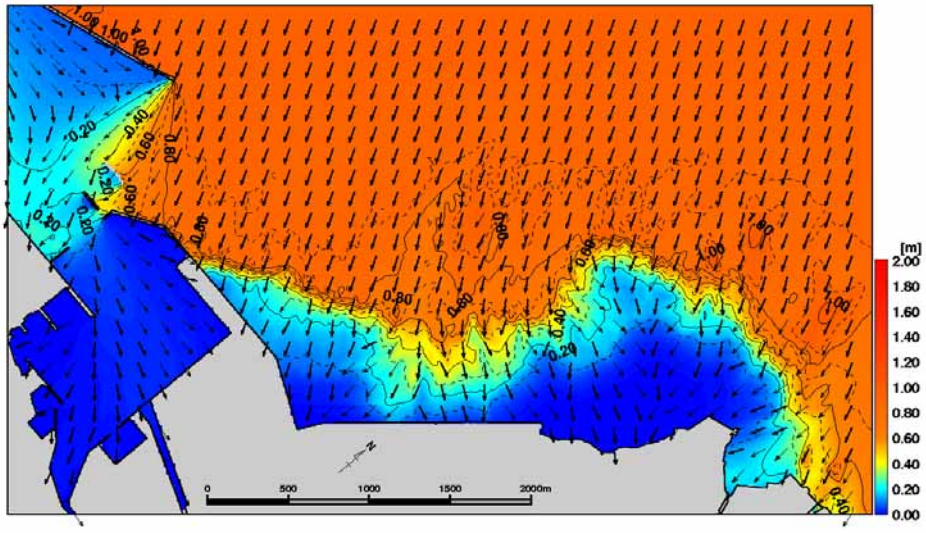
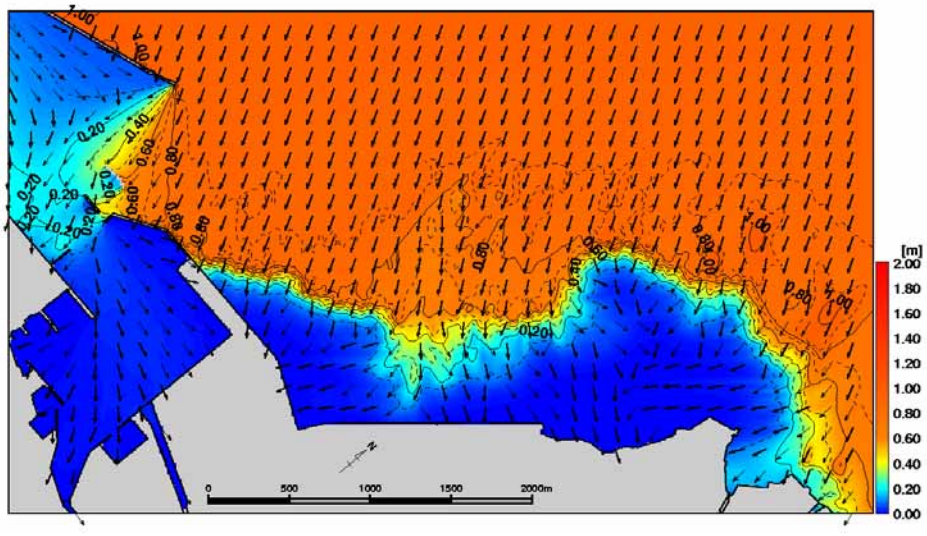
波浪諸元	夏季	冬季
有義波高	0.40m	0.92m
有義波周期	5.8 秒	6.1 秒
波向	N338°	N328°

潮位条件	夏季（波高 0.40m、周期 5.8 秒、波向 N338°）
M.H.W.L. = D.L.+1.76m	
M.S.L. = D.L.+1.18m	
M.L.W.L. = D.L.+0.60m	

注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.18　波高分布（夏季）

（浦添沖の波浪条件　　波高：0.40m、周期：5.8s、波向：N338°）

潮位条件	冬季（波高 0.92m、周期 6.1 秒、波向 N328°）
M.H.W.L. = D.L.+1.76m	
M.S.L. = D.L.+1.18m	
M.L.W.L. = D.L.+0.60m	

注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.19　波高分布（冬季）

（浦添沖の波浪条件　　波高：0.92m、周期：6.1s、波向：N328°）

(g) 予測条件

存在時（計画なし及び計画あり）について予測計算を実施した。予測計算に用いる夏季及び冬季の代表波浪（波浪条件）は、浦添沖(St.C)及びナウファス那覇における波浪観測結果をもとに、平常時及び高波浪時（台風期）について設定した。

a) 地形

存在時（計画なし及び計画あり）の地形及び水深は、図 6.5.2.20 に示すとおりとした。

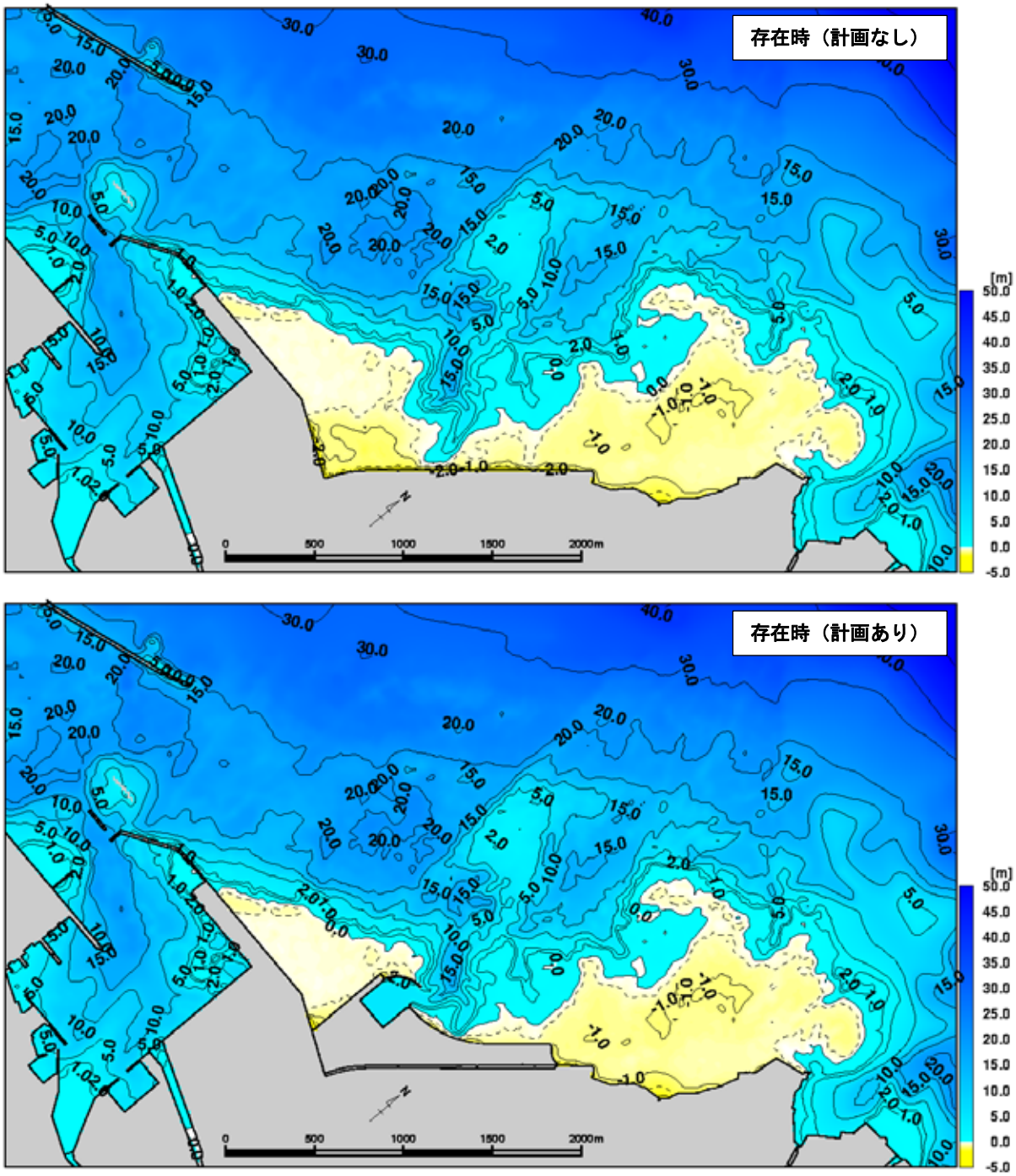


図 6.5.2.20　存在時（計画なし、計画あり）の地形・水深図

b）反射

存在時（計画なし及び計画あり）の反射率設定図を図 6.5.2.21 に示す。存在時（計画あり）の反射率は、標準断面をもとに岸壁は直立消波施設（反射率 0.55）、護岸は捨石斜面（反射率 0.45）と設定した。

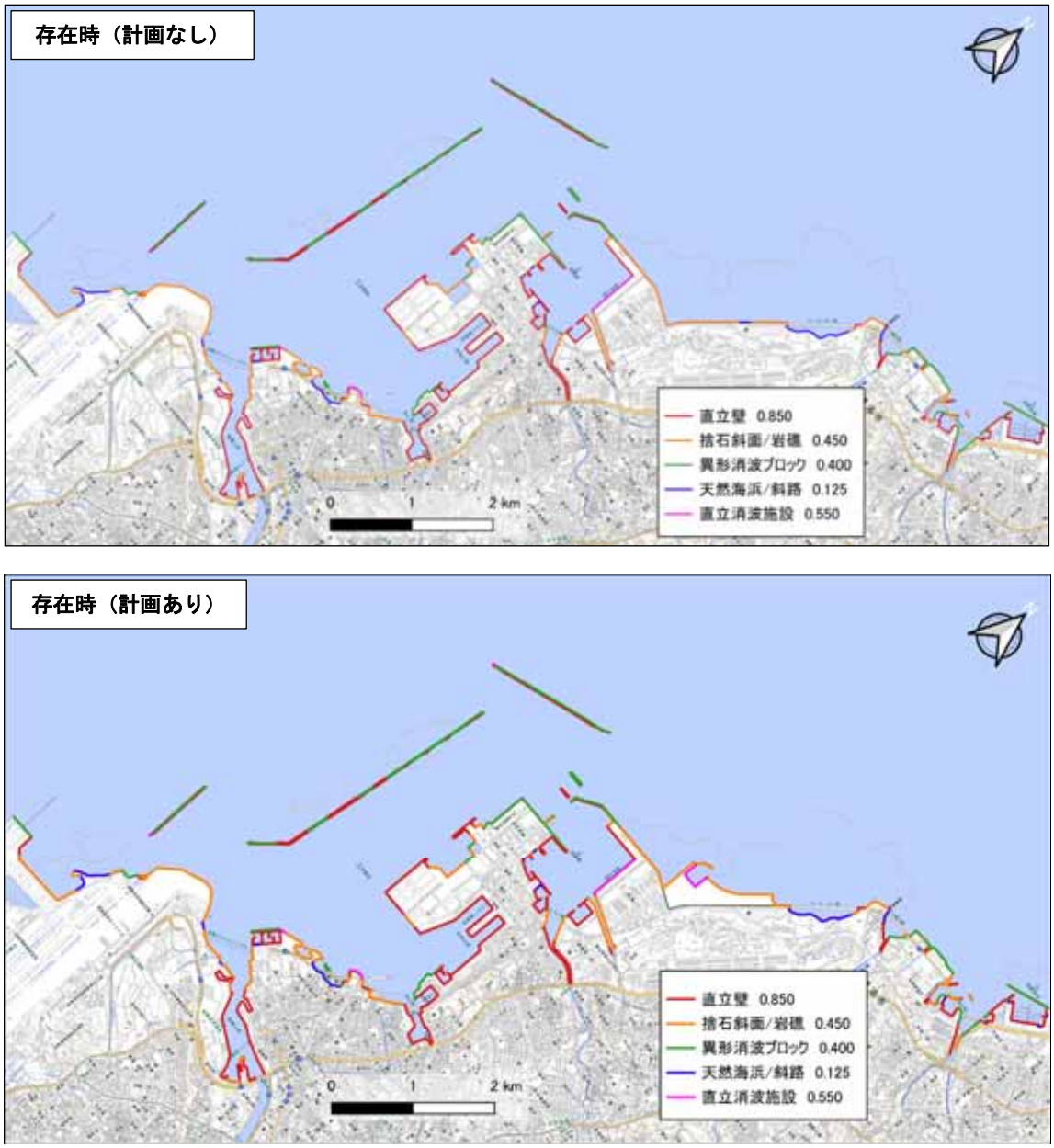


図 6.5.2.21　存在時（計画なし、計画あり）の反射率設定図

c）平常時の波浪条件

平常時における夏季と冬季の代表波浪を表 6.5.2.9 に示す。また、夏季と冬季の波高と周期の設定を表 6.5.2.10 及び表 6.5.2.11 に示す。また、浦添沖(St.C)における夏季及び冬季観測期間の波向出現状況を図 6.5.2.22 に示す。

平常時の予測条件の波高と周期（表 6.5.2.10、表 6.5.2.11 の D）は、浦添沖(St.C)の波浪特性を踏まえ、夏季・冬季のそれぞれの観測期間の平均有義波高及び周期（表 6.5.2.10、表 6.5.2.11 の C）をもとに設定した。浦添沖(St.C)では、長期間の波浪観測が実施されていないことから、長期間の代表波浪として、ナウファス那覇における長期間（2013 年～2021 年）の波浪観測データ（表 6.5.2.10、表 6.5.2.11 の A）と、ナウファス那覇における夏季・冬季のそれぞれの「浦添沖(St.C)の波浪観測期間」の平均有義波高及び周期（表 6.5.2.10、表 6.5.2.11 の B）の比を用いて補正した。代表波浪の波向は、浦添沖(St.C)における夏季及び冬季観測期間の最多頻度波向（図 6.5.2.22）とした。

表 6.5.2.9　予測計算の波浪条件（平常時）

波浪諸元	夏季	冬季
有義波高	0.56m	1.17m
有義波周期	5.8 秒	6.3 秒
波向	N342°	N328°

表 6.5.2.10　夏季の代表波浪の設定

	地点	期間等	統計開始日	統計終了日	波高	周期
A	ナウファス那覇	夏季(7-9 月)	2013/01/01 00:00	2022/12/31 23:40	0.76m	6.3s
B	ナウファス那覇	夏季観測期間	2024/08/05 12:00	2024/09/30 23:00	0.66m	6.2s
C	浦添沖(St.C)	夏季観測期間	2024/08/05 12:00	2024/09/30 23:00	0.49m	5.7s
D	浦添沖(St.C)	夏季予測条件	(D) = (C) × (A)/(B)		0.56m	5.8s

表 6.5.2.11　冬季の代表波浪の設定

	地点	期間等	統計開始日	統計終了日	波高	周期
A	ナウファス那覇	冬季(12-2 月)	2013/01/01 00:00	2022/12/31 23:40	1.36m	6.6s
B	ナウファス那覇	冬季観測期間	2025/01/14 10:00	2025/02/11 07:00	1.48m	7.0s
C	浦添沖(St.C)	冬季観測期間	2025/01/14 10:00	2025/02/11 07:00	1.27m	6.7s
D	浦添沖(St.C)	冬季予測条件	(D) = (C) × (A)/(B)		1.17m	6.3s

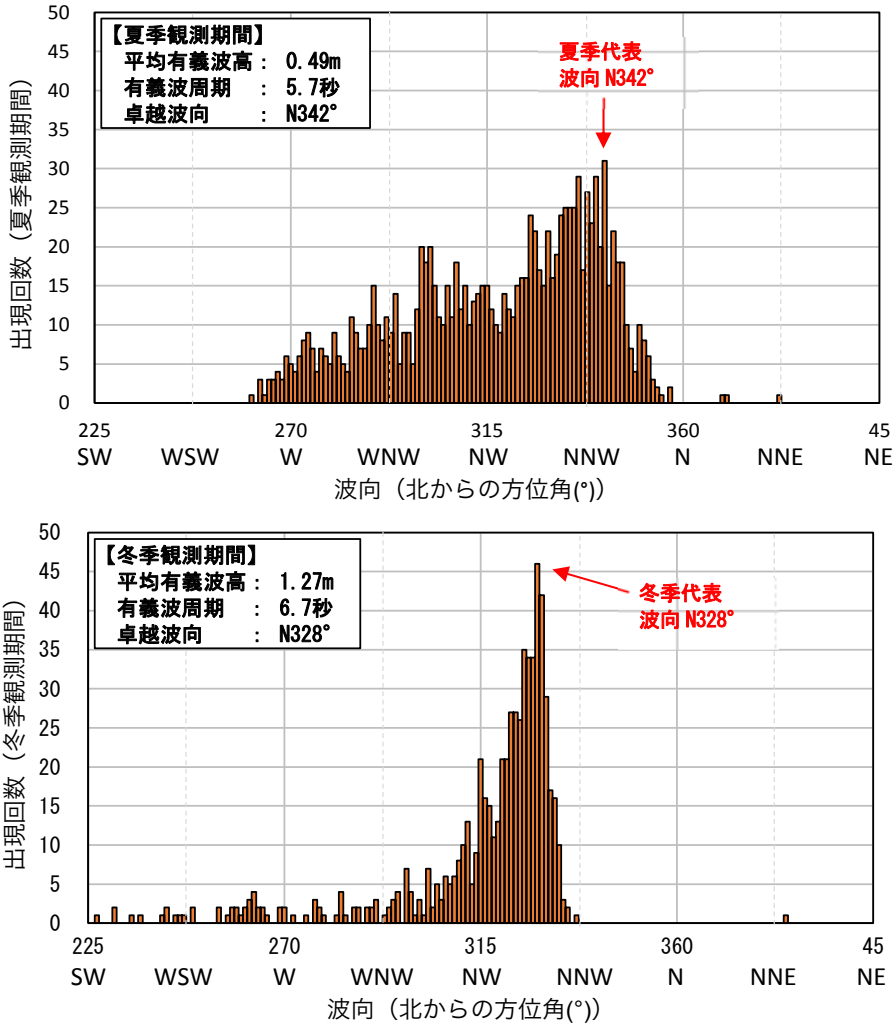


図 6.5.2.22　浦添沖(St.C)における季節別の波向出現状況

d）高波浪時（台風期）の波浪条件

浦添沖(St.C)の波浪観測期間中に、台風等による顕著な高波浪が発生しなかったことから、台風期の波浪条件はナウファス那覇における 2013 年～2022 年の 20 分毎の波浪観測データをもとに設定する。

台風時の波浪は台風の進路や規模に依存するが、台風は毎年複数回来襲し、その進路や規模は様々である。そこで、特定の台風の発達から減衰までを対象とすることはせず、ナウファス那覇において数年に 1 回来襲する規模の波浪とし、2013 年～2022 年の 10 年間の高波浪順位の 3～5 位の平均波高と最頻波向を代表波浪として設定した。

ナウファス那覇における台風を要因とした高波浪順位を表 6.5.2.13 に、高波浪時（台風期）の波浪条件を表 6.5.2.12 に示す。

表 6.5.2.12　波浪条件（ナウファス那覇の地点における有義波高、有義波周期、波向）

区分	有義波高	有義波周期	波向	備 考
高波浪時 台風期	5.77 m	10.7 秒	NNW	ナウファス那覇において 10 年間に数回発生した台風（高波浪順位 3～5 位の平均）

表 6.5.2.13　ナウファス那覇における台風が要因の高波浪順位（2013 年～2022 年）

順位	最大有義波発生日時	最大有義波高発生時の波浪諸元			気象要因
		有義波高	有義波周期	波向	
1	2018/09/29 20:40	8.11	9.1	－	T1824
2	2014/10/13 01:00	6.36	11.9	NW	T1419
3	2013/10/25 00:20	6.00	10.1	NNW	T1327
4	2015/08/24 13:00	5.83	12.3	－	T1515
5	2020/09/06 11:00	5.49	9.8	NNW	T2010
6	2017/10/22 07:00	5.42	10.0	－	T1721
7	2020/09/02 00:00	5.32	10.0	SSW	T2009
8	2022/09/05 07:40	5.14	10.2	SW	T2211
9	2018/10/05 23:00	4.80	10.8	NW	T1825
10	2017/10/29 01:00	4.76	10.3	－	T1722

注：波向の「－」は波向が欠測であることを示す

e）潮位条件

リーフ内の波高は、潮位条件に影響される。このため、平均潮（M_2 分潮）を対象に、平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L.)及び平均低潮位(M.L.W.L.)の 3 潮位を設定した。

なお、D.L.は那覇港の工事用基準面である。

平均高潮位(M.H.W.L.)：D.L.+1.76m

平均潮位(M.S.L.)　　：D.L.+1.18m

平均低潮位(M.L.W.L.)：D.L.+0.60m

（イ）潮流（流向・流速）

潮流の予測手順は、図 6.5.2.23 に示すとおりである。

予測にあたっては、計算値と観測値を比較することによりモデルの妥当性を検証した上で、事業計画に基づき存在時の計算条件を設定し、埋立地の存在に伴う流れの変化を予測した。

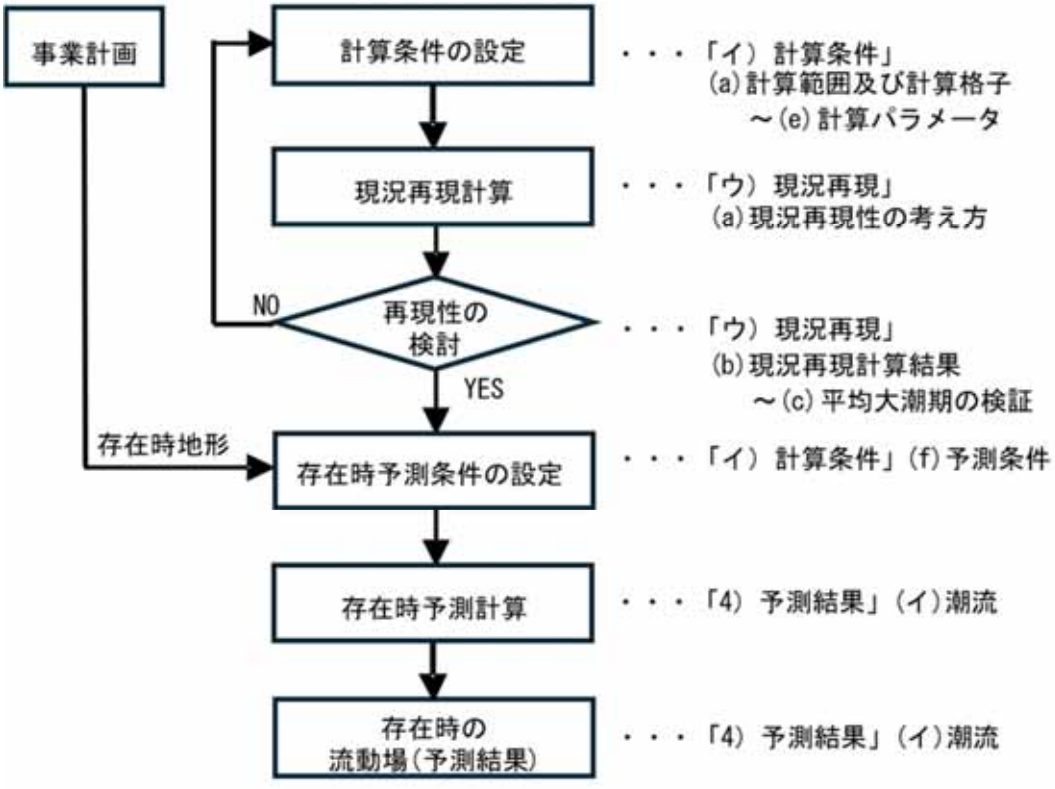


図 6.5.2.23　潮流の予測手順

ア）モデルの概要

(a) 予測モデルの考え方

a) 当該海域における海底地形及び流れの特徴

一般に海域の流れは、大別すると表 6.5.2.14 及び図 6.5.2.24 のように分類され、②～⑤は総称して平均流(恒流)と呼ばれている。当該海域では水深が浅く、潮汐の変動とともに干出と水没を繰り返すリーフが多数存在する。そこで、使用するモデルは、干満による浅海域（リーフ）の干出と水没が考慮できるものとし、水温・塩分の拡散過程を考慮したレベルモデルを用いた。平均流を生みだす影響要素として一般的に風がある。特にリーフ上のように水深の浅い場所では風の影響は大きいと考えられる（吹送流）。また、外洋から侵入する波浪は水深の浅いリーフで砕波し、このとき波浪の持っていたエネルギーの一部は流れのエネルギーに転換すると考えられる（海浜流）。

以上のことから、吹送流、海浜流を考慮した。

表 6.5.2.14　海域の流れを構成する要素

	流れの駆動力	流れの分類
海域の流れ	潮汐	①　潮汐流
		②　潮汐残差流
	淡水流入 海面と大気の熱収支	③　密度流
	風	④　吹送流
	波浪	⑤　海浜流

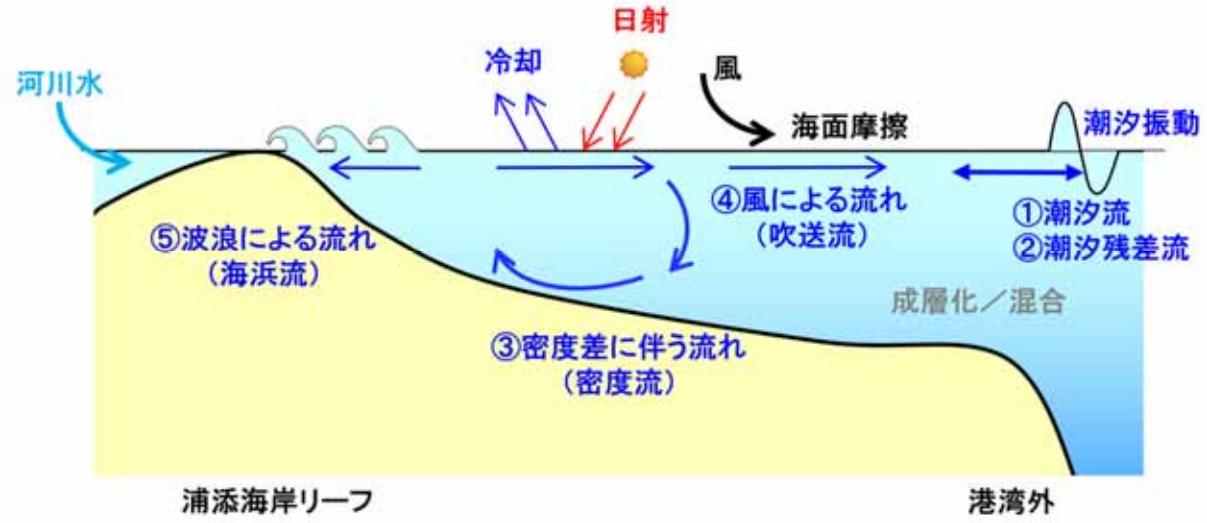


図 6.5.2.24　流動モデルが解析する主な現象

(b) **基礎式**

流動モデルの基本方程式は、以下のような連続の式、運動方程式、状態方程式、水温・塩分の拡散方程式からなる。

＜連続の式＞

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

＜運動方程式＞

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}-fv=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_M\frac{\partial u}{\partial z}\right)+F_x+R_x-Fb_{wx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}+fu=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_M\frac{\partial v}{\partial z}\right)+F_y+R_y-Fb_{wy}$$

$$\rho g=-\frac{\partial p}{\partial z}$$

＜状態方程式＞

$$\rho(S,T)=\rho_w+(b_0+b_1T+b_2T^2+b_3T^3+b_4T^4)S+(c_0+c_1T+c_2T^2)S^{3/2}+d_0S^2$$

＜水温・塩分の拡散方程式＞

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}\left(K_H\frac{\partial T}{\partial z}\right)+F_T$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}+u\frac{\partial S}{\partial x}+v\frac{\partial S}{\partial y}+w\frac{\partial S}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}\left(K_H\frac{\partial S}{\partial z}\right)+F_S$$

運動方程式及び水温・塩分の拡散方程式の右辺の F は平均的な流れとは別に短時間の流れの強弱、方向の変化によって海水が混合され、運動量や水温・塩分が一様化される効果で、以下の式で表される。

$$F_x=\frac{\partial}{\partial x}\left(A_M\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A_M\frac{\partial u}{\partial y}\right)$$

$$F_y=\frac{\partial}{\partial y}\left(A_M\frac{\partial v}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(A_M\frac{\partial v}{\partial x}\right)$$

$$F_{T,S}=\frac{\partial}{\partial x}\left(A_H\frac{\partial (T,S)}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(A_H\frac{\partial (T,S)}{\partial y}\right)$$

運動方程式の右辺の R は波の変形（主に砕波）による加速度、Fb は波と流れの相互作用による海底摩擦力である。

ここに、

x,y,z	:右手系の直交座標系、上向きを正（cm）
u,v,w	:x,y,z 方向の流速成分（cm/s）
p	:圧力（N/cm^2）
T	:水温（℃）
S	:塩分（-）
f	:コリオリ係数(1/s)
ρ	:密度（g/cm^3）
K_M	:鉛直渦動粘性係数（cm^2/s）
K_H	:鉛直渦動拡散係数（cm^2/s）
A_M	:水平渦動粘性係数（cm^2/s）
A_H	:水平渦動拡散係数（cm^2/s）
g	:重力加速度（cm/s^2）
t	:時間（s）
R_x, R_y	:波浪の変形に伴う加速度（cm/s^2）
Fb_{wx}, Fb_{wy}	:波と流れの相互作用に伴う海底摩擦力（cm/s^2）

状態方程式は計算で得られた水温と塩分から密度を算出するものであり、式中の係数はUNESCO(1981)出典に準拠して以下のとおりとした。

$$\rho_w = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 + a_5 T^5$$

a_0 :999.842594	a_1 :6.793952×10^{-2}	a_2:-9.095290×10^{-3}
a_3 :1.001685×10^{-4}	a_4:-1.120083×10^{-6}	a_5:6.536332×10^{-9}
b_0 :8.24493×10^{-1}	b_1:-4.0899×10^{-3}	b_2:7.6438×10^{-5}
b_3 :-8.2467×10^{-7}	b_4:5.3875×10^{-9}	
c_0 :-5.72466×10^{-3}	c_1 :1.0227×10^{-4}	c_2 :-1.6546×10^{-6}
d_0 :4.8314×10^{-4}		

出典：UNESCO(1981),Background papers and supporting data on the International Equation of State of Seawater 1980,UNESCO Technical papers in marine science No. 38.

海面における大気との間の熱のやりとりは、水温の拡散方程式で、海面と大気の間の熱フラックスとして表現されている。この熱フラックスは、海水を暖める向きを正としたとき以下のように定義される。

$$Q_{suf} = Q_s - (Q_b + Q_c + Q_e)$$

ここに、

Q_S ：太陽からの短波放射(cal/cm^2/s)

Q_b ：海洋からの長波放射(cal/cm^2/s)

Q_c ：海水と大気の接触面における対流や伝導による顕熱輸送(cal/cm^2/s)

Q_e ：海水の蒸発による潜熱輸送(cal/cm^2/s)

(c) 境界条件

海表面における境界条件は次式で定義される。

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z}\right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

$$\rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z}\right) = (Q_{suf}/C_v, 0)$$

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u\frac{\partial \eta}{\partial x} + v\frac{\partial \eta}{\partial y}$$

ここに、

τ_{sx}, τ_{sy}	：x, y方向の風応力 (N/cm^2)
Q_{suf}	:海表面を通じての熱フラックス (cal/cm^2/s)
C_v	:比熱 (cal/g/℃)
w	:鉛直流速 (cm/s)
η	:水位 (cm)

海面摩擦は、海面における風と海水との摩擦によって風の持つ運動量が海水に移動する効果を表し、以下に示すとおり風速の2乗に比例する形で表現される。

$$\vec{\tau_s} = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \vec{W}|\vec{W}|$$

$$\vec{W} = (W_x, W_y), |\vec{W}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

ここに、

C_a　　:海面摩擦係数（-）
ρ_a　　:大気密度（g/cm^3）
W_x,W_y　　:x, y方向の風速(cm/s)

海底面における境界条件は次式で定義される。

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z}\right) = \left(\tau_{bx}, \tau_{by}\right)$$

$$\rho K_H \left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z}\right) = (0,0)$$

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$\overrightarrow{\tau_b} = \left(\tau_{bx}, \tau_{by}\right) = \rho C_D \left|\overrightarrow{V_b}\right| \overrightarrow{V_b}$$

$$\overrightarrow{V_b} = (u_b, v_b), \left|\overrightarrow{V_b}\right| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2}$$

$\overrightarrow{\tau_b}$　　：底面せん断応力（N/cm^2）
$\overrightarrow{V_b}$　　：海底での水平流速ベクトル(cm/s)
h　　：水深(cm)
u_b, v_b　　：x, y方向の底面流速(cm/s)

海浜流を考慮するまでの海底摩擦(底面せん断応力)は、海底近傍での流速分布をカルマン定数と粗度高さを用いた対数分布則を仮定して算出した(添え字 b は底面に接する格子の値であることを意味している)。

なお、底面の摩擦係数（C_D）は、以下の式から求めた。

$$C_D = \left[\frac{1}{\kappa} \ln \frac{h + z_b}{z_0}\right]^{-2}$$

z_b　　：底面に接する格子点（流速定義点）の鉛直座標値(cm)
(海面を 0 とし、鉛直下向きに負の値)
z_0　　：粗度高さ（＝1.0cm）
κ　　：カルマン定数（＝0.4）

なお、海浜流を考慮した時の波と流れの相互作用による海底摩擦は、次項に詳述する。

(d) 波浪条件

当海域では、平均流(恒流)の形成に波浪によって駆動される海浜流が重要と考えられる。そこで、別途、波浪変形計算を行い、得られた波浪分布を流動モデルに組み込むこととした。波浪変形計算のモデル概要や計算条件は前述のとおりである。

波浪変形計算結果を流動モデルに組み込む考え方は、以下に示すとおりである。

波の変形により生じる加速度 R は、浅水変形や砕波等により波浪に空間分布が生じることにより発生し、次式で定義される。

$$R_x = \frac{1}{\rho(\eta + h)}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) \qquad R_y = \frac{1}{\rho(\eta + h)}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right)$$

ここに、

ρ ：密度（g/cm^3）

η ：潮位（cm）

h ：基準面から鉛直下向きにとった水深（cm）

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$ は波の存在によって発生するラディエーションストレスと呼ばれる応力であり、次式で定義される。

$$S_{xx} = E\left\{n(1 + \cos^2\alpha) - \frac{1}{2}\right\} \qquad S_{xy} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

$$S_{yy} = E\left\{n(1 + \sin^2\alpha) - \frac{1}{2}\right\} \qquad S_{yx} = E \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

$$E = \frac{1}{8}\rho g H^2$$

$$n = \frac{C_g}{C} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)}\right)$$

E ：波のエネルギー（g/s^2）

g ：重力加速度（cm/s^2）

H ：波高（cm）

α ：波向線と x 軸のなす角度（°）

C_g ：波の群速度（cm/s）

C ：波速（cm/s）

k ：波数（-）

波と流れの相互作用による海底面摩擦力 Fb は次式で定義される。

$$Fb_{wx} = F\{u(1+\cos^2\alpha) + v\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha\}$$
$$Fb_{wy} = F\{v(1+\sin^2\alpha) + u\cdot\sin\alpha\cdot\cos\alpha\}$$
$$F = \frac{f_w\cdot H}{T(h+\eta)\cdot\sinh(kh)}$$

u,v　：x,y 方向の最下層流速（cm/s）
α　：波向線と x 軸のなす角度（°）
H　：波高（cm）
T　：波の周期（s）
f_w　：海底摩擦係数（-）
h　：基準面から鉛直下向きにとった水深（cm）
k　：波数（$=2\pi/L$）
L　：波長（cm）

海底摩擦係数f_wは、次式に示す Swart（1974）が示した Jonsson(1963, 1966)の摩擦係数の近似式[出典 1,2]により算定した。

$$f_w = \exp\left\{-5.977 + 5.213\left(\frac{a_m}{k_s}\right)^{-0.194}\right\}$$
$$a_m = \frac{H}{2}\frac{1}{\sinh(kh)}$$

a_m　：微小振幅波理論による底面水粒子移動振幅（cm）
k_s　：相当粗度（底質の状態を表す指標、＝1.0cm）
k　：波数（$=2\pi/L$）
h　：水深（cm）

出典：1. 本間仁監修・堀川清司編（1985）：海岸環境工学、（財）東京大学出版会、pp. 65.
2. 椹木亨・出口一郎著（1996）：新編 海岸工学、共立出版（株）、pp. 63.

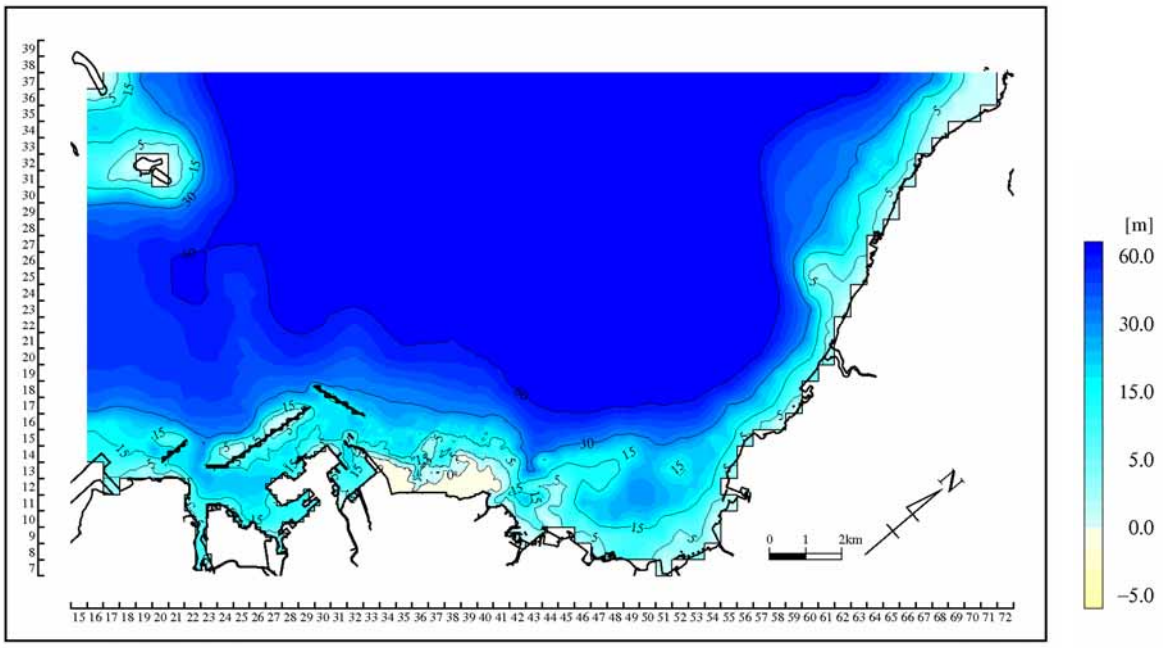
イ）計算条件

(a) 計算範囲及び計算格子

計算範囲とその水深分布は、図 6.5.2.25 に示すとおりである。また計算範囲の格子分割は図 6.5.2.26 に示すとおりである。計算格子については、計算の精度向上のためにネスティングを行っている。ネスティングとは、粗い格子の領域内により細かい格子を重ねる手法で、詳細な解析が必要な部分だけ格子サイズを小さくしてモデルの効率性と精度を両立させる方法である。計算格子サイズは粗い格子の 1/3 とし、緩衝領域を 450m、那覇港周辺を 150m とした。さらに浦添ふ頭地区リーフ周辺を 50m とし、埋立事業実施区域近傍では 16.7m で作成した。

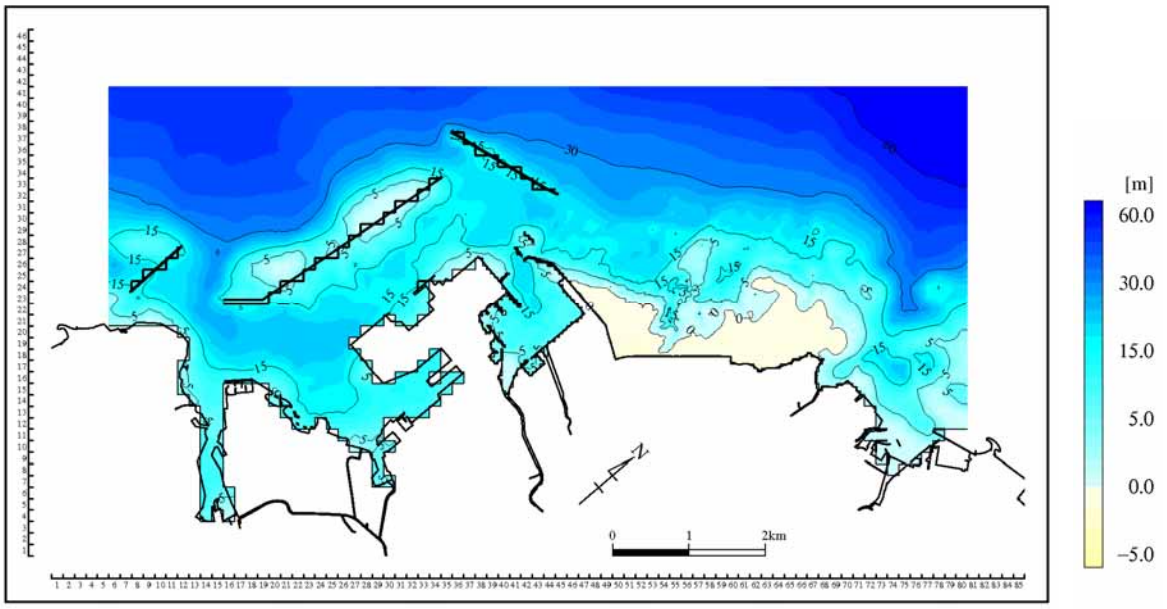
水深分布は下記の資料を基に作成しており、深浅測量結果はリーフ等浅海域のデータも含まれているため、サンゴ礁海域の複雑な地形を最大限表現できていると考える。

- 海底地形デジタルデータ(M7020)
- 航海用海図(W243:那覇港_2020 年 3 月刊行)
- 令和 3 年 8 月那覇港深浅測量結果(那覇港湾・空港整備事務所)
- 令和 6 年度深浅測量結果
- 令和 6 年秋季汀線測量結果



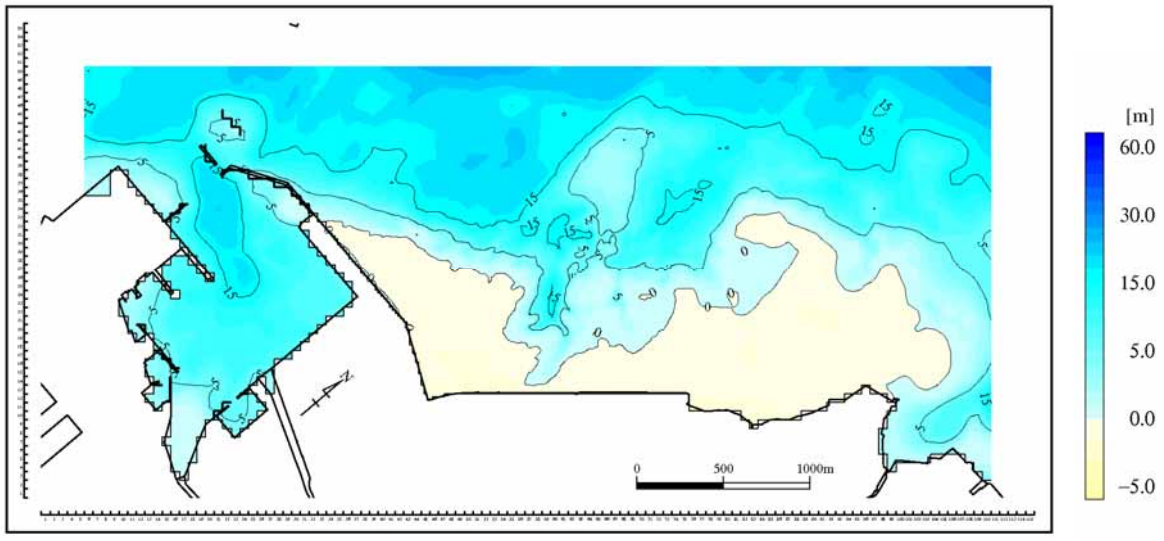
注：水深値は下向きを正として示しており、負の値は基準面よりも高いことを示す

図 6.5.2.25(1)　計算範囲とその水深（単位：m DL 基準、緩衝領域：450m 格子）



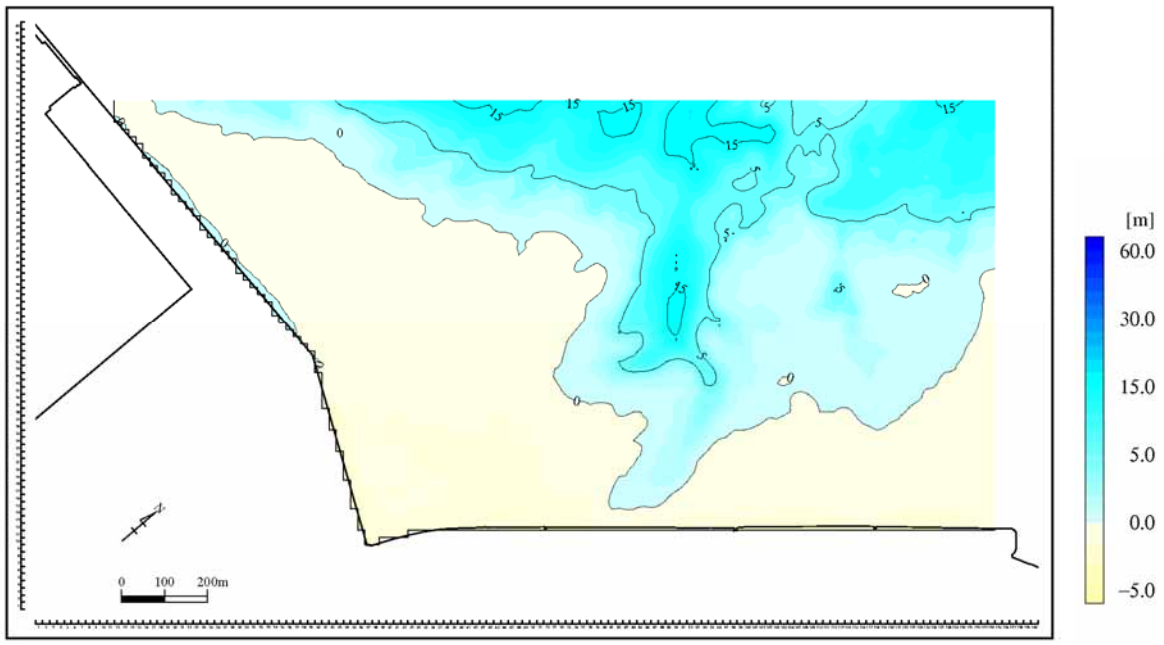
注：水深値は下向きを正として示しており、負の値は基準面よりも高いことを示す

図 6.5.2.25(2)　計算範囲とその水深（単位：m DL 基準、大領域：150m 格子）



注：水深値は下向きを正として示しており、負の値は基準面よりも高いことを示す

図 6.5.2.25(3)　計算範囲とその水深（単位：m DL 基準、中領域：50m 格子）



注：水深値は下向きを正として示しており、負の値は基準面よりも高いことを示す

図 6.5.2.25(4)　計算範囲とその水深（単位：m DL 基準、小領域：16.7m 格子）

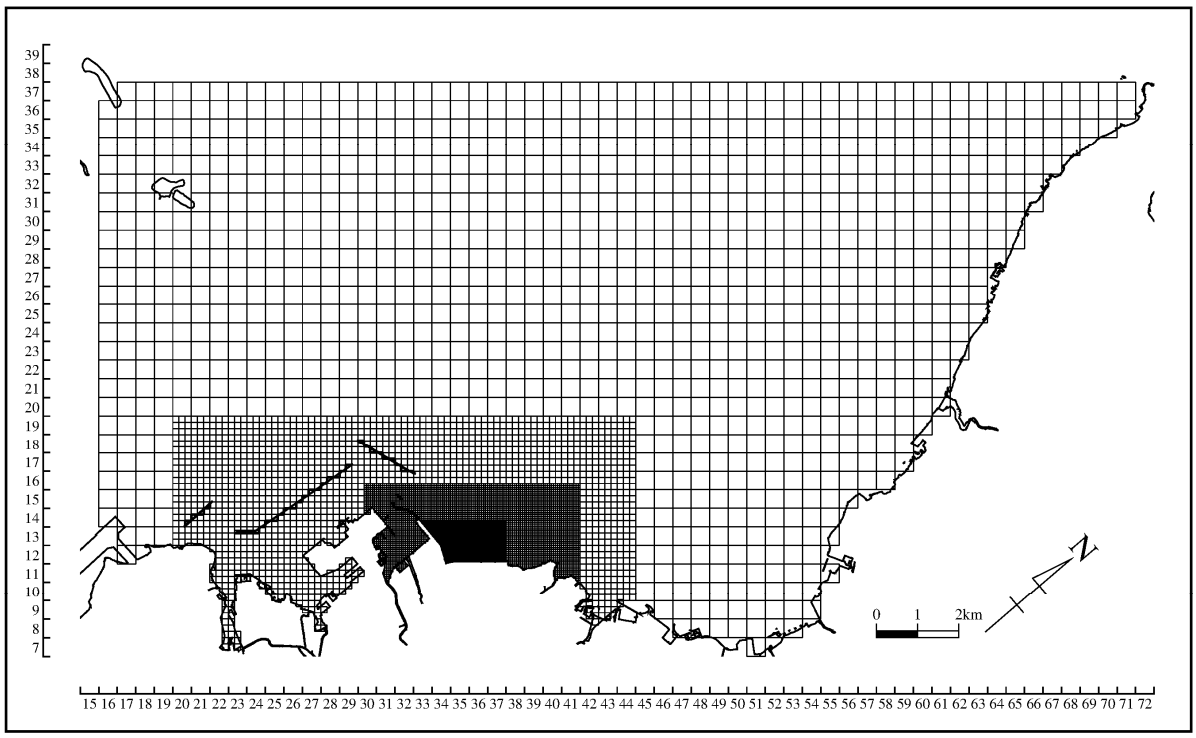


図 6.5.2.26(1)　計算範囲の格子分割（緩衝領域：450m 格子）

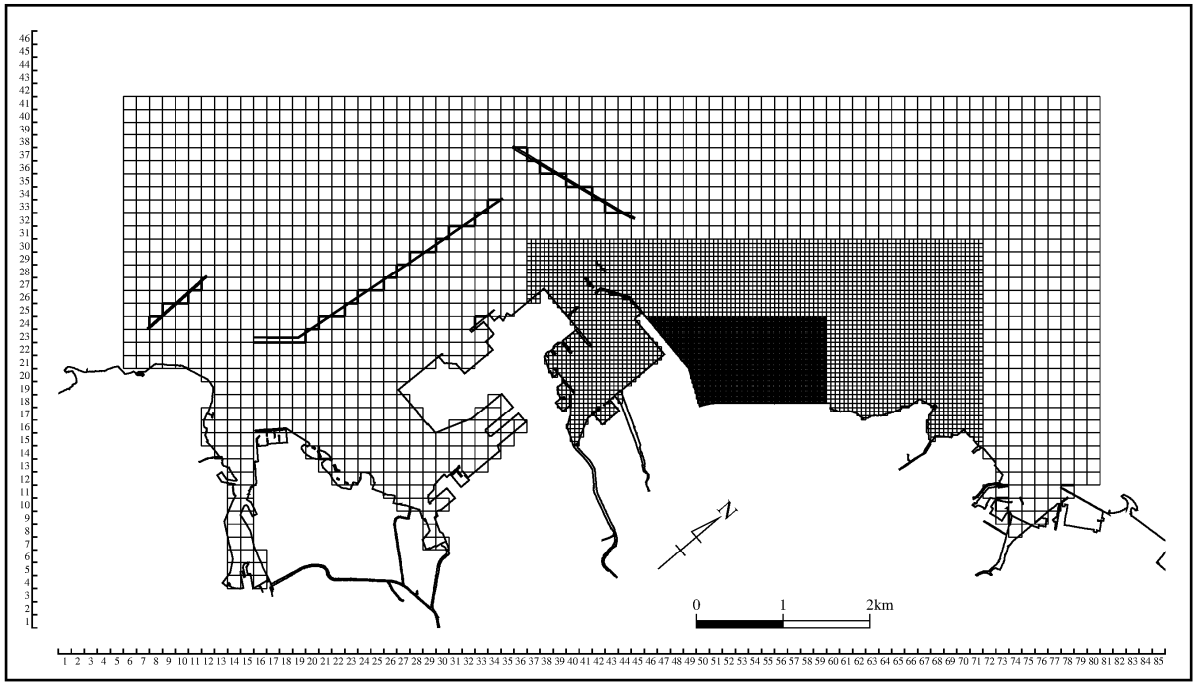


図 6.5.2.26(2)　計算範囲の格子分割（大領域：150m 格子）

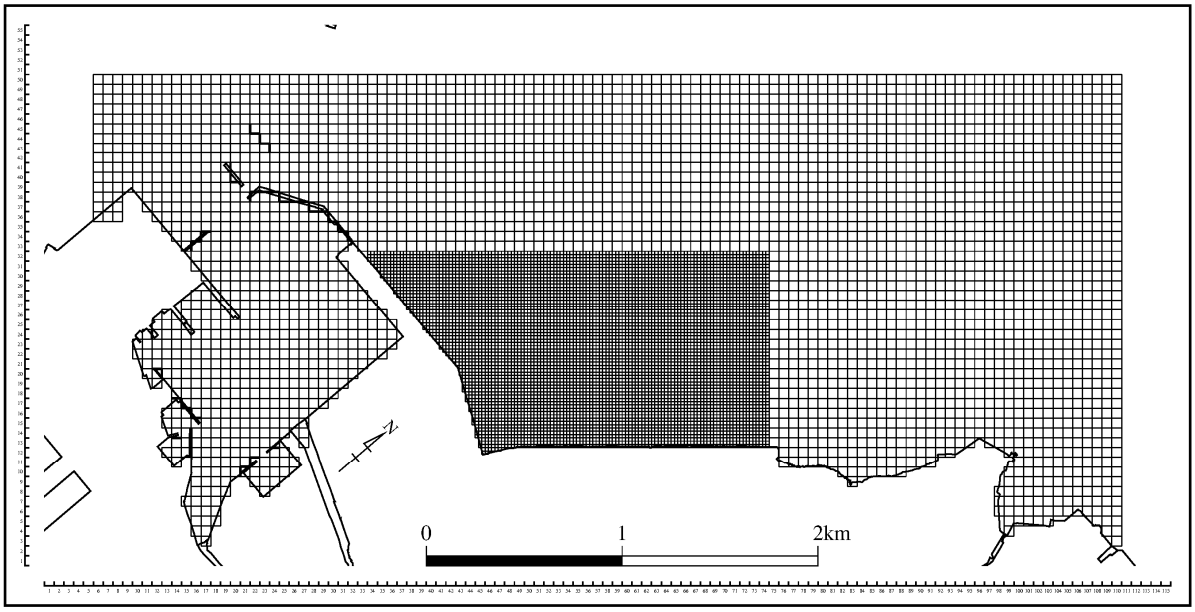


図 6.5.2.26(3)　計算範囲の格子分割（中領域：50m 格子）

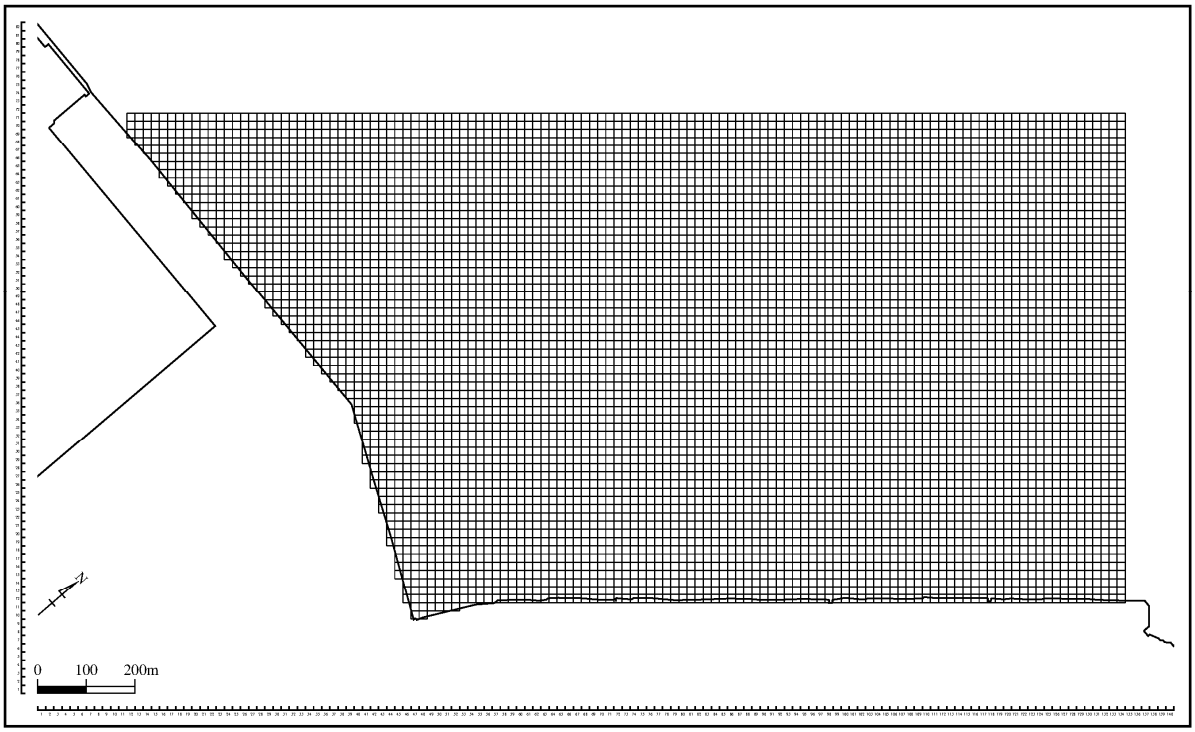


図 6.5.2.26(4)　計算範囲の格子分割（小領域：16.7m 格子）

(b) 層数

計算範囲内にはリーフが存在しており、リーフは水深が最大で 5.0m 程度と浅く且つ地形が複雑であるため、流れの鉛直方向の変化が現れることが予想される。具体的には、リーフ付近では、表層と底層で流速や塩分、水温などが大きく異なる場合があり、これらを適切にモデル化するためには鉛直方向に複数層で細分化することが必要である。

一方、沖合の水深が深い領域では、水温や塩分の鉛直分布の影響により、異なる水塊が形成される場合があり、鉛直流や水塊構造も浅水域とは異なる特性を持つ。このため、深水域でも鉛直方向の層分割を設ける必要がある。

以上の理由から、浅くかつ複雑なリーフ内部では、表層と底層の流動差異を捉えるために 2 層とし、水深の深いリーフ外部では、水塊構造の違いを反映しやすくするためにさらに 2 層を設定した。結果として、計算範囲全体を鉛直に 4 層で分割し、浅水域と深水域の両方の物理的特徴を適切に表現できるようにした。

各層の分割は、以下のように設定した。各層の水深分割は、表 6.5.2.15 に、多層レベルモデルの概念図及び変数の定義点位置は図 6.5.2.27 に示すとおりである。

表 6.5.2.15　鉛直層の設定（平均水面下の水深）

鉛直層	水深
第 1 層	0.0～2.0m
第 2 層	2.0～5.0m
第 3 層	5.0～10.0m
第 4 層	10.0m 以深

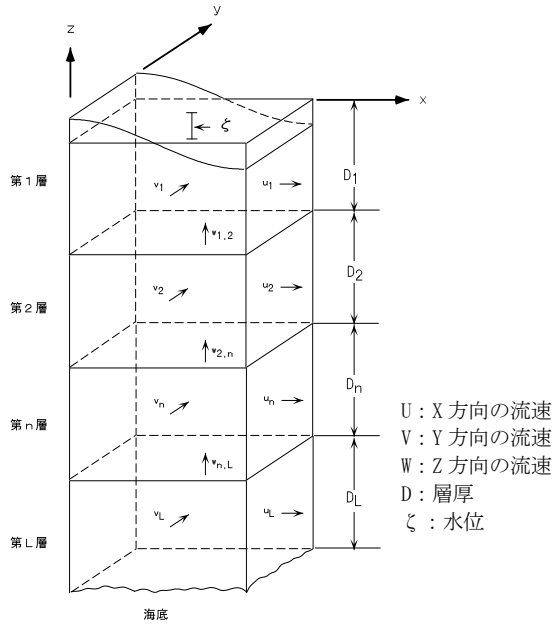


図 6.5.2.27　多層レベルモデルの概念図及び変数の定義点位置

(c) 境界条件

a) 潮位

表 6.5.2.16 に那覇港における潮汐調和定数を示す。この海域では M_2分潮及び S_2分潮（いずれも半日周期）が卓越している。年間を通じての平均的な大潮期は M_2+S_2として表現され、平均潮はM_2分潮で表現される。

表 6.5.2.16　那覇港における潮汐調和定数（主要 4 分潮、2011-2020 年）

分潮	振 幅(cm)	遅 角(°)
M_2	57.50	198.00
S_2	24.26	222.32
K_1	20.72	210.24
O_1	15.79	191.10

潮流の現況再現性の検証は平均潮（M_2分潮）を対象とし、図 6.5.2.28 に示す計算範囲の開境界において M_2分潮の振幅・遅角を与えた。境界に与えた振幅及び遅角は日本周辺海洋潮汐モデル[出典]を参考に潮汐流の再現性を十分に検討して、当該海域の潮汐流の特徴が表現できる妥当性のある境界条件を設定した（表 6.5.2.17）。また、大潮期の予測で設定した境界条件は、大潮期はM_2分潮と S_2分潮の振幅の和（M_2＋S_2）とし、位相差はM_2分潮と同じ条件とした。

出典：Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe:Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, Journal of Oceanography, 56, 567-581, 2000.



図 6.5.2.28　開境界の設定位置

表 6.5.2.17　潮位の境界条件

地点	平均潮(M_2分潮)		大潮(M_2+S_2分潮)	
	振 幅(cm)	遅 角(°)	振 幅(cm)	遅 角(°)
A	57.5	0.0	81.8	0.0
B	57.2	1.0	81.2	1.0
C	57.2	1.0	81.2	1.0
D	57.5	7.0	81.5	7.0

b）淡水流入量

計算範囲に流入する河川等の淡水流入の位置は、図 6.5.2.29 に示すとおりである。淡水流入条件は、令和 6 年度に実施された流入量と水温、塩分の現地調査結果を用いて、表 6.5.2.18 に示すとおり設定した。また那覇浄化センターの流入量及び水温は、令和 4 年度下水道維持管理年報を用いて設定した。さらに牧港発電所の取排水についても表 6.5.2.19 に示すとおり設定した。

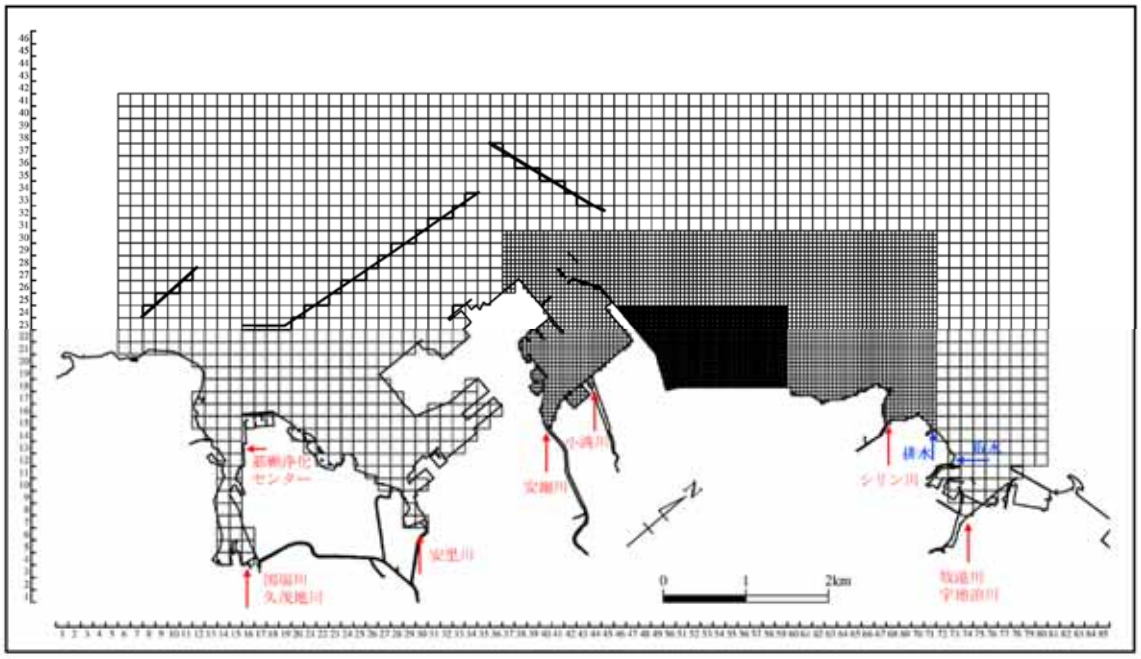


図 6.5.2.29　淡水流入の位置（赤字：淡水流入、青字：発電所取排水）

表 6.5.2.18　淡水流入量及び流入水温、塩分

名称	夏季			冬季		
	流入量 (m^3/s)	水温 (℃)	塩分 (-)	流入量 (m^3/s)	水温 (℃)	塩分 (-)
国場川	2.39	32.4	0	0.87	15.3	0
那覇浄化センター	1.69	31.0	0	1.54	25.5	0
久茂地川	0.18	32.4	0	0.07	15.3	0
安里川	0.08	30.6	0	0.16	15.3	0
安謝川	0.11	30.9	0	0.17	16.0	0
小湾川	0.06	32.5	0	0.08	14.5	0
シリン川	0.05	31.5	0	0.05	18.2	0
牧港川	0.18	31.0	0	0.14	16.2	0
宇地泊川	0.10	31.0	0	0.07	16.2	0

注：久茂地川は国場川との流域面積比により、宇地泊川は牧港川との流域面積比により流入量を算出した。

表 6.5.2.19　発電所の取排水流量

発電所名	取排水流量(m^3/s)
牧港発電所	5.69

c) 水温及び塩分の初期値及び境界値

図 6.5.2.28 に示す境界位置に設定する水温及び塩分の境界値は、令和 6 年度に実施された現地調査結果を基に設定し、初期値については計算範囲の全域に境界値と同じ値を設定した。

水温及び塩分の初期値及び境界値は、表 6.5.2.20 に示すとおりである。

表 6.5.2.20　水温・塩分の初期値・境界値

季節	夏季		冬季	
層	水温(℃)	塩分(-)	水温(℃)	塩分(-)
第 1 層	29.70	34.32	21.90	34.74
第 2 層	29.65	34.33	21.90	34.75
第 3 層	29.65	34.33	21.90	34.76
第 4 層	29.28	34.36	21.86	34.76

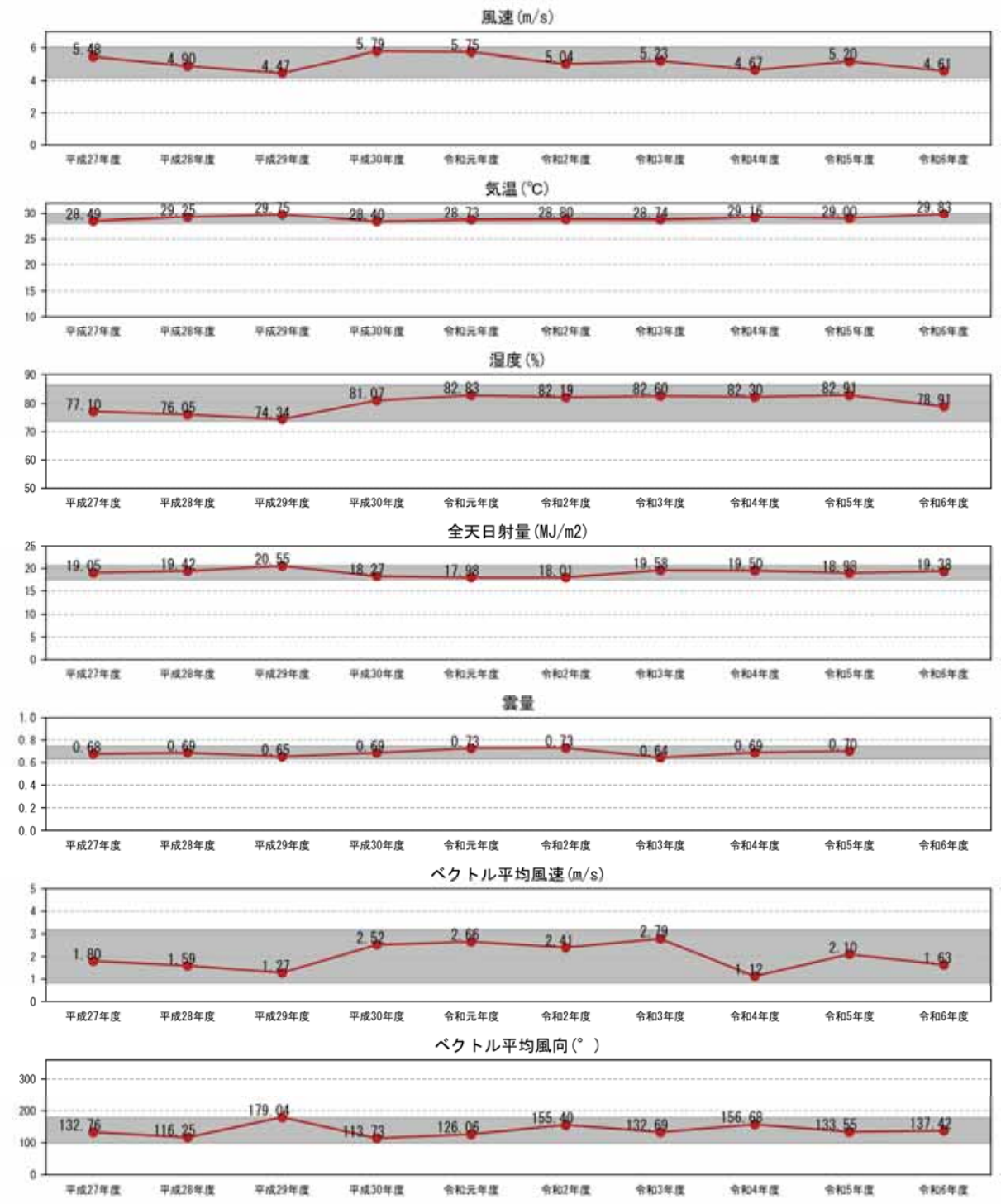
注：夏季は令和 6 年 8 月 8 日、冬季は令和 7 年 1 月 19 日の水質調査より、河川からの負荷の影響を受けにくい沖合の地点 St.1 における鉛直観測結果に基づいて設定した。

d) 気象条件

現況再現に用いた気象条件として潮流調査期間の平均値を算出し、表 6.5.2.21 に示すとおりに与えた。

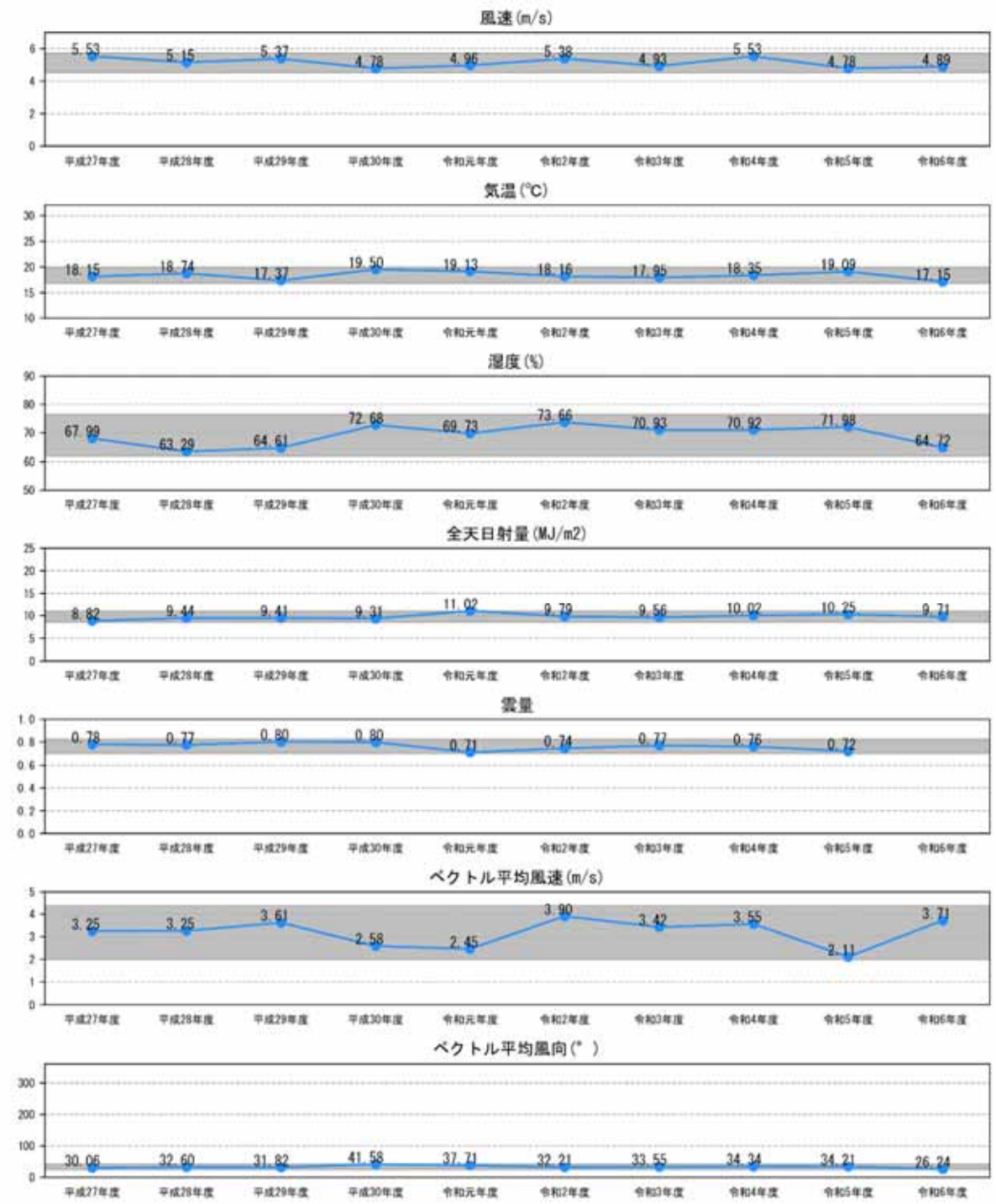
当該年の気象条件が一般的な変動の範囲内であり、分析に影響を与えるような「特異年（極端に異常な年）」ではないことを検証するため、過去 10 年間のデータを用いた統計的な評価を行った。統計学における一般的な基準として、データのバラつきを示す「標準偏差」の 2 倍の幅（2σ：ツーシグマの範囲）を設定した場合、そこには確率的に全体の約 95%にあたるデータが収まることが知られている。これは、20 年に 1 回程度しか発生しないような極端な異常気象を除外した、「通常起こりうる自然の変動範囲」を意味する。

潮流調査期間を含む近年 10 か年度の気象条件平均値の比較は、図 6.5.2.30 に示すとおりである。いずれの年度においても平均値は標準偏差の 2 倍の範囲内に収まっているため、特異な年がないことを確認した。よって存在時予測に用いた気象条件として、夏季については令和 2～6 年度の 7,8,9 月、冬季については令和 2～6 年度の 12,1,2 月の直近 5 か年度の平均値を用いた。ただし、雲量については、令和 6 年度より観測停止のため、令和 2～5 年度の 4 か年の平均値を用いた。存在時予測に用いた気象条件の設定値は、表 6.5.2.22 に示すとおりである。



注：標準偏差の 2 倍の範囲を灰色の　で示している。

図 6.5.2.30(1)　潮流調査期間を含む近年 10 か年度の気象条件平均値の比較（夏季）



注：標準偏差の 2 倍の範囲を灰色の　で示している。

図 6.5.2.30(2)　潮流調査期間を含む近年 10 か年度の気象条件平均値の比較（冬季）

表 6.5.2.21　現況再現に用いた気象条件

	夏季	冬季	備考
ベクトル平均風向(°) 平均風速(m/s)	E(87.29) 1.86	NE(49.25) 3.18	風応力の算定に使用
スカラー平均風速(m/s)	3.90	5.02	熱フラックスの算定に使用
気　温(℃)	29.04	17.34	
相対湿度（%）	79.72	67.64	
全天日射量(MJ/m^2/日)	15.37	10.48	
雲　量（0～1）	0.69	0.74	

注：雲量は令和 6 年度より観測停止のため、令和 2～5 年度の 4 ヵ年の平均値を用いた。

表 6.5.2.22　存在時予測に用いた気象条件

	夏季	冬季	備考
ベクトル平均風向(°) 平均風速(m/s)	SE(141.72) 1.98	NNE(31.87) 3.33	風応力の算定に使用
スカラー平均風速(m/s)	4.95	5.10	熱フラックスの算定に使用
気　温(℃)	29.11	18.14	
相対湿度（%）	81.78	70.44	
全天日射量(MJ/m^2/日)	19.09	9.87	
雲　量（0～1）	0.69	0.74	

注：雲量は令和 6 年度より観測停止のため、令和 2～5 年度の 4 ヵ年の平均値を用いた。

(d) 波浪条件

現況再現計算に用いた波浪条件は、那覇（ナウファス）の平均波を設定した波浪変形計算により得られた波浪分布を流動モデルの計算条件として用いた。

(e) 計算パラメータ

流れの計算に使用したパラメータ等は、表 6.5.2.23 に示すとおりである。

表 6.5.2.23　流れの計算に使用したパラメータ等

タイムステップ	450m 格子：8 秒、150m 格子：4 秒、50m 格子：2 秒、16.7m 格子：0.25 秒
計算時間	夏季と冬季の平均的な流動場を求めるため、12 時間周期の潮汐と風や波浪等の期間平均値を計算条件として、計算領域内の流動場が安定するまでを計算時間とし、720 時間の計算を行った。計算結果の解析は最終の 12 時間の結果を解析した。
海面摩擦係数	一般的に海面摩擦係数は室内実験等によって得られた経験式により求められる。経験式の多くは風速が弱い時には海面摩擦係数は 0.0013 前後の値をとり、風速の増加とともに海面摩擦係数は減少する。本モデルでは風速条件から 0.0013 を用いた。
海底摩擦係数	前述の海底面の境界条件で示したとおりである。
水平渦動粘性係数 水平渦拡散係数	Smagorinsky(1963) [出典1]による経験式を用いた。 $A_{M,H} = C_{M,H}(\Delta x \times \Delta y)\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2\right]^{1/2}$ この経験式の中で用いられる比例係数 C_M, C_H は、夏季及び冬季とも 0.1 とした。
鉛直渦動粘性係数 鉛直渦拡散係数	Pacanowski and Philander(1981)[出典2]による成層化関数を用いた。 $K_M = \frac{K_{M0}}{(1+\alpha R_i)^n} + K_{MB}$ $K_H = \frac{K_M}{(1+\alpha R_i)} + K_{HB}$ $R_i = \frac{-\frac{g}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial z}\right)}{\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2}$ K_{MB}：バックグラウンドの鉛直渦動粘性係数(=0.1 cm²/s) K_{HB}：バックグラウンドの鉛直渦拡散係数(=0.1 cm²/s) K_{M0}：パラメータ(=50.0 cm²/s) α　：パラメータ（α＝5） n　：パラメータ（n=2） z　：基準面からの鉛直座標値 U　：水平流速(cm/s)
海面での熱フラックスに係るパラメータ	海面のアルベード(反射率)＝0.09 黒体放射と太陽放射の比＝0.95 ステファンボルツマンの定数＝0.8218×10^{-10} cal/cm²/min･℃⁴ 顕熱フラックス係数＝1.2×10^{-3} 潜熱フラックス係数＝1.2×10^{-3} 注：各パラメータは再現性を基に設定した。

出典：1. J. Smagorinsky(1963)：General Circulation Experiments with the Primitive Equations Ⅰ. The Basic Experiment, Monthly Weather Review, 91, 99-164.

2. R. C. Pacanowski and S. G. H. Philander(1981):Parameterization of Vertical Mixing in Numerical Models of Tropical Oceans. J. Phys. Oceanogr.,11,1443-1451.

(f) 予測条件

a) 地形

存在時の水深は図 6.5.2.31 に示すとおりである。

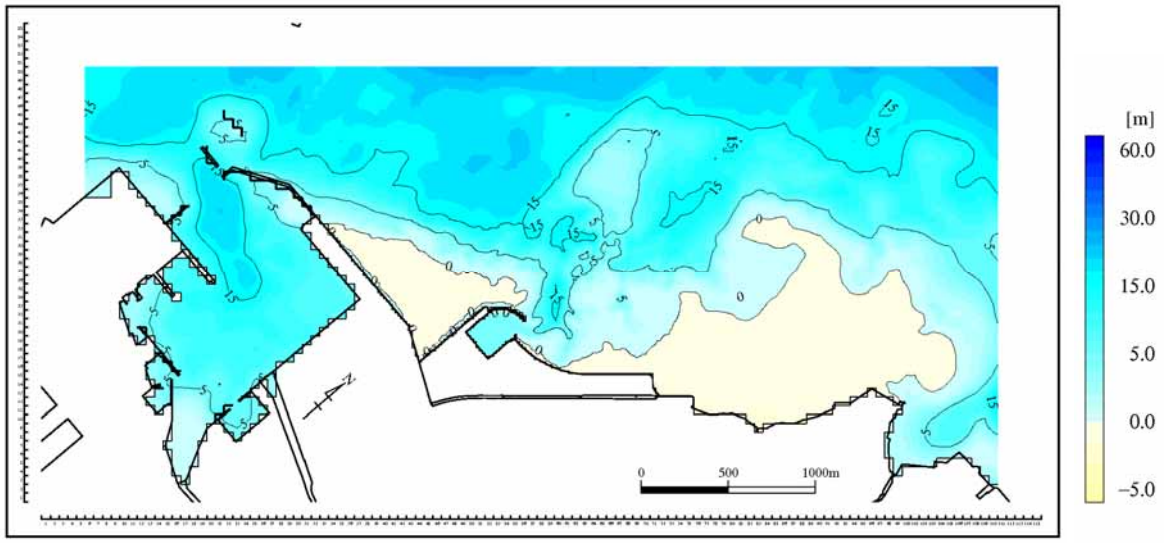


図 6.5.2.31(1)　存在時予測に用いた地形図及び水深図（単位：m DL 基準、中領域：50m 格子）

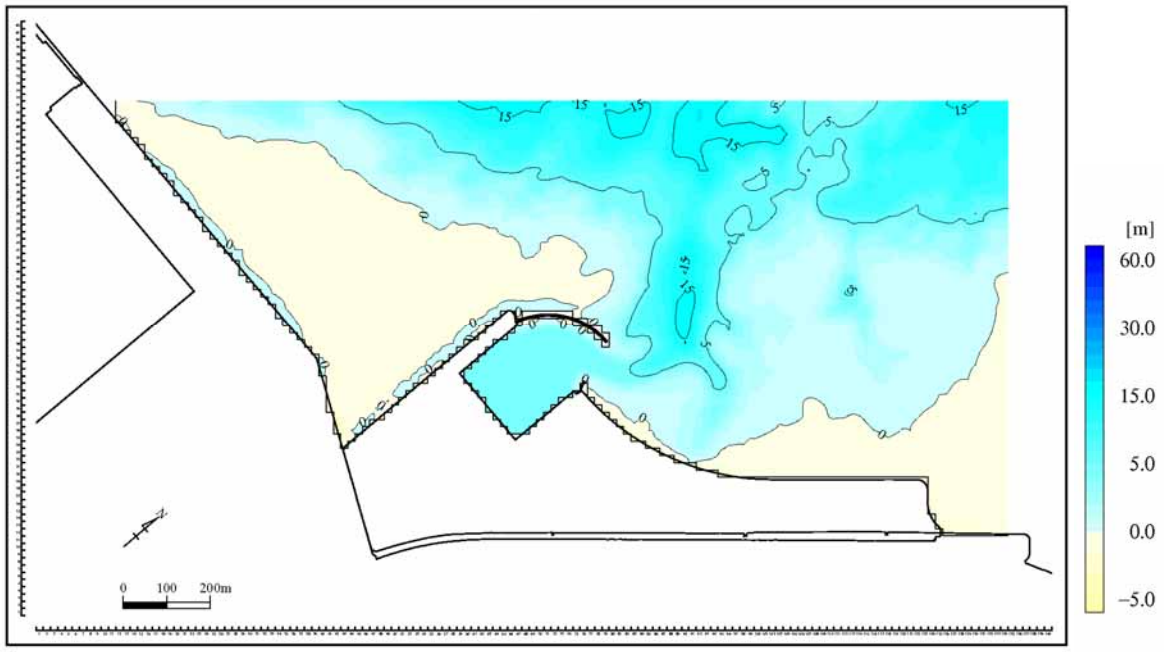


図 6.5.2.31(2)　存在時予測に用いた地形図及び水深図（単位：m DL 基準、小領域：16.7m 格子）

b) 波浪条件

存在時予測に用いる条件（波浪条件）は、表 6.5.2.24 のとおりとした。

表 6.5.2.24　予測計算の波浪条件（平常時：再掲）

波浪諸元	夏季	冬季
有義波高	0.56m	1.17m
有義波周期	5.8 秒	6.3 秒
波向	N342°	N328°

c) その他の条件

その他の計算条件は、現況再現計算と同じ条件とした。

d) 予測ケース

存在時の潮流の変化は、

- 平均大潮期
- 平均潮

の各ケースの夏季及び冬季について、それぞれ予測を行った。

ウ）現況再現

(a) 現況再現性の考え方

再現性の検討では潮汐流、海浜流、吹送流等の様々な要因を考慮し、観測値を再現することを目標とした。再現性の検証は、以下の 3 つの要素に着目し、現地調査にみられた流れの地形的・季節的な特徴の再現性を総合的に判断する。

潮汐流　　：潮汐によって引き起こされる周期的な流れ
平均流(恒流)：濁り等の物質輸送に大きな役割を果たす流れ
水温・塩分　：淡水流入や海面熱収支の結果生じる海域の密度分布

現況再現の検証には、夏季（令和 6 年 9 月）及び冬季（令和 7 年 1～2 月）に実施した潮流調査結果を用いた。解析期間は表 6.5.2.25 に、潮流調査地点の位置は図 6.5.2.32 に示すとおりである。水温・塩分について、解析期間は表 6.5.2.26 に、調査位置は図 6.5.2.33 に示すとおりである。

a) 潮汐流

潮汐流については、図 6.5.2.32 に示した地点で実施した令和 6 年及び令和 7 年の現地調査結果より、潮流調和定数（M_2 分潮）から得られる潮流楕円を潮汐流の再現目標とする。

b) 平均流(恒流)

海浜流や吹送流を含めた平均流(恒流)の比較では、図 6.5.2.32 に示した地点で実施した 15 昼夜の解析期間における平均流(恒流)の空間分布を再現目標とする。

c) 水温・塩分

水温・塩分は、図 6.5.2.33 に示した各地点で、令和 6 年度の水質調査時の下げ潮と上げ潮の 2 回観測した採水調査結果を再現目標とする。

表 6.5.2.25　潮流の観測期間（解析期間）

季節	解析期間
夏季	令和 6 年 9 月 1 日 0 時～9 月 16 日 0 時（15 昼夜）
冬季	令和 7 年 1 月 18 日 0 時～2 月 2 日 0 時（15 昼夜）

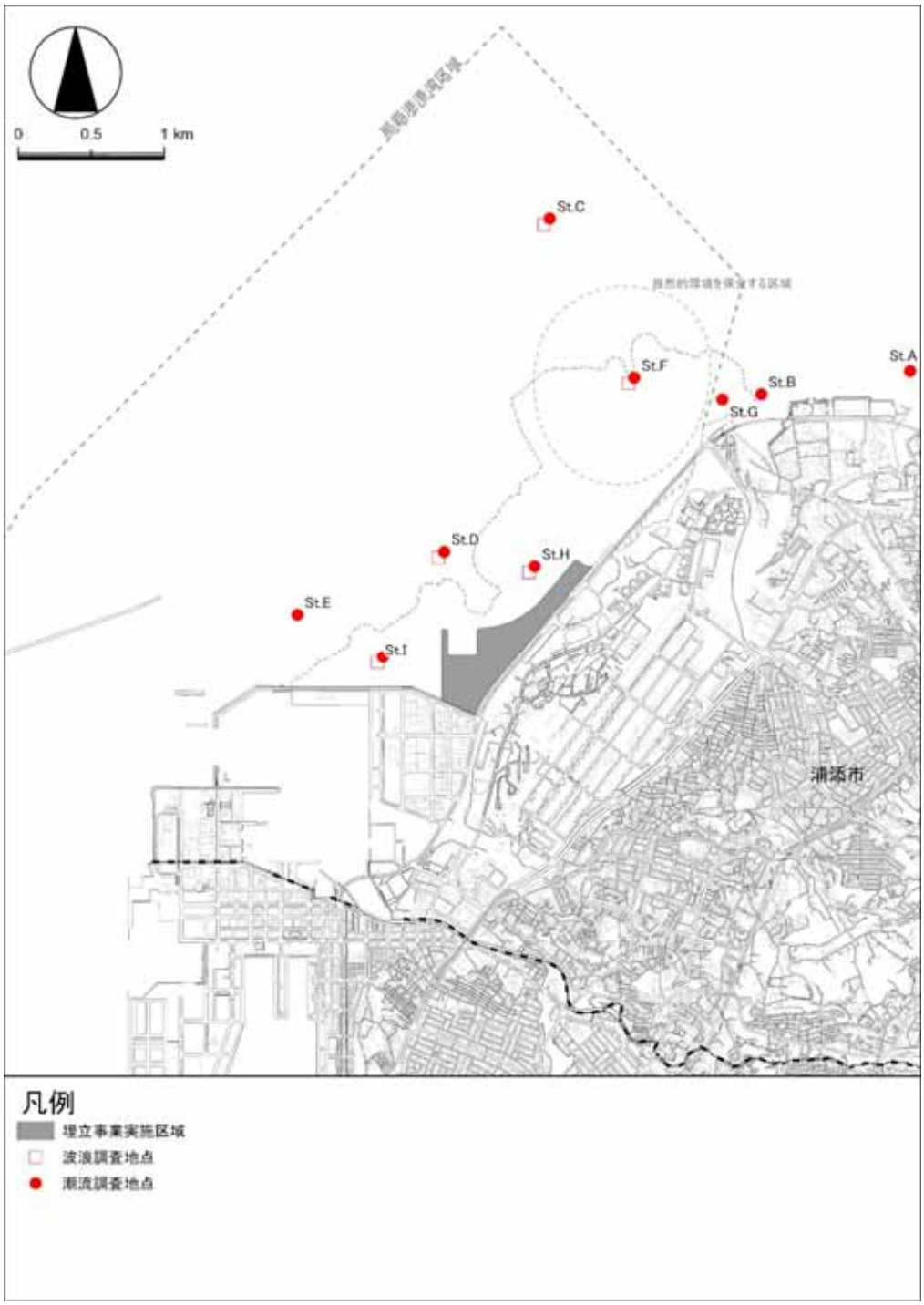


図 6.5.2.32　潮流の調査位置

表 6.5.2.26　水質の調査日（上げ潮・下げ潮各 1 回調査）

季　節	調査日
夏 季	令和 6 年 8 月 8 日
冬 季	令和 7 年 1 月 19 日

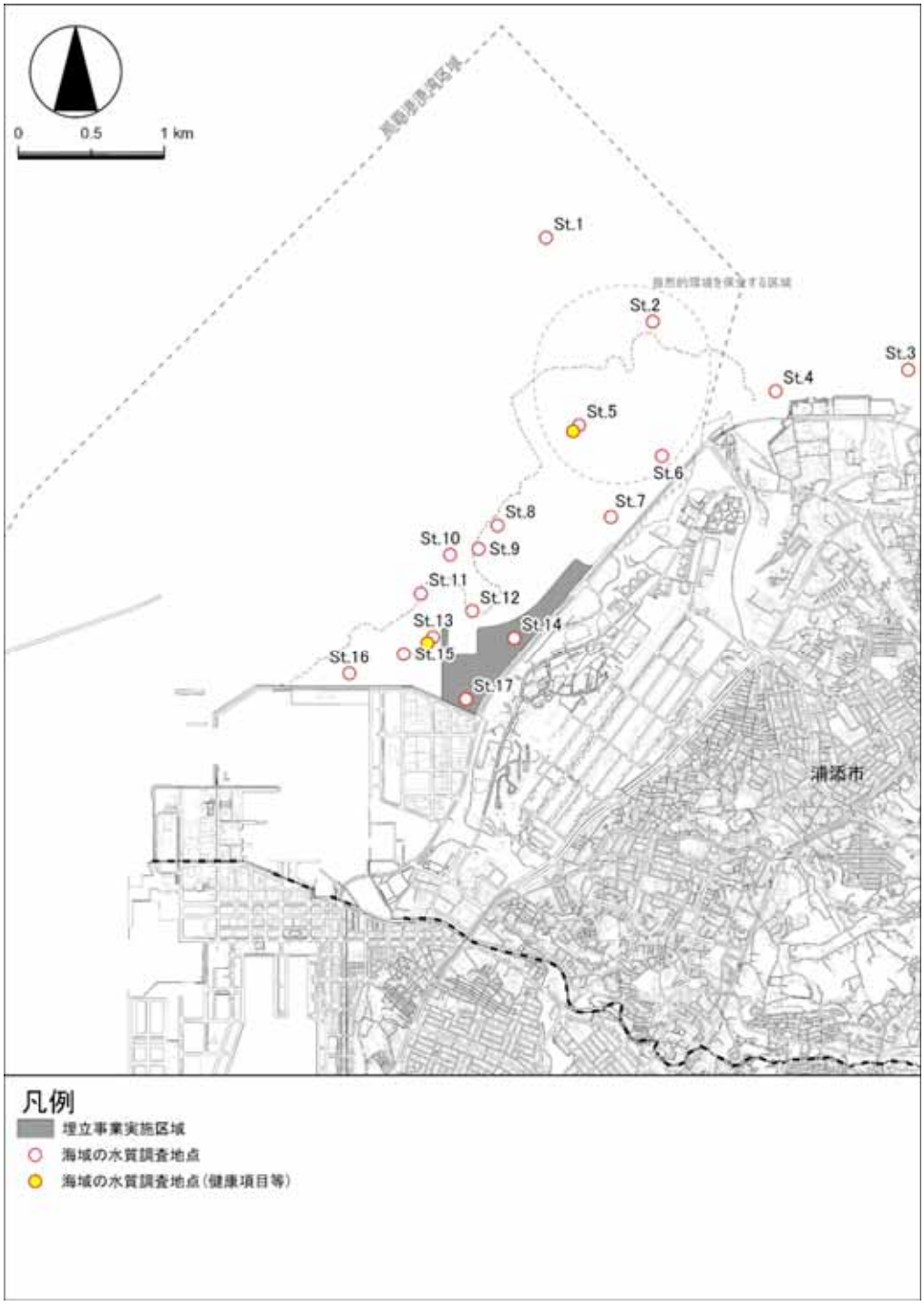


図 6.5.2.33　水質の調査位置

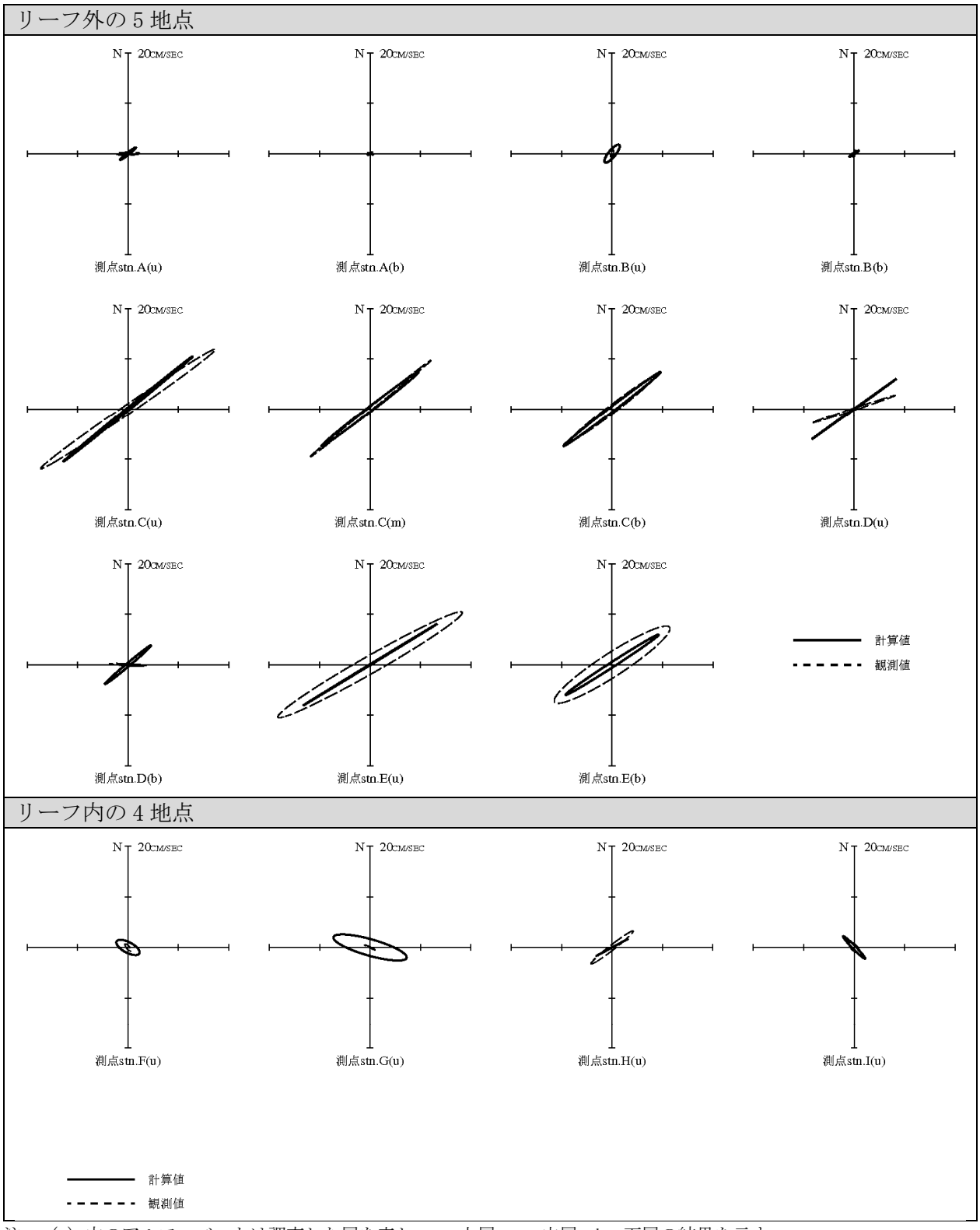
(b) 現況再現結果

a) 潮汐流の再現性

潮流調和定数（M_2 分潮）を潮汐流の再現目標とし、潮流楕円を比較することにより潮汐流の再現性を検討した。図 6.5.2.34 に夏季、図 6.5.2.35 に冬季の M_2 分潮の潮流楕円の計算値と観測値の比較を示す。

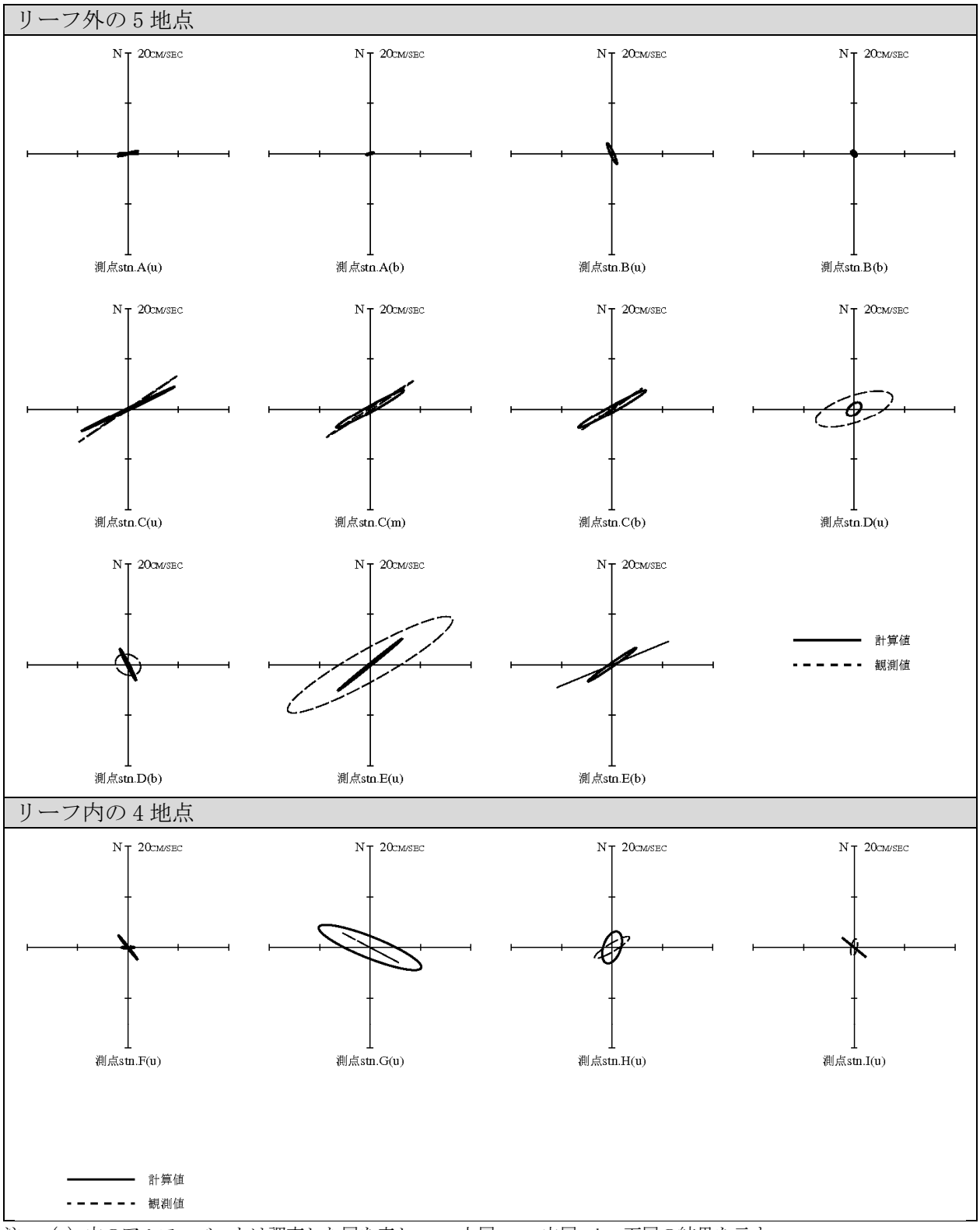
観測値でみられた潮流楕円の特徴としては、リーフ内及び岸に近い測点（St.A、St.B、St.F、St.G、St.H、St.I）においては、沖合に比べて潮流楕円が小さく、それぞれ海岸線に沿った方向の往復流がみられた。一方、沖合（St.C、St.D、St.E）では、夏季及び冬季ともに潮流楕円はリーフ内と比べて大きく、特に St.C と St.E で潮流振幅が大きい傾向となっている。全体的には、各測点の潮流楕円の長軸の向きは、海岸線やリーフエッジの地形に沿う方向の往復流となっている。

上記に示した観測値の傾向が計算値で表現されているかについて検証した結果、計算値の潮流楕円の長軸方向や楕円の大きさは、観測値の潮流楕円と同様の傾向を示しており、夏季及び冬季の観測値の特徴を概ね表現していると評価した。



注：（ ）内のアルファベットは調査した層を表し、u：上層、m：中層、b：下層の結果を示す

図 6.5.2.34　潮流楕円の比較（夏季）



注：（ ）内のアルファベットは調査した層を表し、u：上層、m：中層、b：下層の結果を示す

図 6.5.2.35　潮流楕円の比較（冬季）

b) 平均流(恒流)の再現性

平均流(恒流)の再現性の検討は、図 6.5.2.32 に示す測点における観測値の平均流(恒流)と計算値の平均流(恒流)の比較により行った。図 6.5.2.36 に夏季、図 6.5.2.37 に冬季の計算範囲における比較を示す。

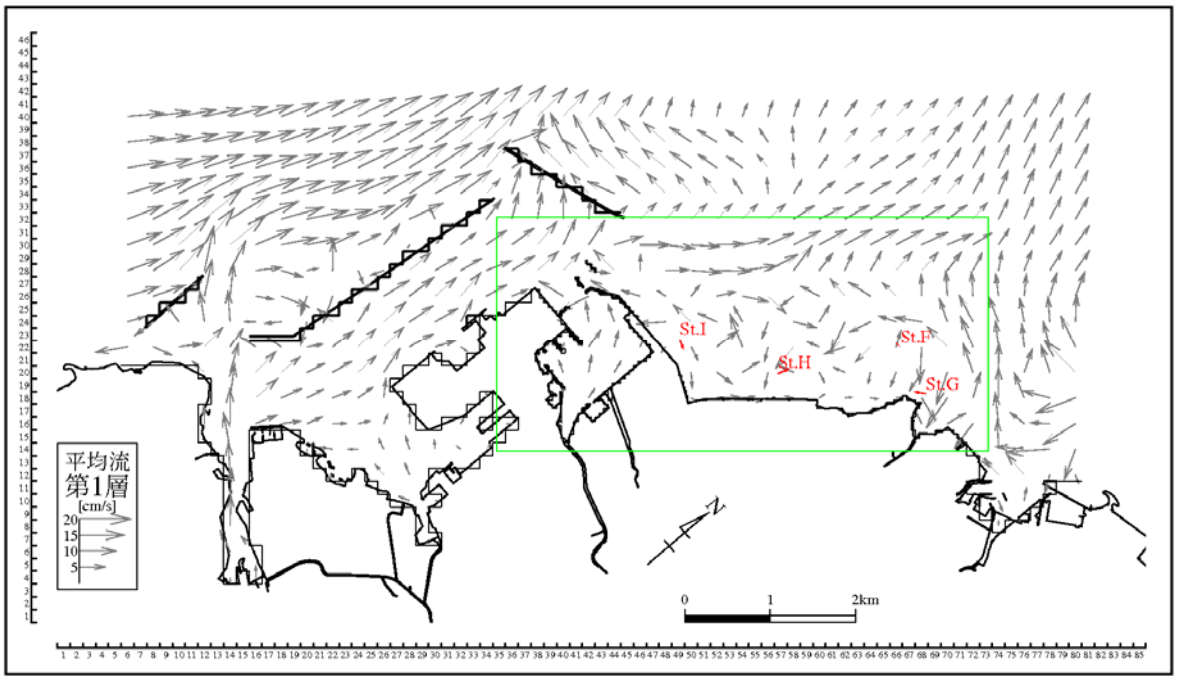
観測値の平均流(恒流)は調和解析により得られた値で、この観測期間には風の影響（吹送流）や波浪の影響（海浜流）、河川水の影響（密度流）等が含まれる。一方、計算値の平均流(恒流)はそれぞれの条件を夏季と冬季の観測期間中の平均的な条件で与えて計算し、一潮汐間の平均値を求めたものである。

観測値の平均流(恒流)をみると、夏季における沖合の 2 測点は、平均流(恒流)の向きが反対を向いており、St.C では北東向きである一方、St.E は南西向きの平均流(恒流)がみられた。冬季における沖合の測点は、平均流(恒流)の流向がいずれ測点も概ね南西向きであった。

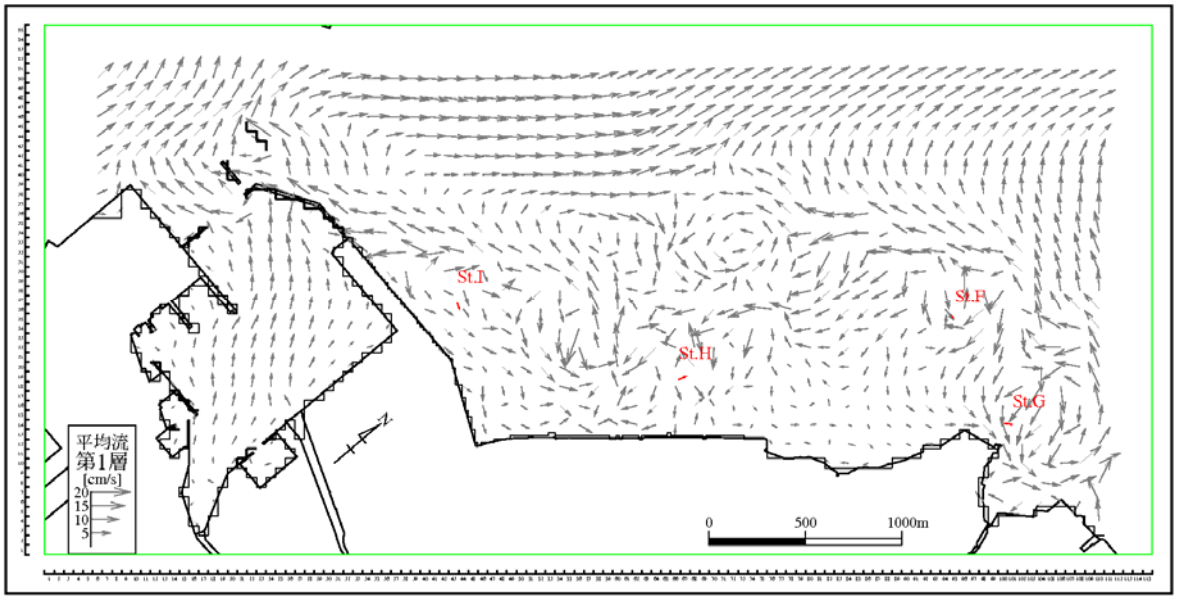
リーフ内の平均流(恒流)は、沖合と比べて流速は小さく、流向は季節によって変化している。それぞれ海岸線及び地形にそった流れが出現していた。これは、季節的な風や波浪の影響によるものと考えられる。

上記の観測値の傾向は計算値でも概ね表現されている。良好な再現性が得られていると評価した。

平均流(夏季、大領域、第１層)



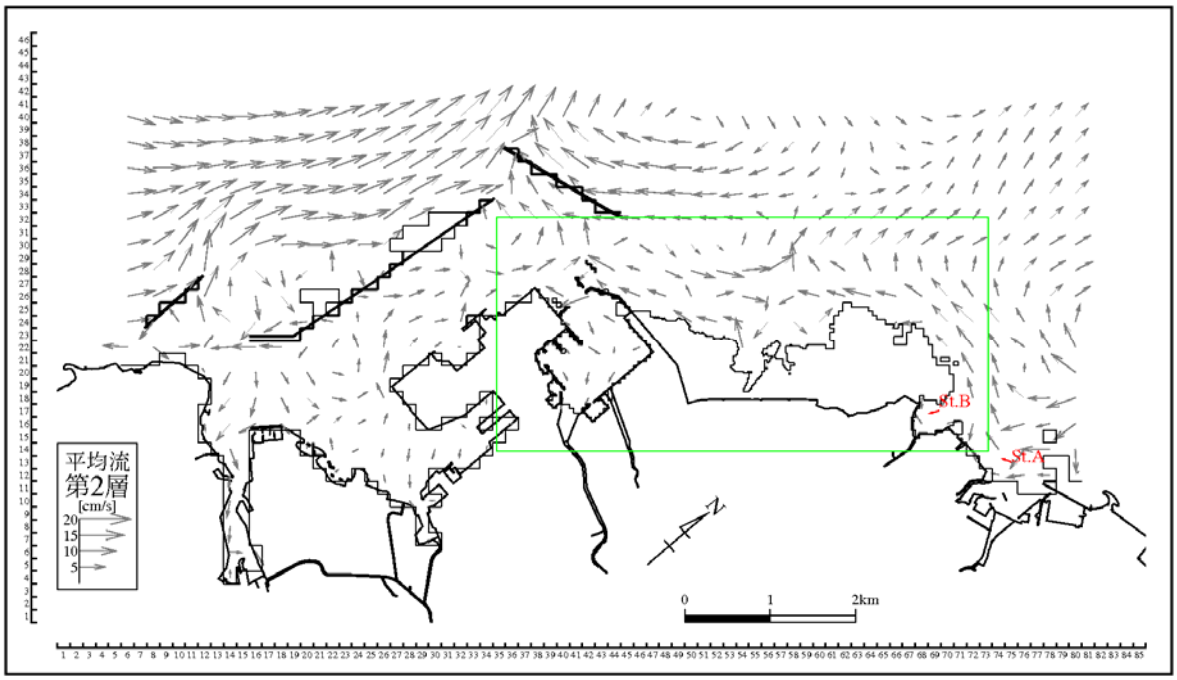
平均流(夏季、中領域、第１層)



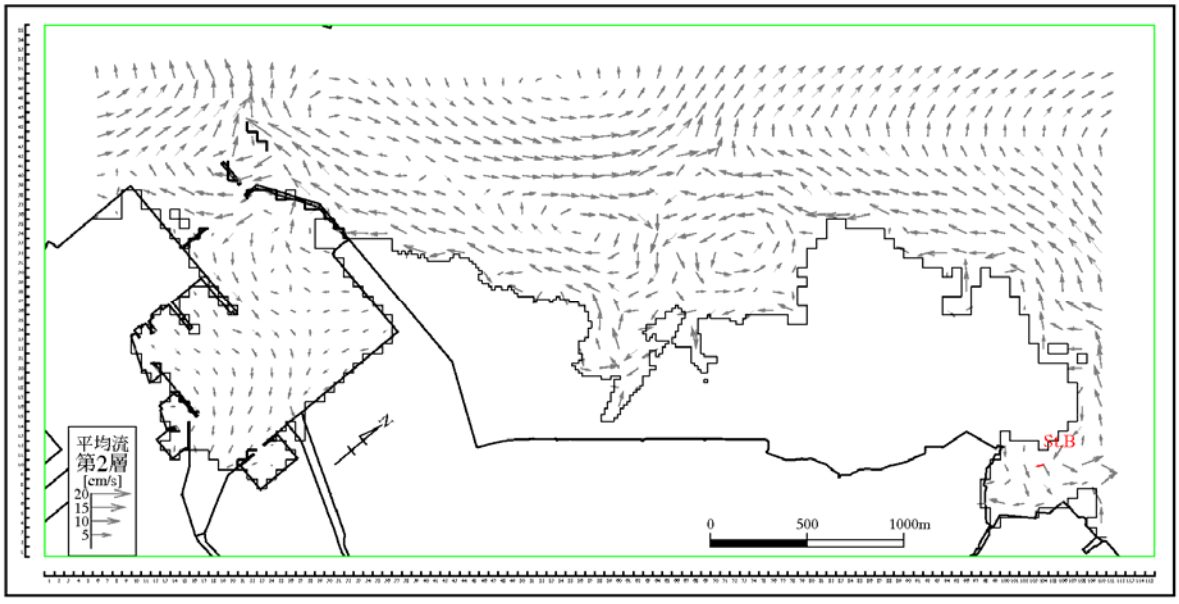
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.36(1)　平均流(恒流)ベクトルの比較（夏季、大領域及び中領域、第１層）

平均流(夏季、大領域、第 2 層)



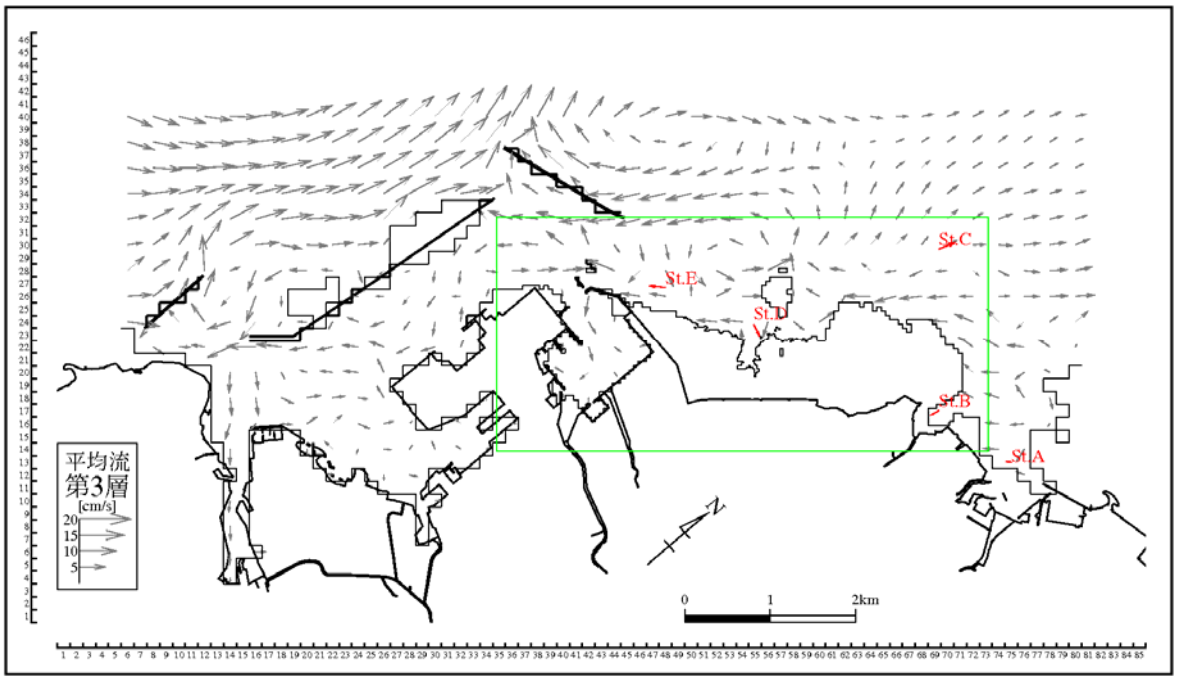
平均流(夏季、中領域、第 2 層)



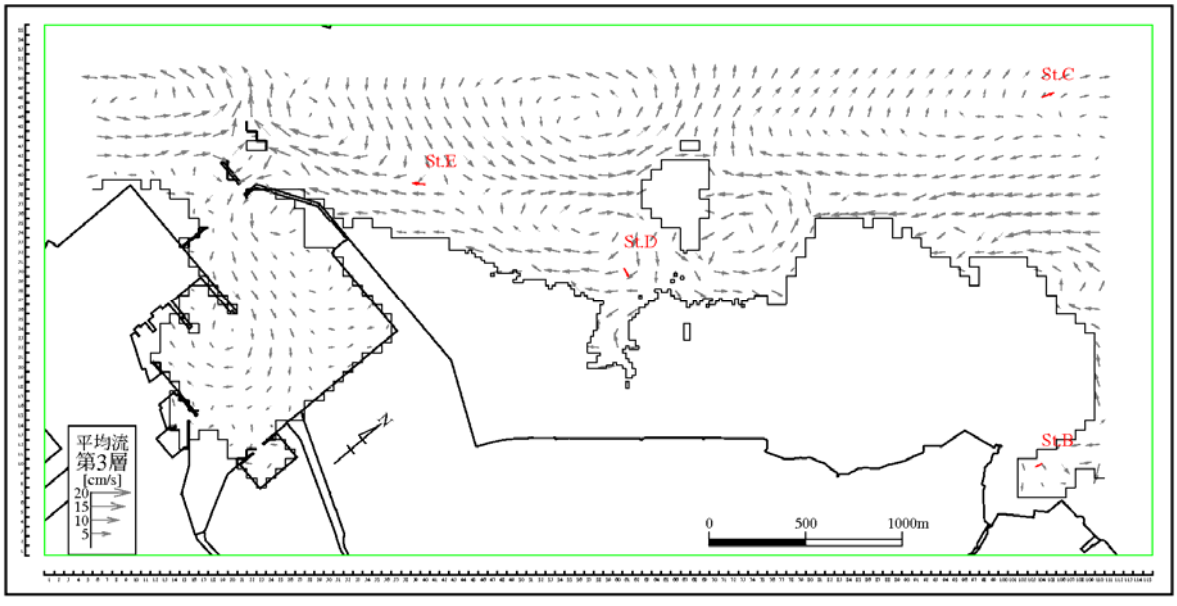
注：1. →：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.36(2)　平均流(恒流)ベクトルの比較（夏季、大領域及び中領域、第 2 層）

平均流(夏季、大領域、第 3 層)



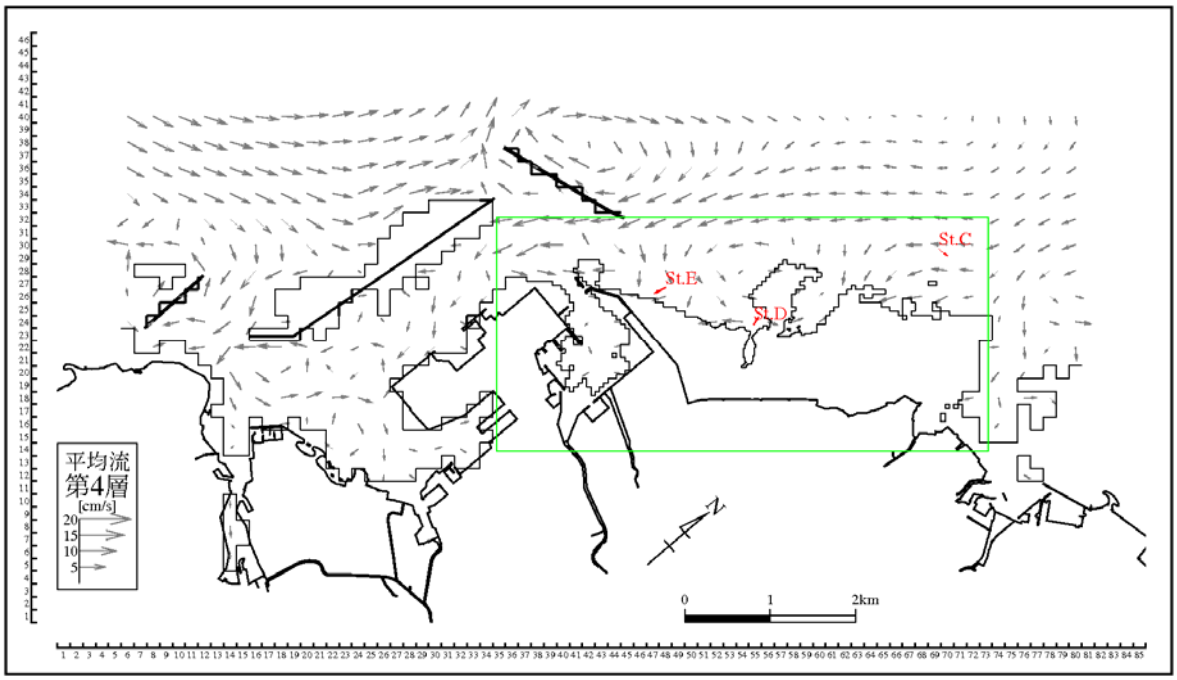
平均流(夏季、中領域、第 3 層)



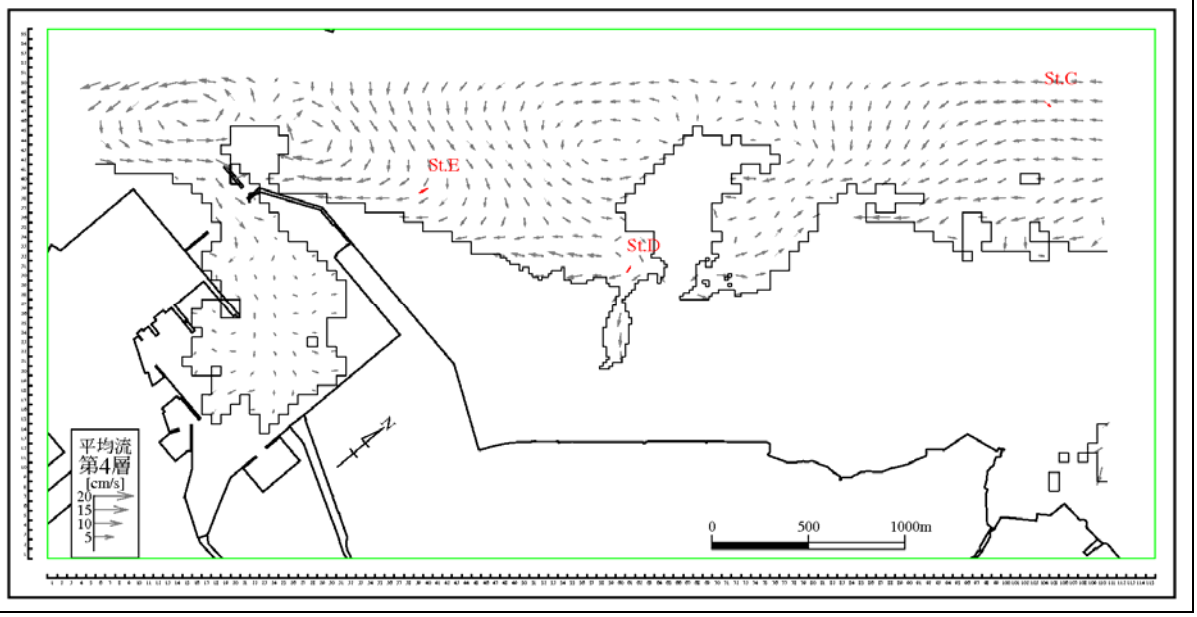
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.36(3)　平均流(恒流)ベクトルの比較（夏季、大領域及び中領域、第 3 層）

平均流(夏季、大領域、第 4 層)



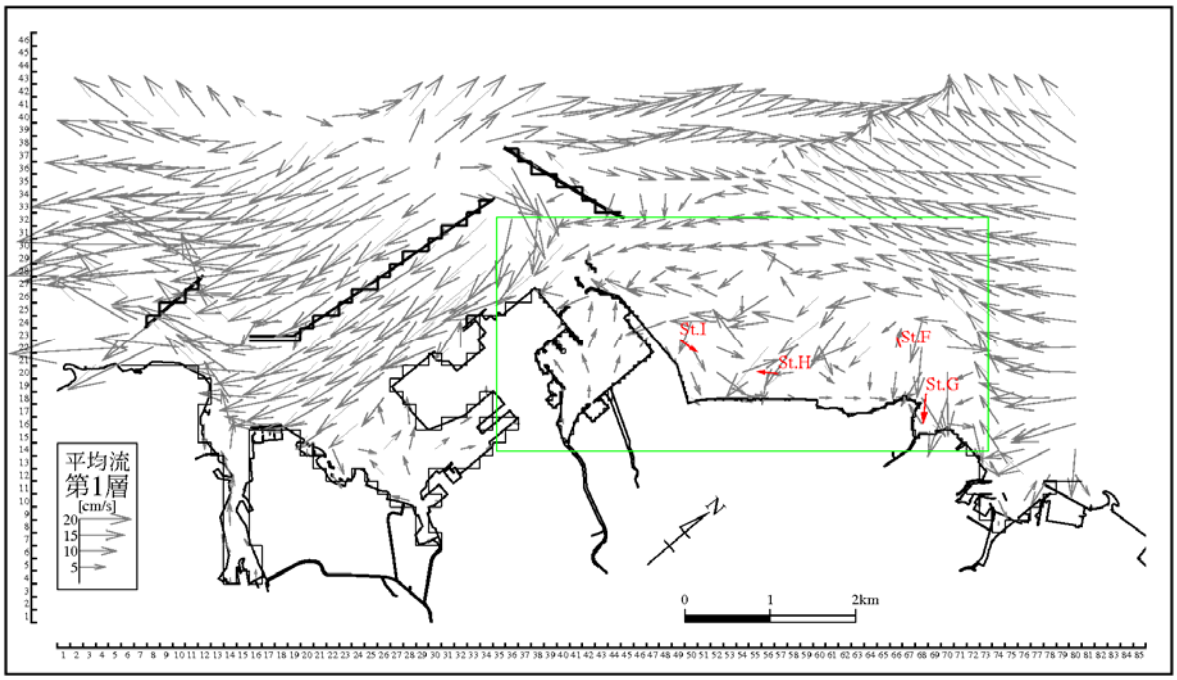
平均流(夏季、中領域、第 4 層)



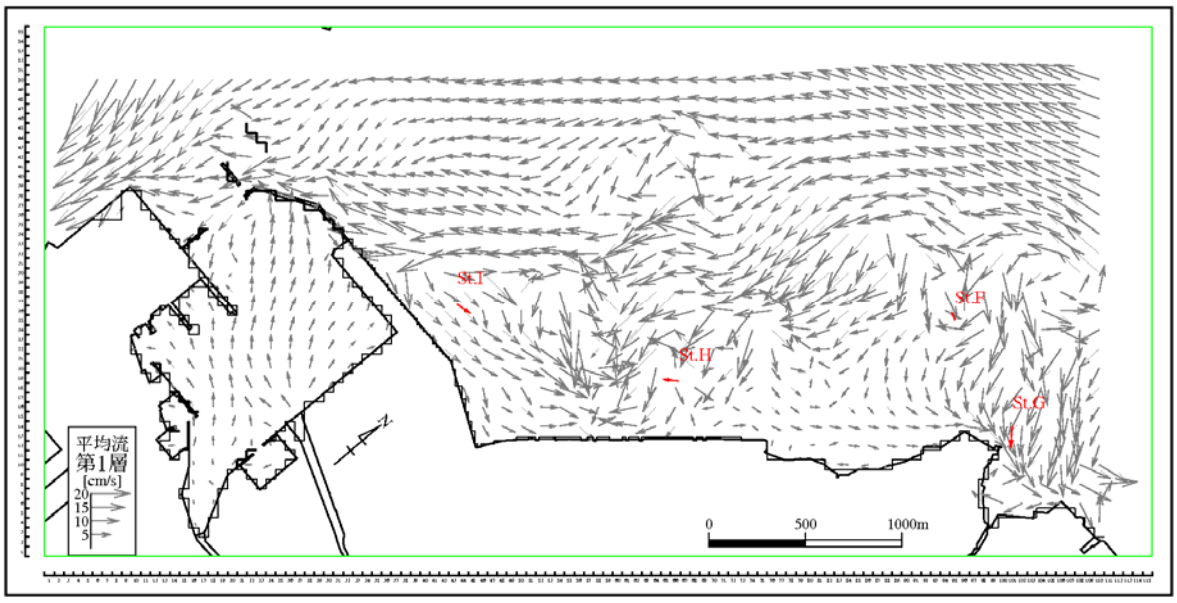
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.36(4)　平均流(恒流)ベクトルの比較（夏季、大領域及び中領域、第 4 層）

平均流(冬季、大領域、第１層)



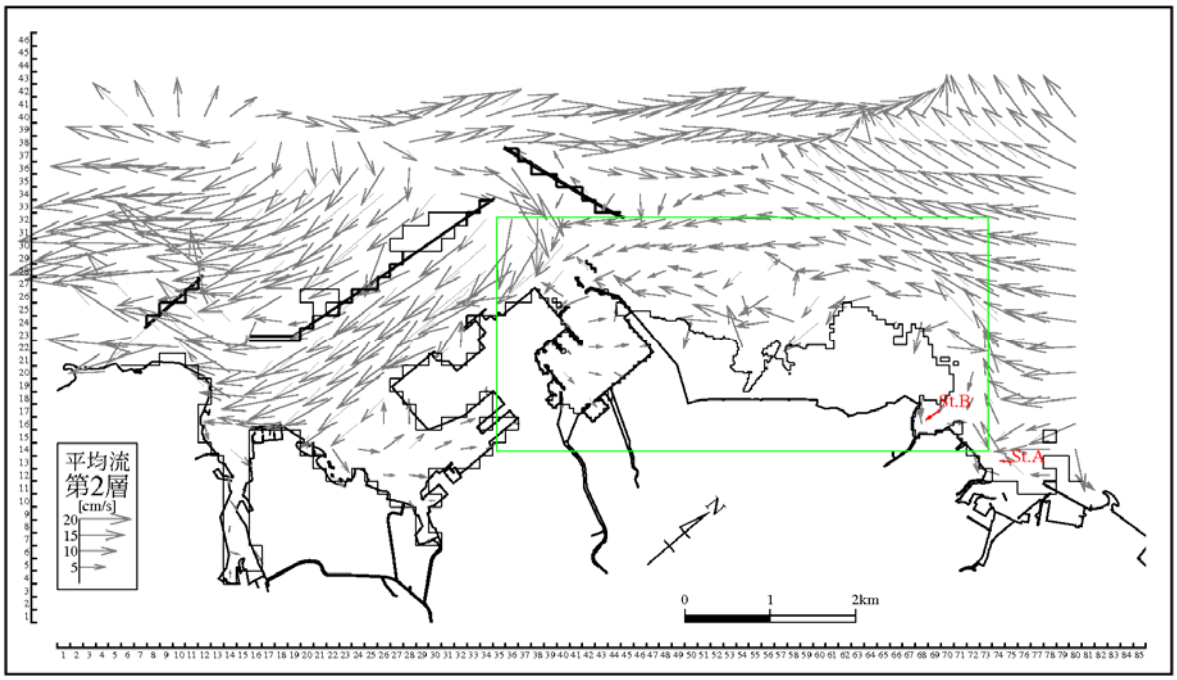
平均流(冬季、中領域、第１層)



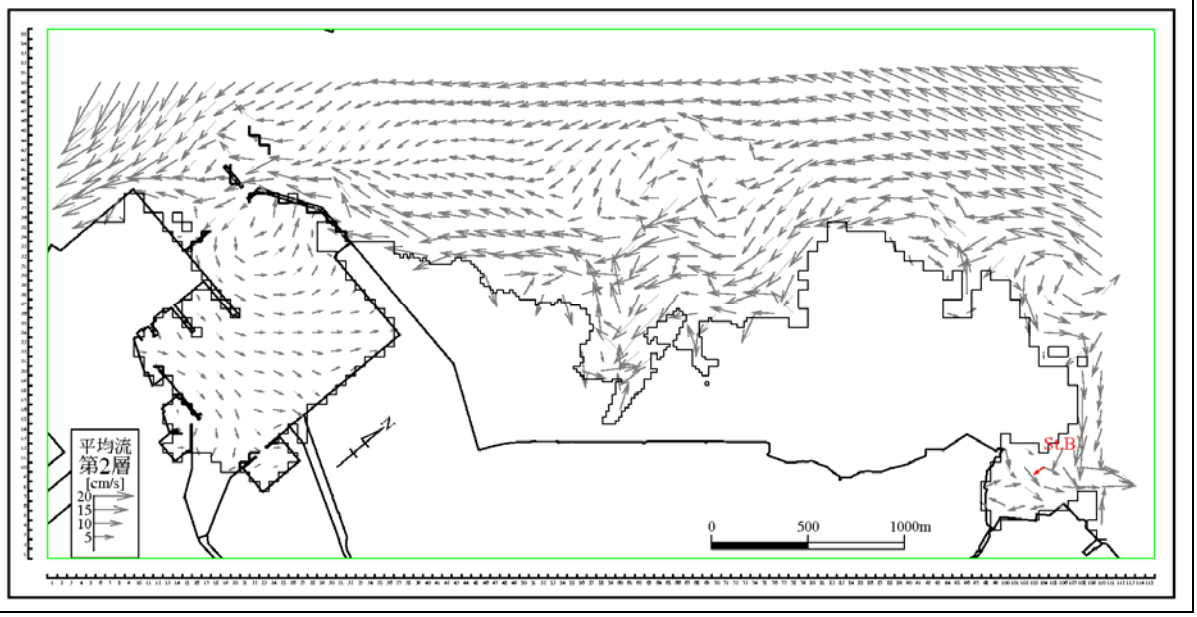
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.37(1)　平均流(恒流)ベクトルの比較（冬季、大領域及び中領域、第１層）

平均流(冬季、大領域、第 2 層)



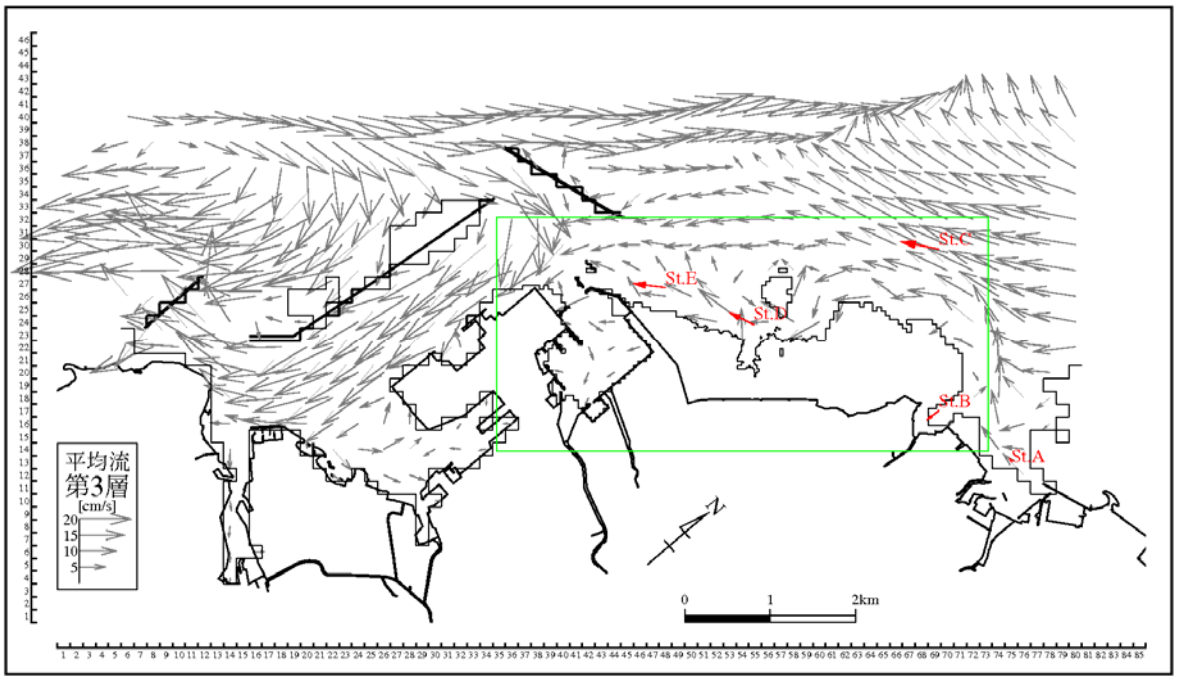
平均流(冬季、中領域、第 2 層)



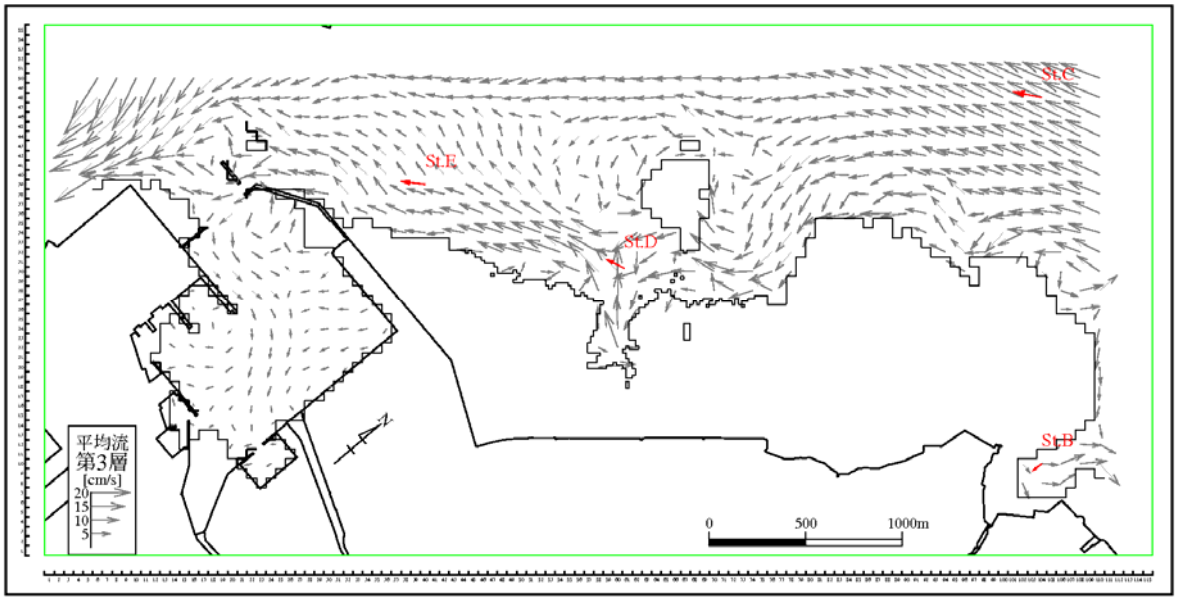
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.37(2)　平均流(恒流)ベクトルの比較（冬季、大領域及び中領域、第 2 層）

平均流(冬季、大領域、第 3 層)



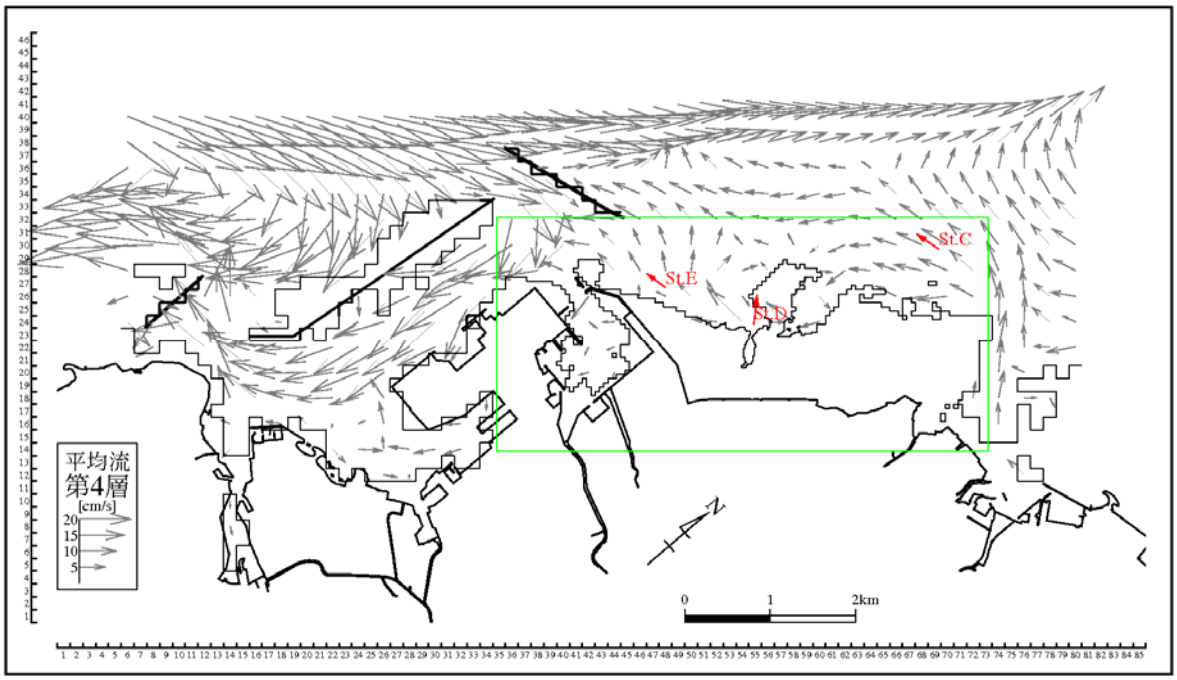
平均流(冬季、中領域、第 3 層)



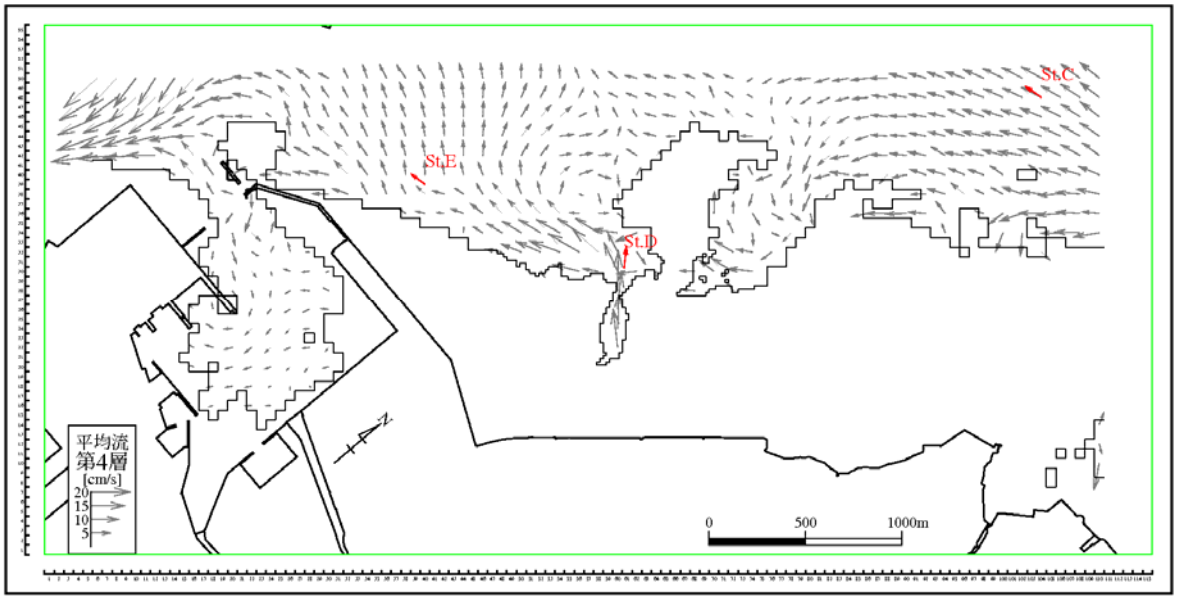
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.37(3)　平均流(恒流)ベクトルの比較（冬季、大領域及び中領域、第 3 層）

平均流(冬季、大領域、第 4 層)



平均流(冬季、中領域、第 4 層)



注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.37(4)　平均流(恒流)ベクトルの比較（冬季、大領域及び中領域、第 4 層）

c) 水温・塩分の再現性

水温・塩分の再現性の検討は、図 6.5.2.33 に示す測点で表 6.5.2.26 に示す調査日の上げ潮時及び下げ潮時の各1回ずつ観測した結果（調査水深：海面下0.5m）と計算の最終一潮汐平均の計算結果（第1層）との比較により行った。夏季の観測値と計算値の比較は図 6.5.2.38 に、冬季の観測値と計算値の比較は図 6.5.2.39 に示すとおりである。

水温は、上げ潮・下げ潮各一回の調査結果と比較すると、夏季及び冬季の St.17 において計算値が観測値よりもやや高い傾向にあるものの、全体的には計算値が観測値に近い値を示している。

塩分は、上げ潮・下げ潮各一回の調査結果と比較すると、夏季及び冬季の St.17 で計算値がやや低い傾向となっているものの、全体的には計算値が観測値に近い値を示している。

以上の比較結果より水温及び塩分の再現性は、採水調査でみられるような空間的な水温及び塩分の分布傾向を概ね表現していると評価した。

d) 再現性のまとめ

再現性の検証は、潮汐流、平均流(恒流)及び水温・塩分について、現地調査でみられた地形的・季節的な特徴の再現性を検証した。特に、埋立地の存在の影響を予測する上で重要と考えられる浅海域（リーフ）やその周辺海域の特徴は、計算値においても十分に表現されていると考えられることから、良好な再現結果が得られていると評価した。

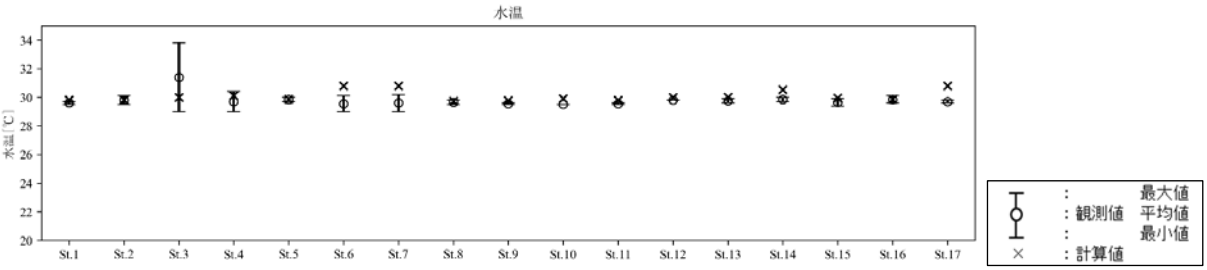


図 6.5.2.38(1)　観測値と計算値との比較（水温[℃]、夏季）

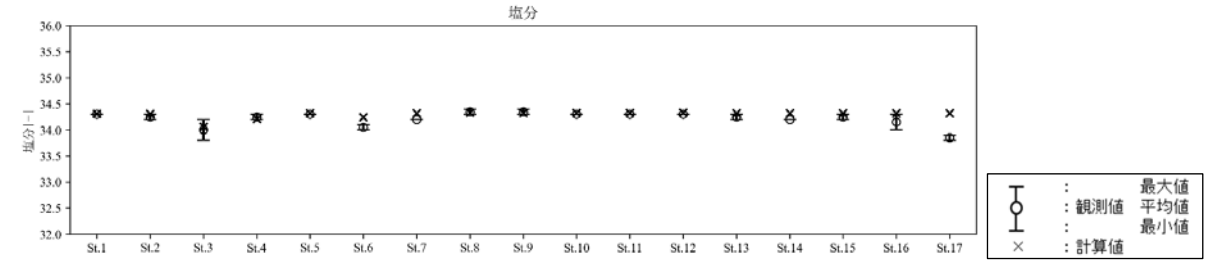


図 6.5.2.38(2)　観測値と計算値との比較（塩分[-]、夏季）

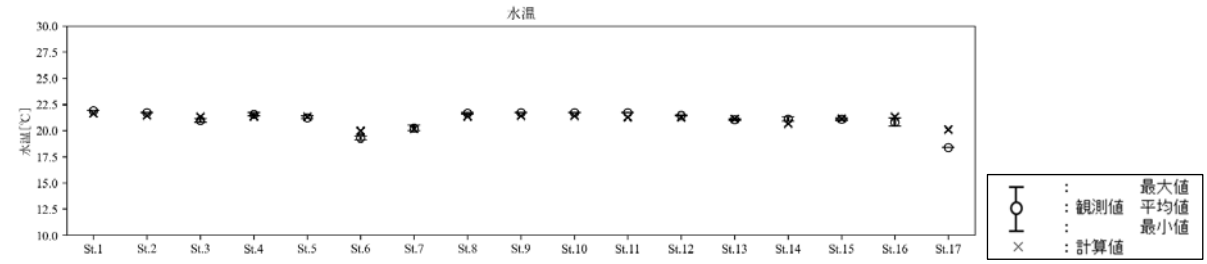


図 6.5.2.39(1)　観測値と計算値との比較（水温[℃]、冬季）

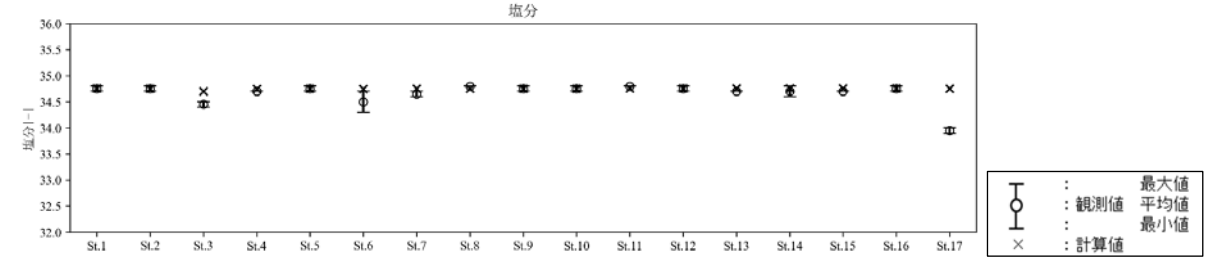


図 6.5.2.39(2)　観測値と計算値との比較（塩分[-]、冬季）

(c) 平均大潮期の検証

存在時の潮流の変化は、潮位変化が大きい平均大潮期のケースで顕著に現れると考えられるため、潮流にかかる環境変化の予測・評価は主に平均大潮期を対象とすることから、予測に先立って平均大潮期流況のホドグラフと下げ潮時及び上げ潮時の流動ベクトルについて観測値との比較により検証を行った。

検証については以下に示すとおりであり、予測モデルの結果は平均大潮期の流況を概ね表現できていると考えられた。

a) 平均大潮期流況のホドグラフ

平均大潮期流況とは、年間に現れる多くの大潮期の平均的な状態を表しており、平均大潮期の潮流の推算は、調和分解結果から得られた調和定数を用いて、次式より推算を行った。

$$V_t = C + (M_2 + S_2)\cos\{\sigma_{30} t - (K_{m2} - K_r)\}$$

V_t ：時間 t における流速（cm/s）　　C ：平均流（cm/s）

M_2 ：M_2 分潮の流速（cm/s）　　S_2 ：S_2 分潮の流速（cm/s）

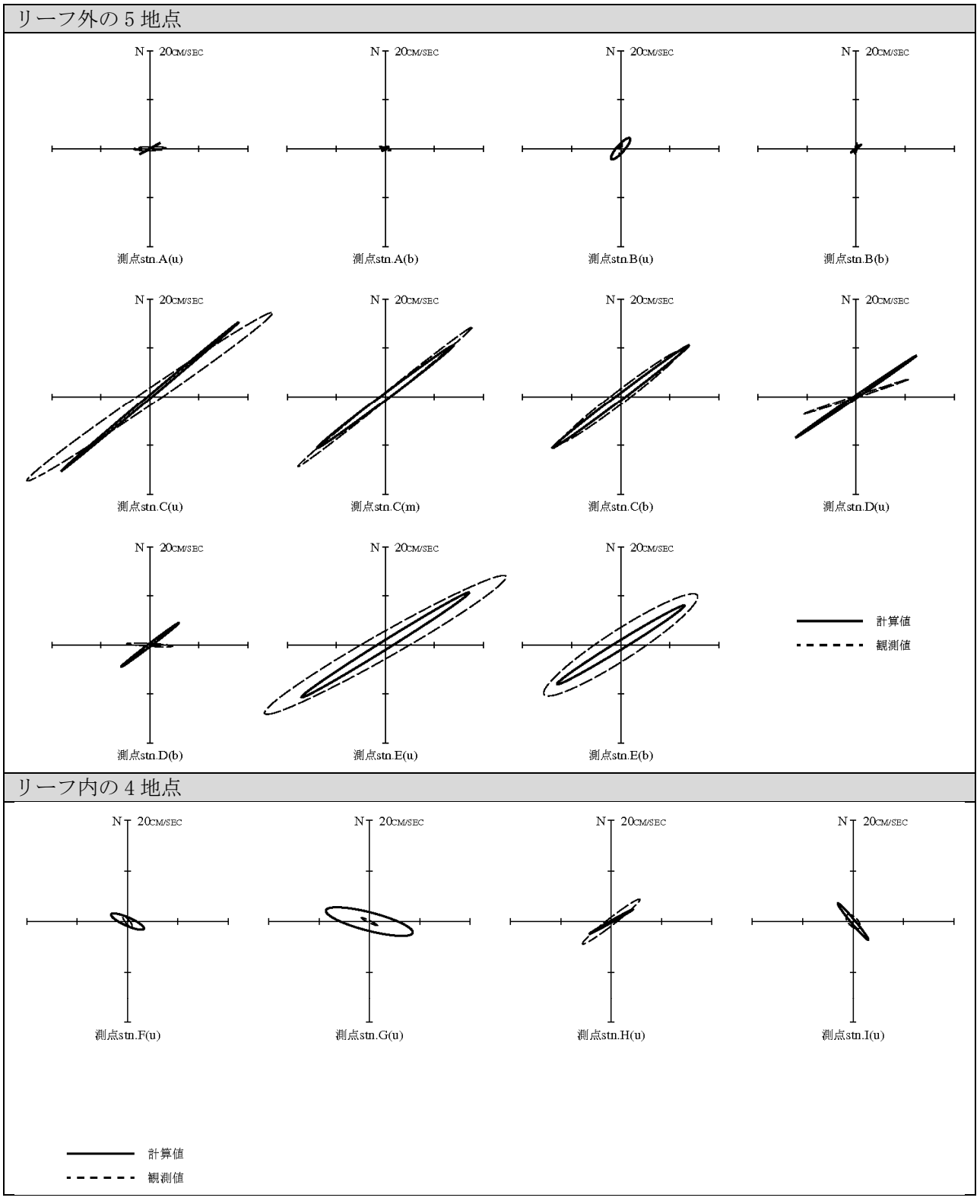
σ_{30}：30°（°/h ［=360°/12hour］）　　t ：0～12（hour）

K_{m2} ：M_2 潮の遅角（°）

K_r ：標準港（那覇）の潮汐 M_2 潮の遅角（=198.00°）

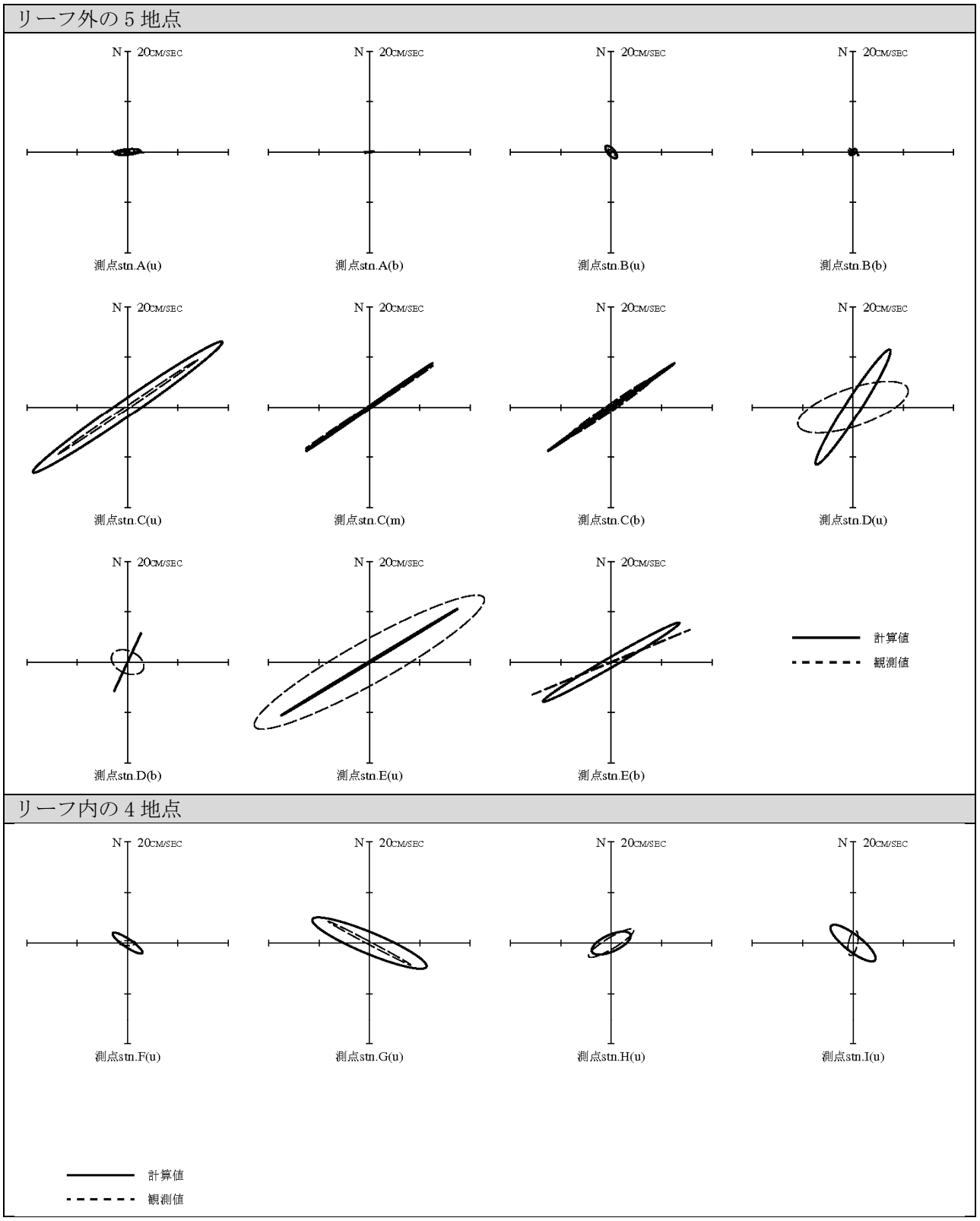
上記に示した平均大潮期流況の推算結果より作成したホドグラフと大潮期の計算結果から得られるホドグラフを比較することにより大潮期（M_2 分潮＋S_2 分潮）の潮流の検証を行った。

夏季の平均大潮期流況のホドグラフの比較は図 6.5.2.40 に、冬季は図 6.5.2.41 に示すとおりである。ホドグラフの長軸の向きやホドグラフの大きさに着目して検証した結果は、平均潮（M_2 潮）の潮流楕円の再現状況と同様であり、電磁流速計で観測された浅海域（リーフ内）の潮流楕円は、季節を問わず沖合に比べて小さいという特徴を再現できていいる。全体的には、各地点の潮流楕円の長軸の向きは、海岸線やリーフエッジの地形に沿う方向の往復流となっている状況が再現されている。



※（ ）内のアルファベットは調査した層を表し、u：上層、m：中層、b：下層の結果を示す

図 6.5.2.40　夏季における平均大潮期流況のホドグラフの比較



※（ ）内のアルファベットは調査した層を表し、u：上層、m：中層、b：下層の結果を示す

図 6.5.2.41　冬季における平均大潮期流況のホドグラフの比較

b）**大潮期の下げ潮時及び上げ潮時の流動ベクトルの比較**

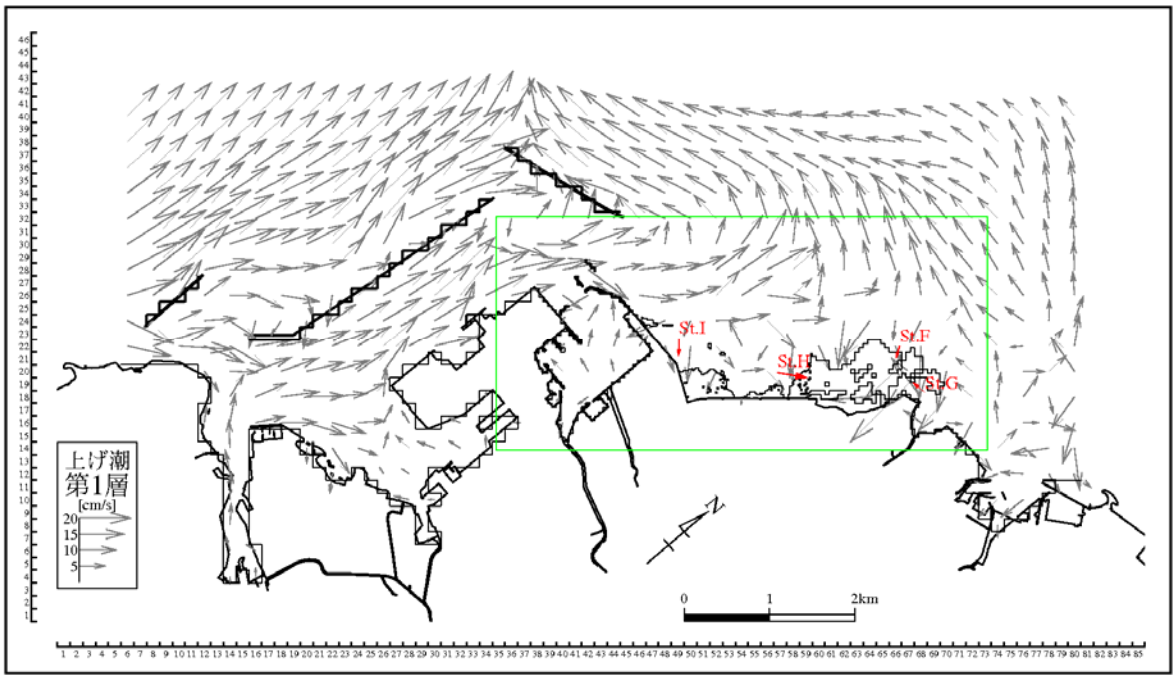
図 6.5.2.32 に示す調査地点における観測結果から得られた平均大潮期流況と大潮期の計算結果について、下げ潮時及び上げ潮時の流速ベクトルを比較した。

図 6.5.2.42 に夏季の上げ潮時、図 6.5.2.43 に夏季の下げ潮時、また、図 6.5.2.44 に冬季の上げ潮時、図 6.5.2.45 に冬季の下げ潮時の流速ベクトル分布の比較を示す。

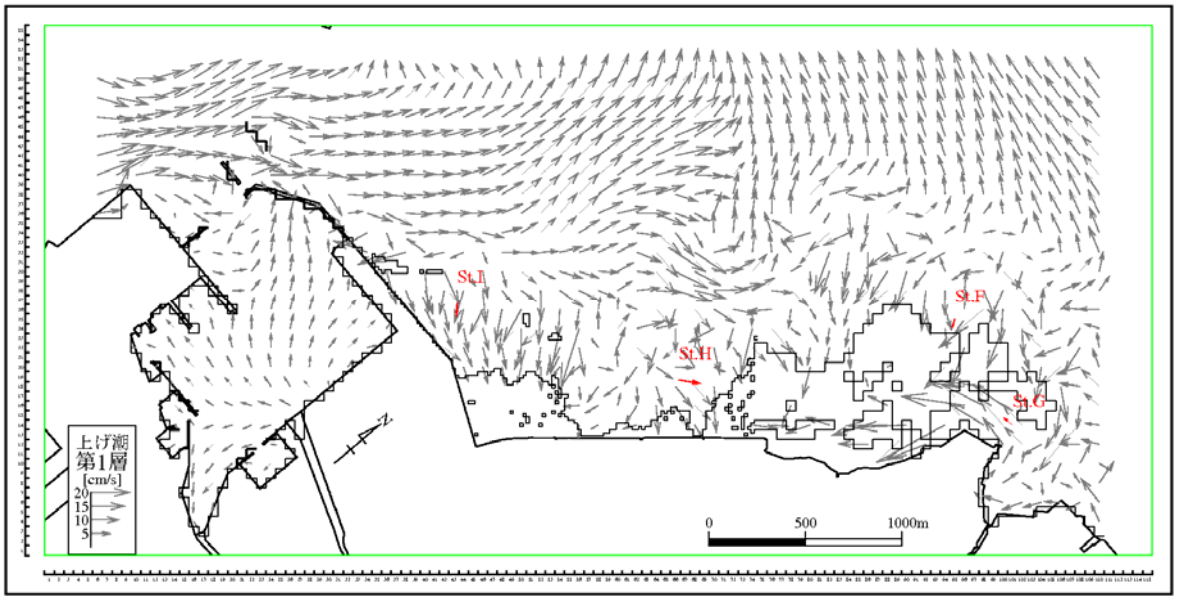
上げ潮時及び下げ潮時の観測結果をみると、リーフ周辺海域の流れは、上げ潮時に北東流、下げ潮時に南西流の傾向で、夏季及び冬季に共通しており、特に埋立地の存在の影響を予測する上で重要と考えられる浅海域（リーフ）の流れの特徴は、計算結果でも十分に表現されている。

以上のことから、年間に現れる多くの大潮期の平均的な状態の計算値の再現性は、良好な結果が得られていると評価した。

上げ潮時(夏季、大領域、第１層)



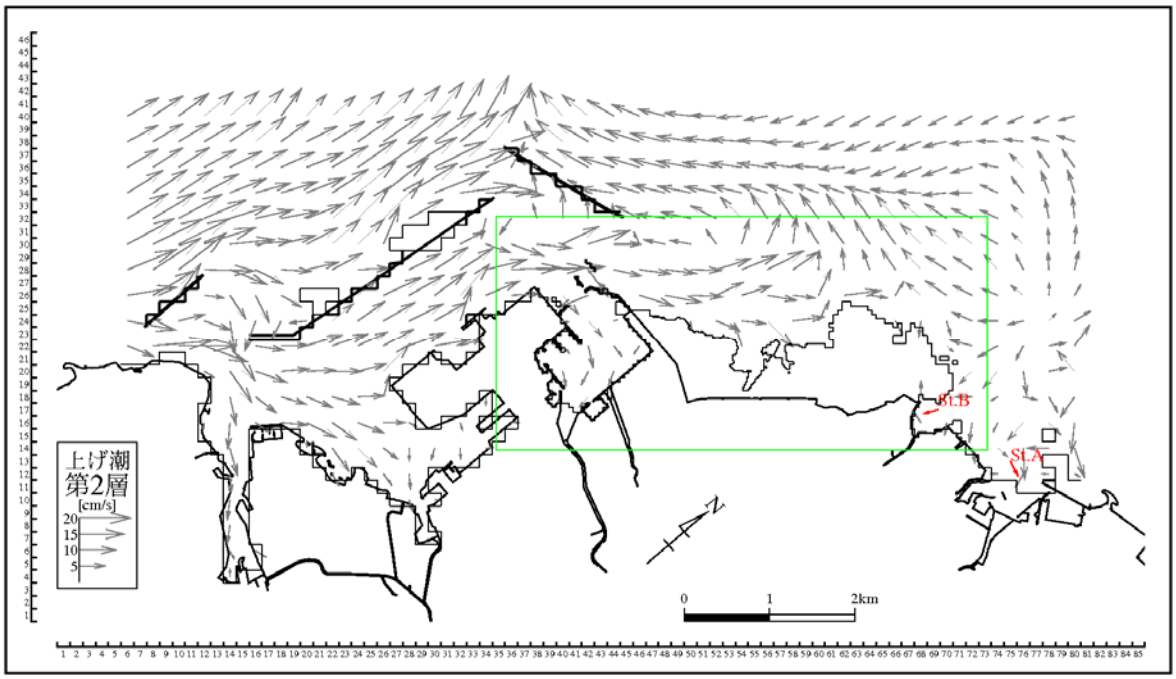
上げ潮時(夏季、中領域、第１層)



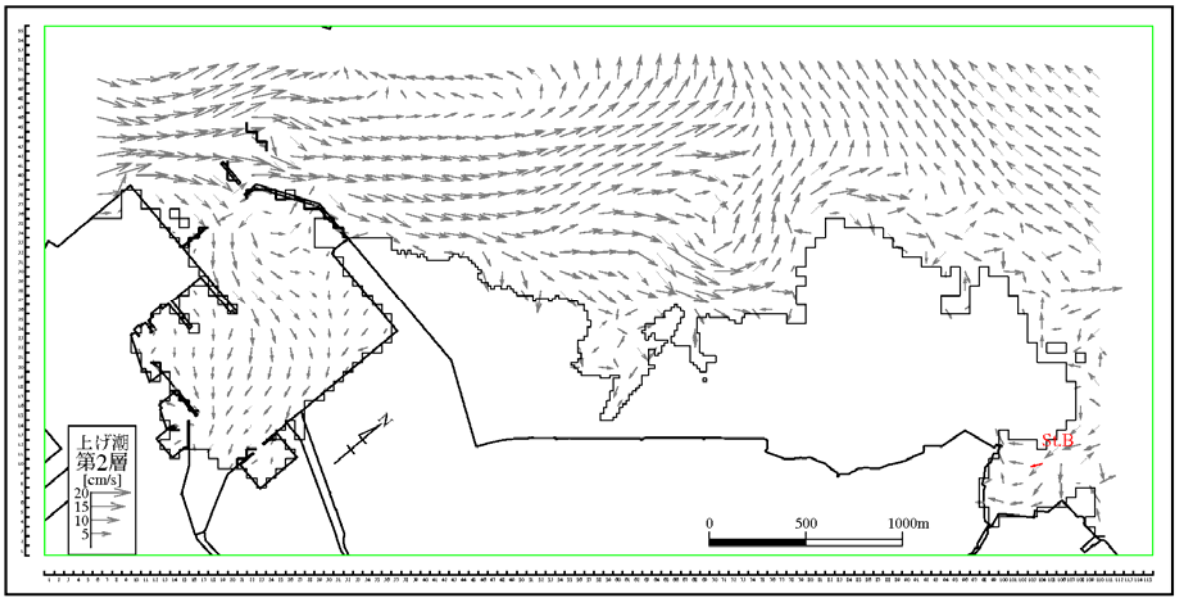
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.42(1)　平均大潮期流況の比較（夏季・上げ潮時、大領域及び中領域、第１層）

上げ潮時(夏季、大領域、第 2 層)



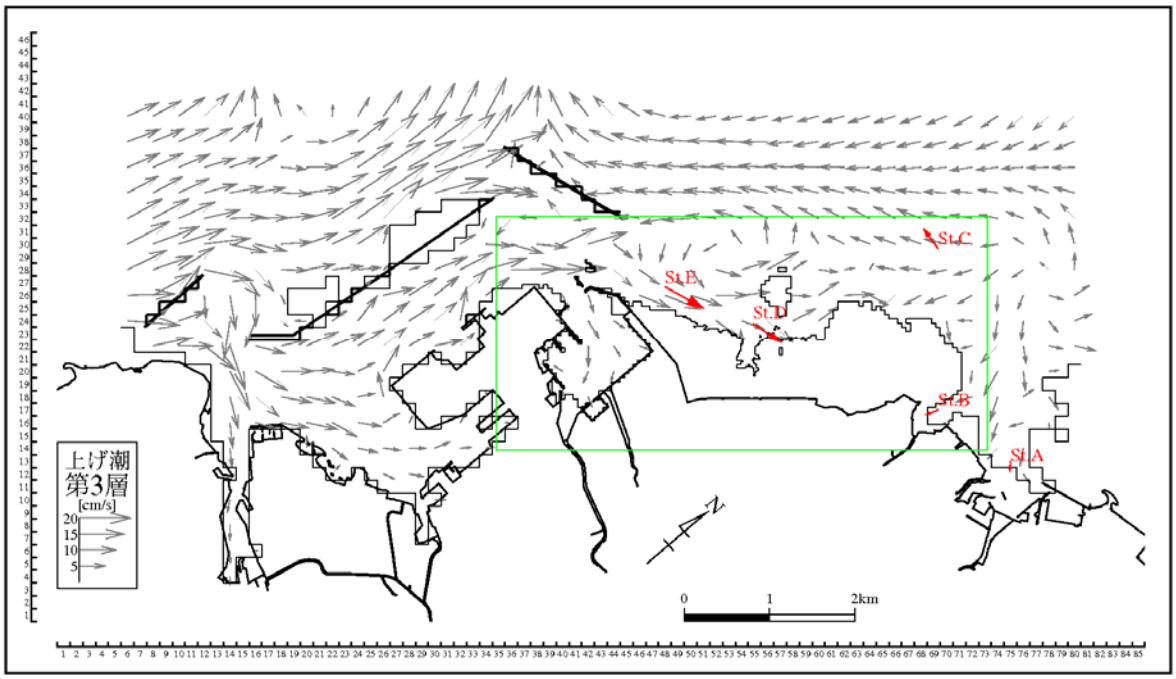
上げ潮時(夏季、中領域、第 2 層)



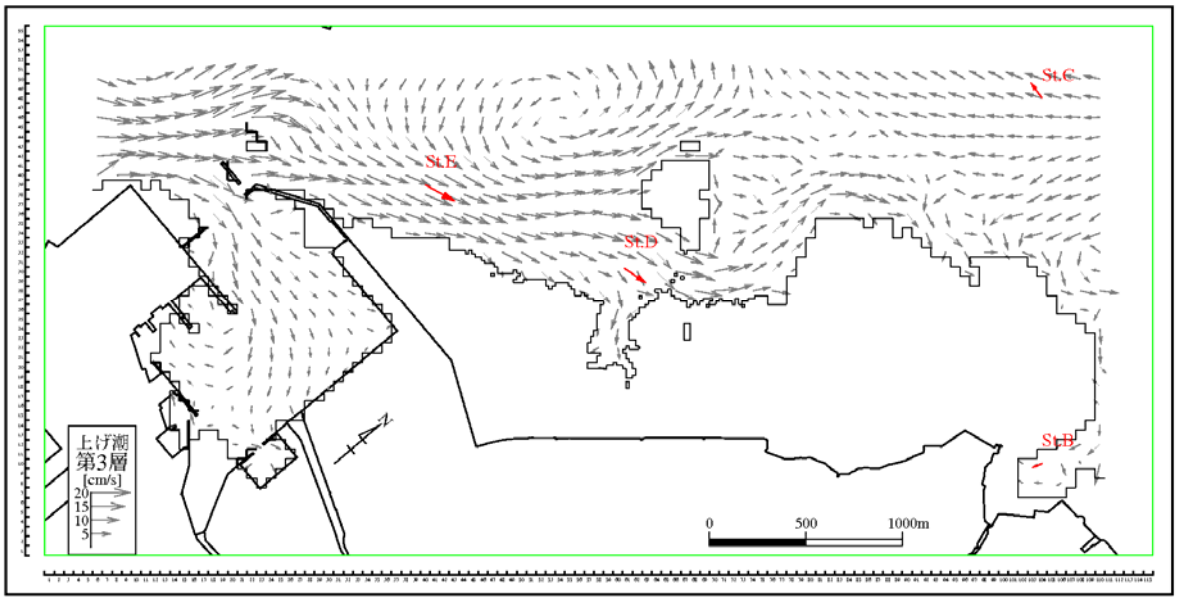
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.42(2)　平均大潮期流況の比較（夏季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 2 層）

上げ潮時(夏季、大領域、第 3 層)



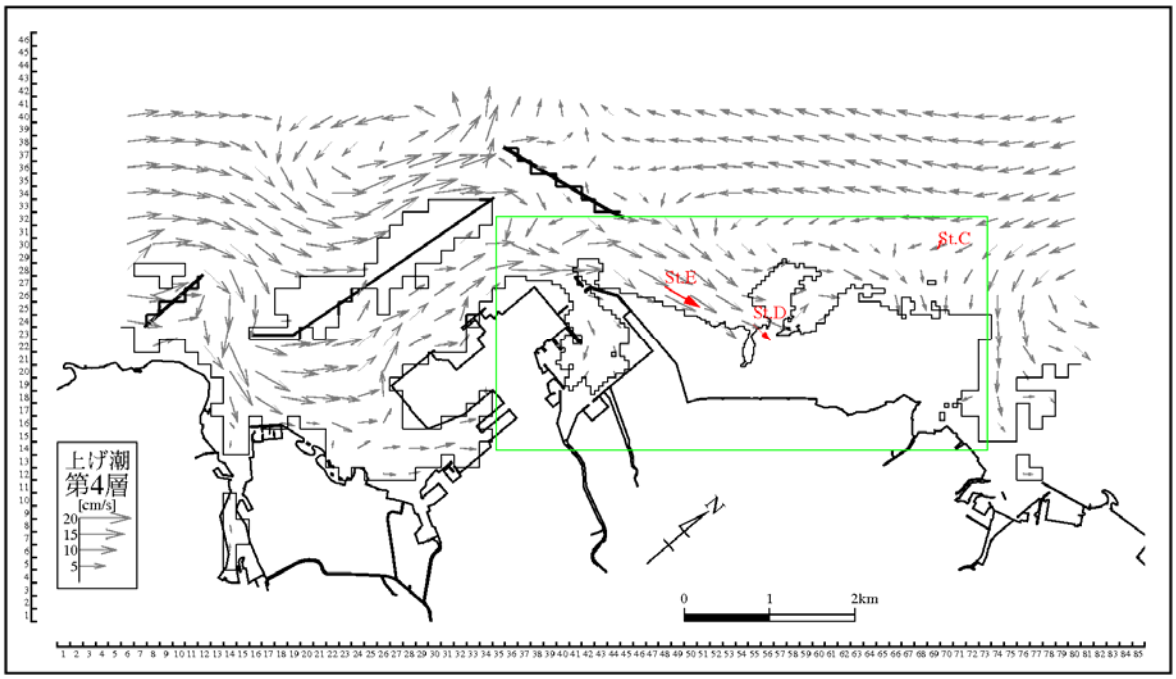
上げ潮時(夏季、中領域、第 3 層)



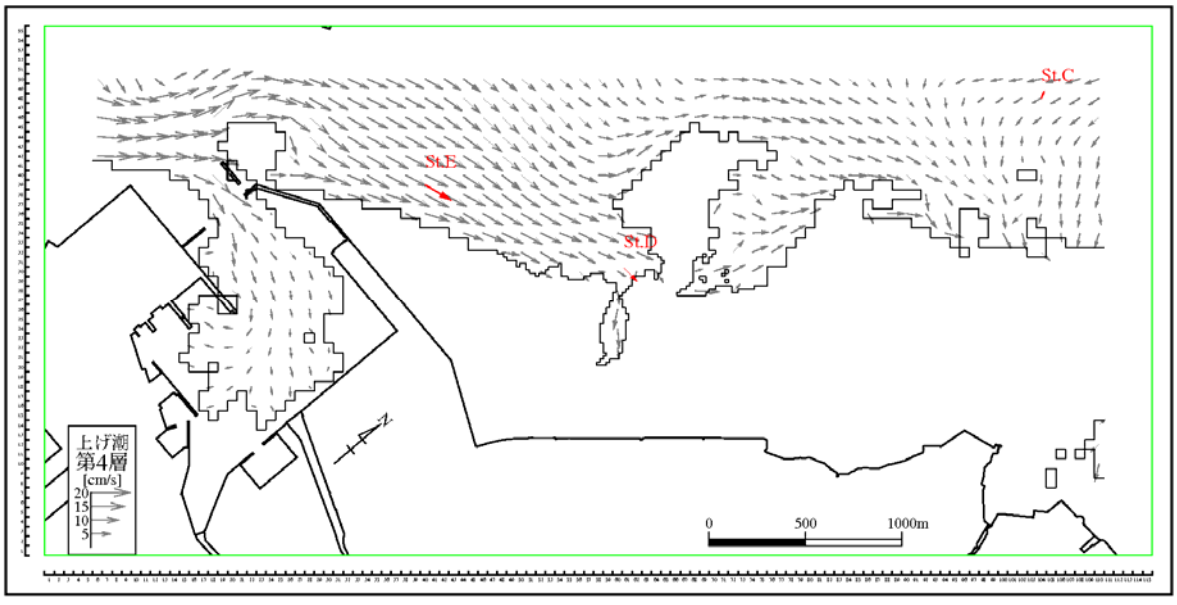
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.42(3)　平均大潮期流況の比較（夏季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 3 層）

上げ潮時(夏季、大領域、第 4 層)



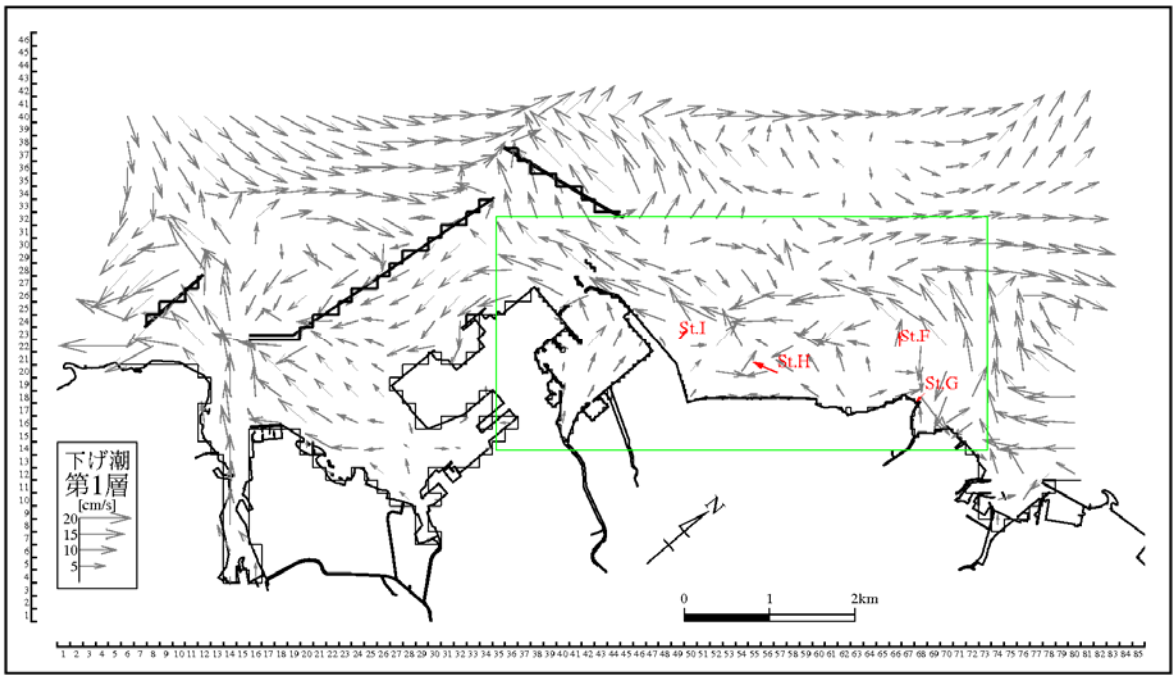
上げ潮時(夏季、中領域、第 4 層)



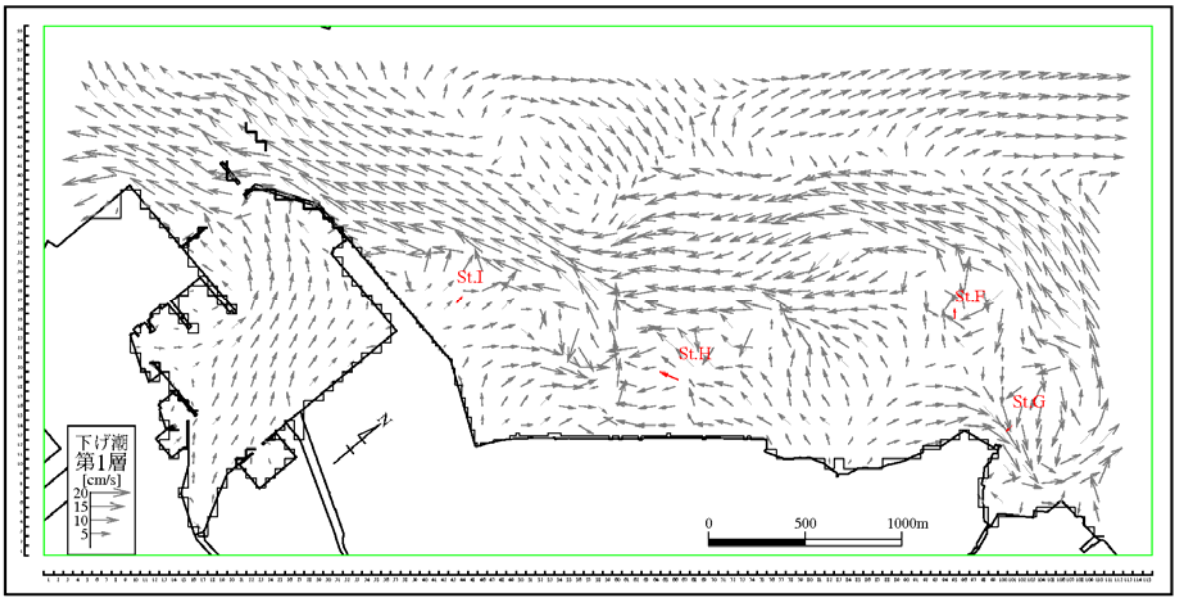
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.42(4)　平均大潮期流況の比較（夏季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 4 層）

下げ潮時(夏季、大領域、第１層)



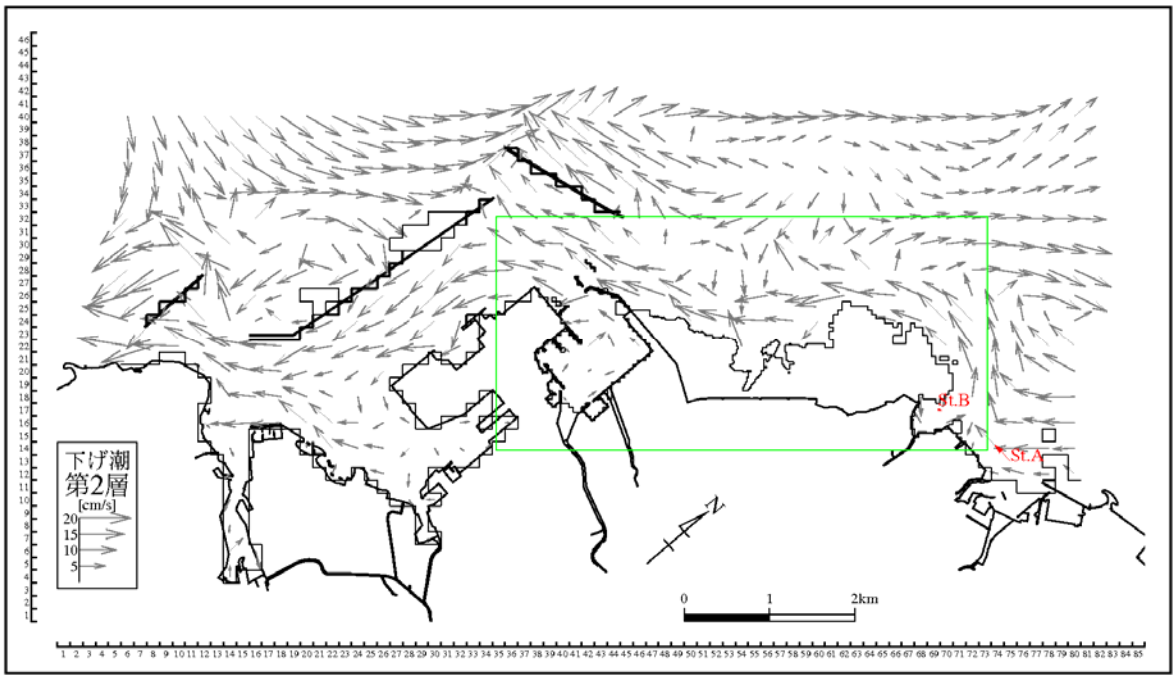
下げ潮時(夏季、中領域、第１層)



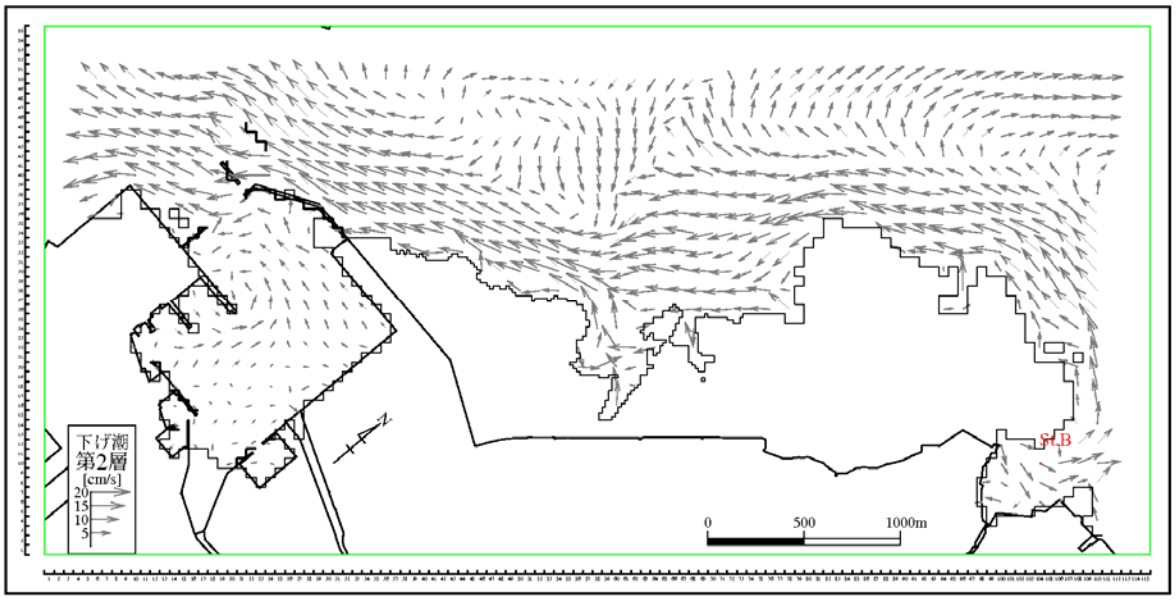
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.43(1)　平均大潮期流況の比較（夏季・下げ潮時、大領域及び中領域、第１層）

下げ潮時(夏季、大領域、第 2 層)



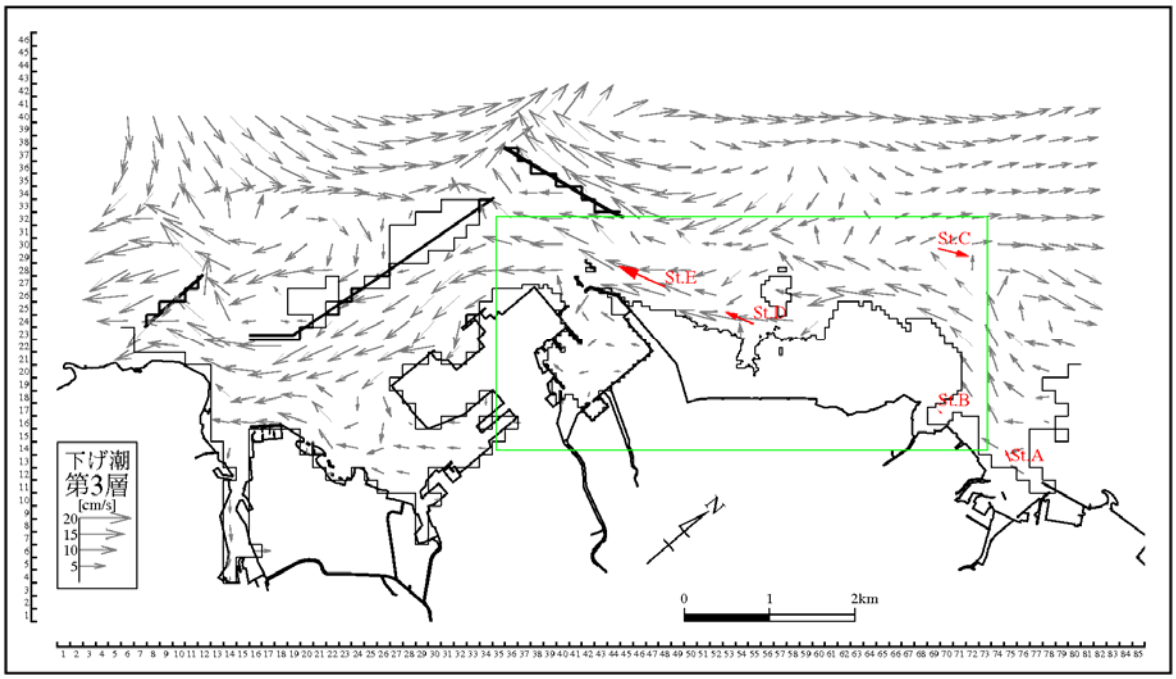
下げ潮時(夏季、中領域、第 2 層)



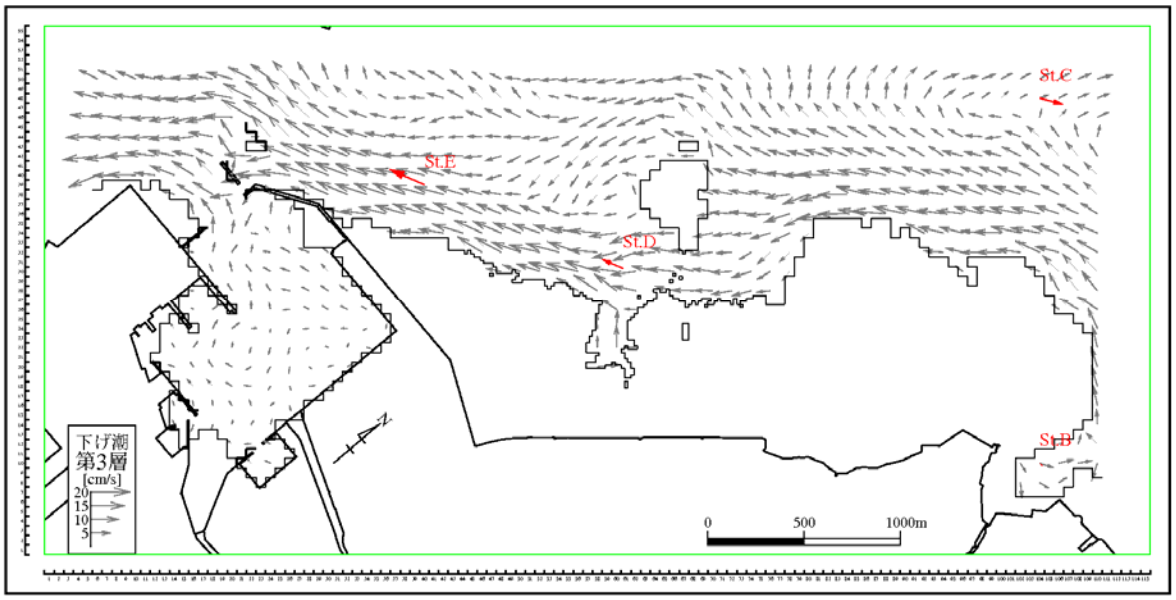
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.43(2)　平均大潮期流況の比較（夏季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 2 層）

下げ潮時(夏季、大領域、第 3 層)



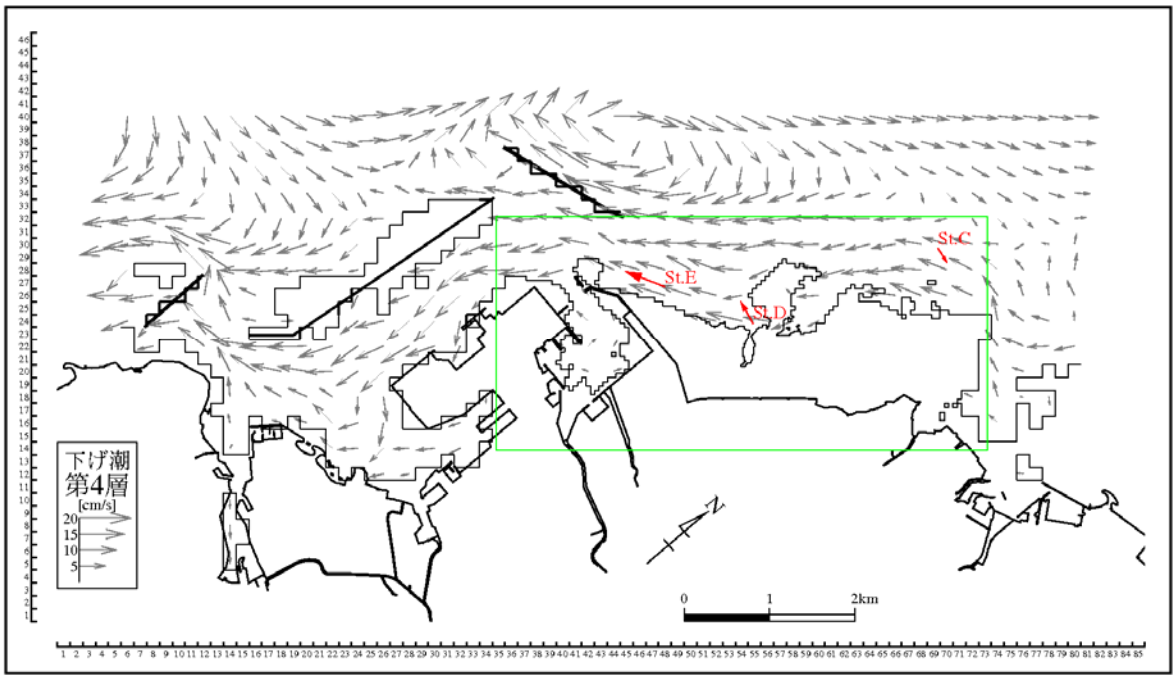
下げ潮時(夏季、中領域、第 3 層)



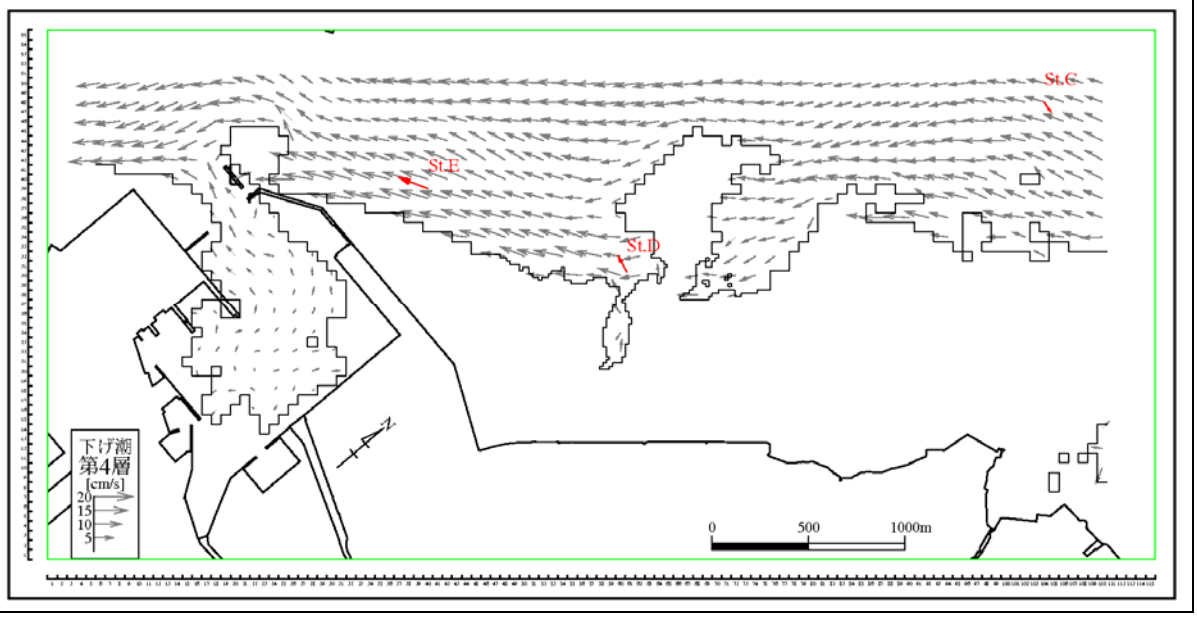
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.43(3)　平均大潮期流況の比較（夏季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 3 層）

下げ潮時(夏季、大領域、第 4 層)



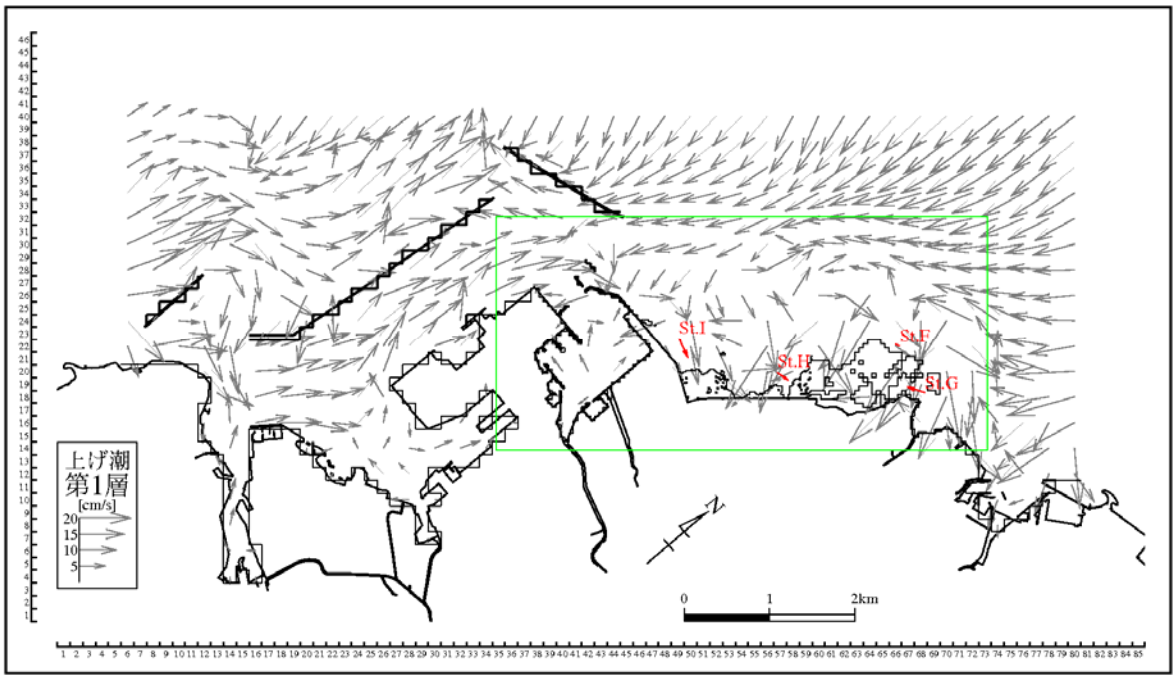
下げ潮時(夏季、中領域、第 4 層)



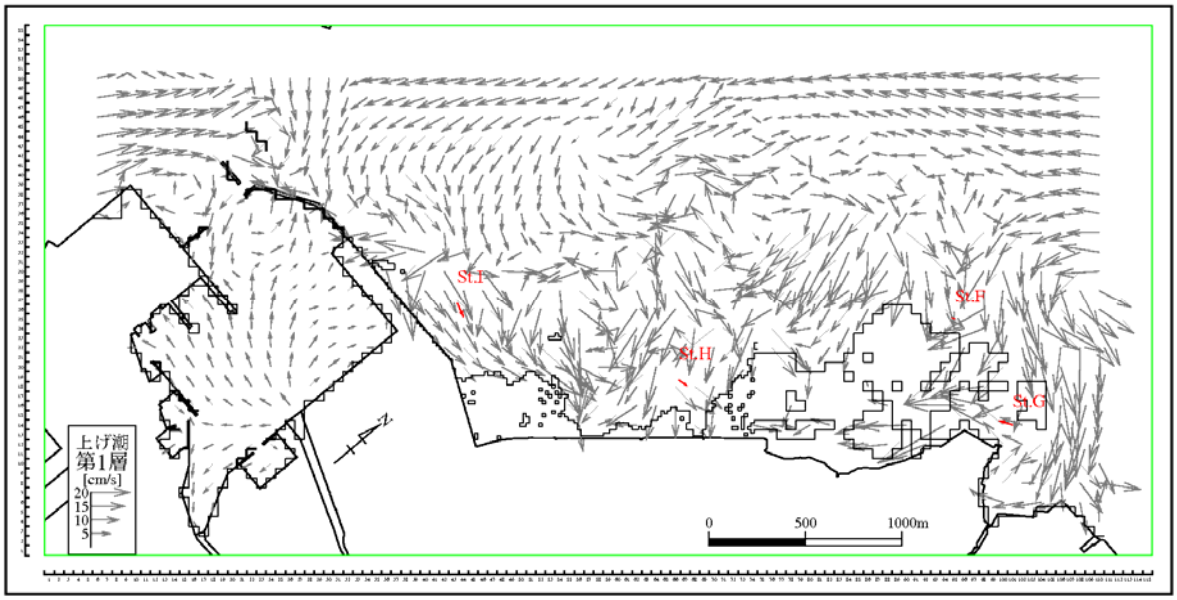
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.43(4)　平均大潮期流況の比較（夏季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 4 層）

上げ潮時(冬季、大領域、第１層)



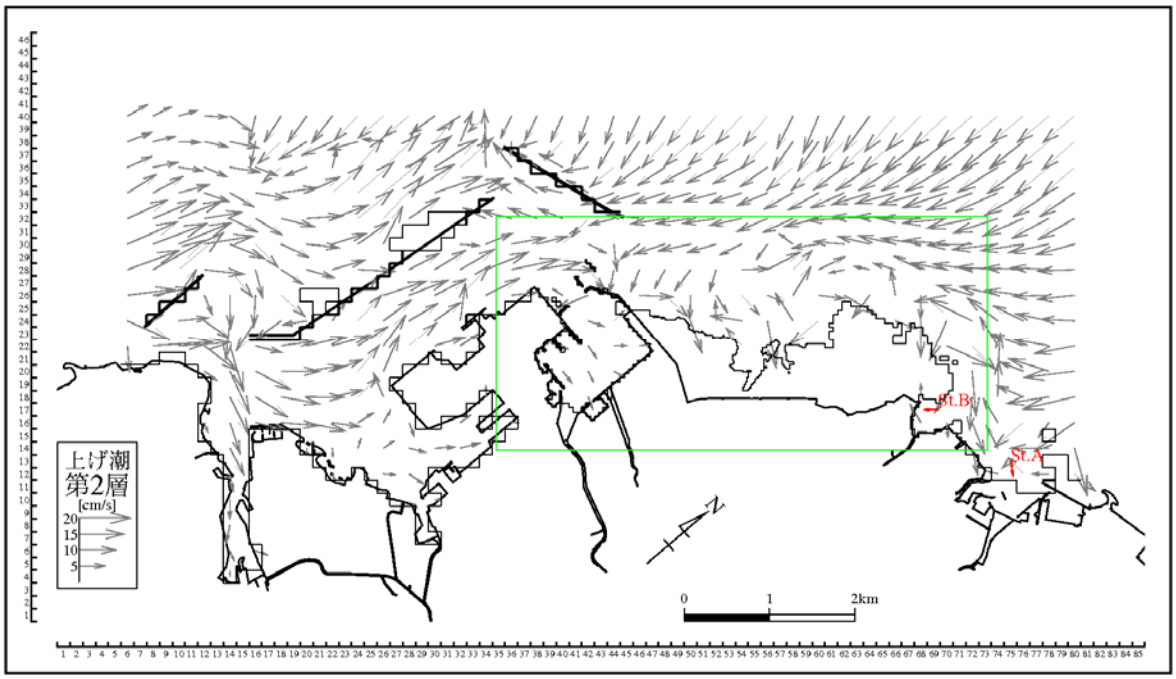
上げ潮時(冬季、中領域、第１層)



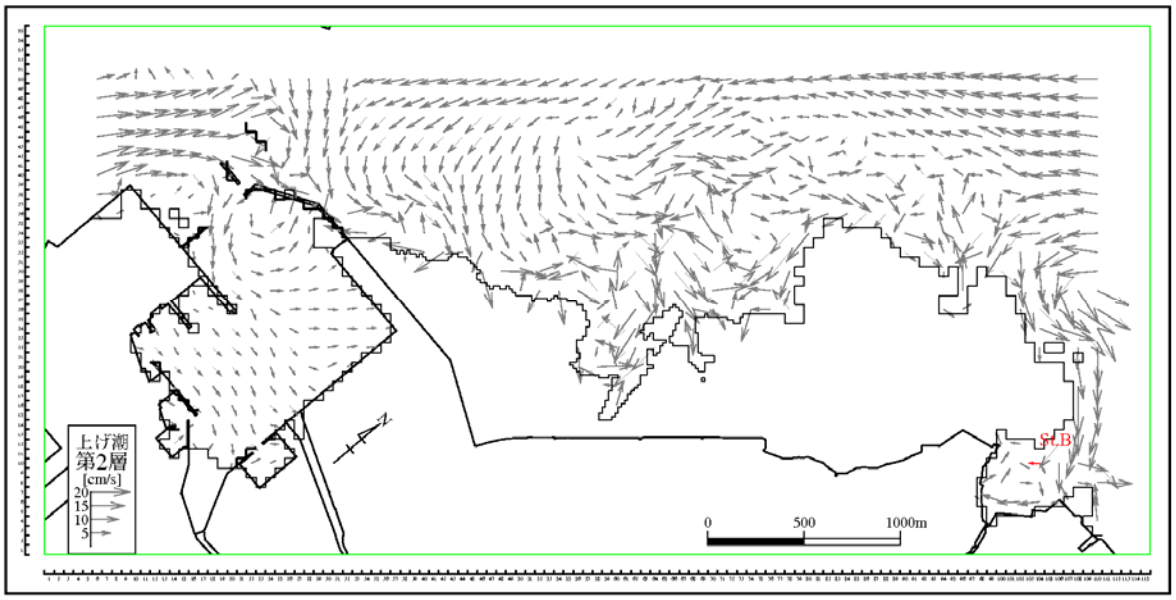
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.44(1)　平均大潮期流況の比較（冬季・上げ潮時、大領域及び中領域、第１層）

上げ潮時(冬季、大領域、第 2 層)



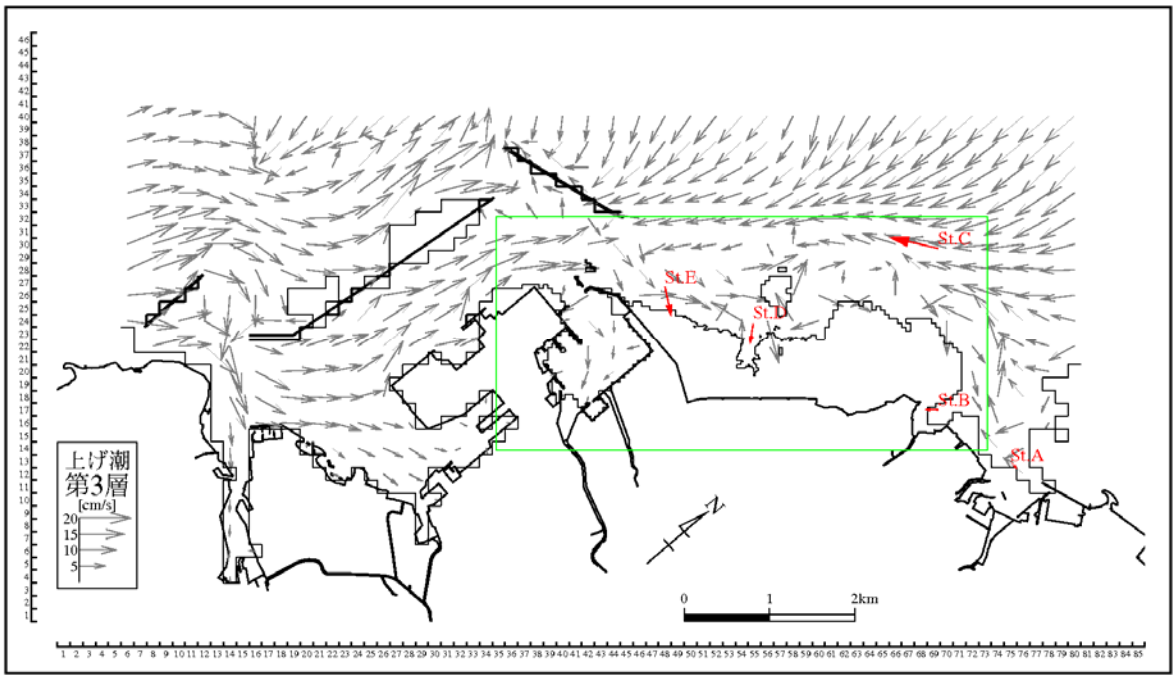
上げ潮時(冬季、中領域、第 2 層)



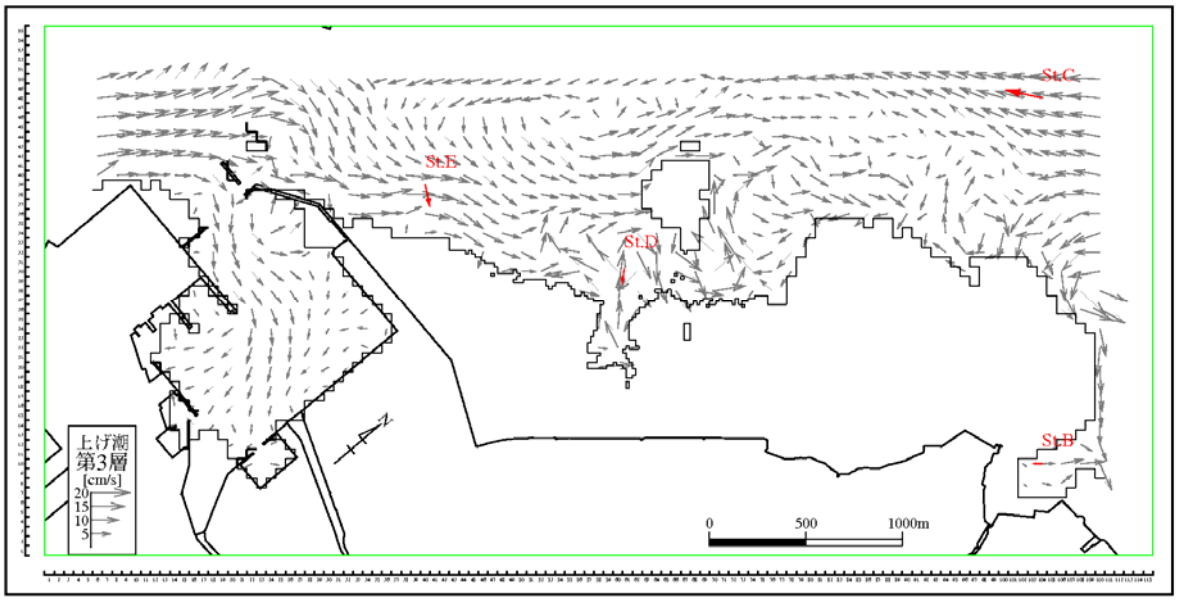
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.44(2)　平均大潮期流況の比較（冬季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 2 層

上げ潮時(冬季、大領域、第 3 層)



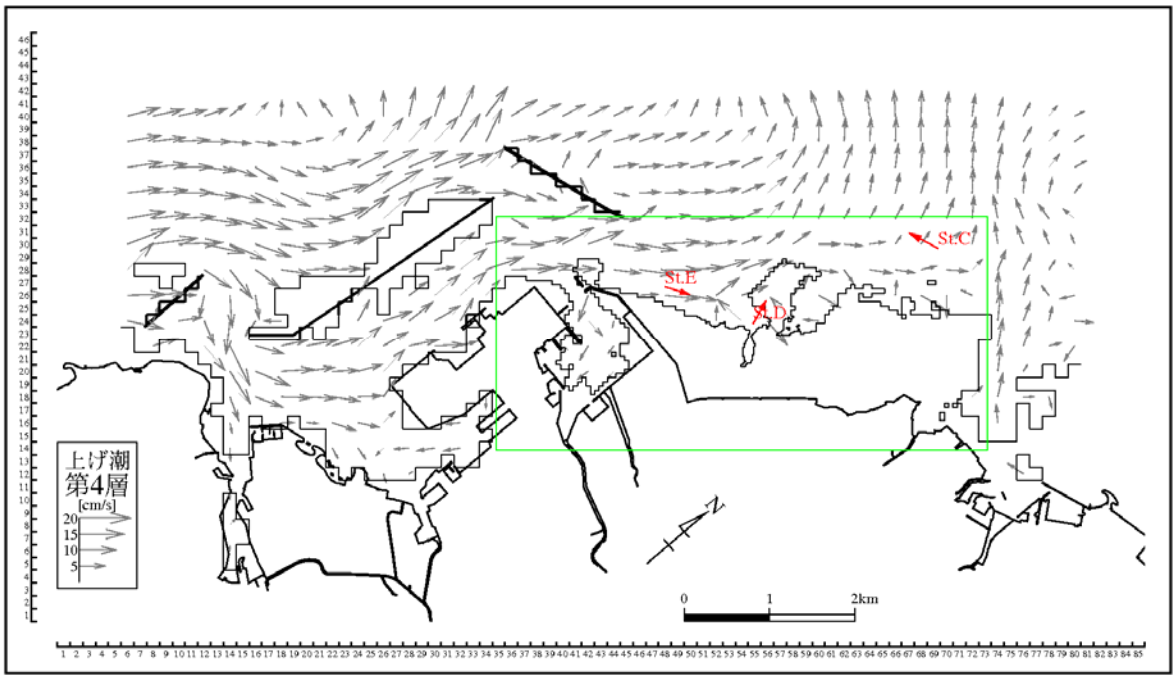
上げ潮時(冬季、中領域、第 3 層)



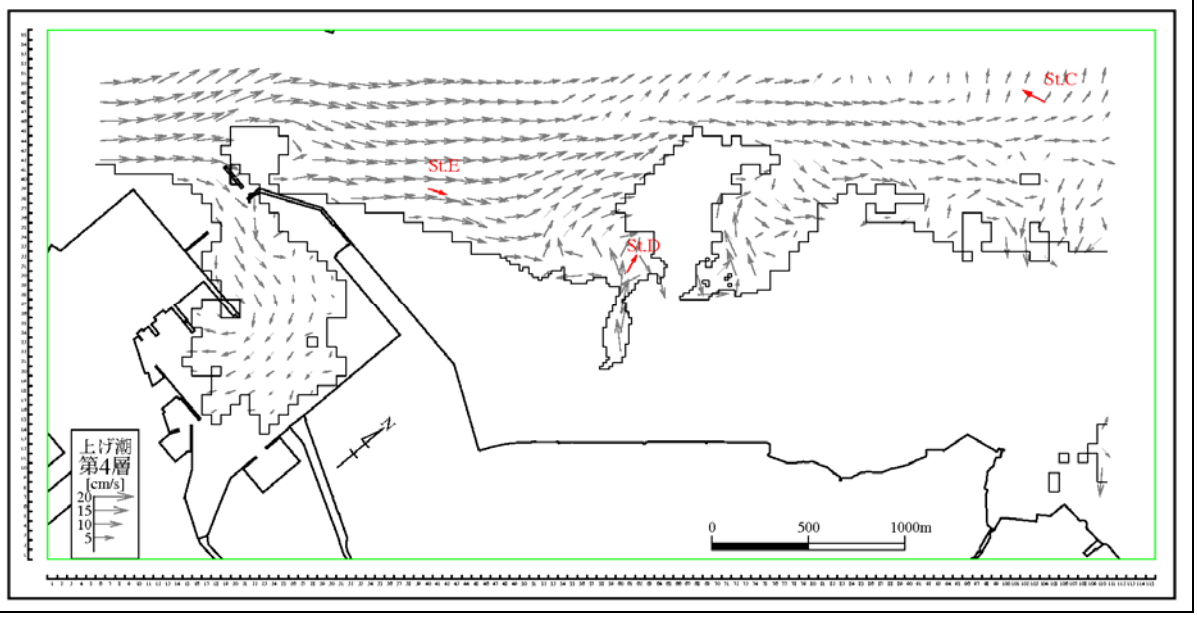
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.44(3)　平均大潮期流況の比較（冬季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 3 層）

上げ潮時(冬季、大領域、第 4 層)



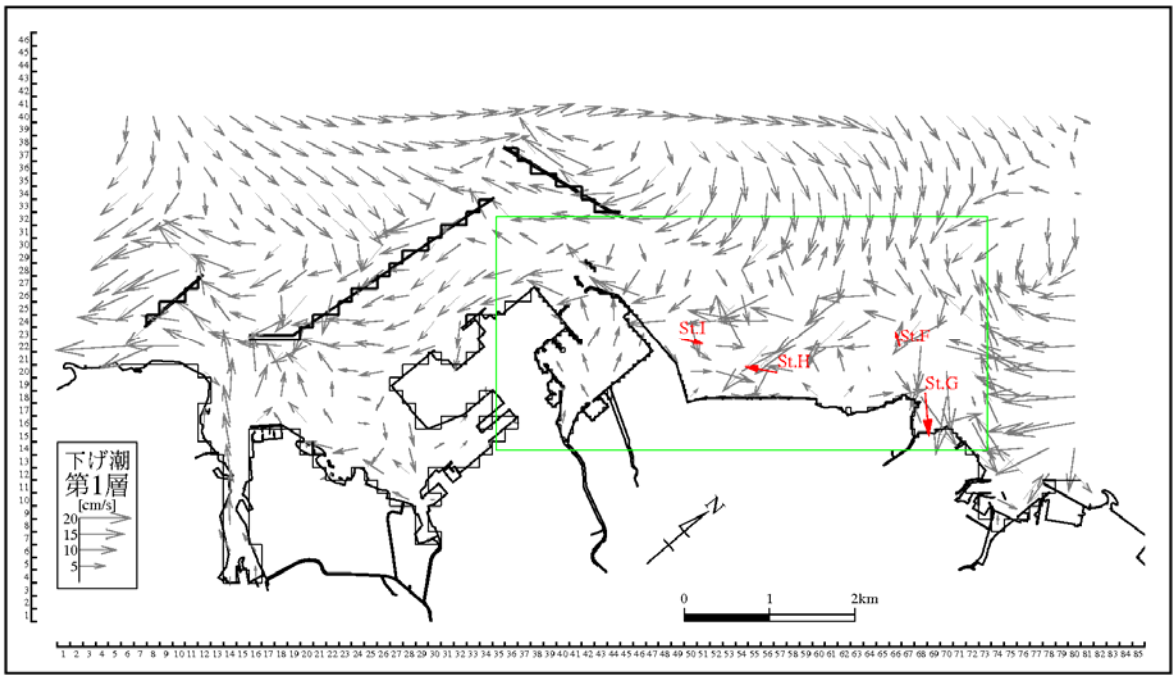
上げ潮時(冬季、中領域、第 4 層)



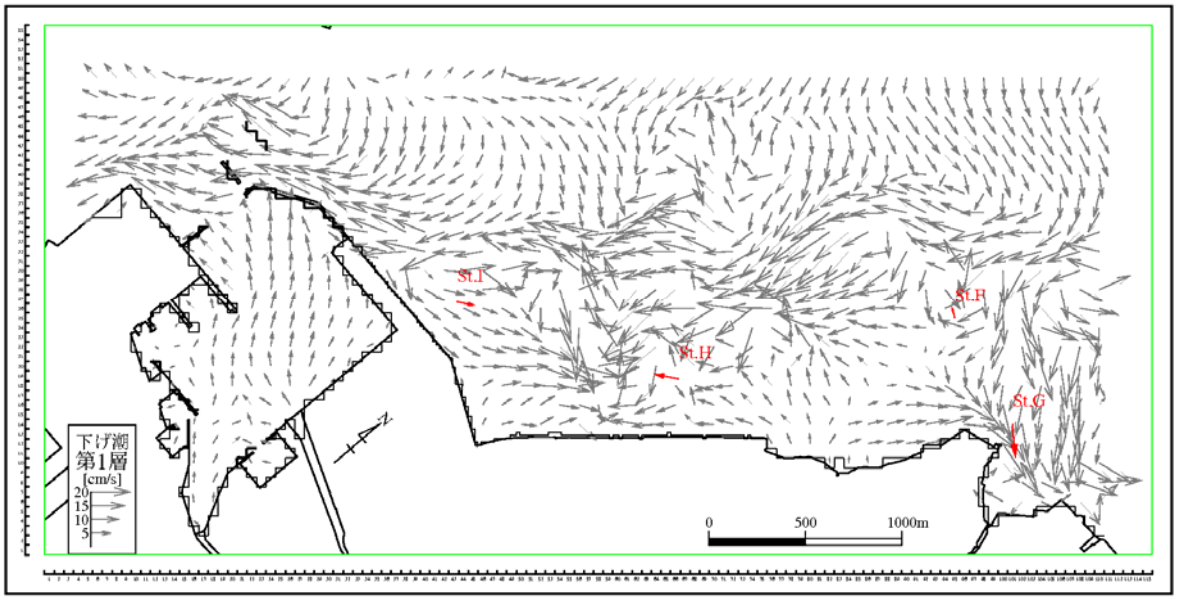
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.44(4)　平均大潮期流況の比較（冬季・上げ潮時、大領域及び中領域、第 4 層）

下げ潮時(冬季、大領域、第１層)



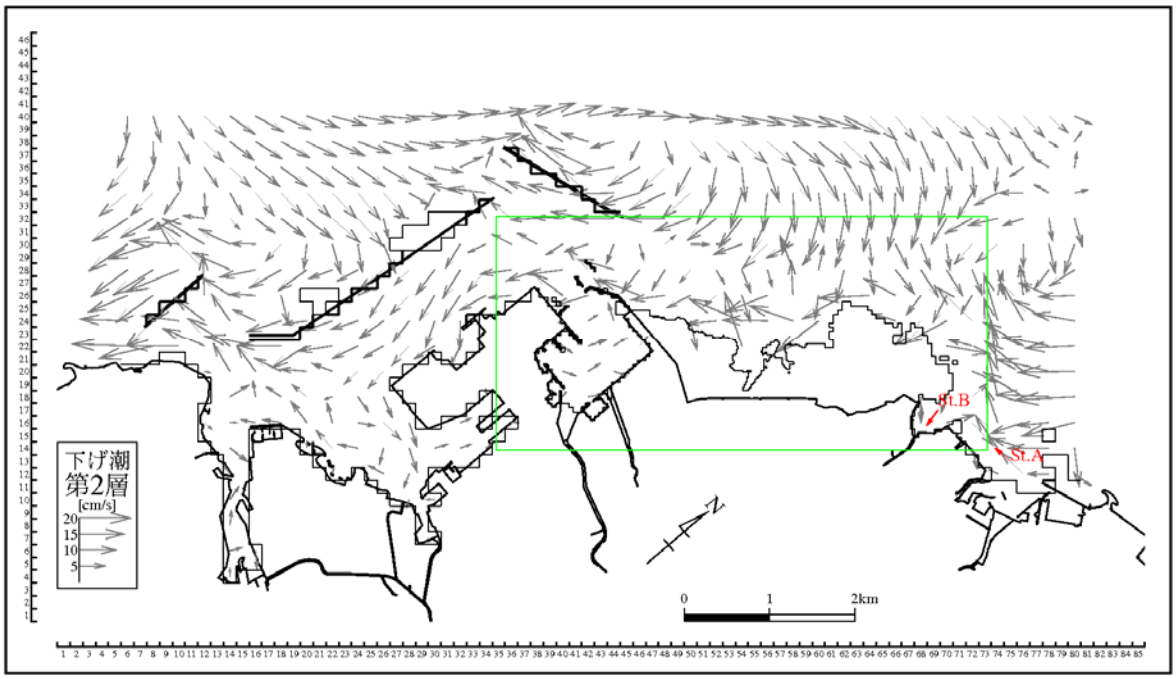
下げ潮時(冬季、中領域、第１層)



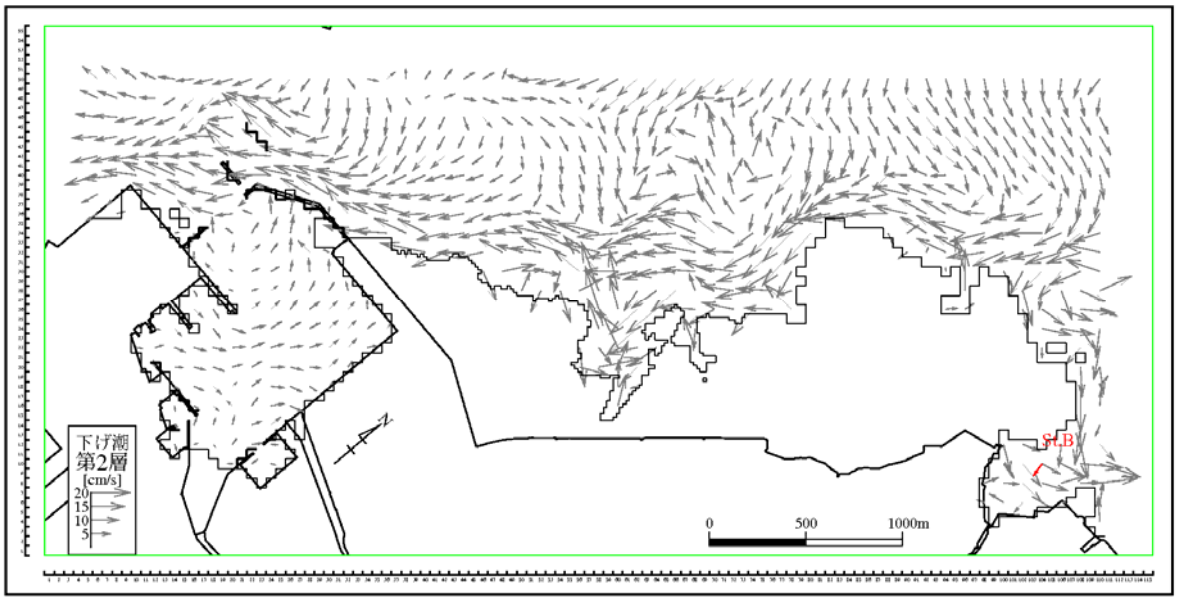
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.45(1)　平均大潮期流況の比較（冬季・下げ潮時、大領域及び中領域、第１層）

下げ潮時(冬季、大領域、第 2 層)



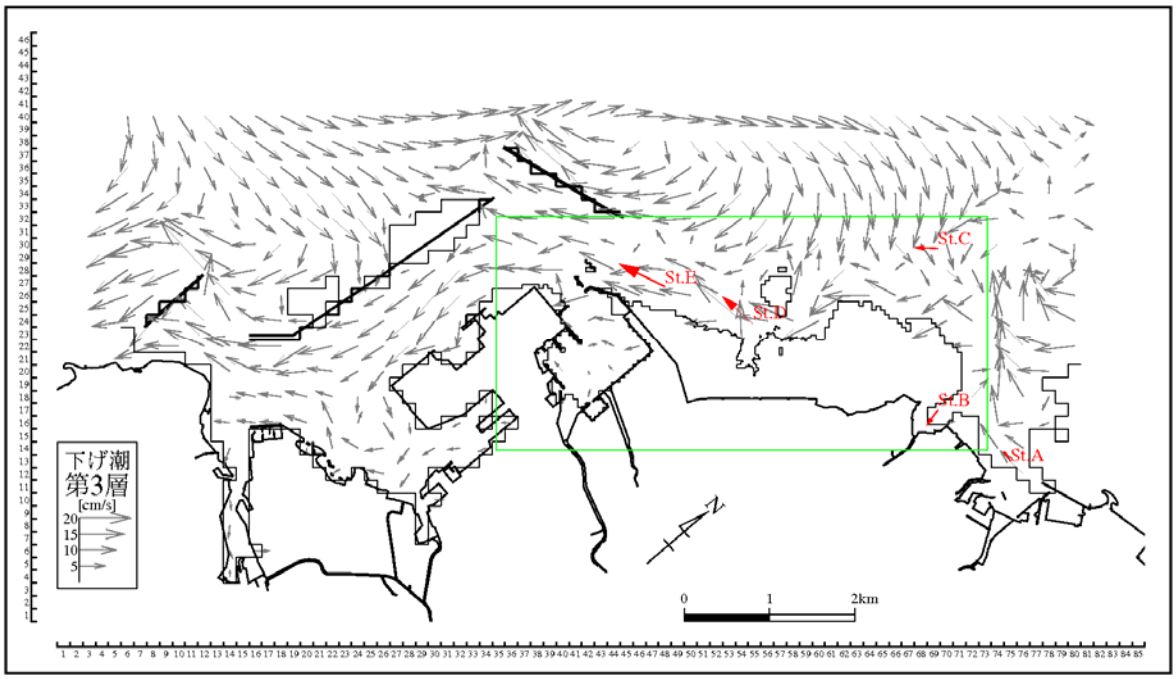
下げ潮時(冬季、中領域、第 2 層)



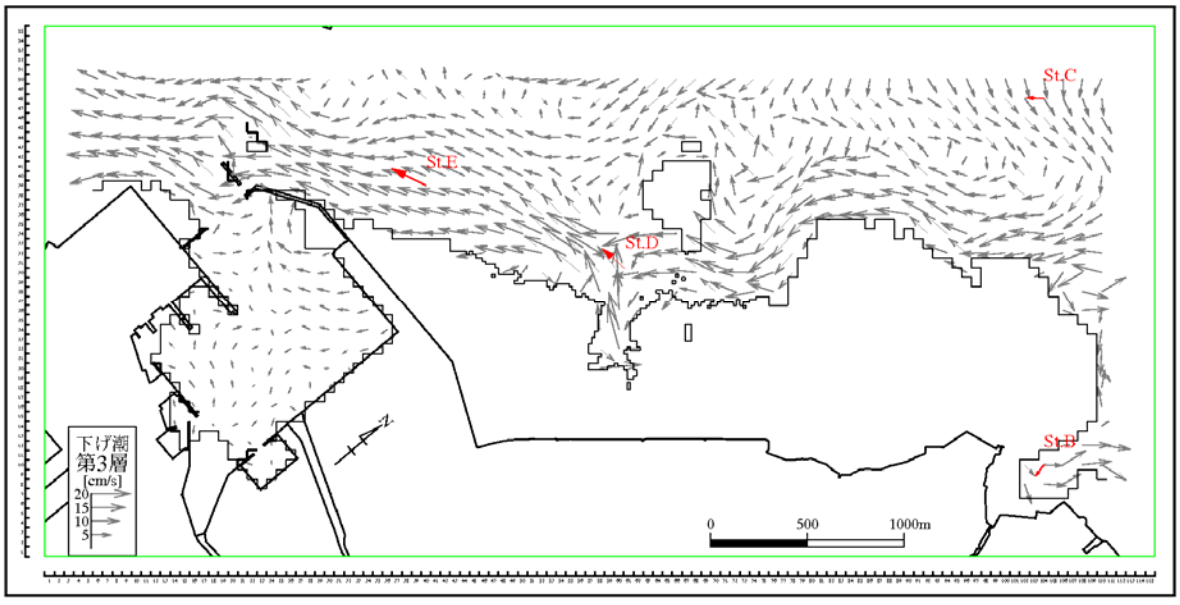
注：1.→：計算値、→：観測値
2.計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.45(2)　平均大潮期流況の比較（冬季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 2 層）

下げ潮時(冬季、大領域、第 3 層)



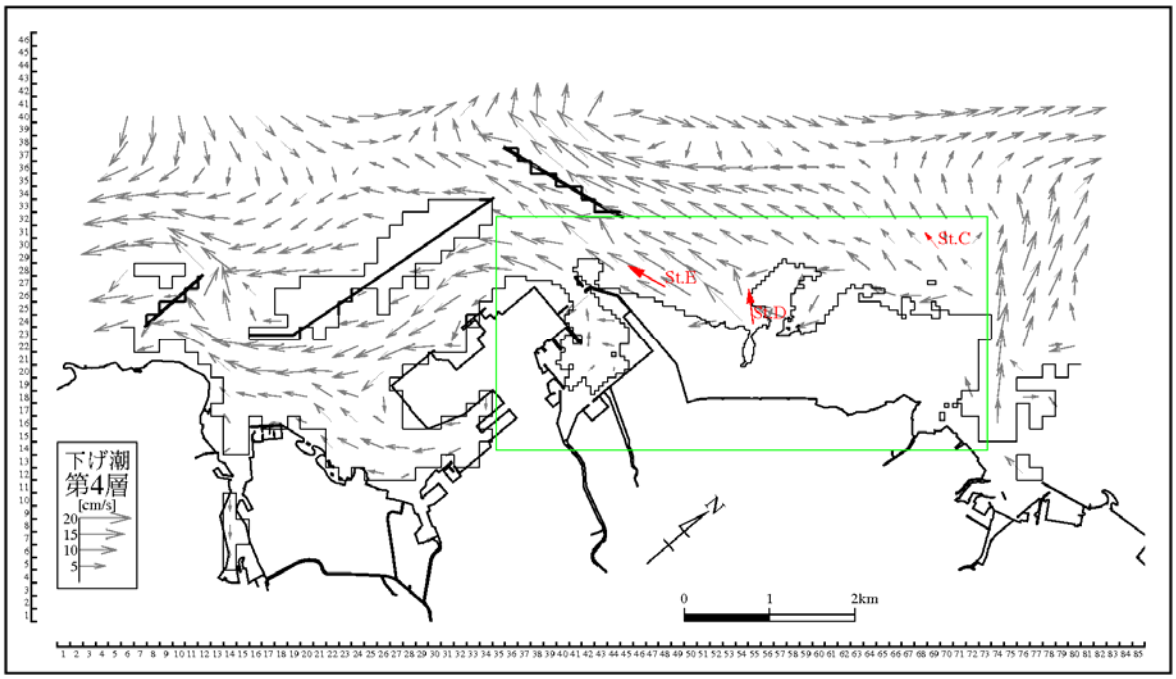
下げ潮時(冬季、中領域、第 3 層)



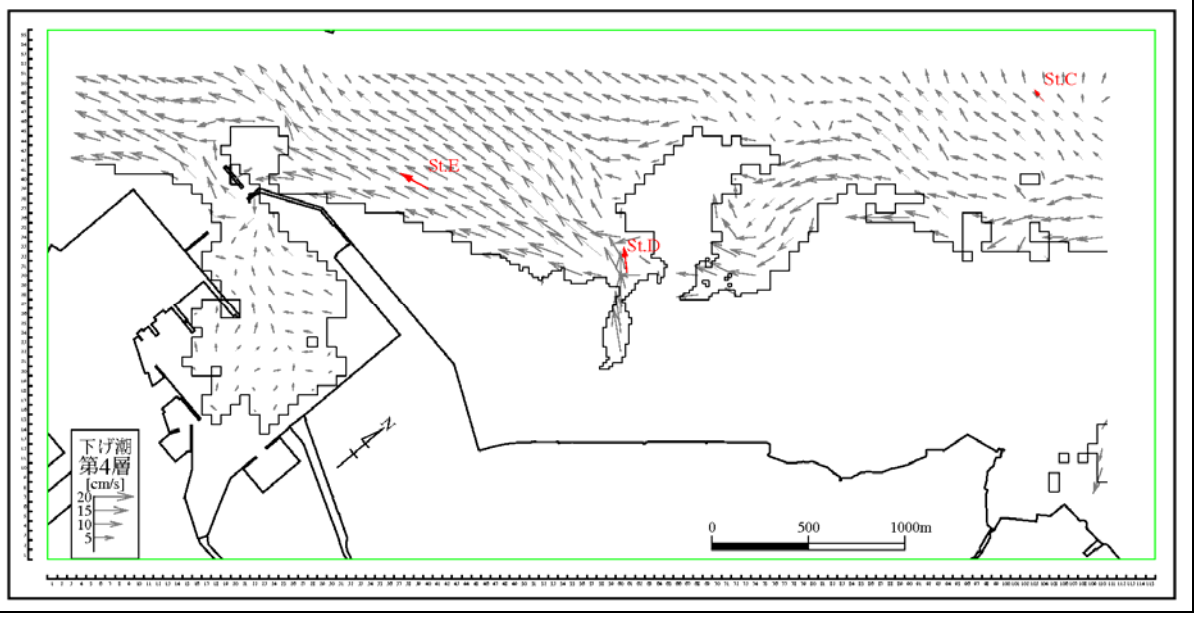
注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.45(3)　平均大潮期流況の比較（冬季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 3 層）

下げ潮時(冬季、大領域、第 4 層)



下げ潮時(冬季、中領域、第 4 層)



注：1.→：計算値、→：観測値
2. 計算値の表示は、大領域の図では 300m 毎、中領域の図では 100m 毎となるように間引いた。

図 6.5.2.45(4)　平均大潮期流況の比較（冬季・下げ潮時、大領域及び中領域、第 4 層）

4）予測結果

（ア）波浪

ア）平常時の予測結果

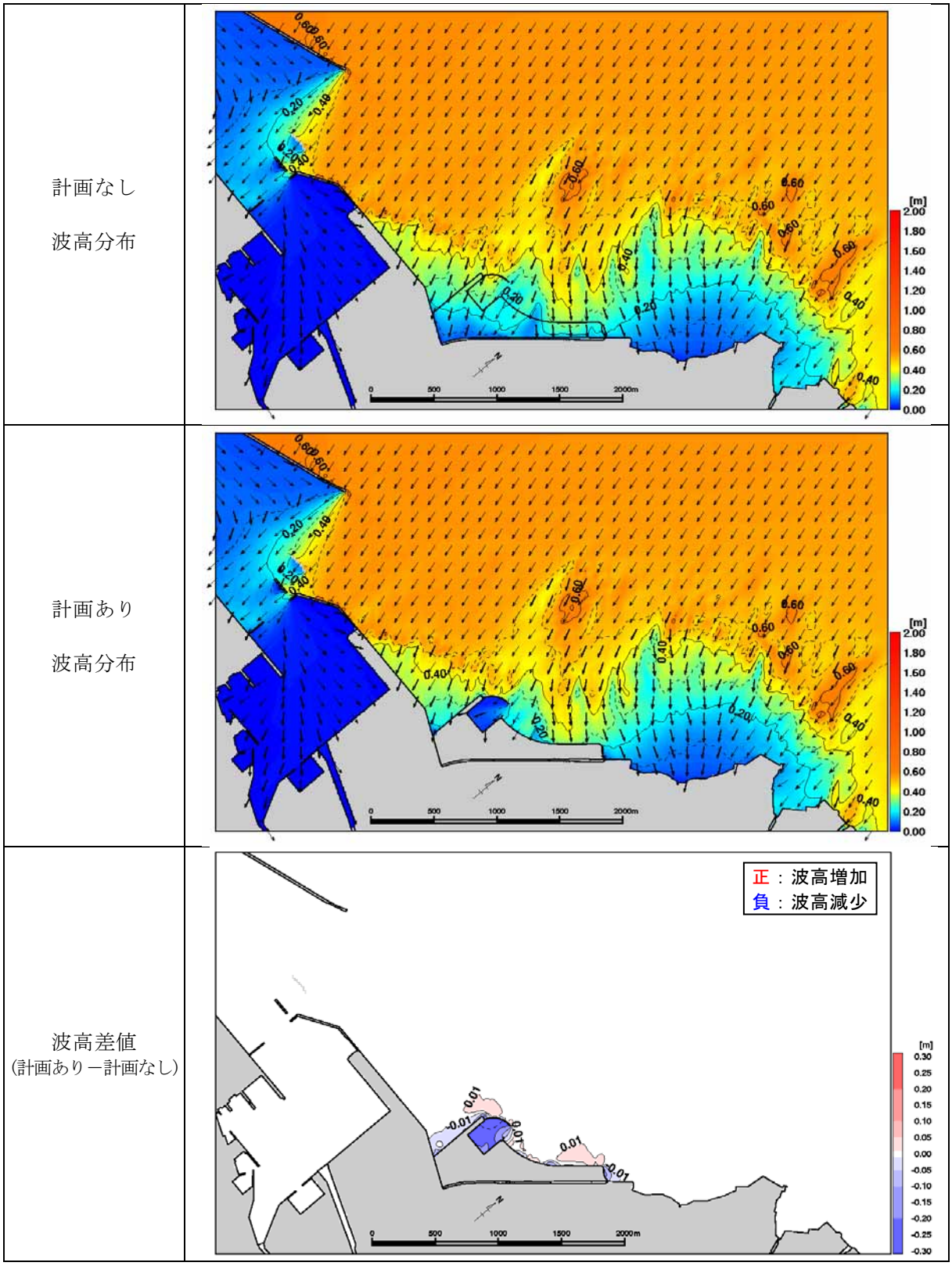
計画なし（現況地形）及び計画あり（埋立地形）について、平常時の予測条件（表 6.5.2.9）で波浪の予測を実施した。夏季及び冬季における平均大潮潮の平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L.)及び平均低潮位(M.L.W.L.)時の計算結果を図 6.5.2.46 及び図 6.5.2.47 に示す。

なお、図 6.5.2.46 及び図 6.5.2.47 には、計画なし及び計画ありの波高の差値をあわせて示した。

埋立地付近では、夏季・冬季ともに新設のマリーナ内を除き平均潮位(M.S.L.)及び平均低潮位(M.L.W.L.)時には大きな波高変化は生じなかった。平均高潮位(M.H.W.L.)時には、最大±0.02m 程度の波高変化が生じたが、変化幅は小さく範囲も限定的であった。

マリーナ内においては、夏季・冬季ともに平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L.)には防波堤による遮蔽により波高が減少し、平均低潮位(M.L.W.L.)時には増深による砕波効果の減少により波高が若干増加する結果となった。

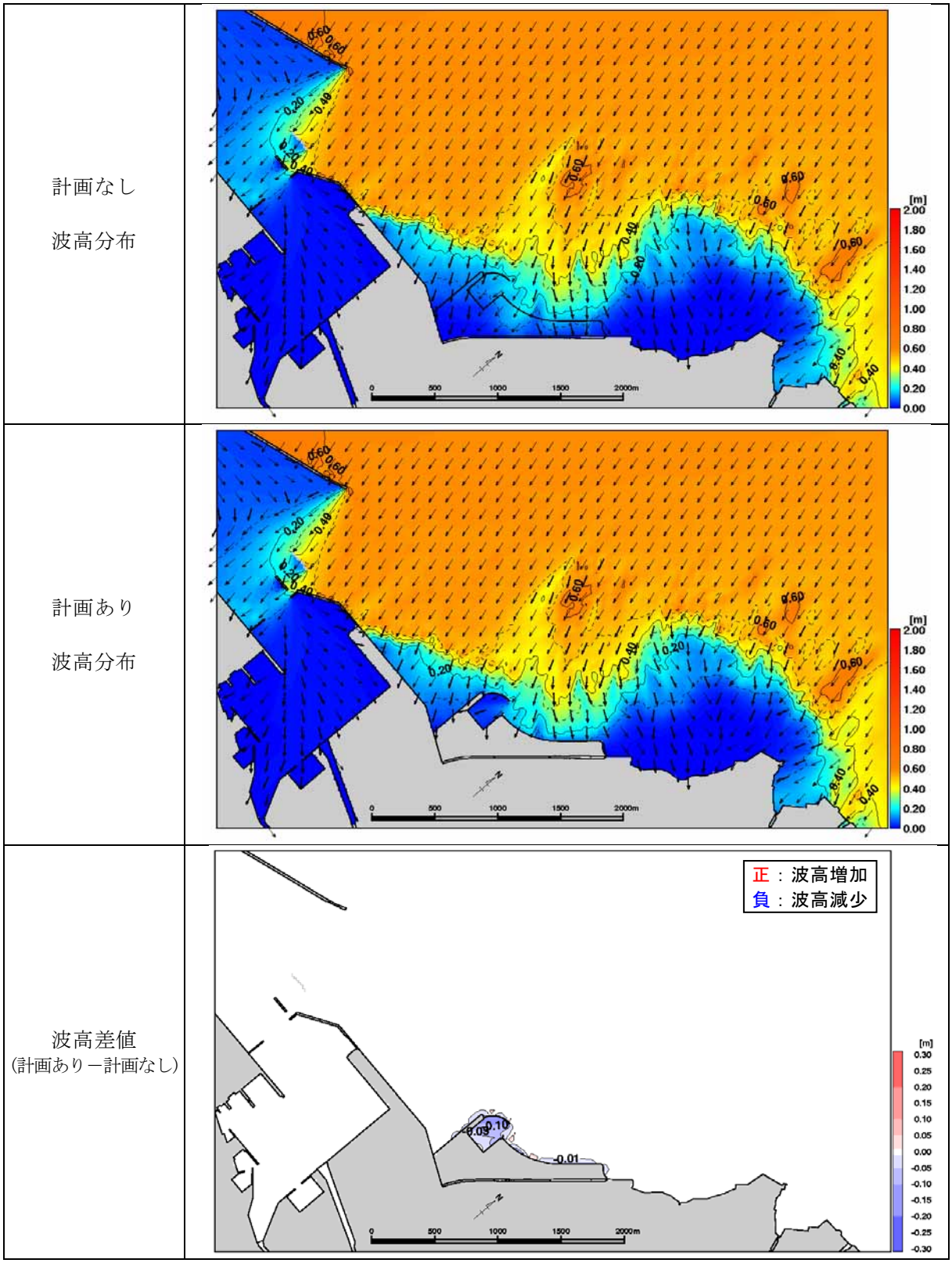
夏季と冬季について、計画なし及び計画ありの波高の差値が類似する要因は、計画地形（埋立地）が位置するリーフ上の波高が、沖波諸元よりも潮位の影響を大きく受けているためだと考えられる。



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.46(1)　波高分布（夏季、平常時、平均大潮潮、平均高潮位(M.H.W.L.)）

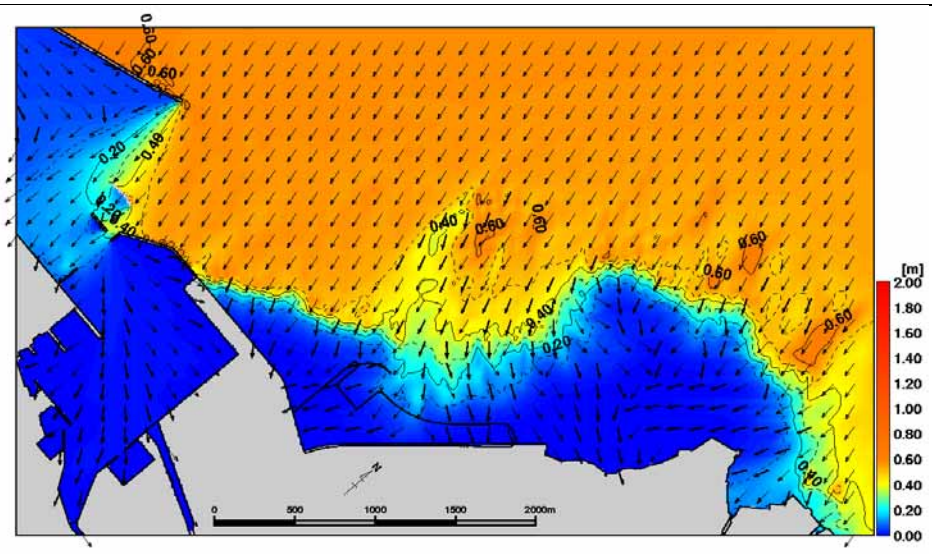
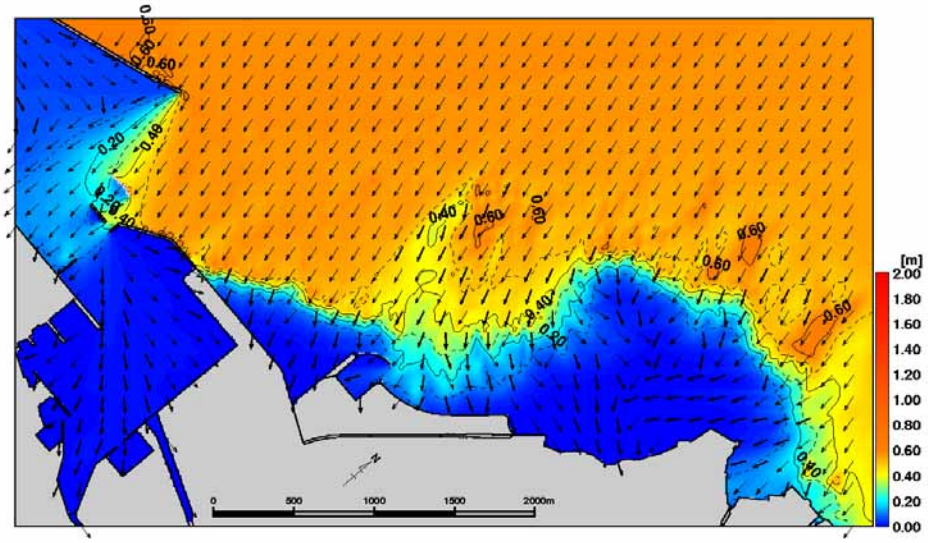
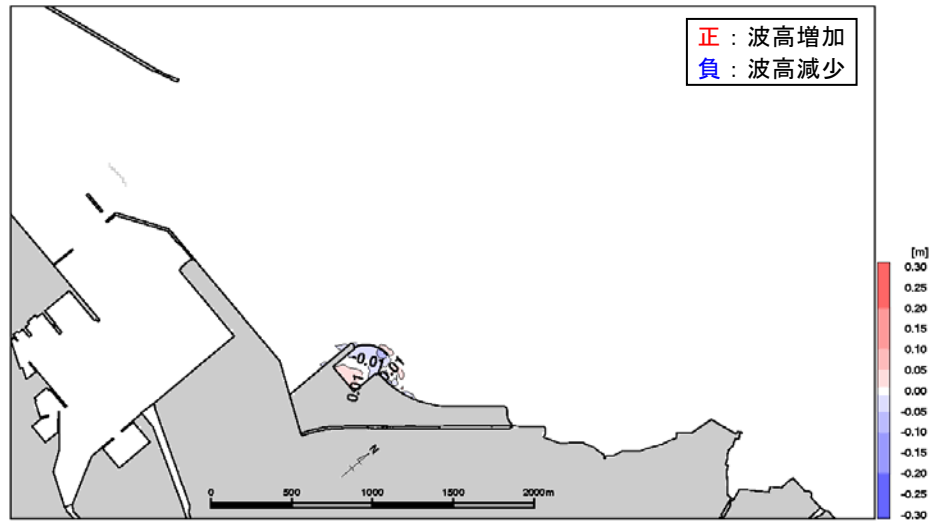
（沖波条件　　波高：0.56m、周期：5.8s、波向：N342°）



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.46(2)　波高分布（夏季、平常時、平均大潮潮、平均潮位(M.S.L.)）

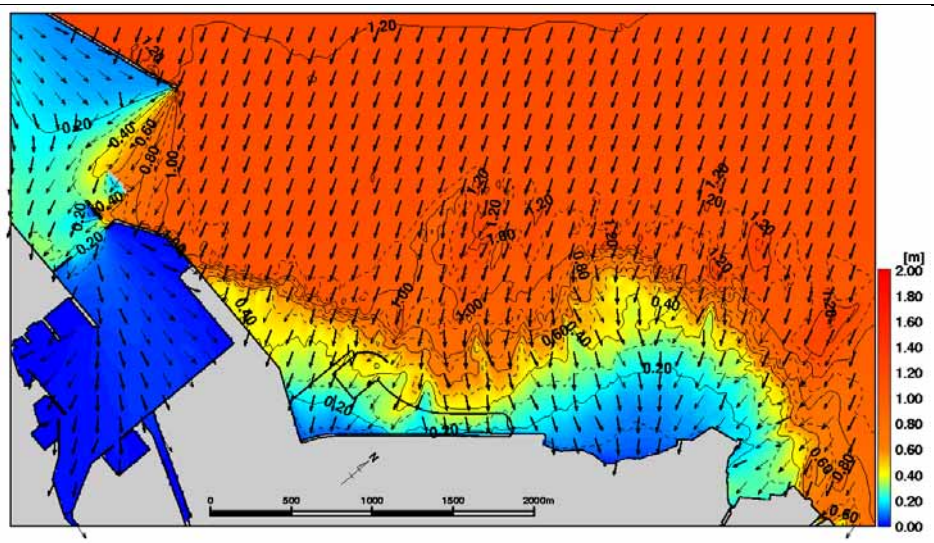
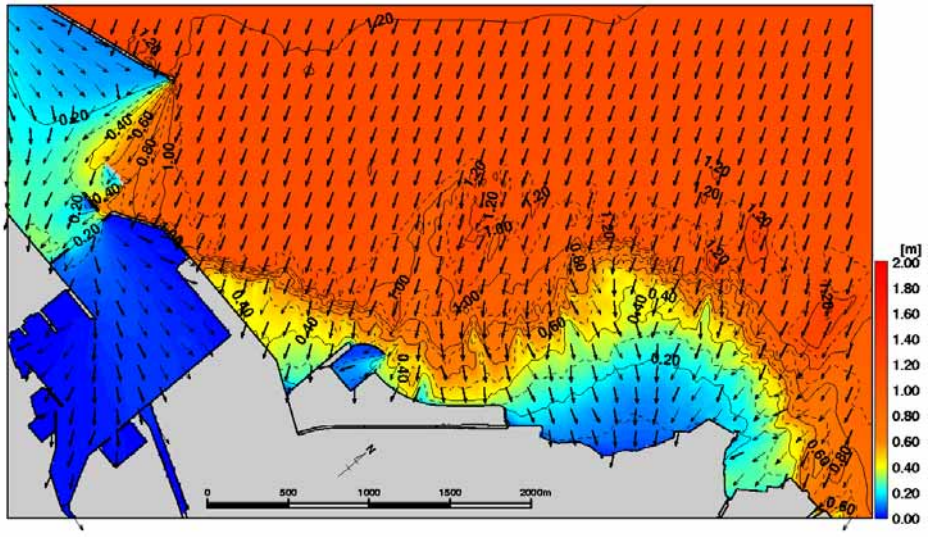
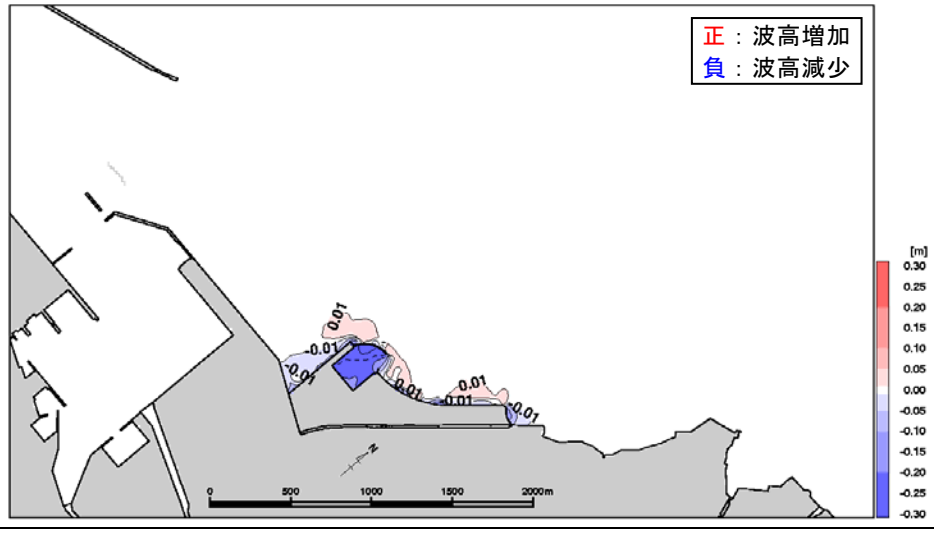
（沖波条件　　波高：0.56m、周期：5.8s、波向：N342°）

計画なし 波高分布	
計画あり 波高分布	
波高差値 (計画あり－計画なし)	

注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.46(3)　波高分布（夏季、平常時、平均大潮潮、平均低潮位(M.L.W.L.)）

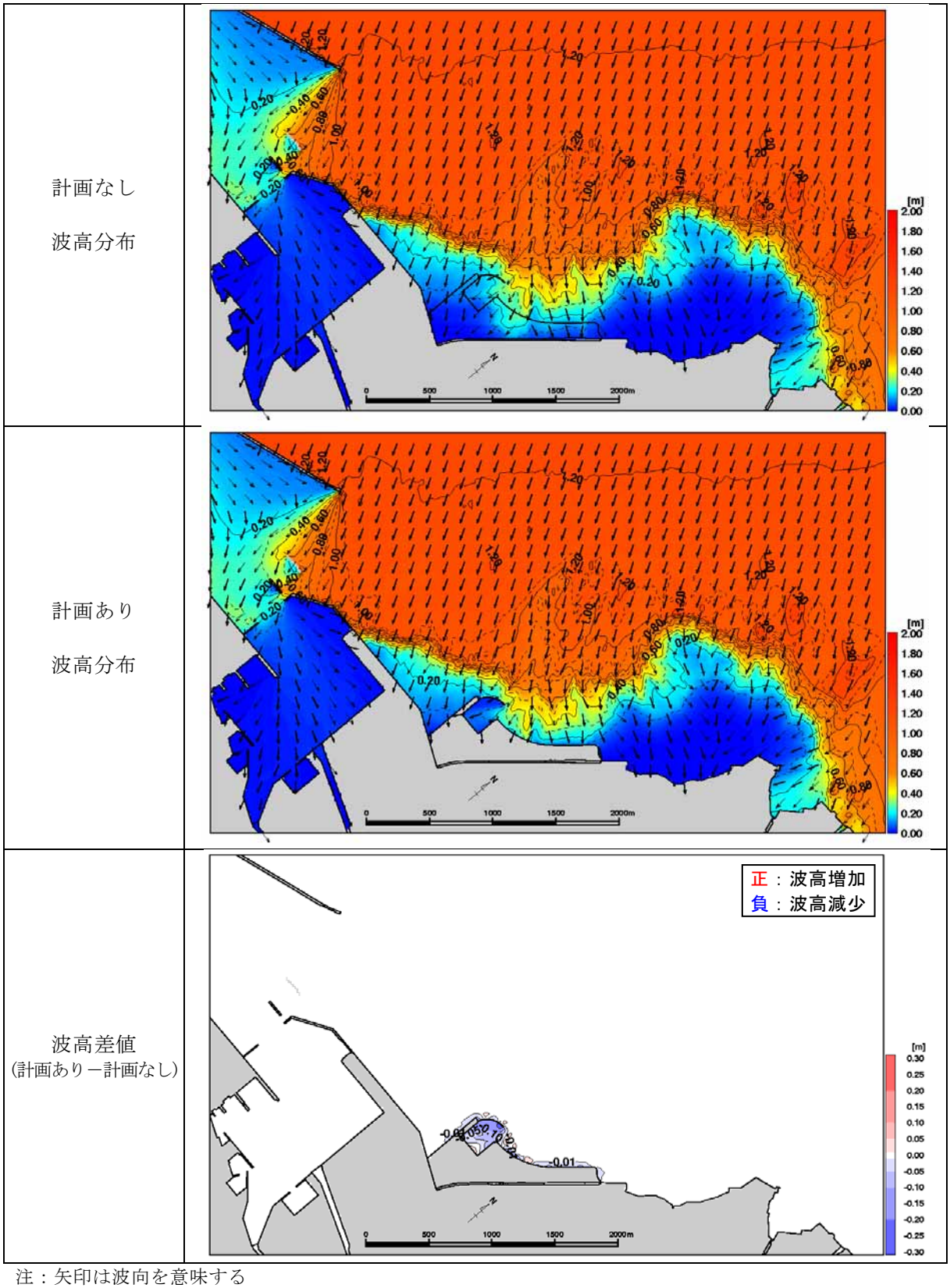
（沖波条件　　波高：0.56m、周期：5.8s、波向：N342°）

計画なし 波高分布	
計画あり 波高分布	
波高差値 (計画あり－計画なし)	

注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.47(1)　波高分布（冬季、平常時、平均大潮潮、平均高潮位(M.H.W.L.)）

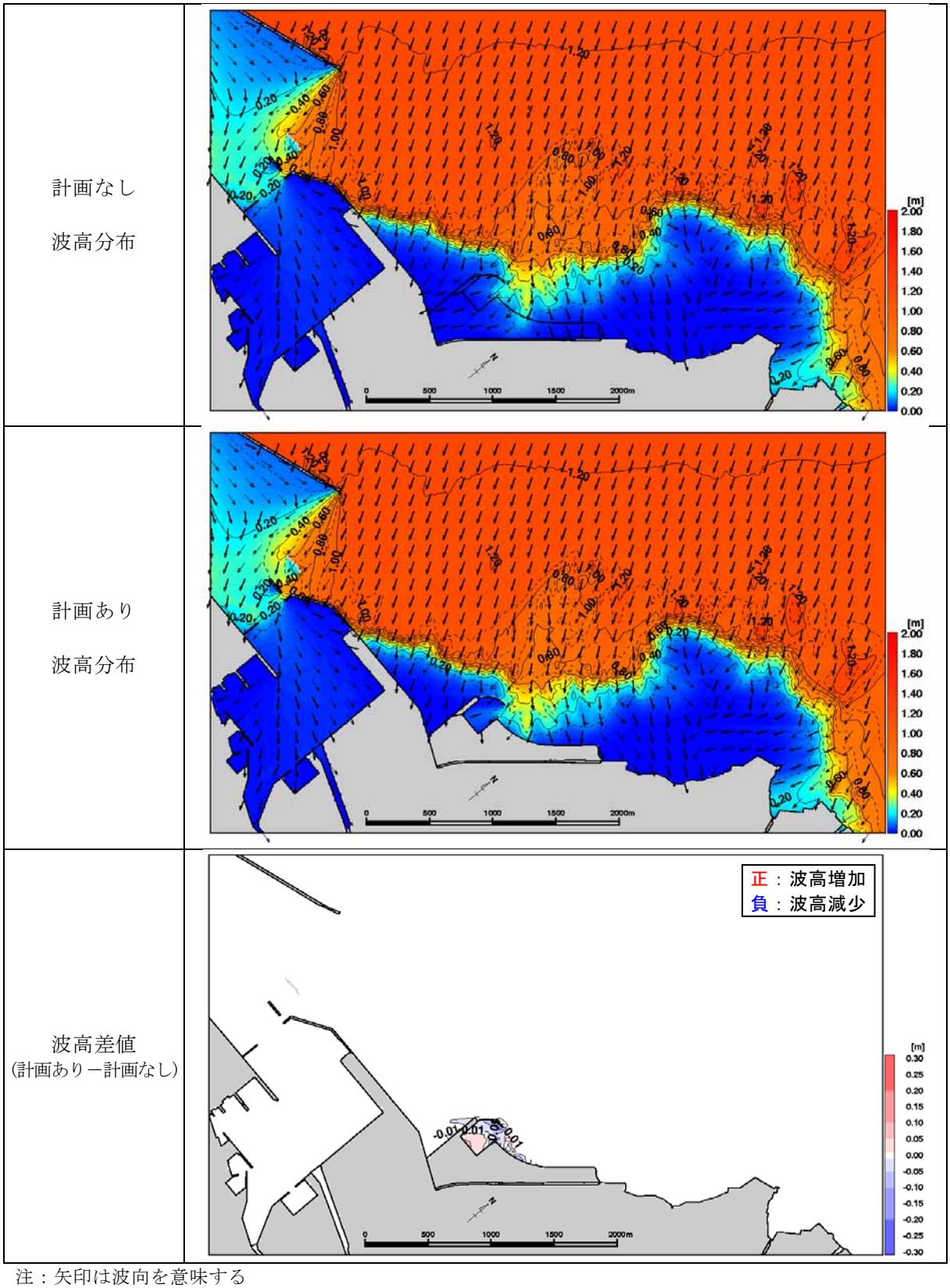
（沖波条件　　波高：1.17m、周期：6.3s、波向：N328°）



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.47(2)　波高分布（冬季、平常時、平均大潮潮、平均潮位(M.S.L.)）

（沖波条件　　波高：1.17m、周期：6.3s、波向：N328°）



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.47(3)　波高分布（冬季、平常時、平均大潮潮、平均低潮位(M.L.W.L)）

（沖波条件　　波高：1.17m、周期：6.3s、波向：N328°）

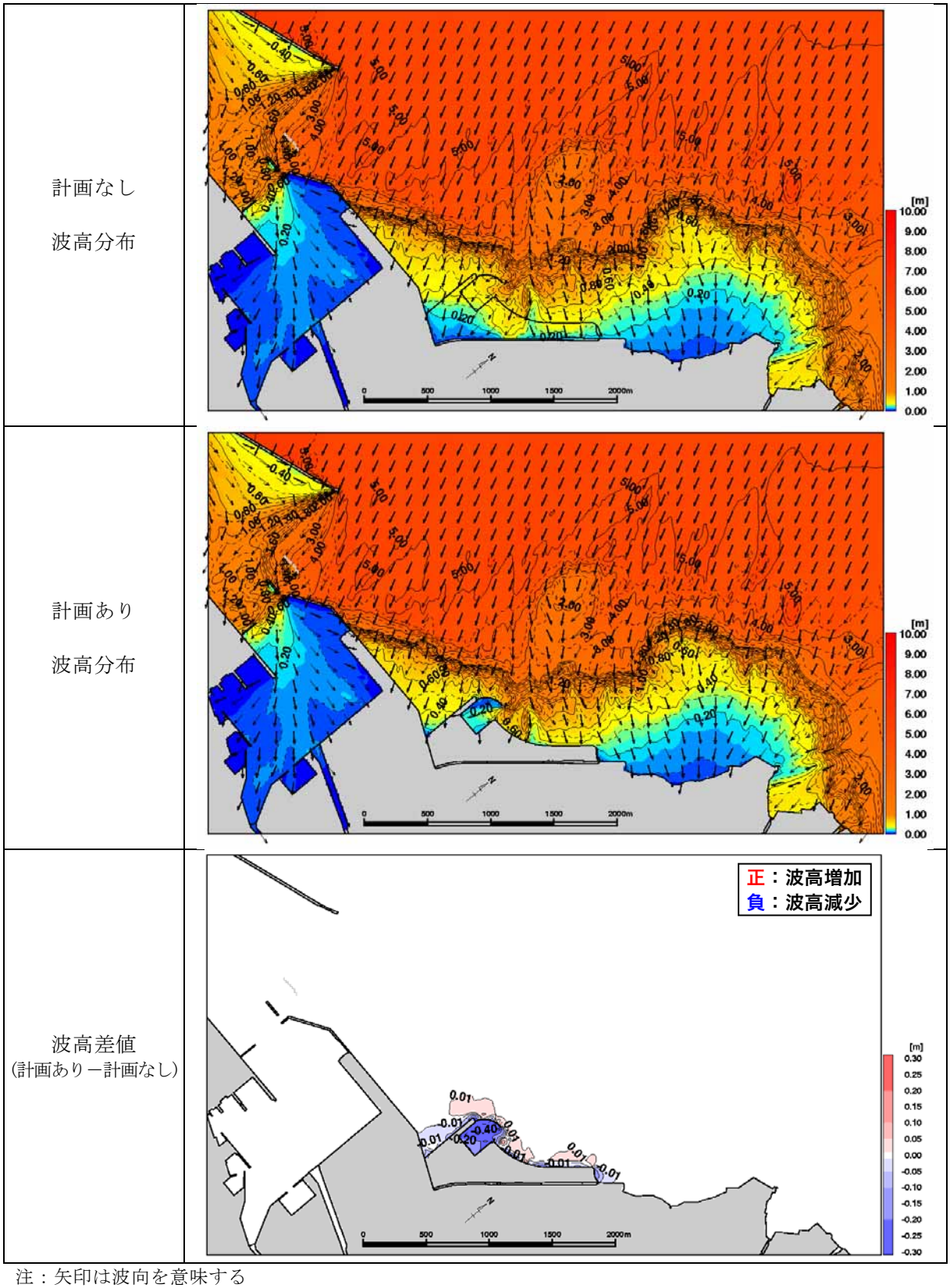
イ）台風時の予測結果

計画なし（現況地形）及び計画あり（埋立地形）について、台風時の予測条件で波浪の予測を実施した。台風時における平均大潮期の平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L)及び平均低潮位(M.L.W.L.)時の計算結果を図 6.5.2.48 に示す。なお、図 6.5.2.48 には、計画なし及び計画ありの波高の差値をあわせて示した。

埋立地付近では、夏季・冬季ともに新設のマリーナ内を除き平均潮位(M.S.L.)及び平均低潮位(M.L.W.L.)時には大きな波高変化は生じなかった。平均高潮位(M.H.W.L.)時には、最大±0.02m 程度の波高変化が生じたが、変化幅は小さく範囲も限定的であった。

マリーナ内においては、夏季・冬季ともに平均高潮位(M.H.W.L.)、平均潮位(M.S.L.)には防波堤による遮蔽により波高が減少し、平均低潮位(M.L.W.L.)時には増深による砕波効果の減少により波高が若干増加する結果となった。

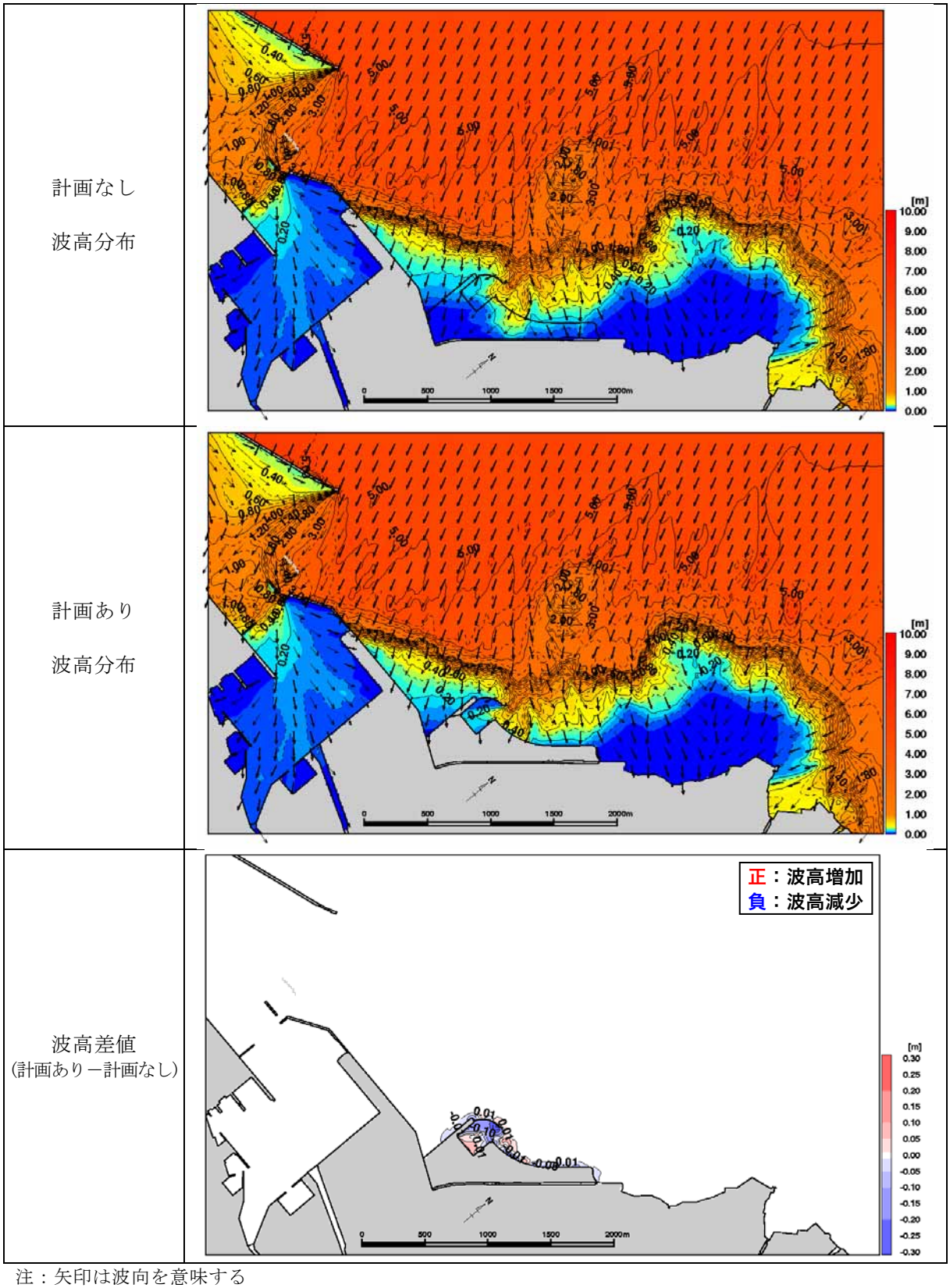
平常時と台風時について、計画なし及び計画ありの波高の差値が類似する要因は、計画地形（埋立地）が位置するリーフ上の波高が、沖波諸元よりも潮位の影響を大きく受けているためだと考えられる。



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.48(1)　波高分布（台風時、平均大潮潮、平均高潮位(M.H.W.L.)）

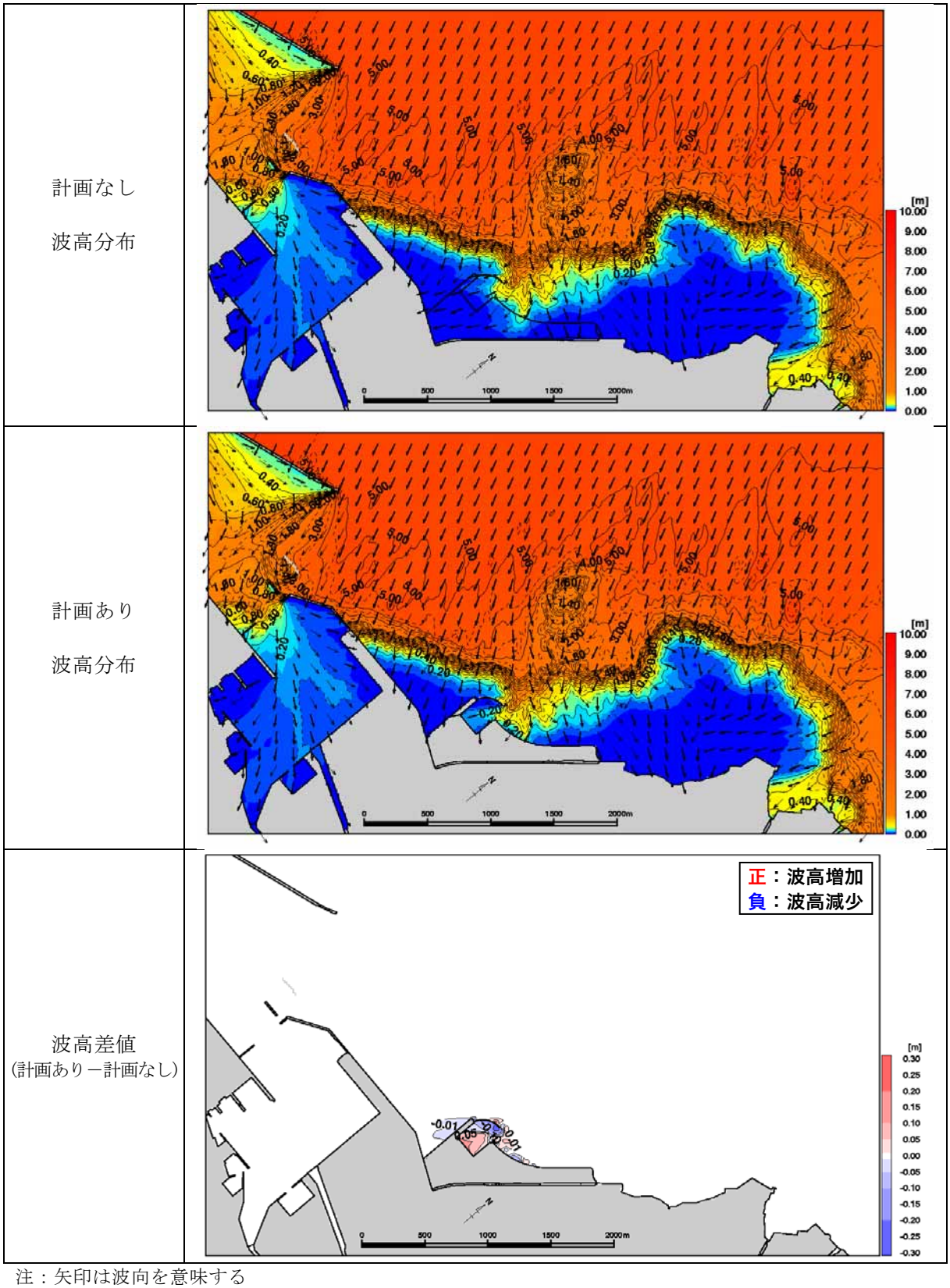
（沖波条件　　波高：5.77m、周期：10.7s、波向：NNW（N337.5°））



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.48(2)　波高分布（台風時、平均大潮潮、平均潮位(M.S.L.)）

（沖波条件　　波高：5.77m、周期：10.7s、波向：NNW（N337.5°））



注：矢印は波向を意味する

図 6.5.2.48(3)　波高分布（台風時、平均大潮潮、平均低潮位(M.L.W.L.)）

（沖波条件　　波高：5.77m、周期：10.7s、波向：NNW（N337.5°））

（イ）潮流

ア）平均潮（M_2分潮）

(a) 流速の変化

平均潮(M_2分潮)の下げ潮時、上げ潮時、平均流を対象に、第 1 層(0.0～2.0m)における「計画なし」と「計画あり」の流速分布の重ね描き、流速ベクトル分布の重ね描き、及び「存在時計画ありーなし」の流速変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.49～図 6.5.2.51 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.52～図 6.5.2.54 に示す。また、表 6.5.2.27 に「計画ありーなし」の流速変化の特徴を示す。

埋立地の存在によって生じる流速変化は、流速が減少する変化が範囲・大きさ共に支配的となっている。その流速変化の特徴は夏季と冬季で類似しているが、波浪に伴う海浜流の影響で流速が大きくなる冬季の方が、流速変化もより大きく生じている。このため、冬季の「計画ありーなし」の流速変化値の分布(図 6.5.2.54)を対象に、流速の減少箇所に着目して影響を考察する。

新設のマリーナ内と入口の航路では、マリーナ内の北側を中心に、冬季の上げ潮時に最大 40cm/s 程度、下げ潮時に最大 30cm/s 程度の減少箇所が生じる。埋立地西側の前面では、道路護岸から 300m 程度の範囲内で、冬季の上げ潮時に 5～10cm/s 程度、下げ潮時に 5cm/s 程度の減少箇所が生じる。また、沖のリーフエッジで、上げ潮時に 5cm/s 程度の減少箇所が生じる。北側防波堤の北西側前面では、防波堤から 200m 程度の範囲内で、冬季の上げ潮時に最大 20cm/s 程度、下げ潮時に最大 10cm/s 程度の減少箇所が生じる。緑地護岸と公共用地護岸の前面では、冬季に最大 10cm/s 程度の減少箇所が局所的に生じる。

以上の結果より、埋立地の存在によって生じる主な流速変化は、新設のマリーナ内の北側を中心とした流速の大幅な減少(最大 40cm/s 程度の減少)と、埋立地の西側～北西側の前面を中心とした流速の減少であると考えられる。

表 6.5.2.27 「計画ありーなし」の流速変化の特徴（平均潮）

	夏季	冬季
	新設のマリーナ内と入口の航路	
下げ潮	マリーナ内の北側を中心として、最大10cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大30cm/s程度の減少箇所が生じる。
上げ潮	マリーナ内の北側を中心として、最大10cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大40cm/s程度の減少箇所が生じる。
平均流	マリーナ内の北側を中心として、最大10cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大20cm/s程度の減少箇所が生じる。
	埋立地西側の前面	
下げ潮	目立った流速変化域は無い。	道路護岸の前面200m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所が生じる。
上げ潮	道路護岸の前面200m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所が生じる。 沖のリーフエッジで、5cm/s程度の減少箇所が生じる。	道路護岸の前面300m程度の範囲内で5～10cm/s程度減少する。 沖のリーフエッジで、5cm/s程度の減少箇所が生じる。
平均流	目立った流速変化域は無い。	道路護岸の前面300m程度の範囲内で5～10cm/s程度の減少箇所が生じる。
	北側防波堤の前面	
下げ潮	防波堤の前面100m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所と、5cm/s程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面100～200m程度の範囲内で最大10cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
上げ潮	防波堤の前面100m程度の範囲内で最大10cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面200m程度の範囲内で最大20cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
平均流	防波堤の前面100m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所と、5cm/s程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面200m程度の範囲内で最大10cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
	緑地護岸と公共用地護岸の前面	
下げ潮	5cm/s程度の減少箇所と5cm/s程度の増加箇所が生じる。	最大10cm/s程度の減少箇所と最大5cm/s程度の増加箇所が生じる。
上げ潮	最大5cm/s程度の減少と最大5cm/s程度の増加箇所が生じる。	最大10cm/s程度の減少箇所と最大5cm/s程度の増加箇所が生じる。
平均流	目立った流速変化域は無い。	最大10cm/s程度の減少箇所と最大5cm/s程度の増加箇所が生じる。

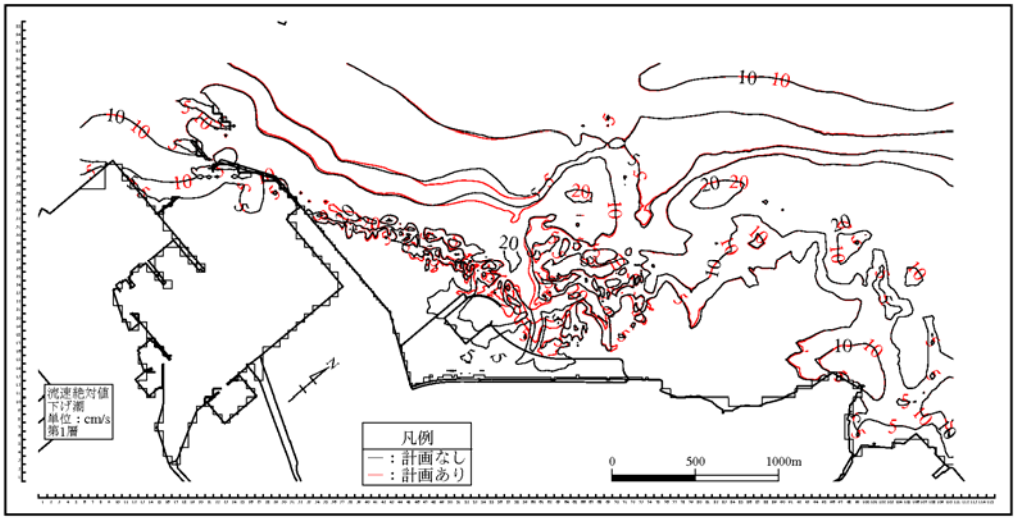


図 6.5.2.49(1)　流速分布（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）

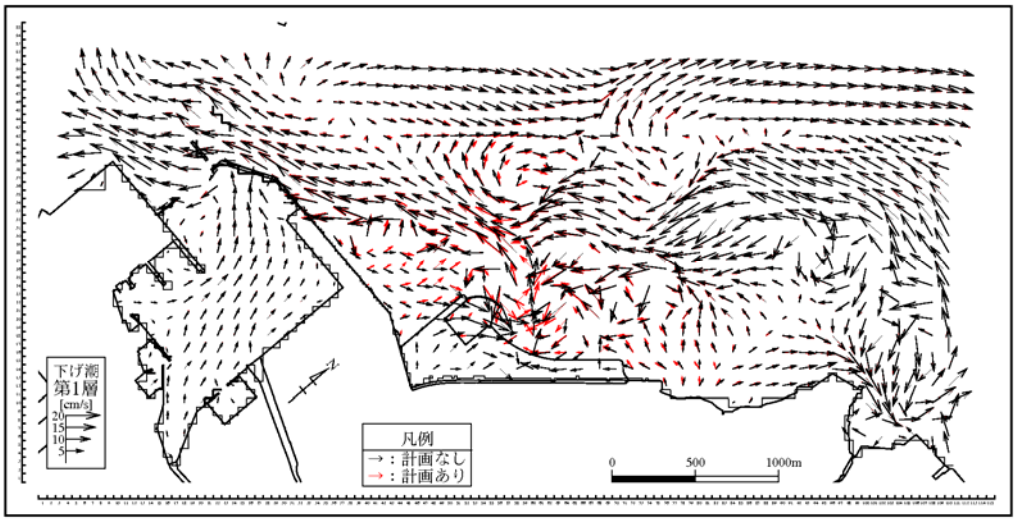


図 6.5.2.50(1)　流速ベクトル（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）

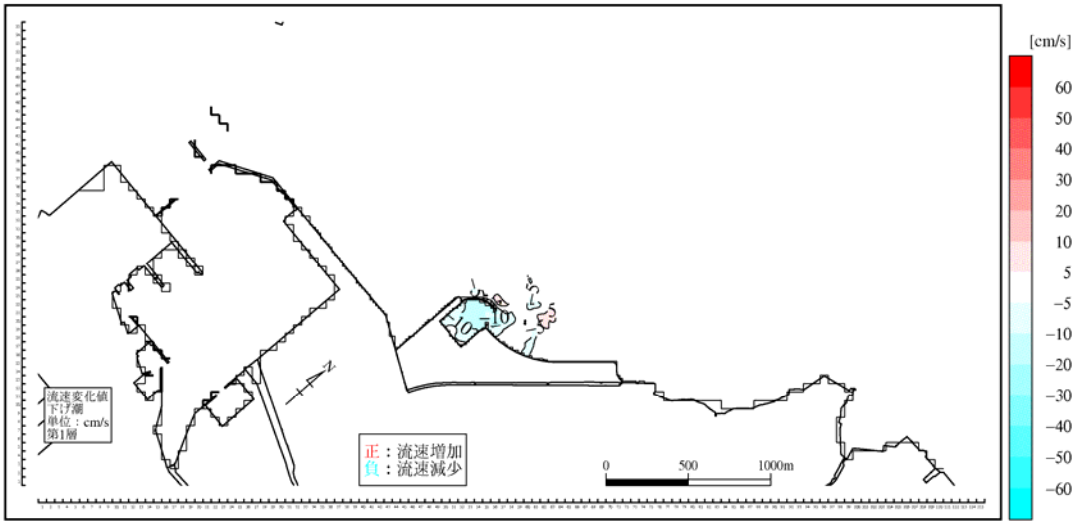


図 6.5.2.51(1)　流速変化（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり-なし

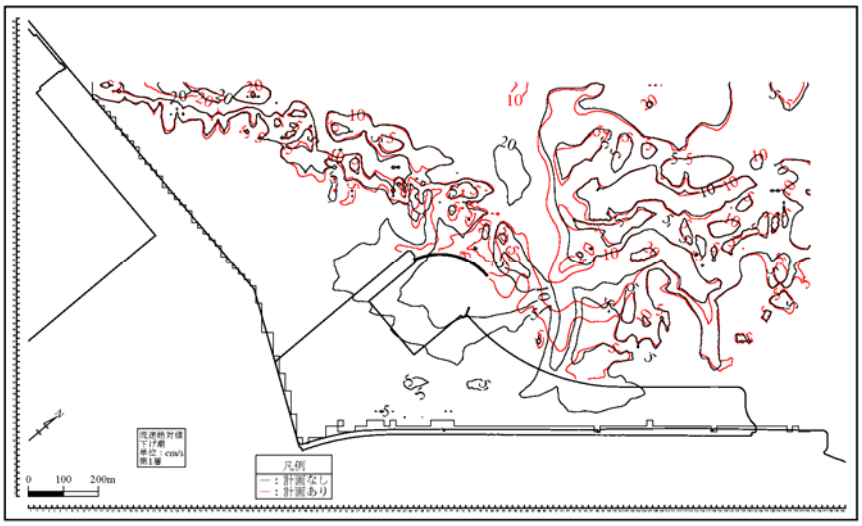


図 6.5.2.49(2)　流速分布（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）

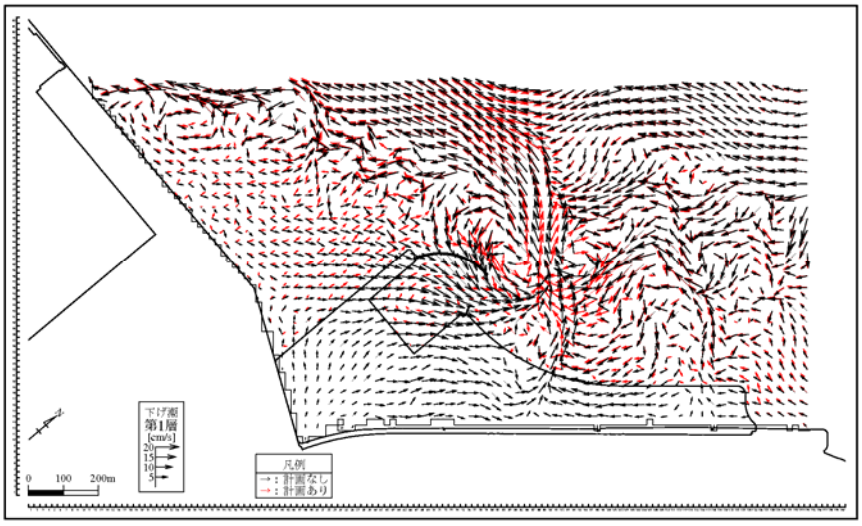


図 6.5.2.50(2)　流速ベクトル（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）

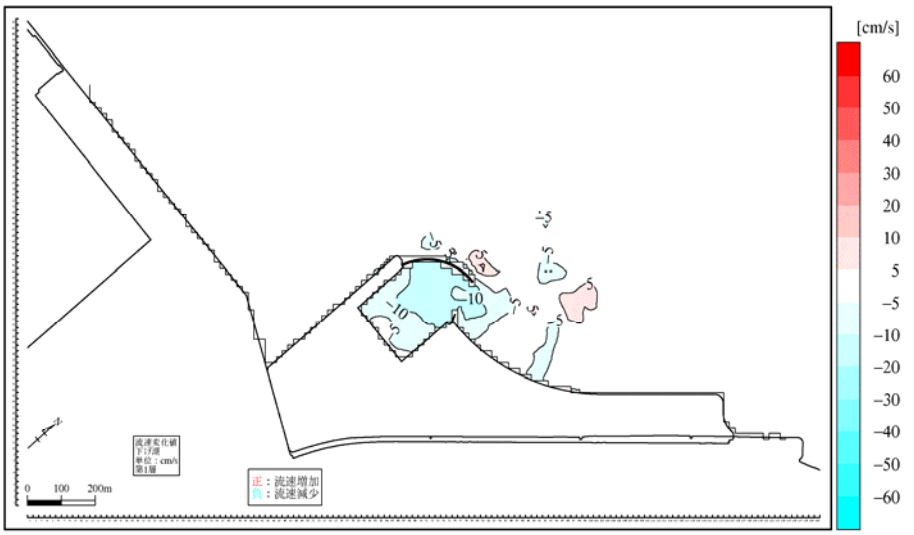


図 6.5.2.51(2)　流速変化（夏季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

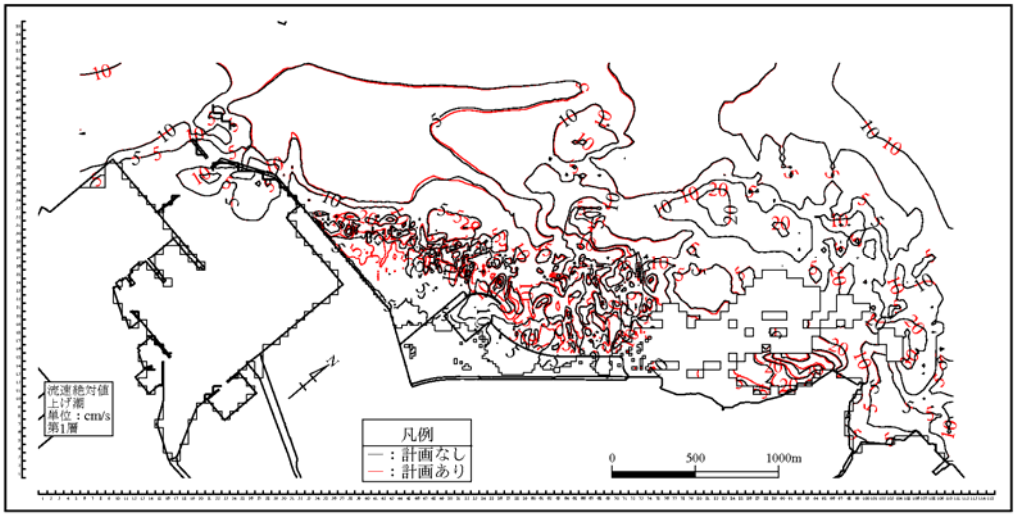


図 6.5.2.49(3)　流速分布（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）

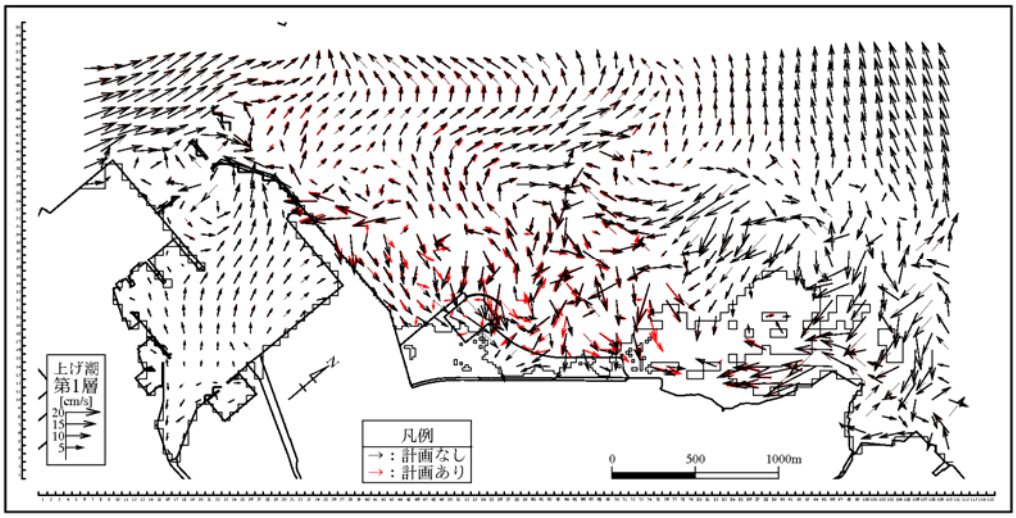


図 6.5.2.50(3)　流速ベクトル（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）

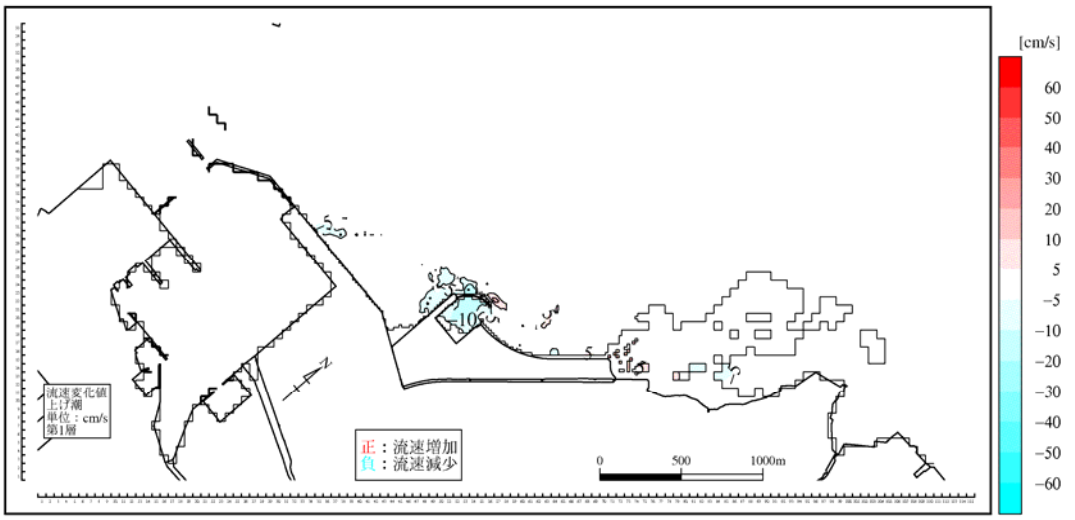


図 6.5.2.51(3)　流速変化（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

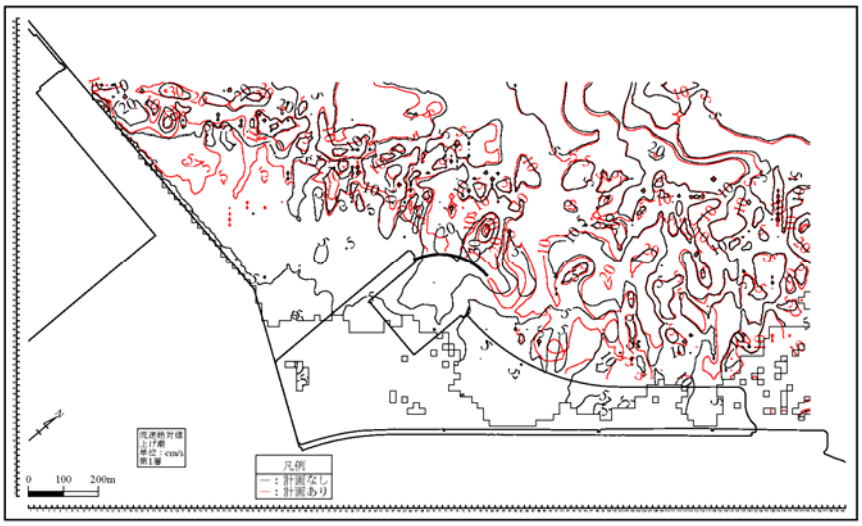


図 6.5.2.49(4)　流速分布（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）

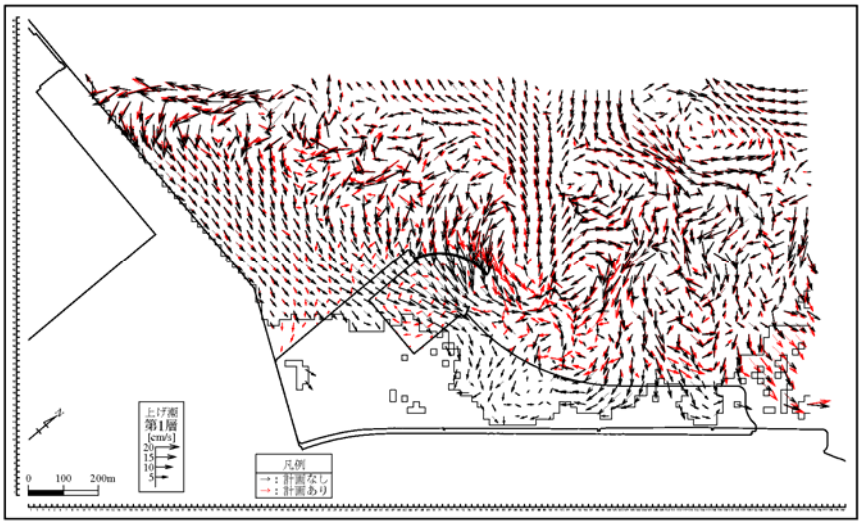


図 6.5.2.50(4)　流速ベクトル（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）

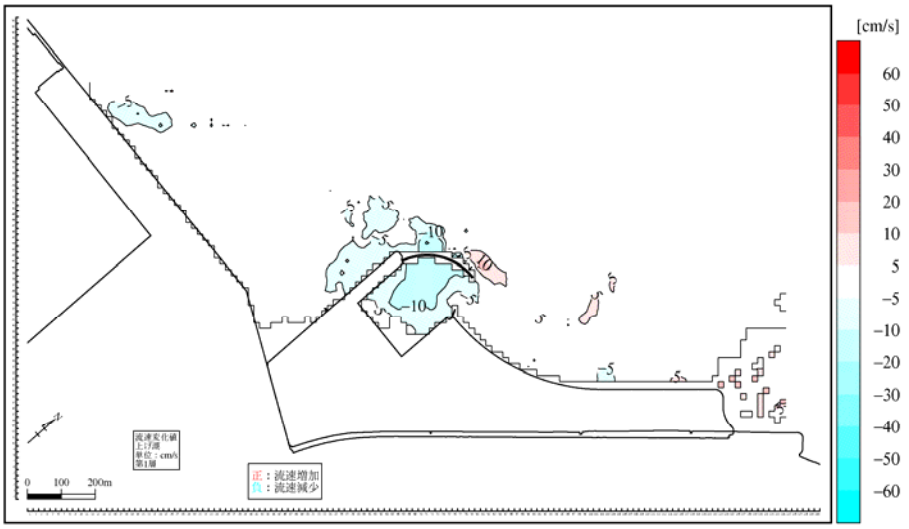


図 6.5.2.51(4)　流速変化（夏季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

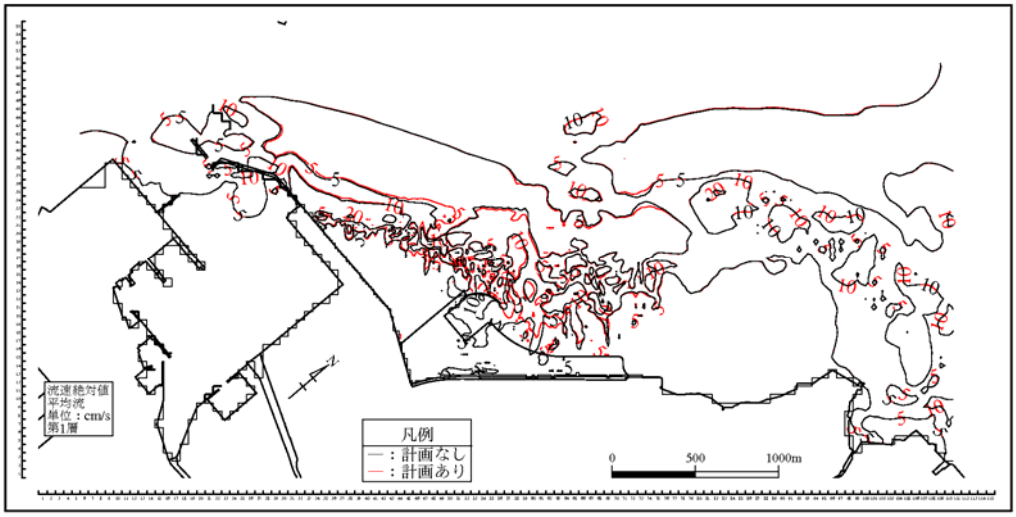


図 6.5.2.49(5)　流速分布（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）

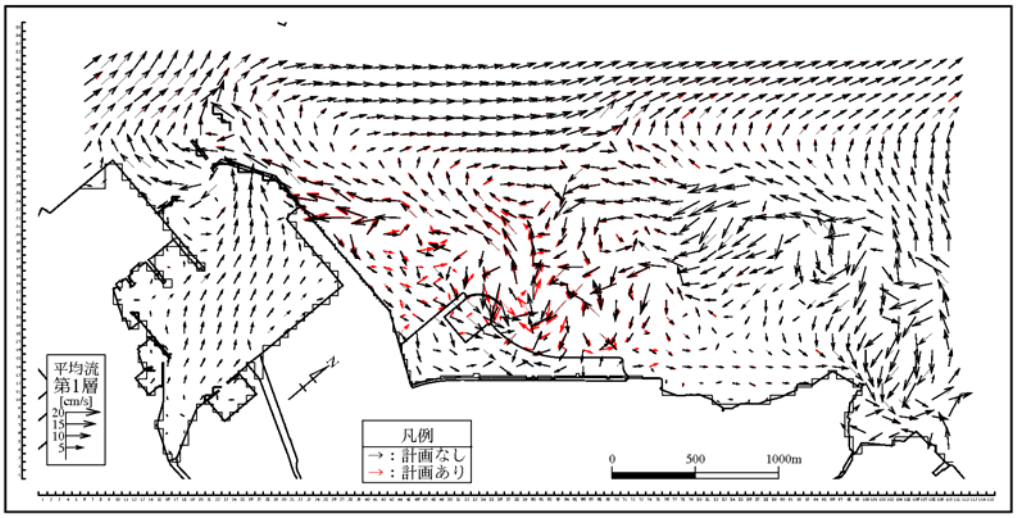


図 6.5.2.50(5)　流速ベクトル（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）

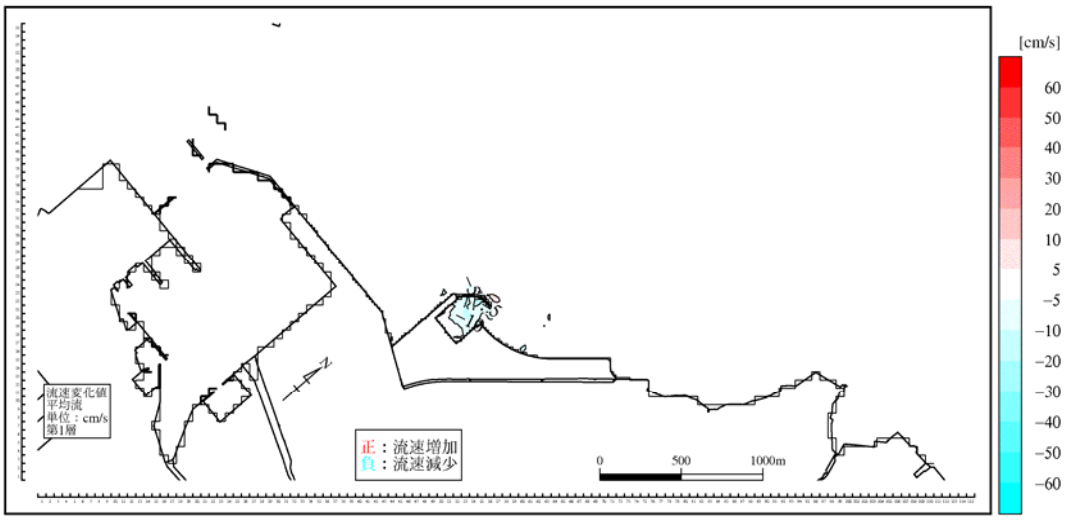


図 6.5.2.51(5)　流速変化（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）計画あり-なし

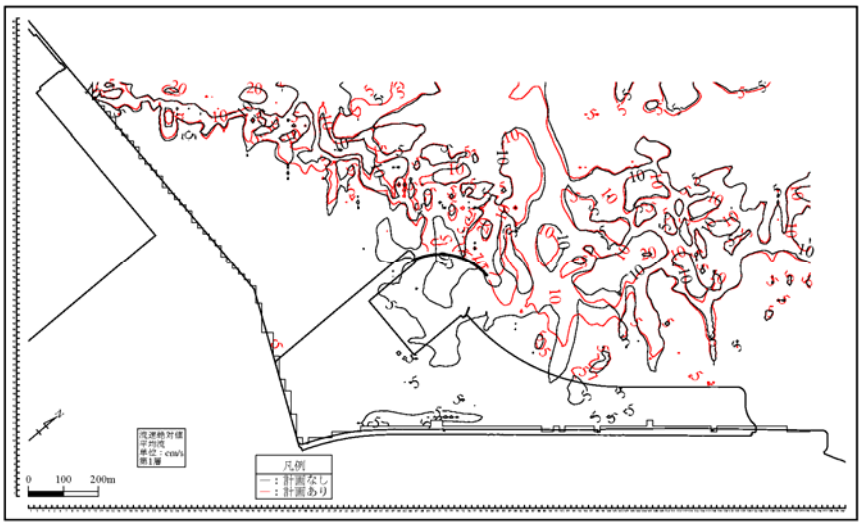


図 6.5.2.49(6)　流速分布（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）

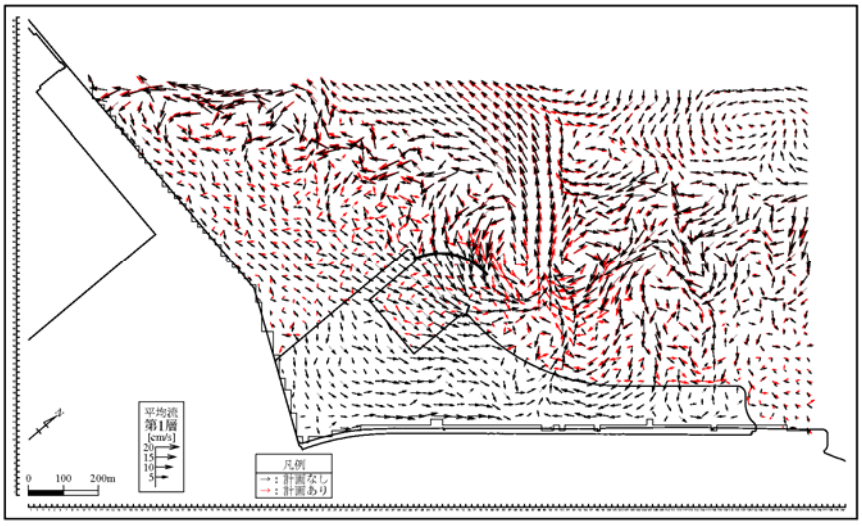


図 6.5.2.50(6)　流速ベクトル（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）

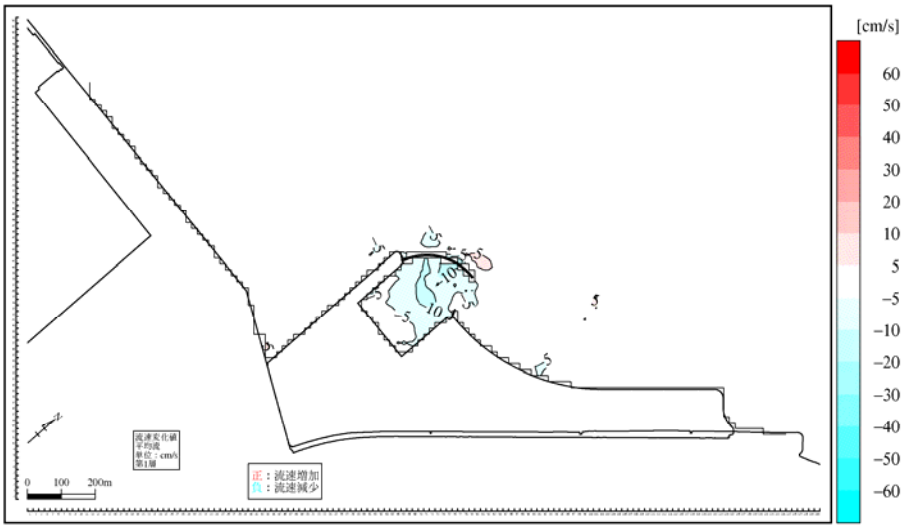


図 6.5.2.51(6)　流速変化（夏季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）計画あり-なし

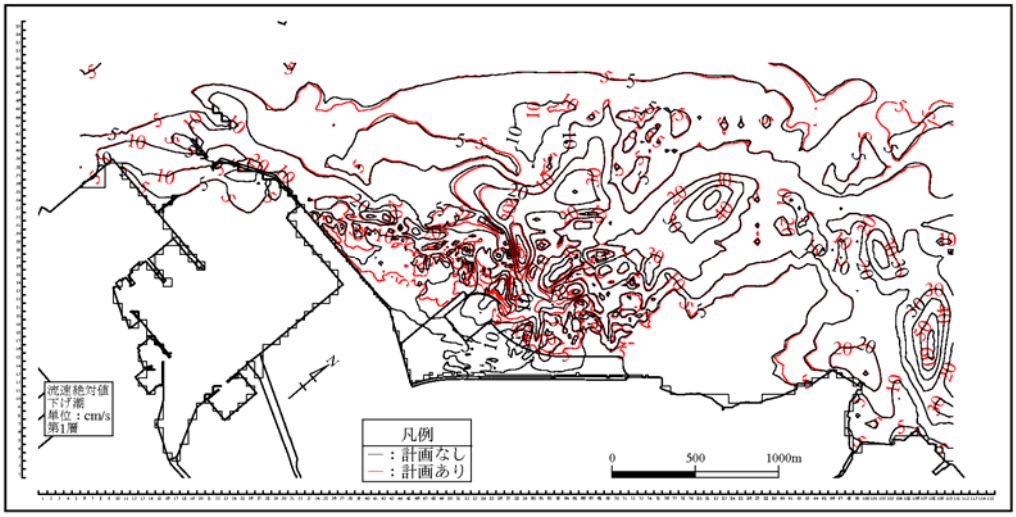


図 6.5.2.52(1)　流速分布（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）

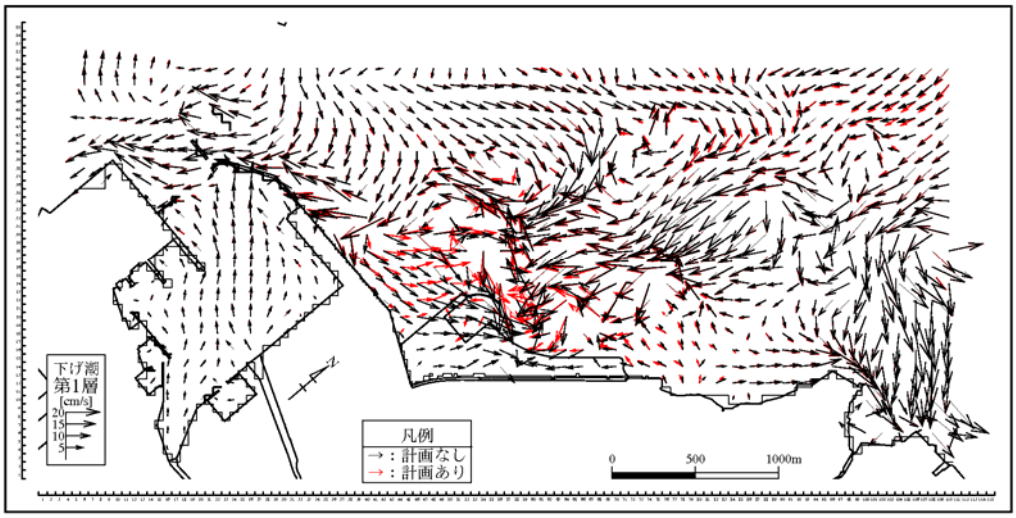


図 6.5.2.53(1)　流速ベクトル（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）

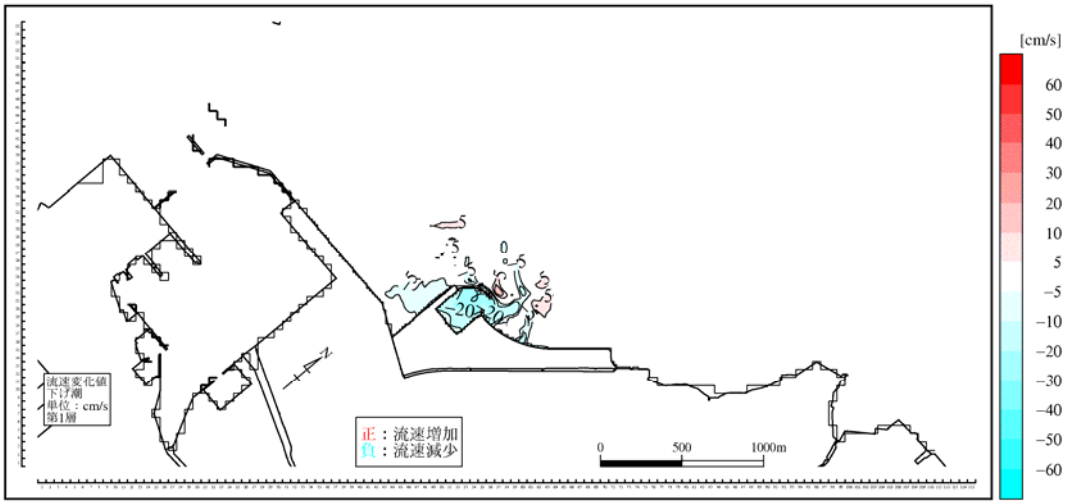


図 6.5.2.54(1)　流速変化（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

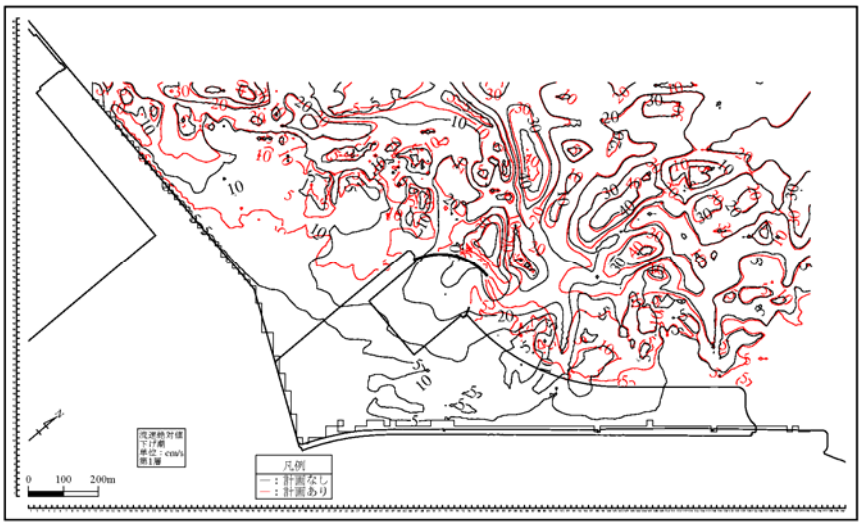


図 6.5.2.52(2)　流速分布（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）

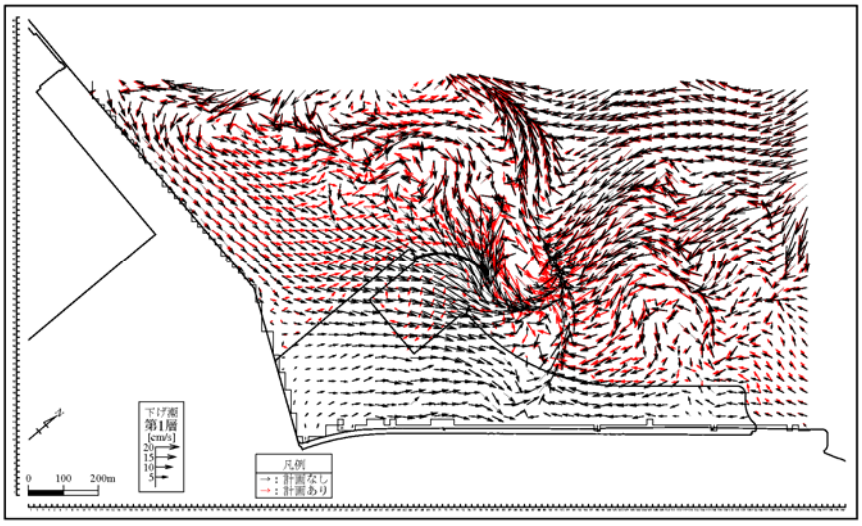


図 6.5.2.53(2)　流速ベクトル（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）

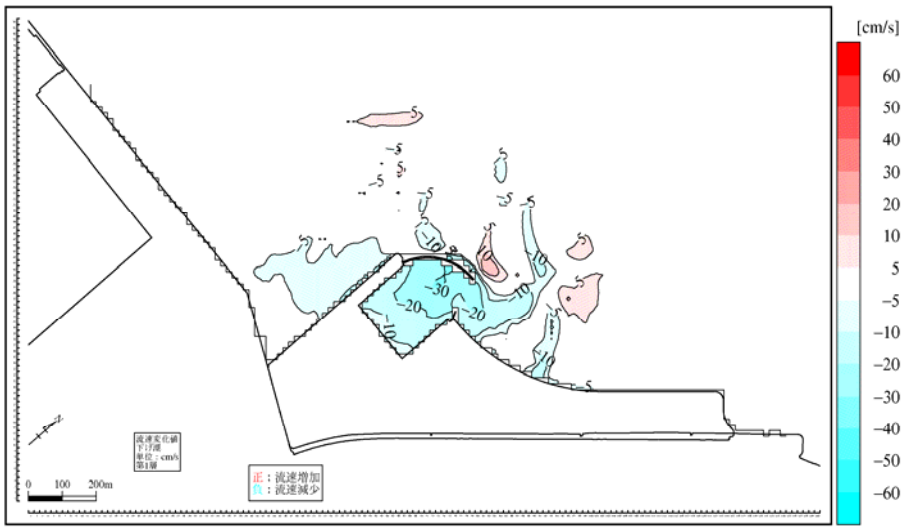


図 6.5.2.54(2)　流速変化（冬季、平均潮、下げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

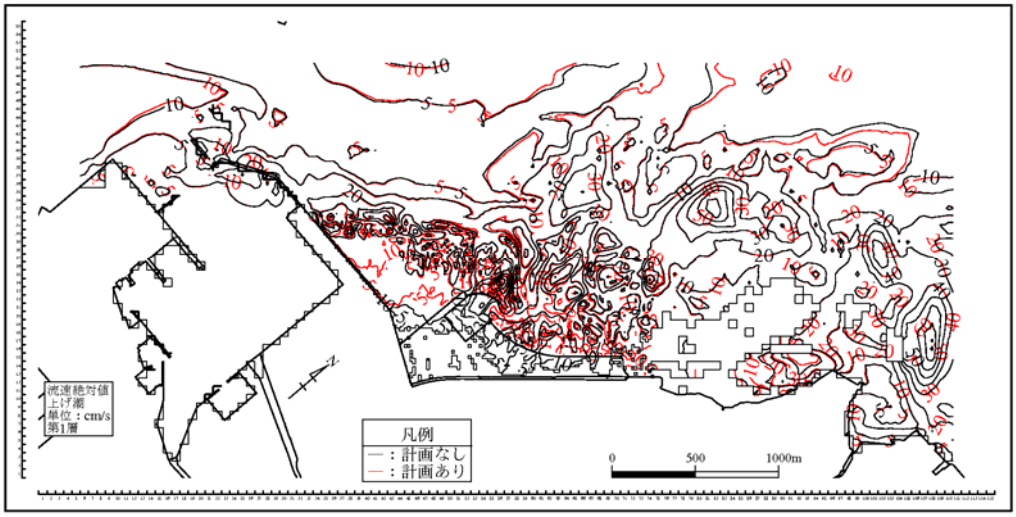


図 6.5.2.52(3)　流速分布（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）

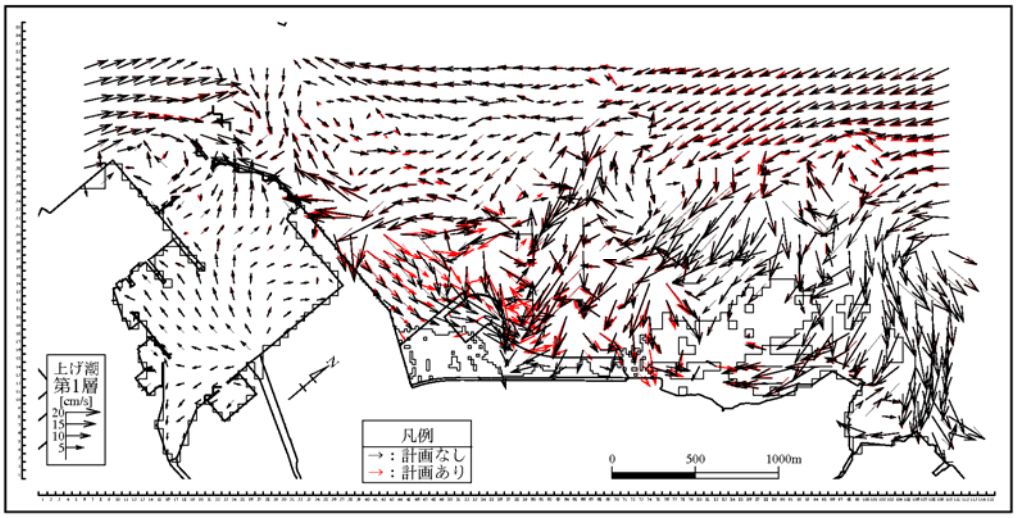


図 6.5.2.53(3)　流速ベクトル（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）

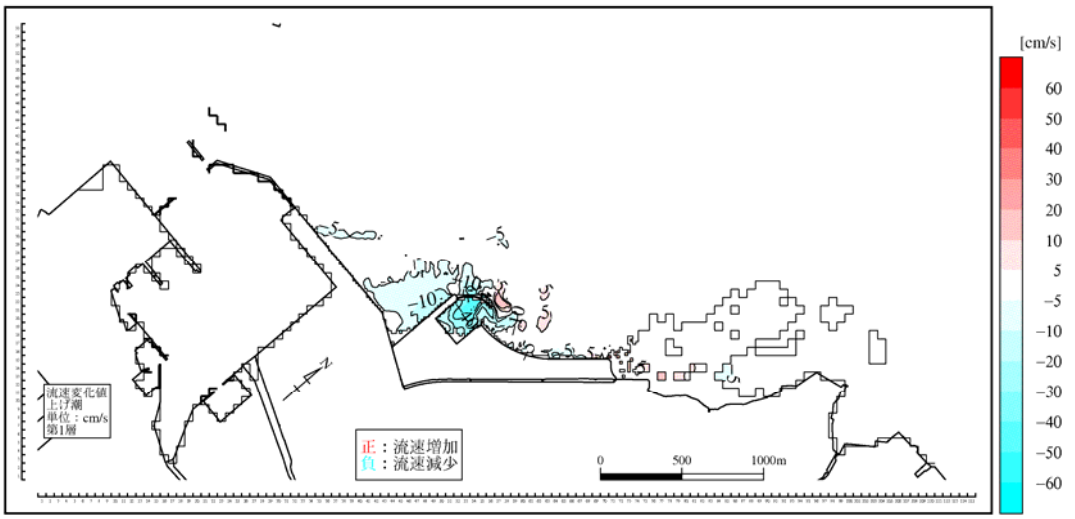


図 6.5.2.54(3)　流速変化（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり-なし

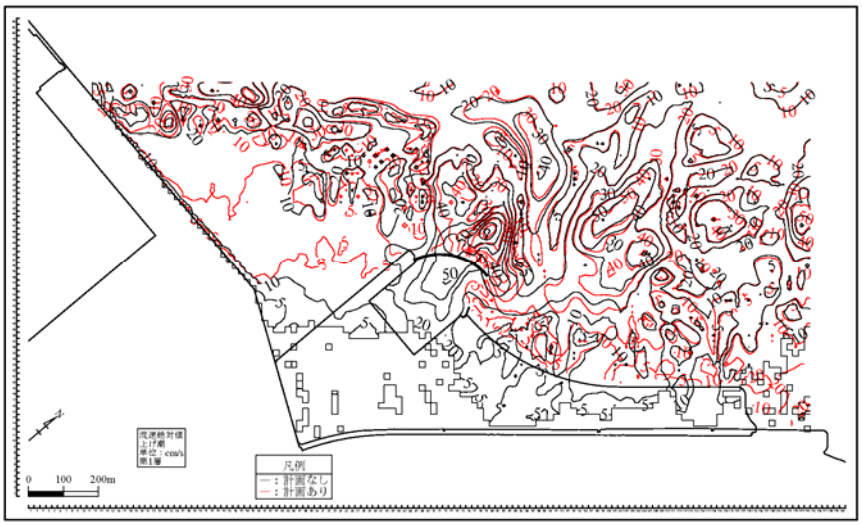


図 6.5.2.52(4)　流速分布（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）

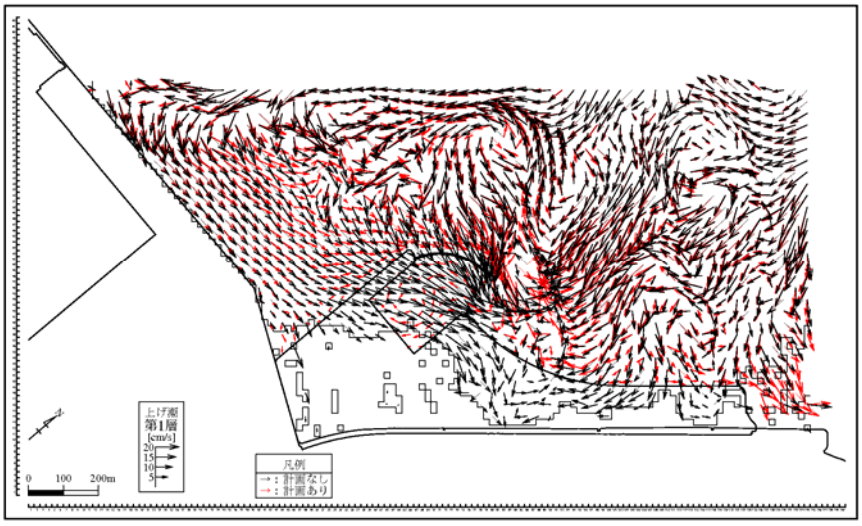


図 6.5.2.53(4)　流速ベクトル（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）

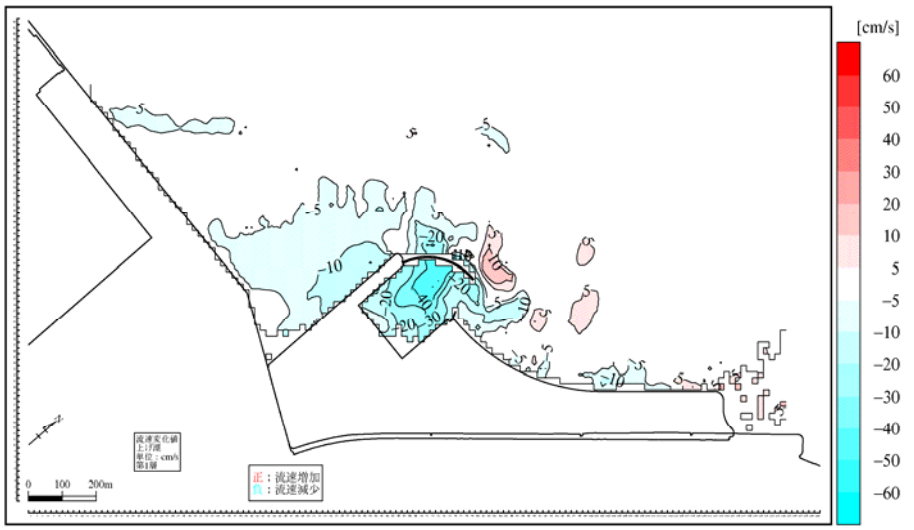


図 6.5.2.54(4)　流速変化（冬季、平均潮、上げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

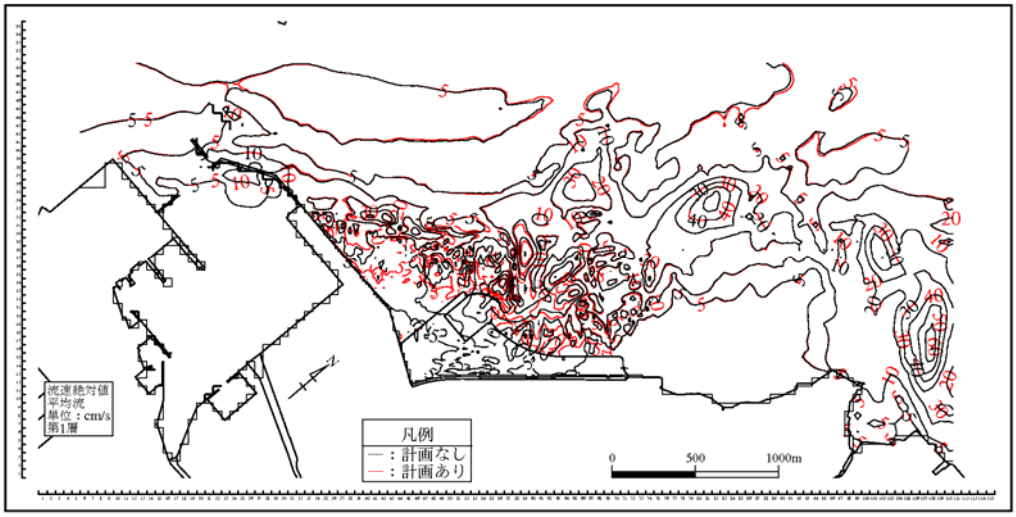


図 6.5.2.52(5)　流速分布（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）

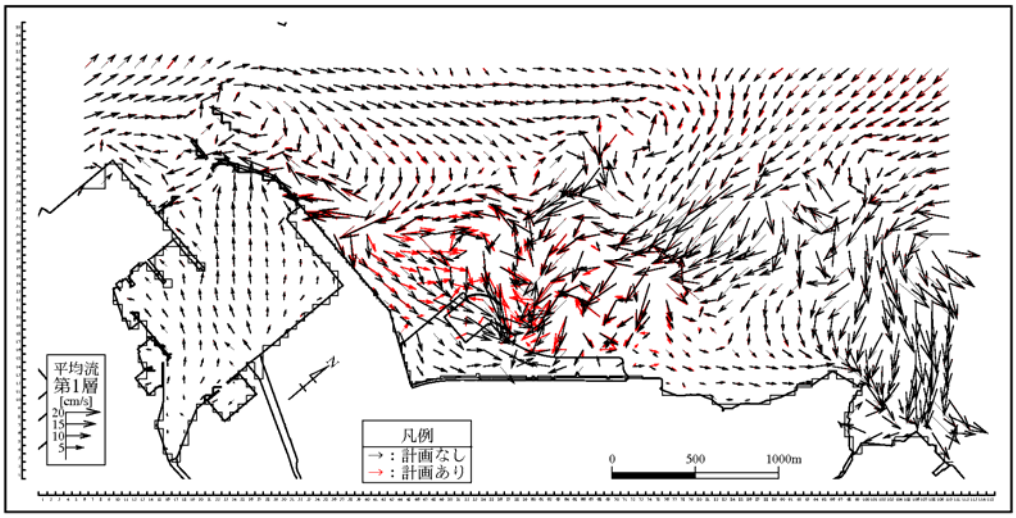


図 6.5.2.53(5)　流速ベクトル（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）

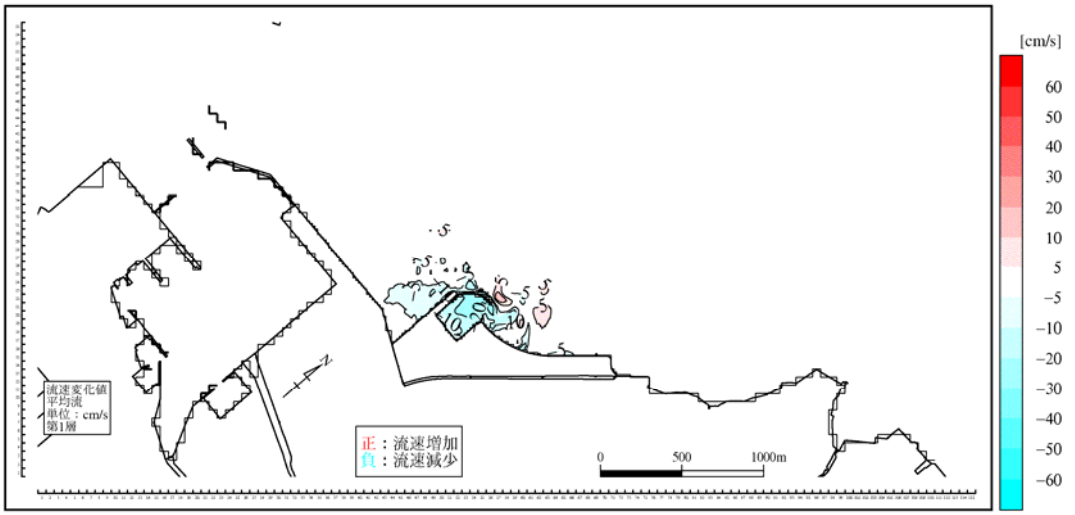


図 6.5.2.54(5)　流速変化（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、中領域）計画あり-なし

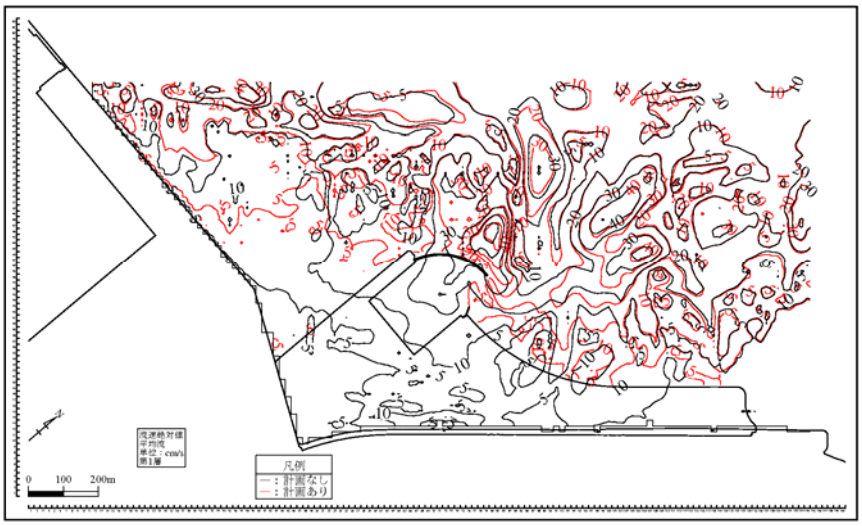


図 6.5.2.52(6)　流速分布（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）

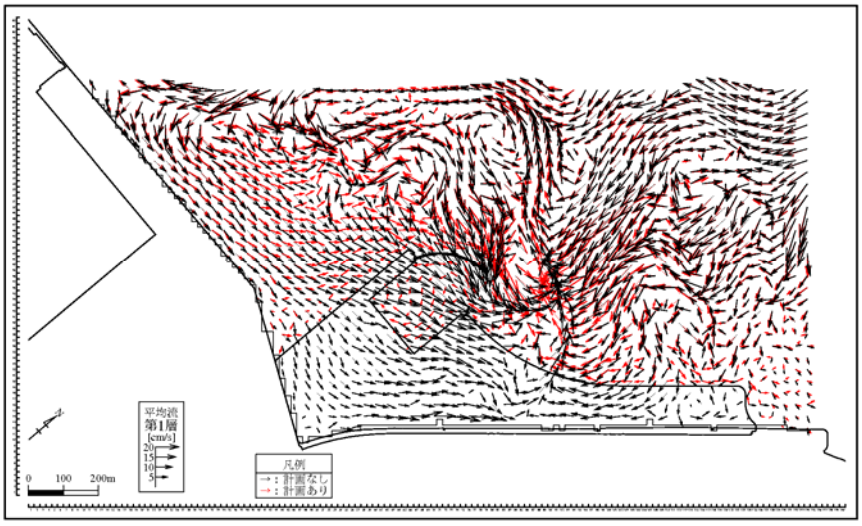


図 6.5.2.53(6)　流速ベクトル（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）

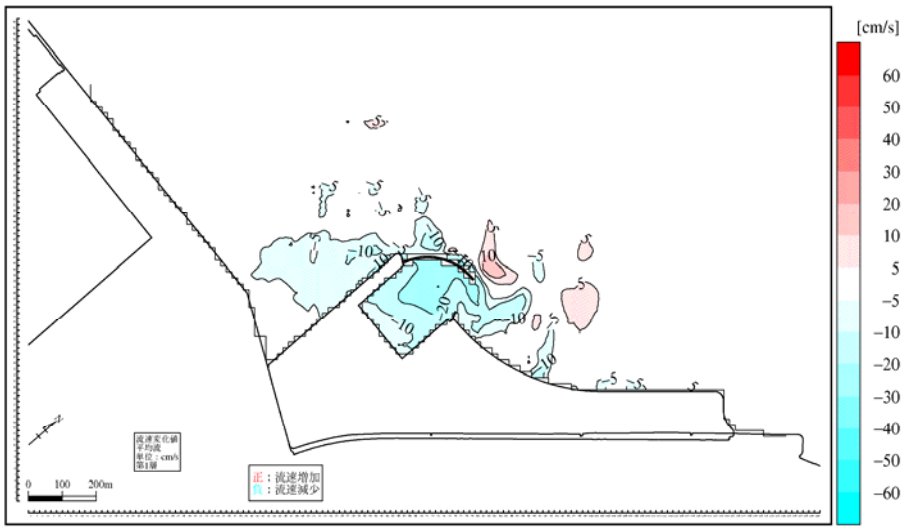


図 6.5.2.54(6)　流速変化（冬季、平均潮、平均流、第 1 層、小領域）計画あり−なし

(b) 水温の変化

平均潮(M2 分潮)の第 1 層(0.0～2.0m)における「計画なし」と「計画あり」の水温分布の重ね描き、及び「計画ありーなし」の水温変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.55 及び図 6.5.2.56 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.59 及び図 6.5.2.60 に示す。

埋立地の存在によって生じる水温の変化は、埋立地西側の前面の浅水域でみられる。

夏季では、第 1 層において 0.0～+0.5℃の増加がみられる。これは、埋立地の存在による流速の低下によって、埋立地西側の前面の浅水域の停滞性が増すことにより、夏場の加温効果の影響が現れやすくなったことが要因と考えられる。

また冬季でも、第 1 層において 0.0～-0.5℃の変化がみられる。これも夏季と同様に埋立地の存在による流速の低下によって、埋立地西側の前面の浅水域の停滞性が増すことによって、冬季の冷却効果の影響が現れやすくなったことが要因と考えられる。

(c) 塩分の変化

平均潮(M_2 分潮)の第 1 層(0.0～2.0m)における「計画なし」と「計画あり」の塩分分布の重ね描き、及び「計画ありーなし」の塩分変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.57 及び図 6.5.2.58 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.61 及び図 6.5.2.62 に示す。

埋立地の存在によって生じる塩分の変化は 0.5 未満であり小さい。

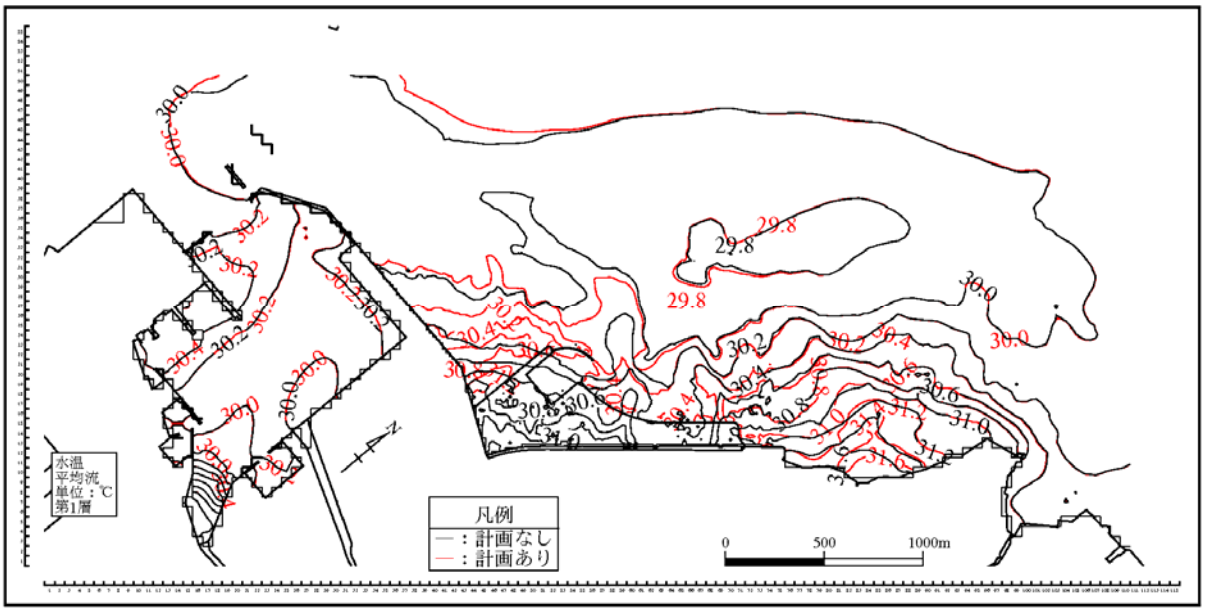


図 6.5.2.55　水温分布（夏季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）

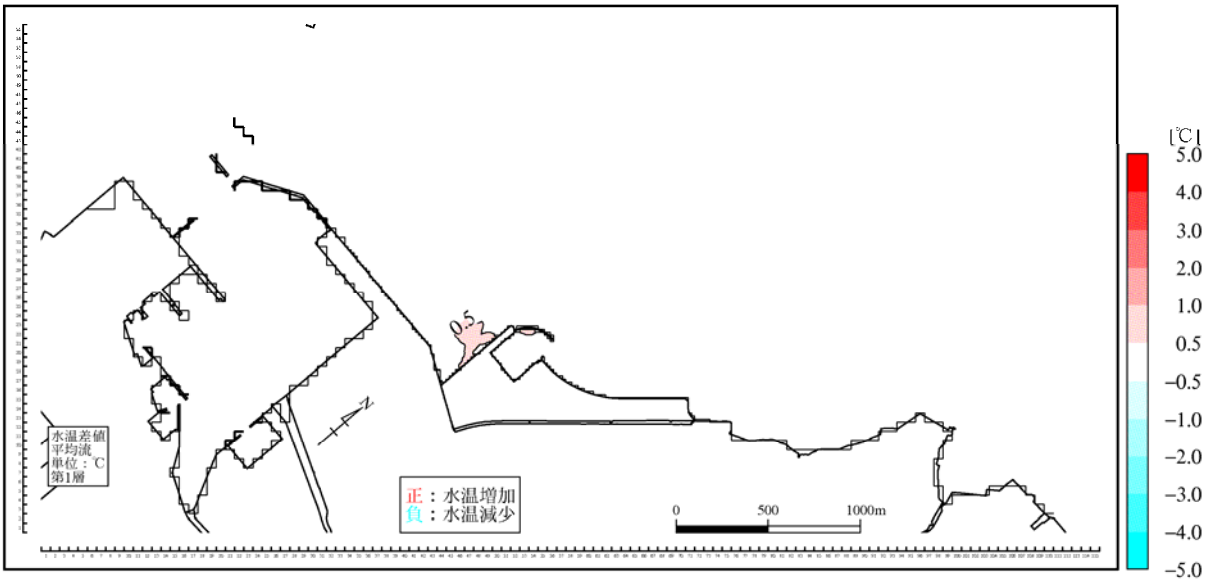


図 6.5.2.56　水温変化（夏季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

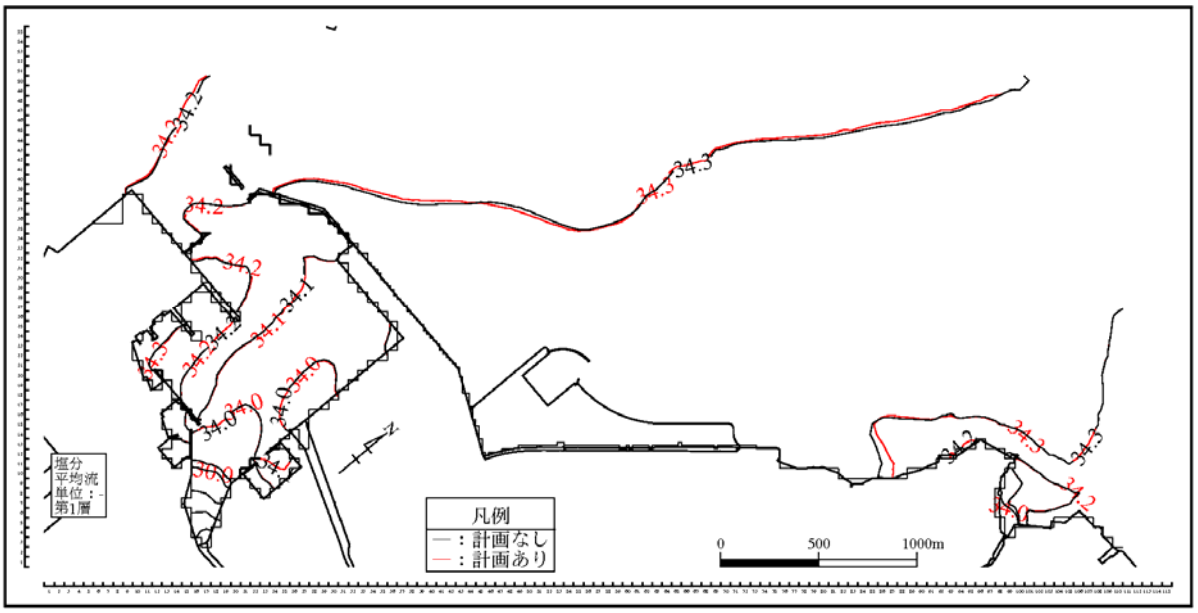


図 6.5.2.57　塩分分布（夏季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）

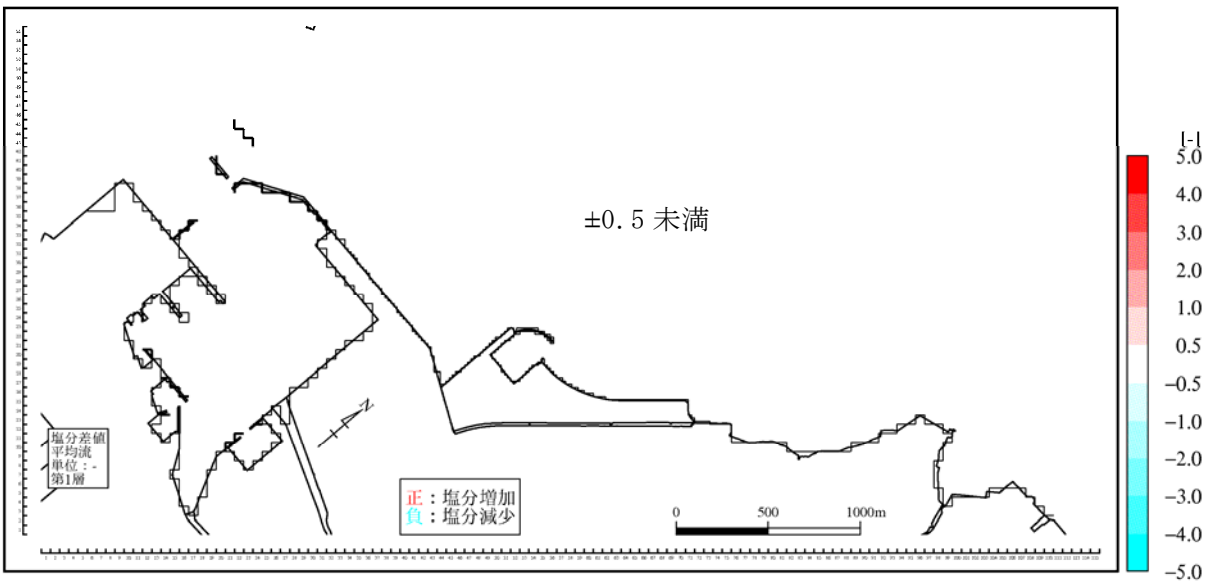


図 6.5.2.58　塩分変化（夏季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

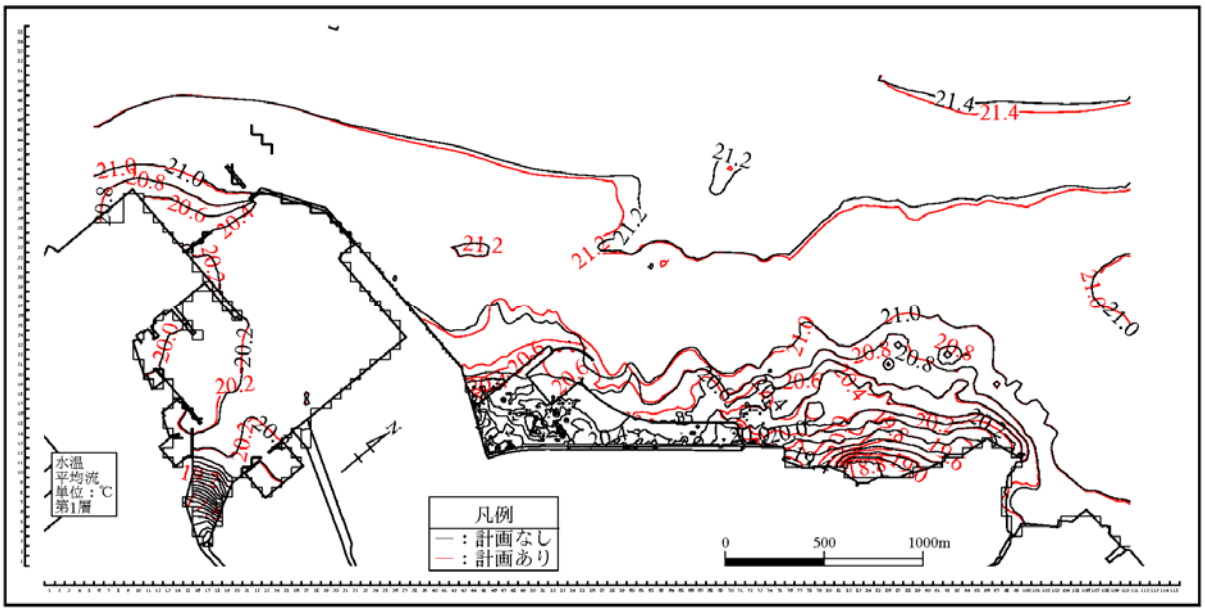


図 6.5.2.59　水温分布（冬季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）

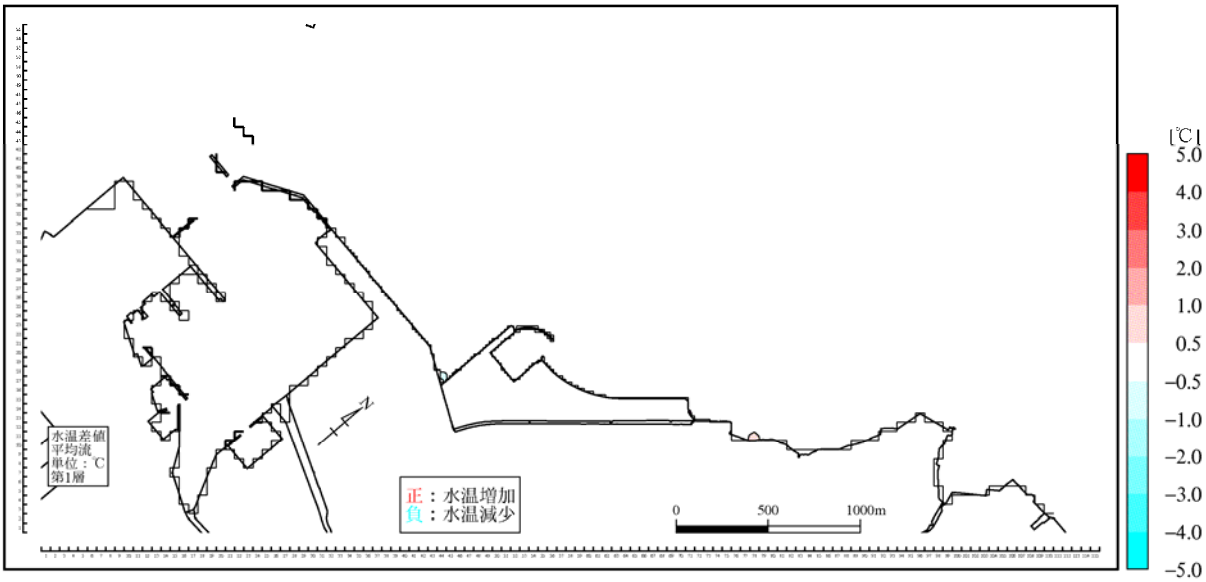


図 6.5.2.60　水温変化（冬季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

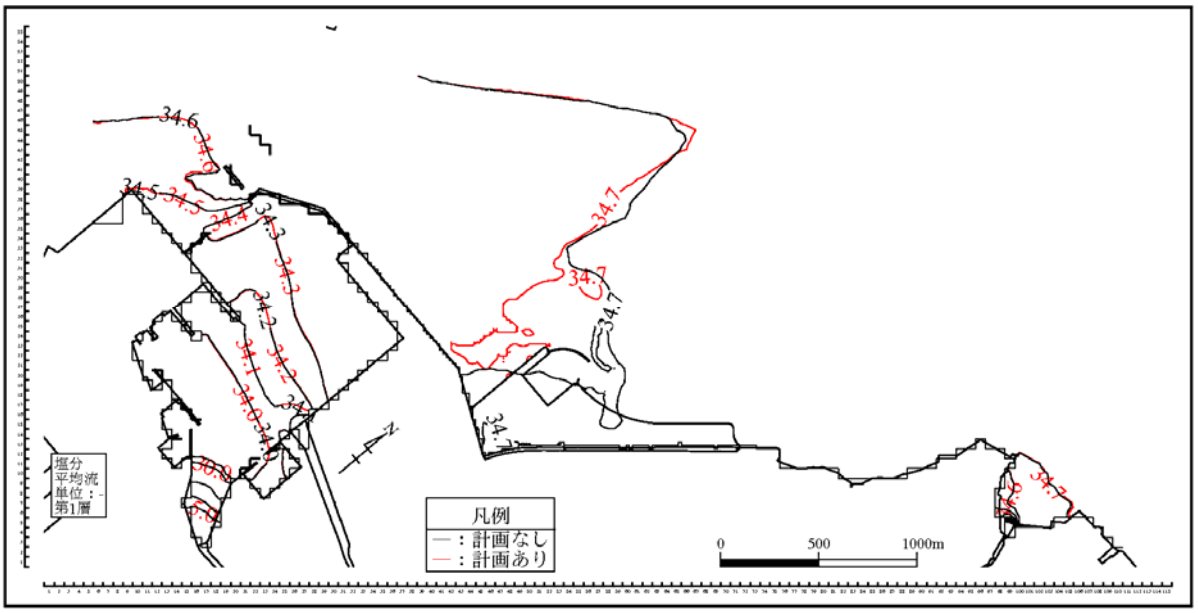


図 6.5.2.61　塩分分布（冬季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）

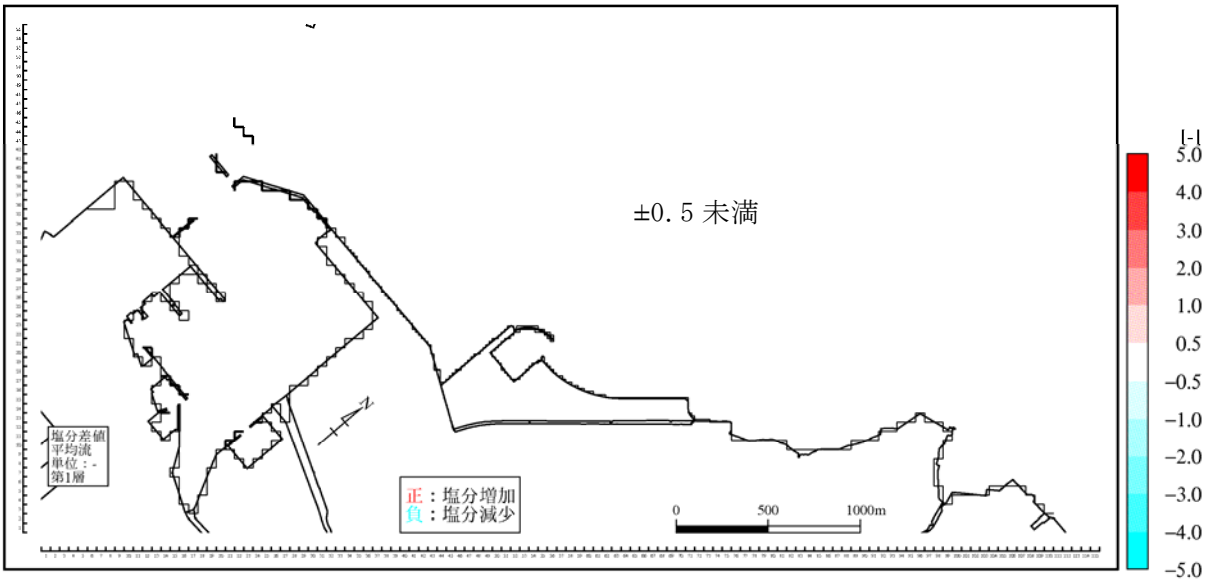


図 6.5.2.62　塩分変化（冬季、平均潮、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

イ）平均大潮期（M_2分潮＋S_2分潮）

(a) 流速の変化

平均大潮期(M_2 分潮+S_2 分潮)の下げ潮時、上げ潮時、平均流を対象に、第 1 層(0.0～2.0m)における「存在時計画なし」と「存在時計画あり」の流速分布の重ね描き、流速ベクトル分布の重ね描き、及び「存在時計画ありーなし」の流速変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.63～図 6.5.2.65 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.66～図 6.5.2.68 に示す。また、表 6.5.2.28 に「存在時計画ありーなし」の流速変化の特徴を示す。

前述の平均潮（M2 分潮）と同様に、埋立地の存在によって生じる流速変化は、流速が減少する変化が支配的となっており、冬季の方がより大きく変化が生じている。このため、冬季の「存在時計画ありーなし」の流速変化値の分布(図 6.5.2.68)を対象に、流速の減少箇所に着目して影響を考察する。

新設のマリーナ内と入口の航路では、マリーナ内の北側を中心に、冬季の上げ潮時に最大 60cm/s 程度、下げ潮時に最大 20cm/s 程度の減少箇所が生じる。埋立地西側の前面では、冬季の上げ潮時には、道路護岸から 400m 程度の範囲内で 5～10cm/s 程度、下げ潮時には、道路護岸から 200m 程度の範囲内で 5cm/s 程度の減少箇所が生じる。また、沖のリーフエッジで、上げ潮時に 10cm/s 程度の減少箇所が生じる。北側防波堤の北西側前面では、防波堤から 200m 程度の範囲内で、冬季の上げ潮時に最大 50cm/s 程度、下げ潮時に最大 10cm/s 程度の減少箇所が生じる。緑地護岸と公共用地護岸の前面では、冬季に最大 10cm/s 程度の減少箇所が局所的に生じる。

平均潮（M2 分潮）と同様に、埋立地の存在によって生じる主な流速変化は、新設のマリーナ内の北側を中心とした流速の大幅な減少(最大 60cm/s 程度の減少)と、埋立地の西側～北西側の前面を中心とした流速の減少であると考えられる。

表 6.5.2.28　流速変化の概要（大潮平均期）

	夏季	冬季
	新設のマリーナ内と入口の航路	
下げ潮	マリーナ内の北側を中心として、最大10cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大20cm/s程度の減少箇所が生じる。
上げ潮	マリーナ内の北側を中心として、最大20cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大60cm/s程度の減少箇所が生じる。
平均流	マリーナ内の北側を中心として、最大10cm/s程度の減少箇所が生じる。	マリーナ内の北側を中心として、最大20cm/s程度の減少箇所が生じる。
	埋立地西側の前面	
下げ潮	目立った流速変化域は無い。	道路護岸の前面200m程度の範囲内で5cm/s程度減少する箇所が生じる。
上げ潮	道路護岸の北端から沖のリーフエッジにかけて、5～10cm/s 程度の減少箇所が生じる。	道路護岸の前面 400m 程度の範囲内で 5～10cm/s程度減少する。 沖のリーフエッジで、最大 10cm/s 程度減少する箇所が生じる。
平均流	目立った流速変化域は無い。	道路護岸の前面 300m 程度の範囲内で 5～10cm/s程度の減少箇所が生じる。
	北側防波堤の前面	
下げ潮	防波堤の前面100m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所と、5cm/s 程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面 200m 程度の範囲内で 5cm/s程度の減少箇所と、最大 10cm/s 程度の増加箇所が生じる。
上げ潮	防波堤の前面 200m 程度の範囲内で最大20cm/s 程度の減少箇所と、最大 10cm/s 程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面 200m 程度の範囲内で最大50cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
平均流	防波堤の前面100m程度の範囲内で5cm/s程度の減少箇所と、5cm/s 程度の増加箇所が生じる。	防波堤の前面 200m 程度の範囲内で最大10cm/s程度の減少箇所と、最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
	緑地護岸と公共用地護岸の前面	
下げ潮	5cm/s 程度の減少箇所と 5cm/s 程度の増加箇所が生じる。	最大 10cm/s 程度の減少箇所と最大 5cm/s程度の増加箇所が生じる。
上げ潮	最大 10cm/s 程度の減少と最大 10cm/s 程度の増加箇所が生じる。	最大10cm/s程度の減少箇所と最大10cm/s程度の増加箇所が生じる。
平均流	目立った流速変化域は無い。	最大 10cm/s 程度の減少箇所と最大 5cm/s程度の増加箇所が生じる。

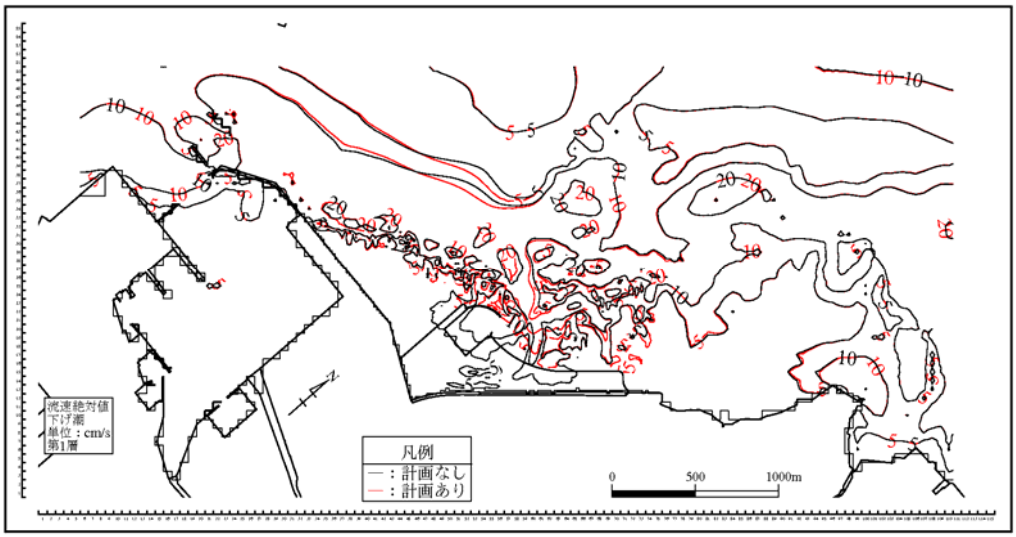


図 6.5.2.63(1)　流速分布（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）

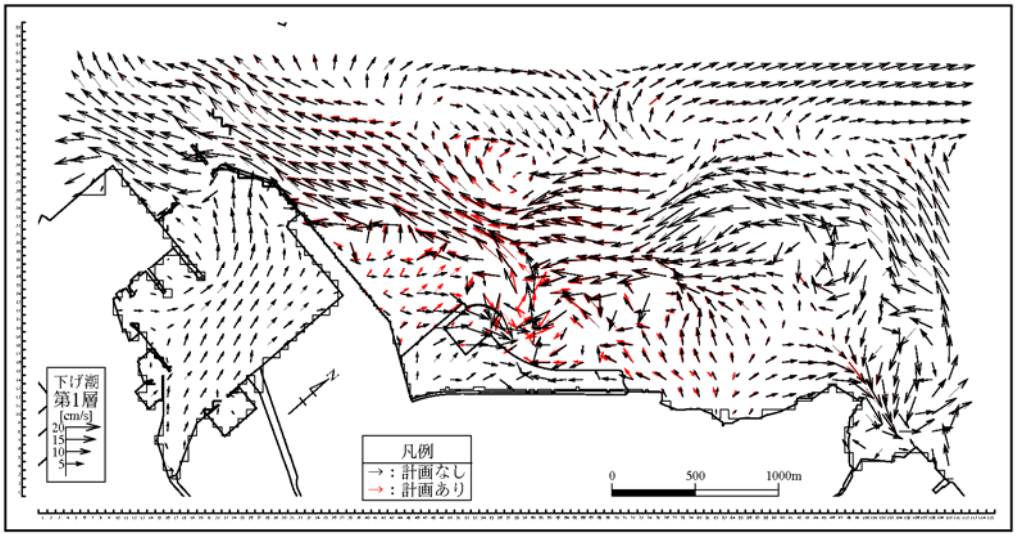


図 6.5.2.64(1)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）

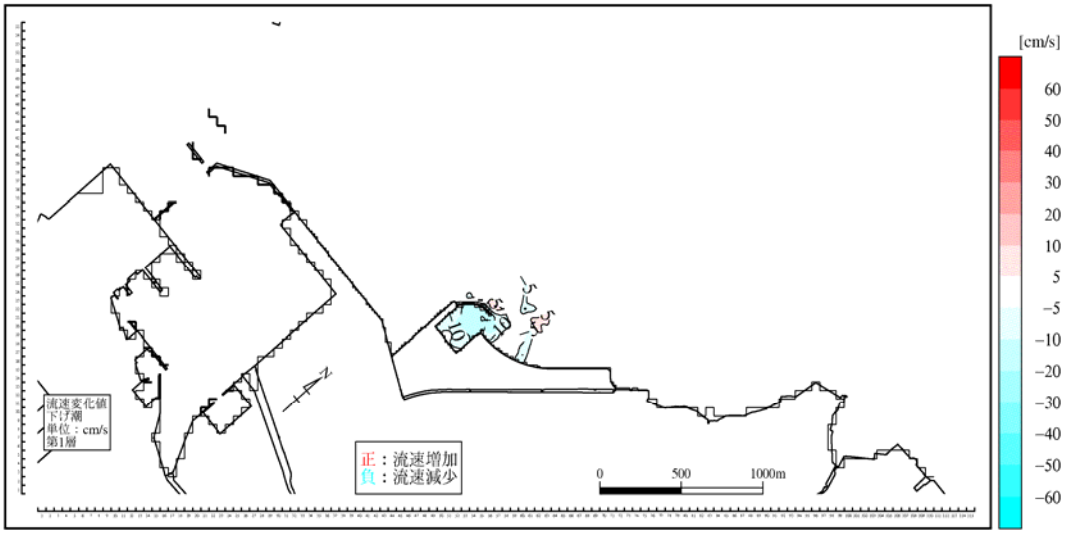


図 6.5.2.65(1)　流速変化（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

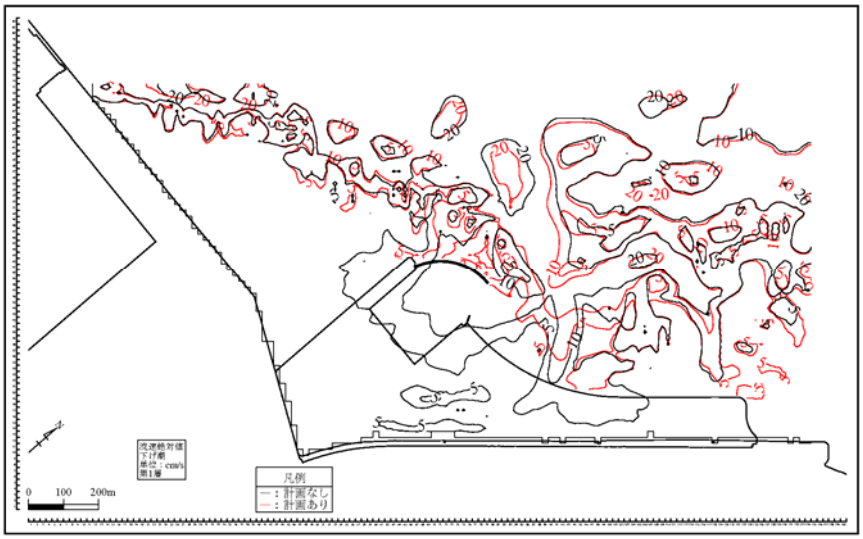


図 6.5.2.63(2)　流速分布（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）

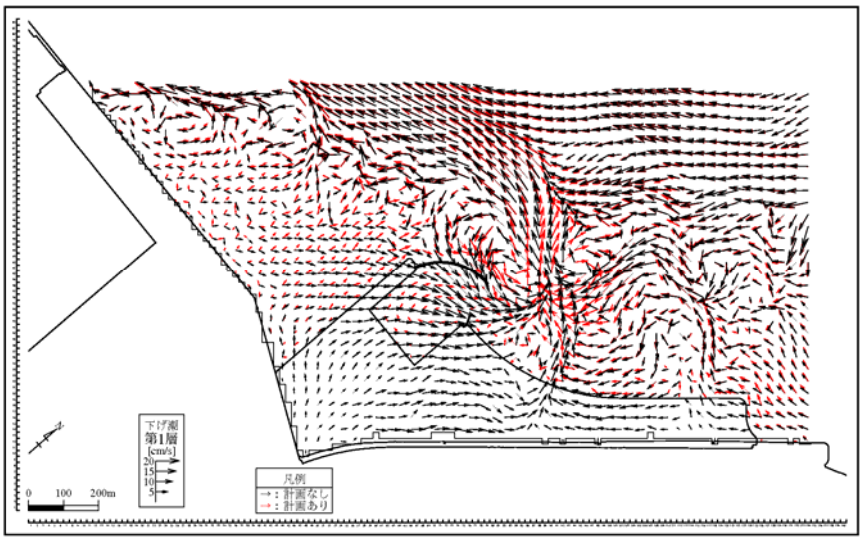


図 6.5.2.64(2)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）

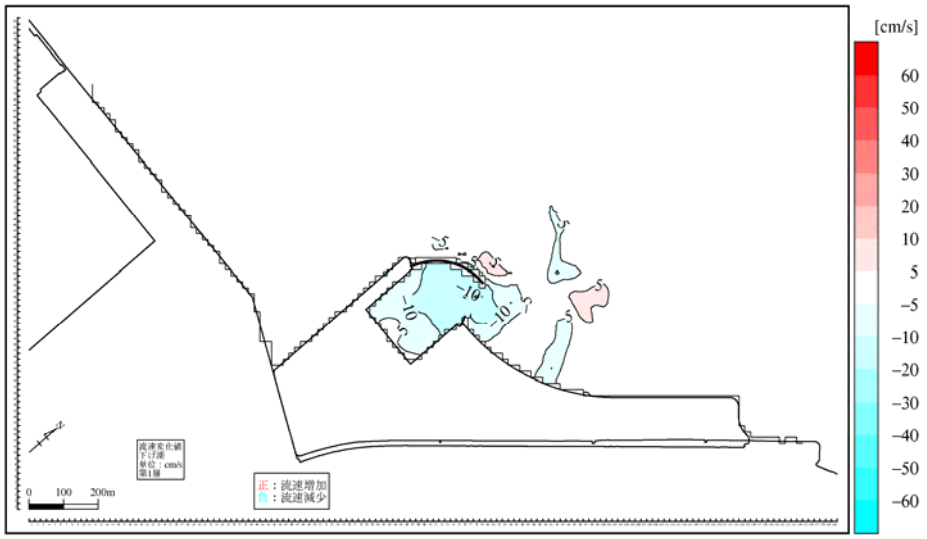


図 6.5.2.65(2)　流速変化（夏季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

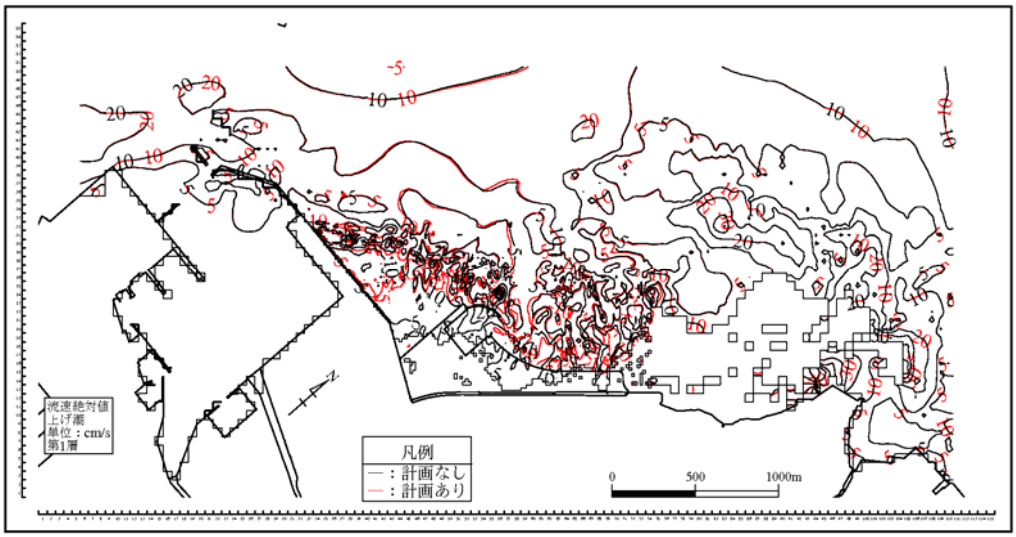


図 6.5.2.63(3)　流速分布（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）

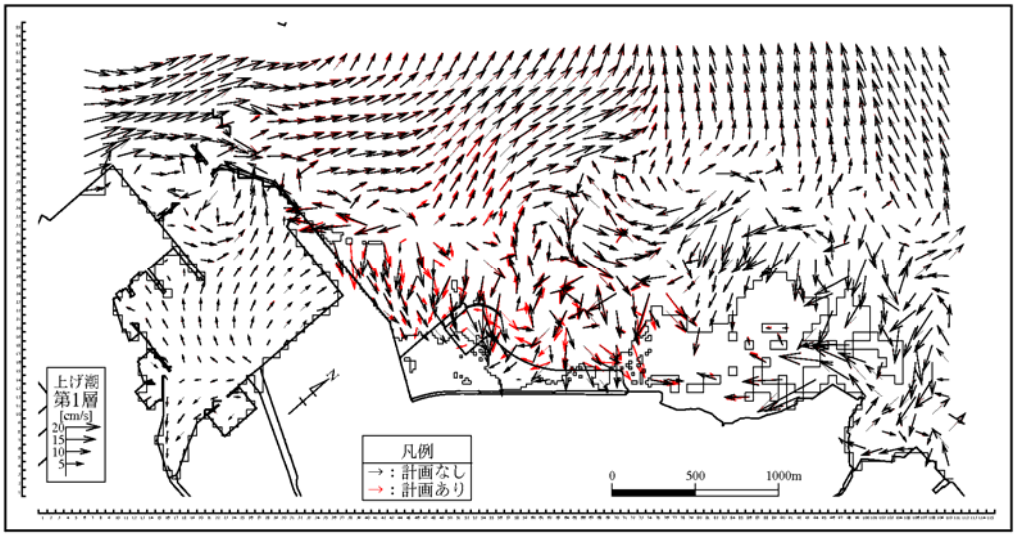


図 6.5.2.64(3)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）

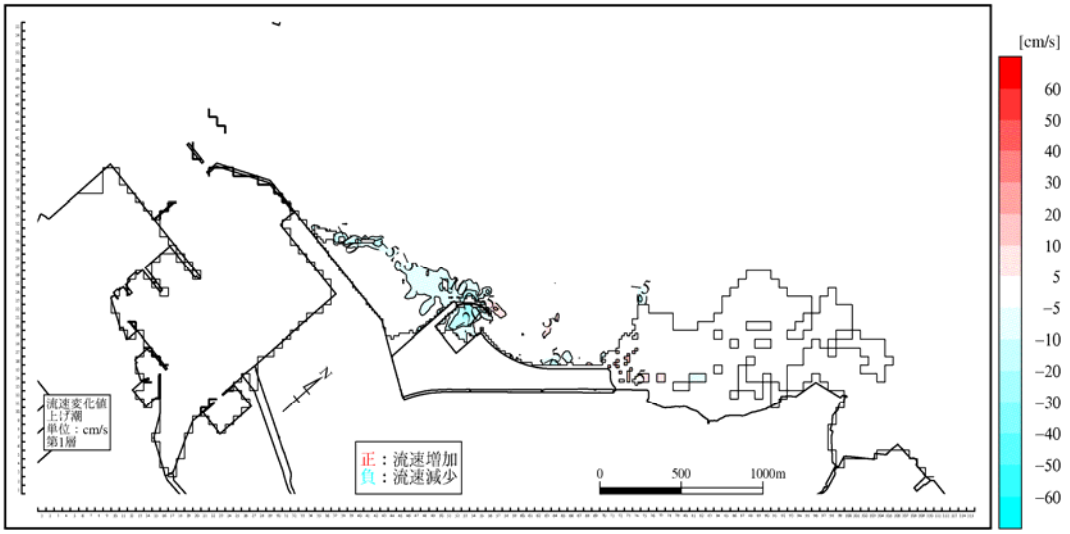


図 6.5.2.65(3)　流速変化（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

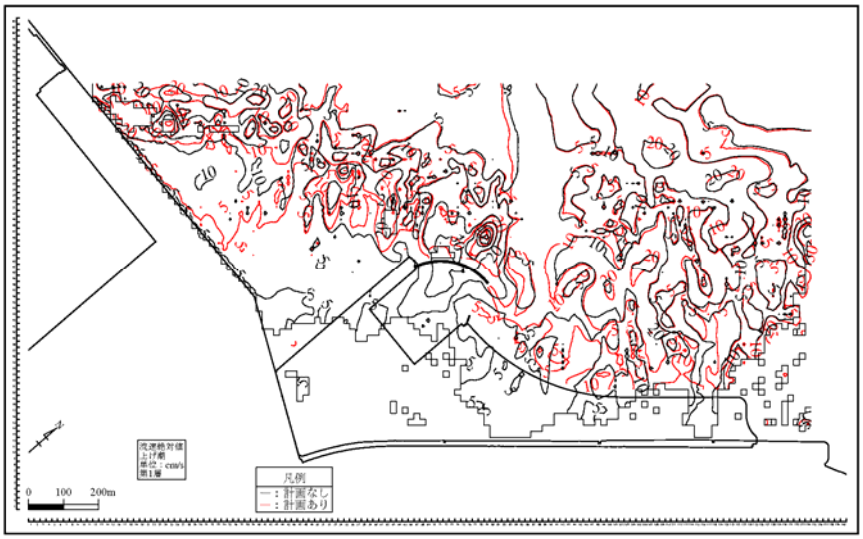


図 6.5.2.63(4)　流速分布（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）

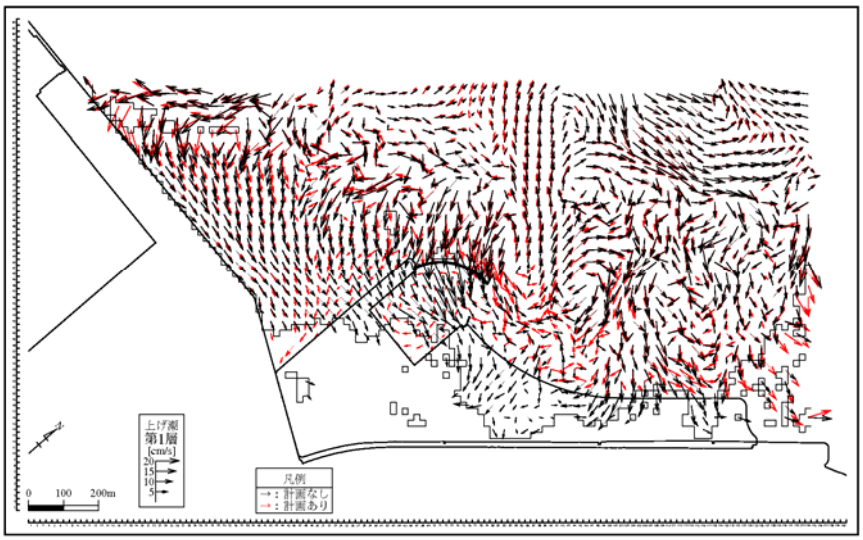


図 6.5.2.64(4)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）



図 6.5.2.65(4)　流速変化（夏季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

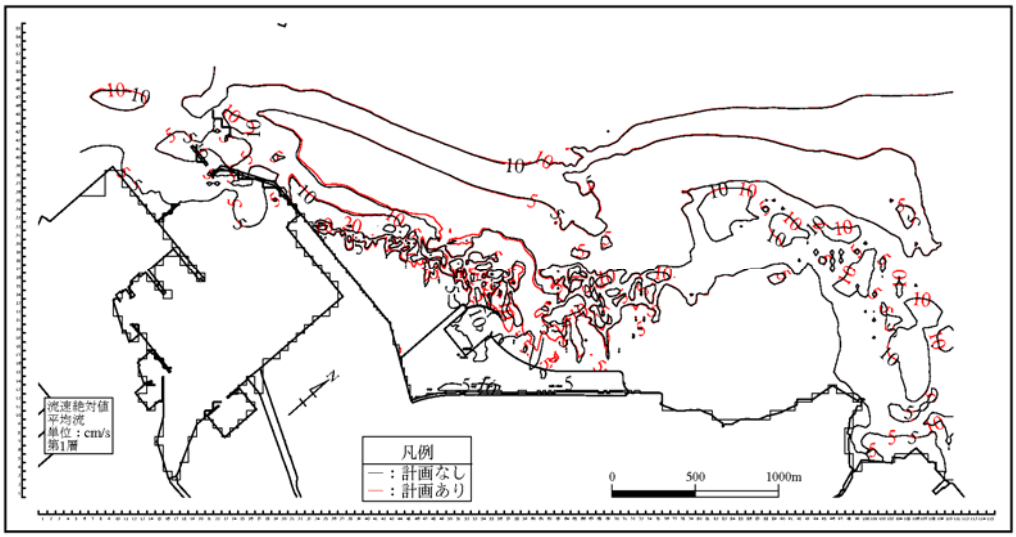


図 6.5.2.63(5)　流速分布（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）

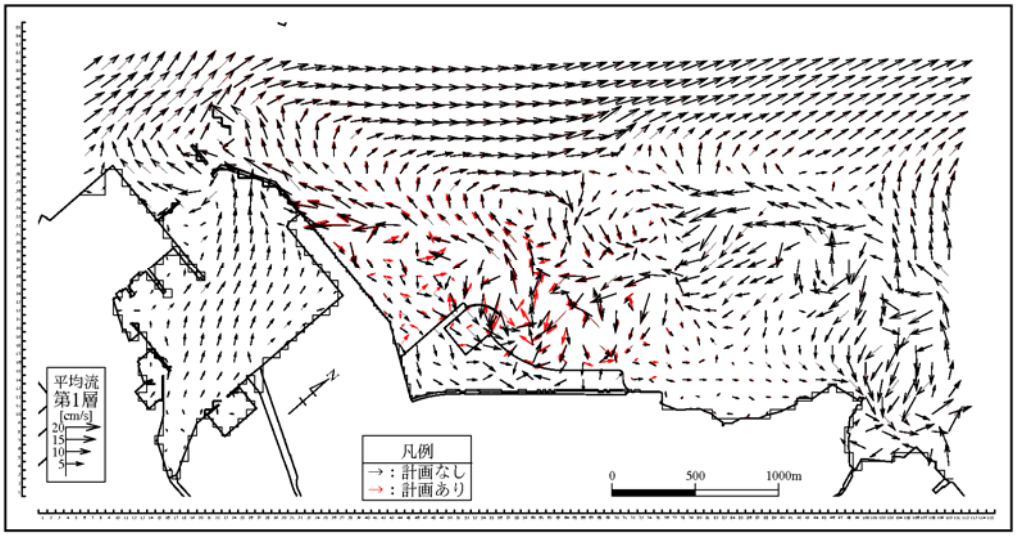


図 6.5.2.64(5)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）

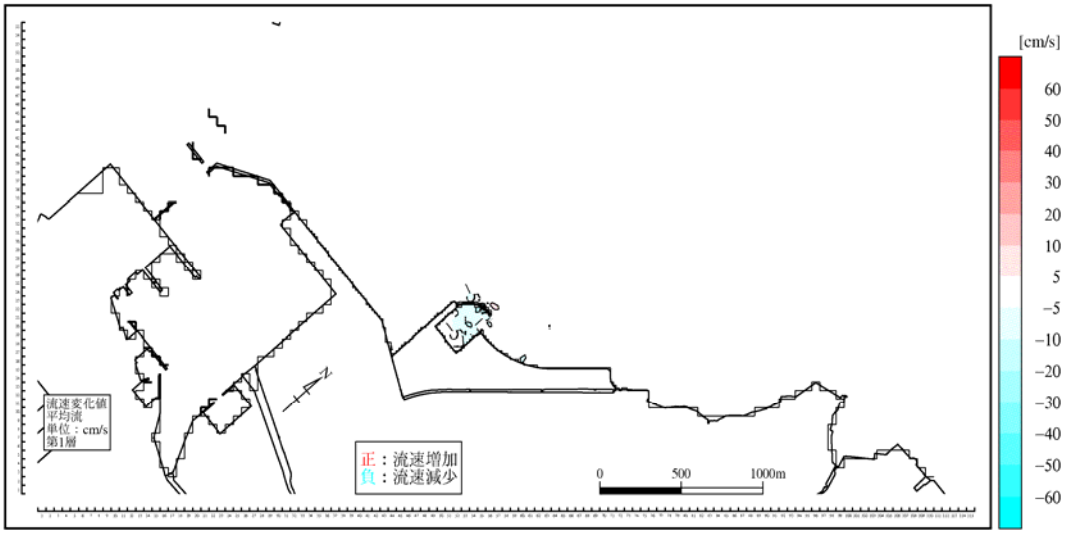


図 6.5.2.65(5)　流速変化（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）計画あり-なし

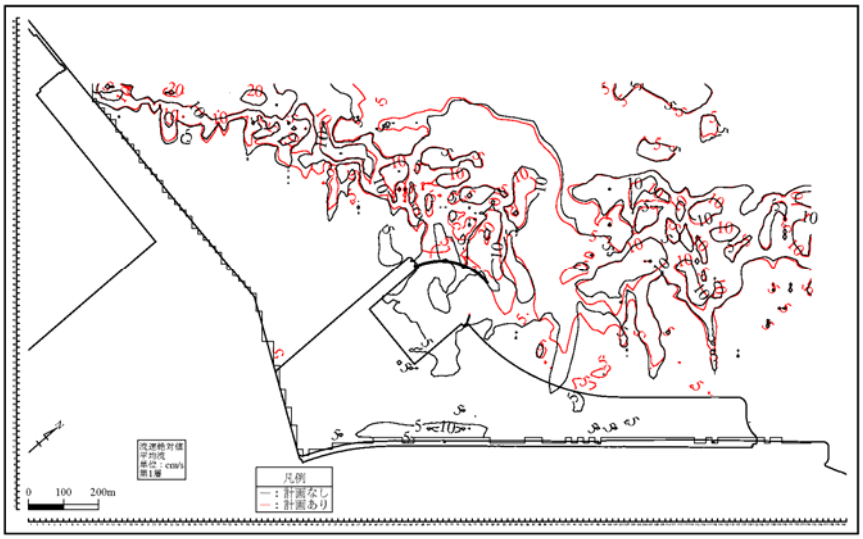


図 6.5.2.63(6)　流速分布（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）

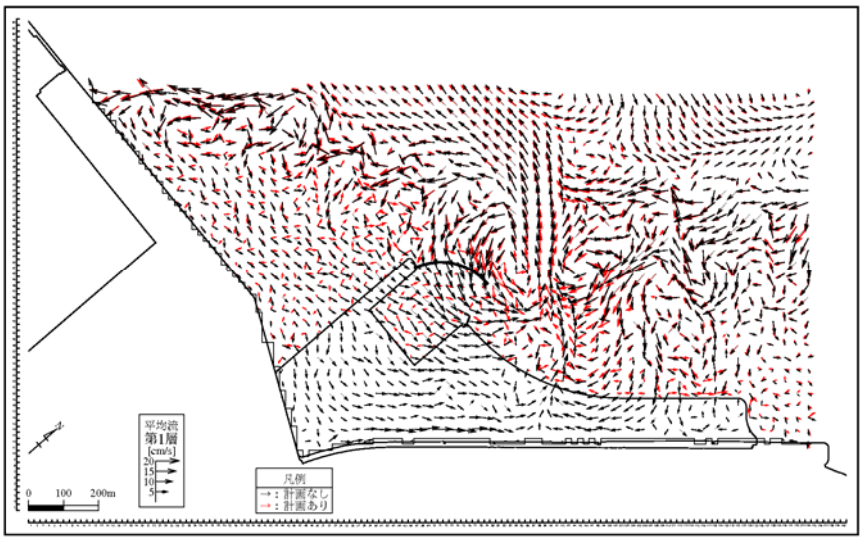


図 6.5.2.64(6)　流速ベクトル（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）

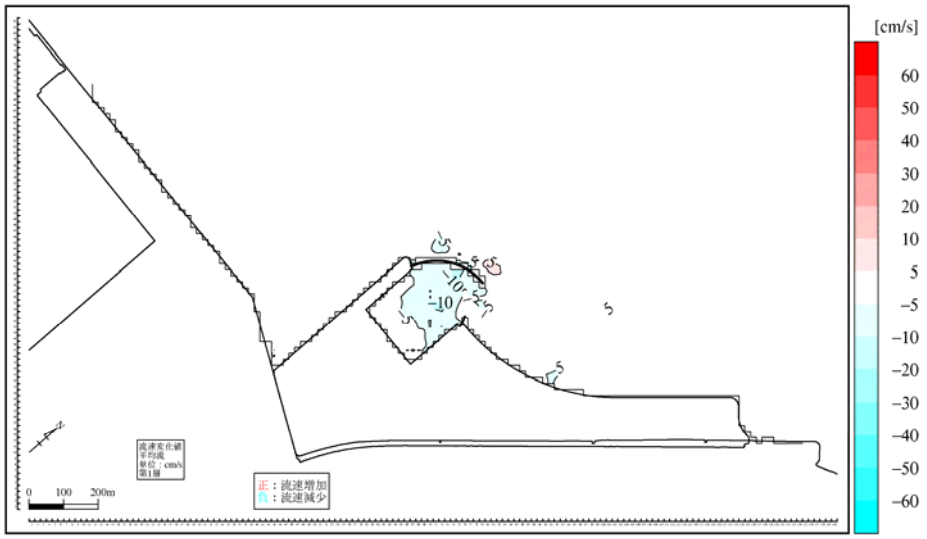


図 6.5.2.65(6)　流速変化（夏季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）計画あり-なし

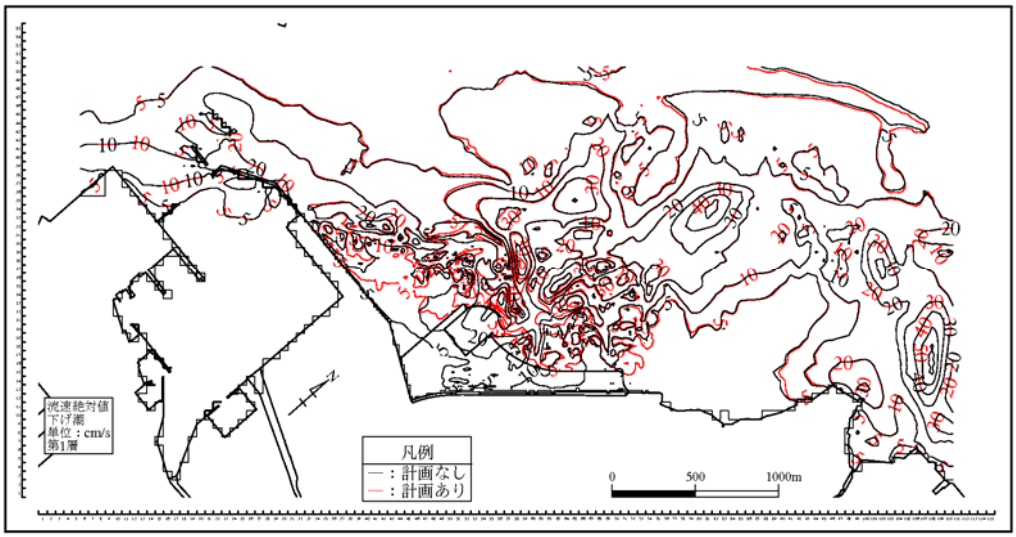


図 6.5.2.66(1)　流速分布（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）

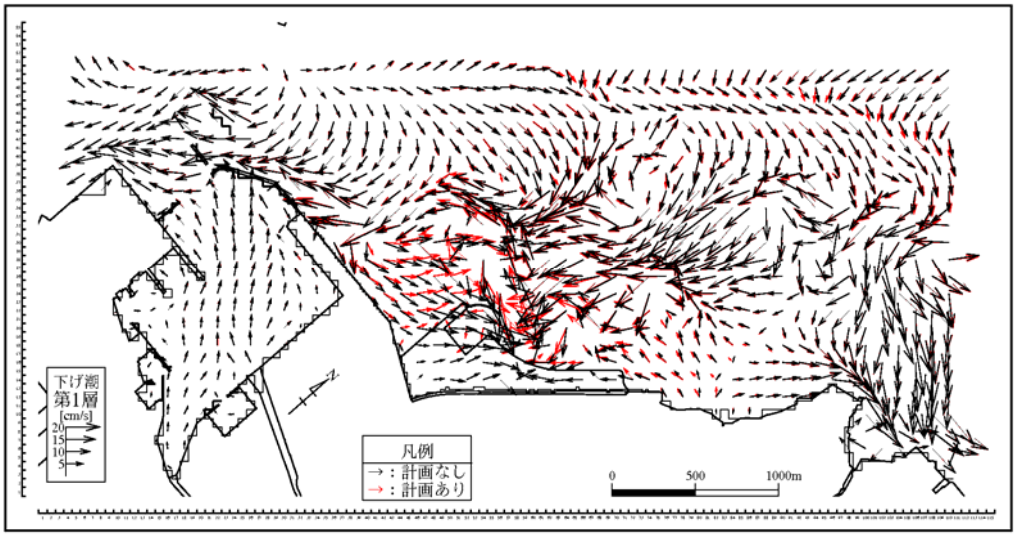


図 6.5.2.67(1)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）



図 6.5.2.68(1)　流速変化（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

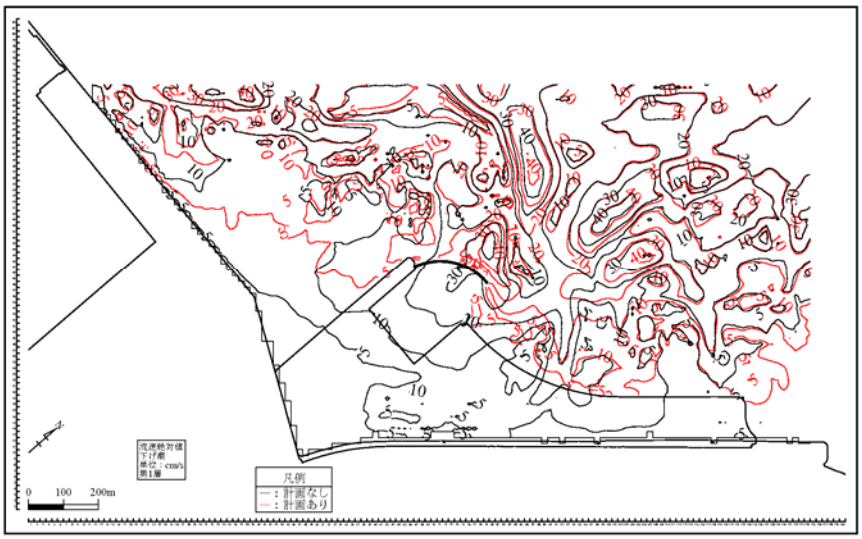


図 6.5.2.66(2)　流速分布（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）

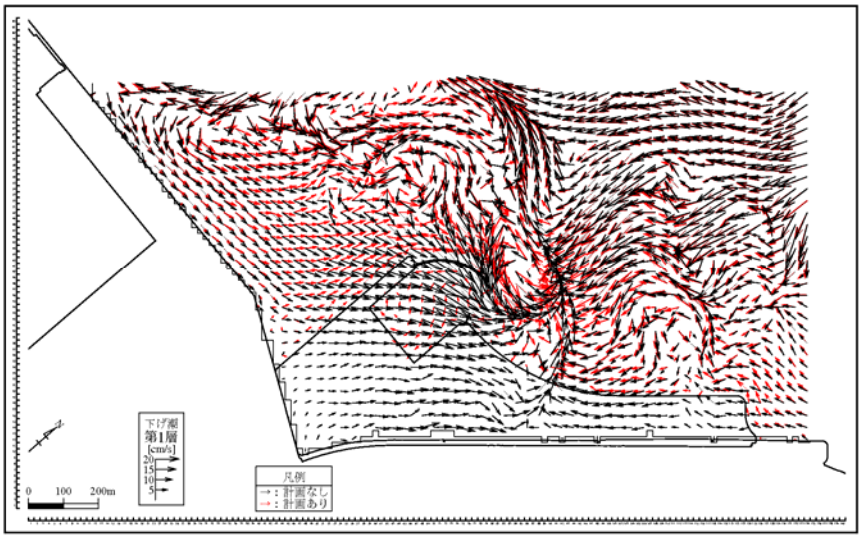


図 6.5.2.67(2)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）

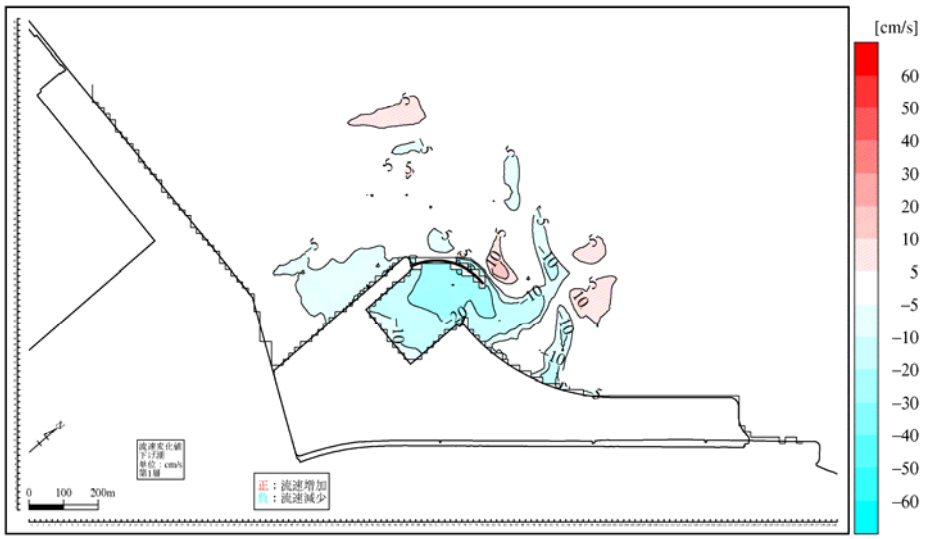


図 6.5.2.68(2)　流速変化（冬季、平均大潮期、下げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

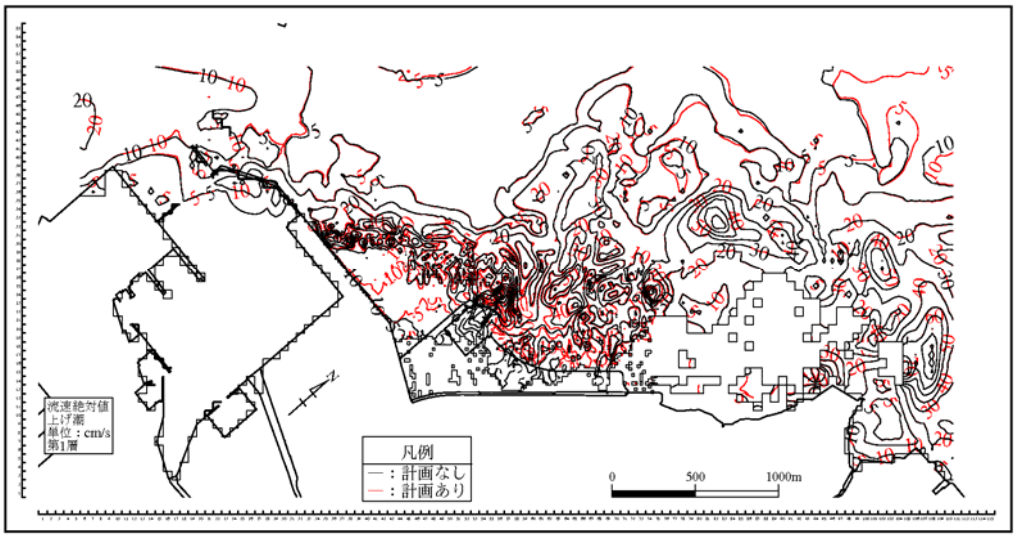


図 6.5.2.66(3)　流速分布（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）

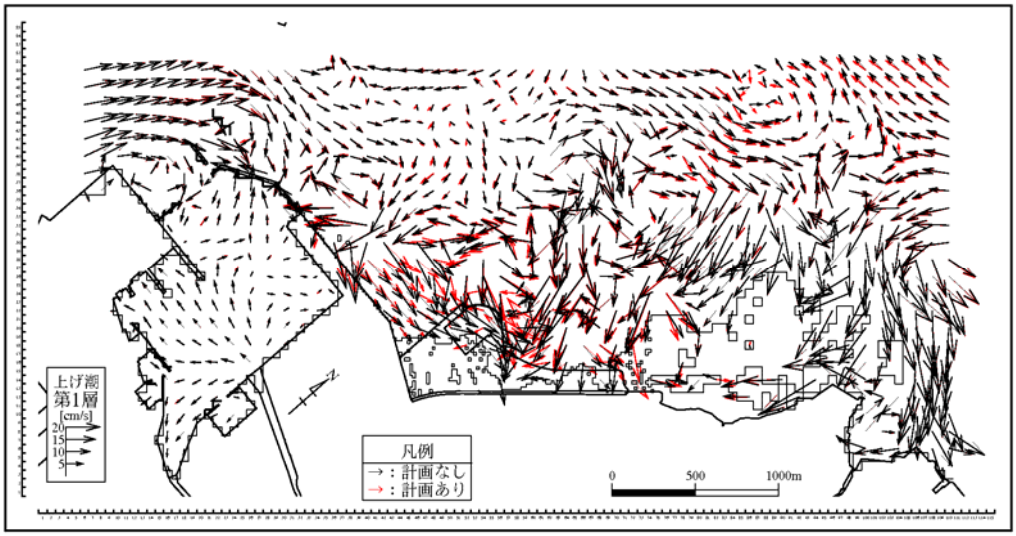


図 6.5.2.67(3)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）

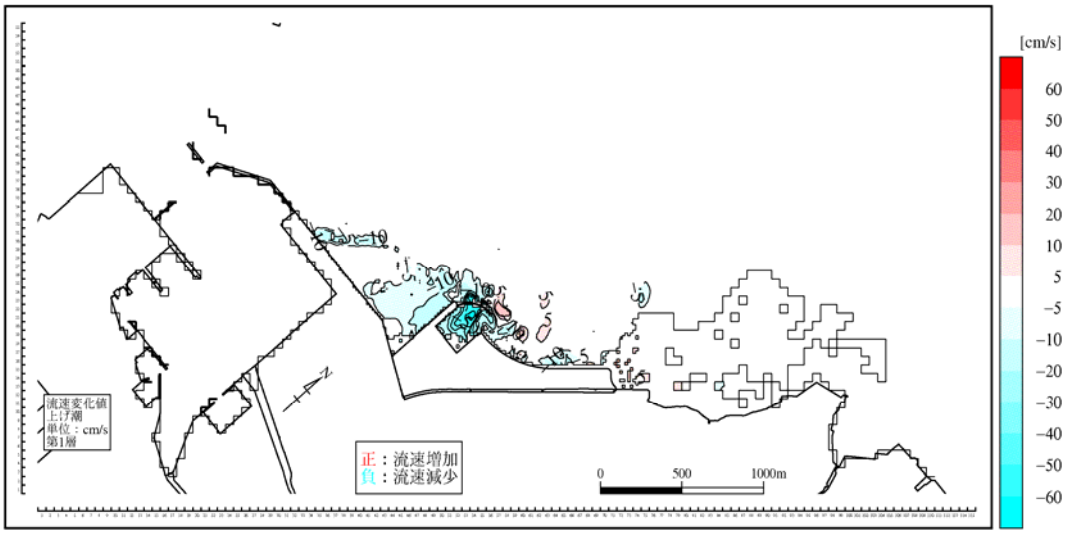


図 6.5.2.68(3)　流速変化（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、中領域）計画あり−なし

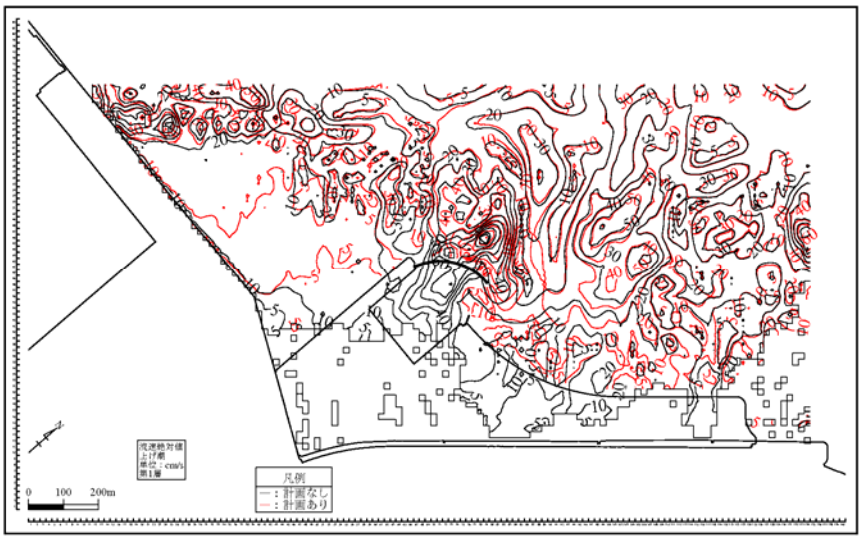


図 6.5.2.66(4)　流速分布（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）

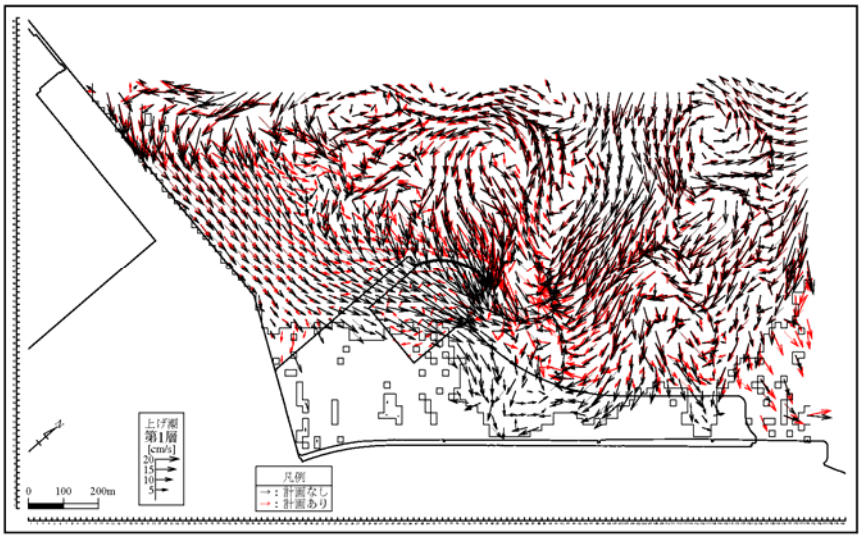


図 6.5.2.67(4)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）

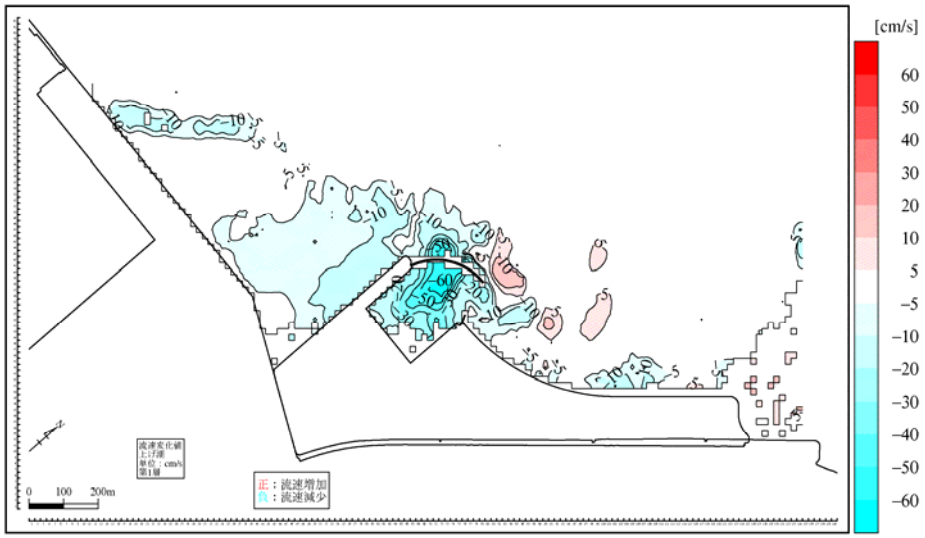


図 6.5.2.68(4)　流速変化（冬季、平均大潮期、上げ潮時、第 1 層、小領域）計画あり-なし

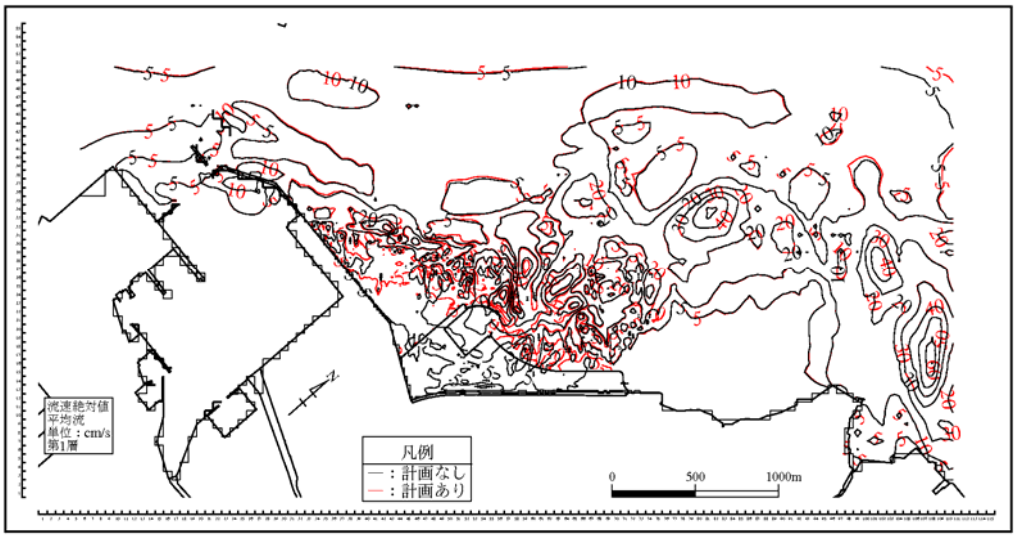


図 6.5.2.66(5)　流速分布（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）

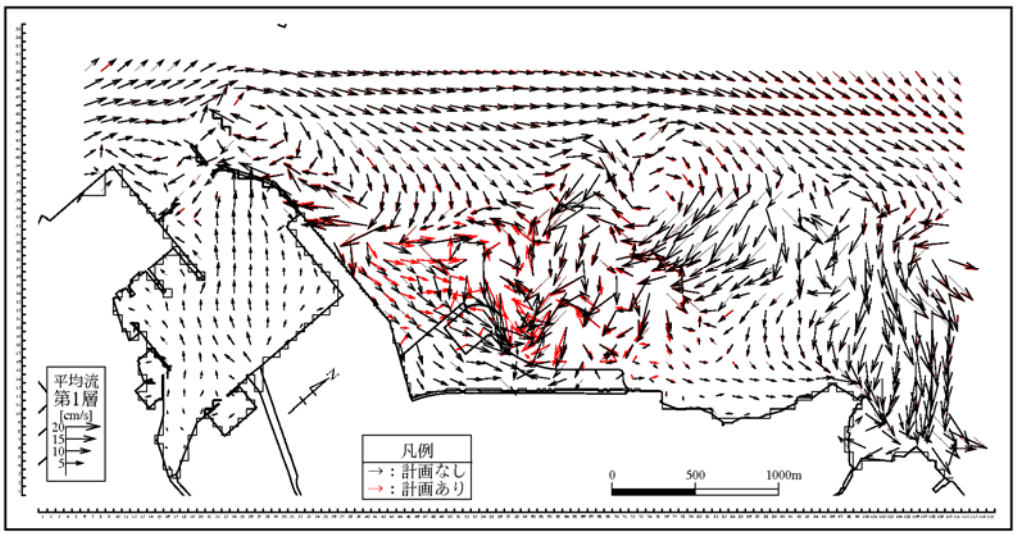


図 6.5.2.67(5)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）

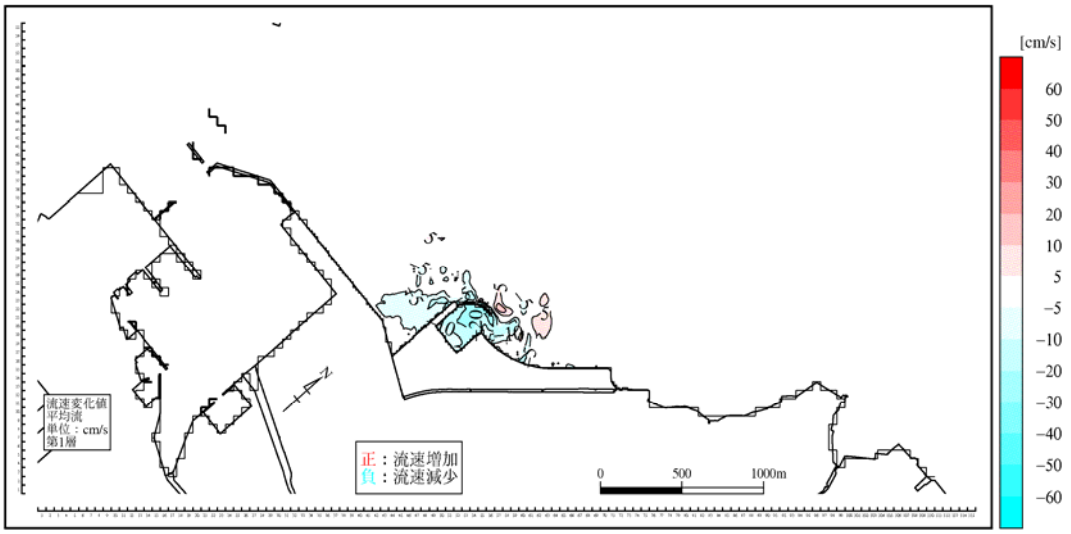


図 6.5.2.68(5)　流速変化（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、中領域）計画あり-なし

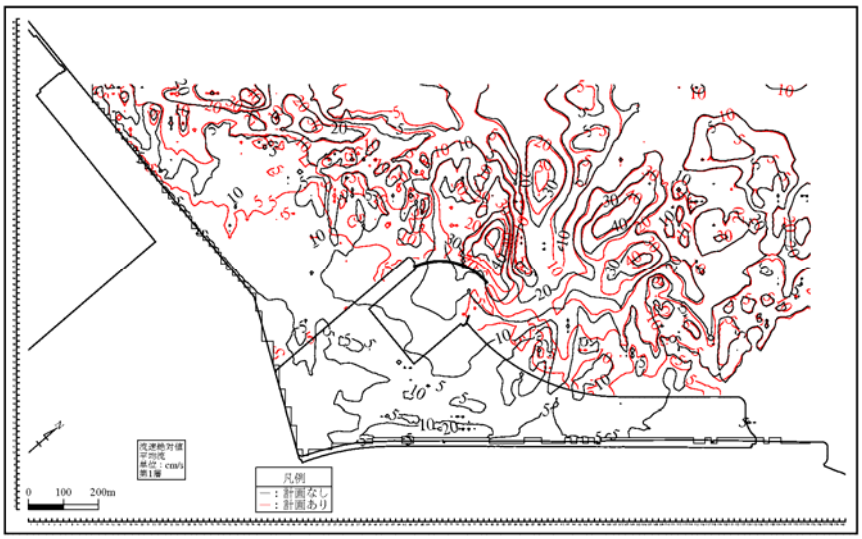


図 6.5.2.66(6)　流速分布（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）

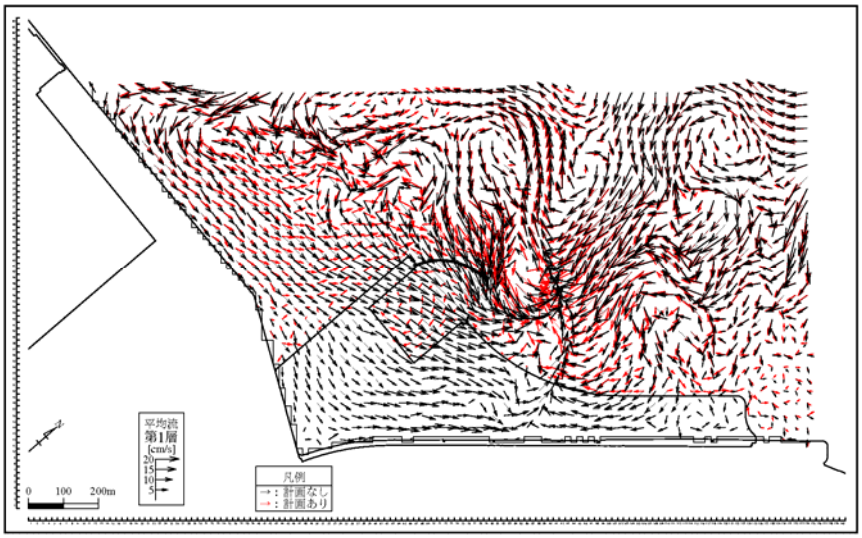


図 6.5.2.67(6)　流速ベクトル（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）

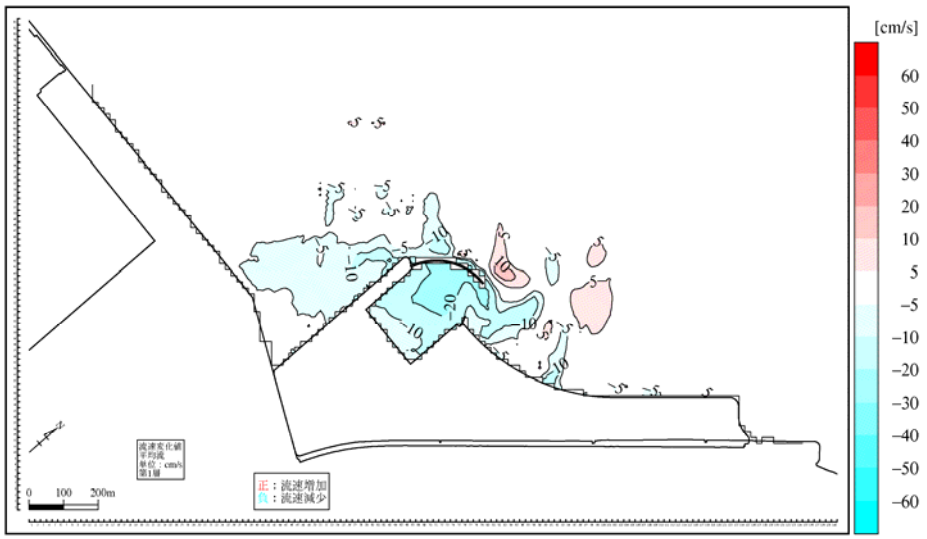


図 6.5.2.68(6)　流速変化（冬季、平均大潮期、平均流、第 1 層、小領域）計画あり-なし

(b) 水温の変化

平均大潮期(M_2 分潮+S_2 分潮)の第 1 層(0.0～2.0m)における「存在時計画なし」と「存在時計画あり」の水温分布の重ね描き、及び「存在時計画あり－なし」の水温変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.69 及び図 6.5.2.70 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.73 及び図 6.5.2.74 に示す。

埋立地の存在によって生じる水温の変化は、埋立地西側の前面の浅水域でみられる。

夏季では、第 1 層において 0.0～+0.5℃の増加がみられる。これは、埋立地の存在による流速の低下によって、埋立地西側の前面の浅水域の停滞性が増すことにより、夏場の加温効果の影響が現れやすくなったことが要因と考えられる。

また冬季でも、第 1 層において 0.0～-0.5℃の変化がみられる。これも夏季と同様に埋立地の存在による流速の低下によって、埋立地西側の前面の浅水域の停滞性が増すことによって、冬季の冷却効果の影響が現れやすくなったことが要因と考えられる。

(c) 塩分の変化

平均大潮期(M_2 分潮+S_2 分潮)の第 1 層(0.0～2.0m)における「存在時計画なし」と「存在時計画あり」の塩分分布の重ね描き、及び「存在時計画あり－なし」の塩分変化値の分布について、夏季の計算結果を図 6.5.2.71 及び図 6.5.2.72 に、冬季の計算結果を図 6.5.2.75 及び図 6.5.2.76 に示す。

埋立地の存在によって生じる塩分の変化は 0.5 未満であり小さい。

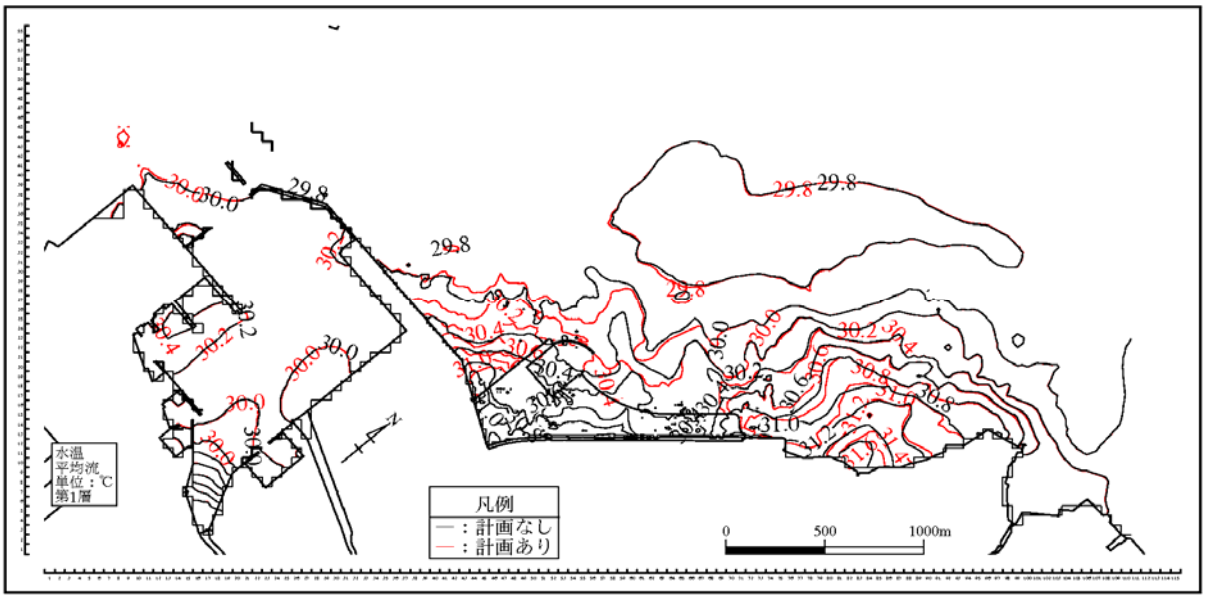


図 6.5.2.69　水温分布（夏季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）

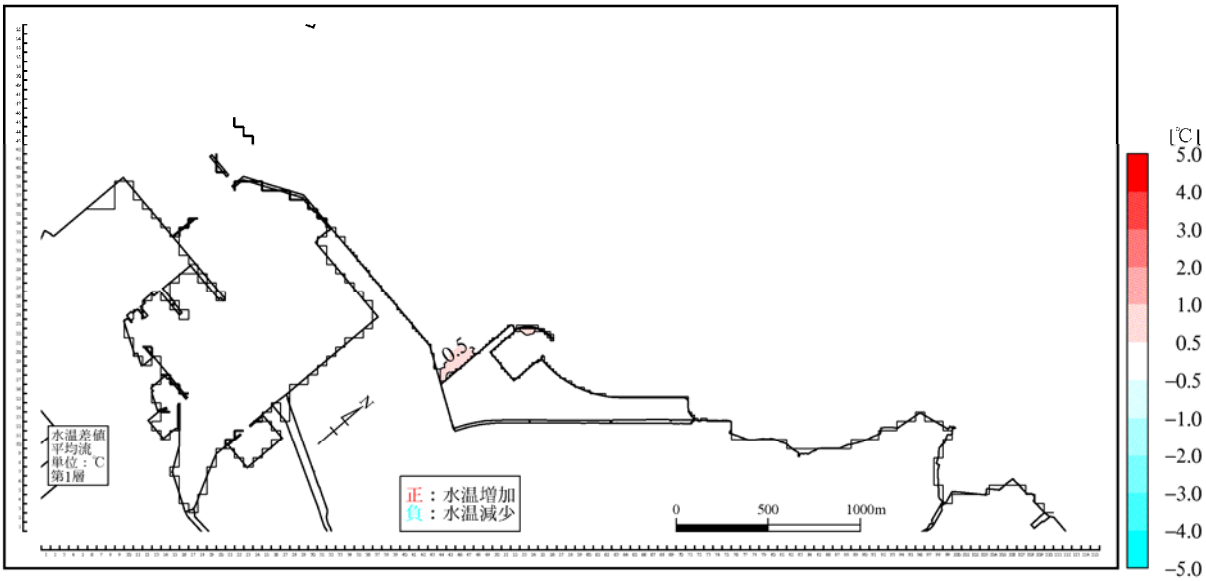


図 6.5.2.70　水温変化（夏季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

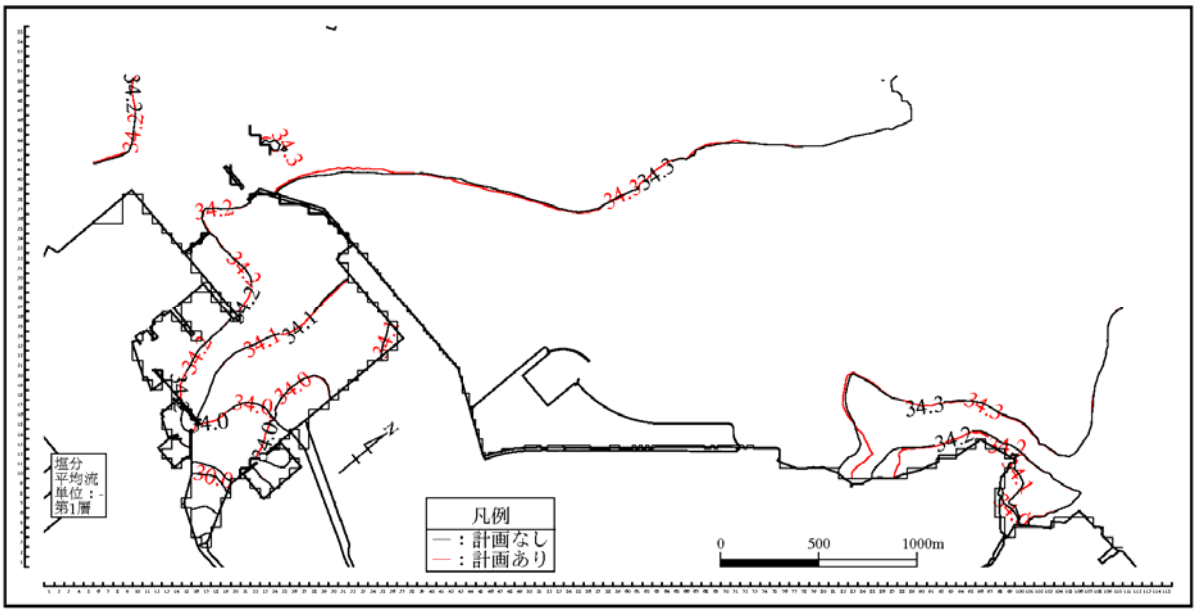


図 6.5.2.71　塩分分布（夏季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）

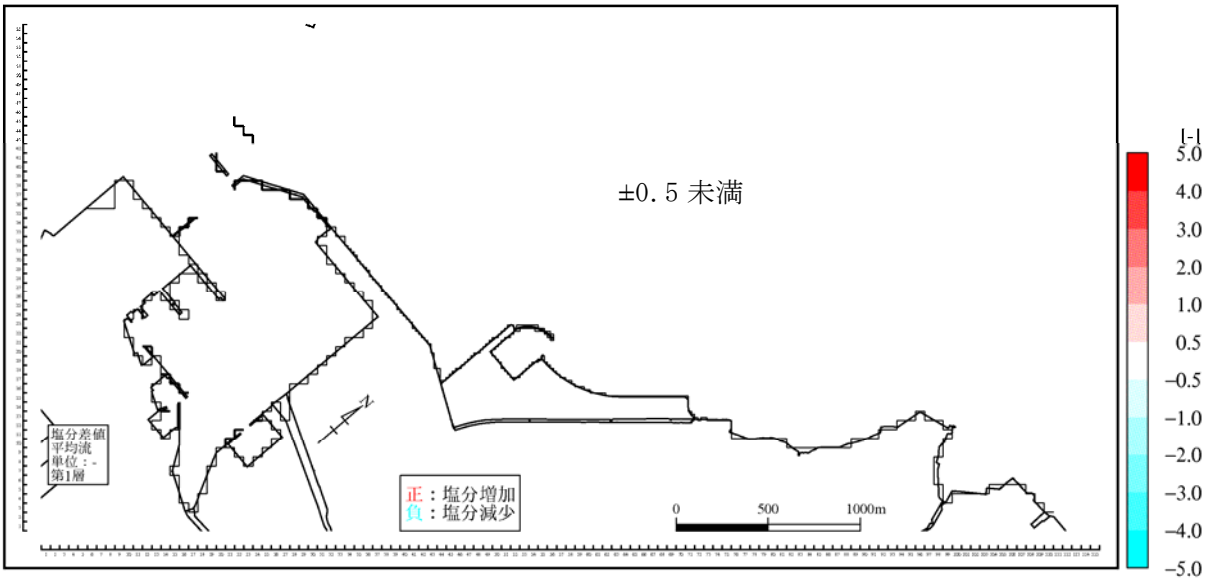


図 6.5.2.72　塩分変化（夏季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

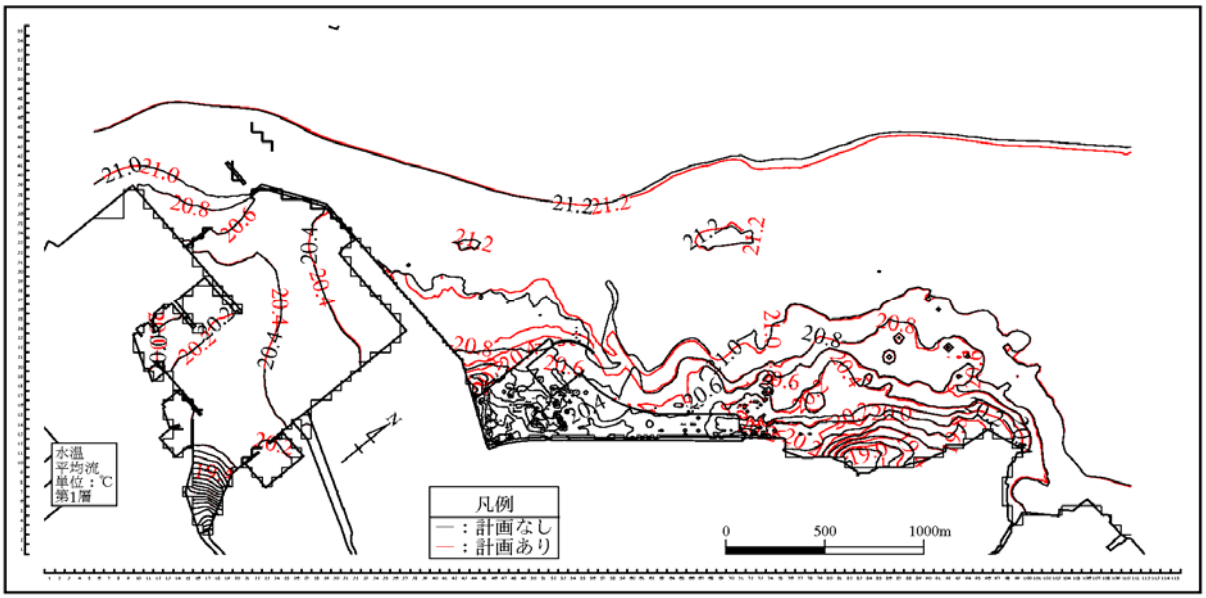


図 6.5.2.73　水温分布（冬季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）

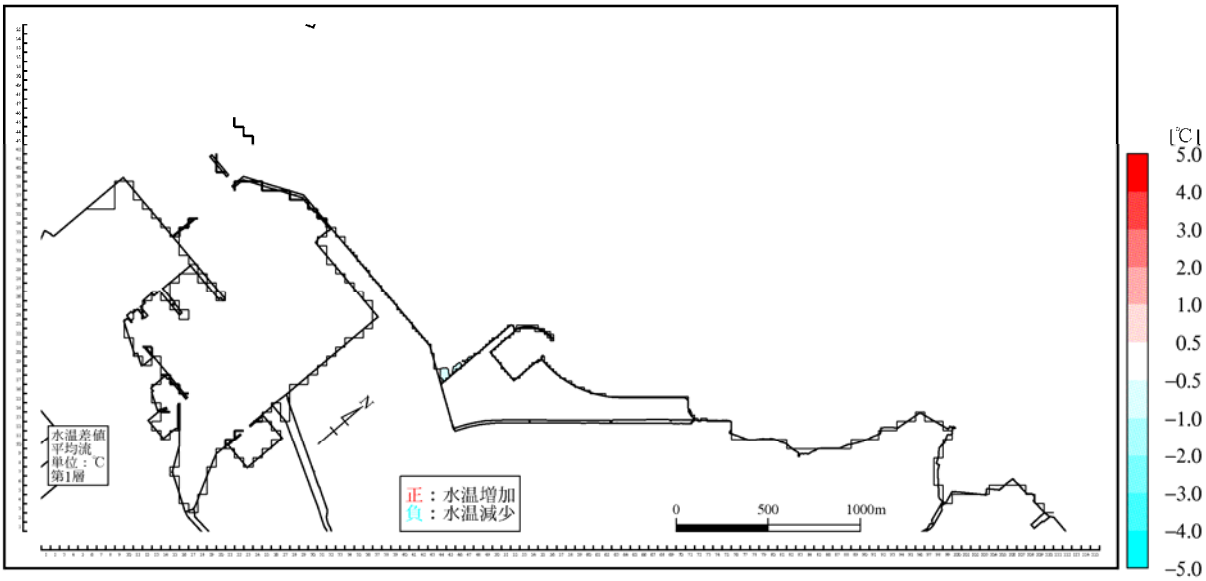


図 6.5.2.74　水温変化（冬季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

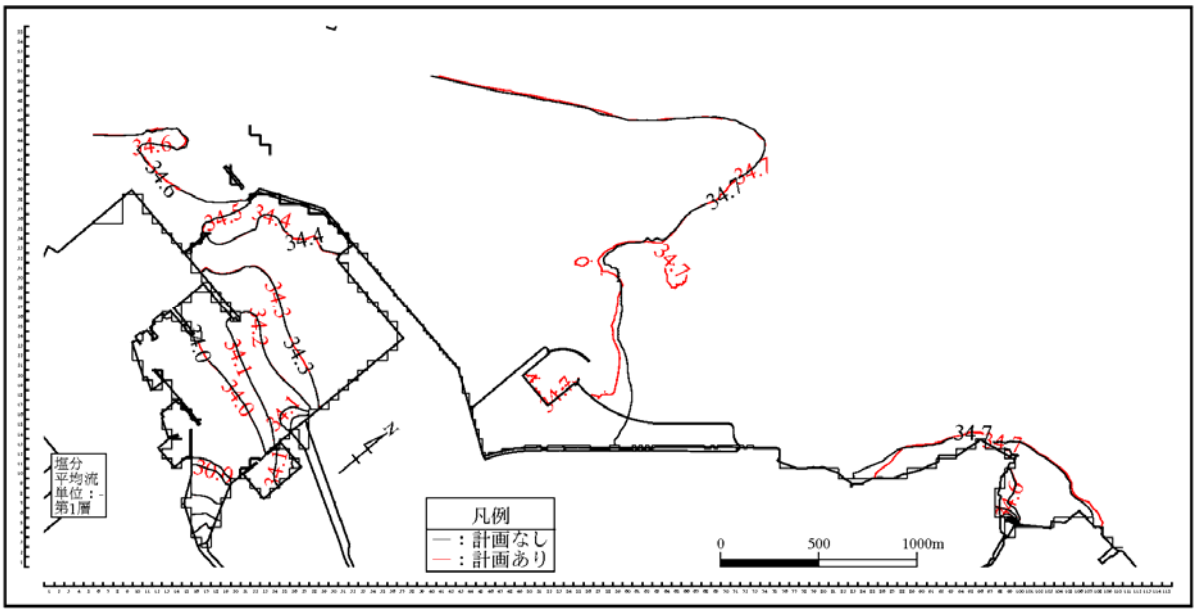


図 6.5.2.75　塩分分布（冬季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）

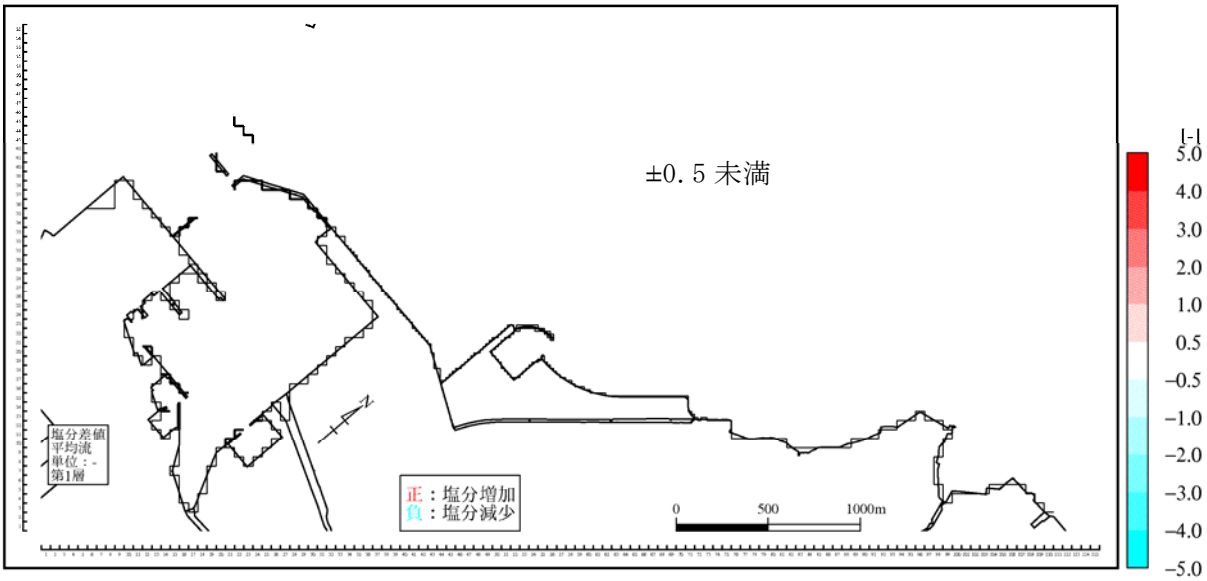


図 6.5.2.76　塩分変化（冬季、平均大潮期、一潮汐平均、第 1 層）計画あり-なし

6.5.3 評価

(1) 施設等の存在及び供用

1) 環境影響の回避又は低減に係る評価

(ア) 環境保全措置の検討

水象について、施設等の存在及び供用に伴う影響を低減するため、以下に示す環境保全措置を講じることとした。

・環境影響を低減するため、北側の「自然的環境を保全する区域」との距離を確保した。

上記の保全措置を予測の前提として検討した結果、埋立地の存在に伴う影響を以下に示すとおり予測した。

・波高について、埋立地の護岸前面の波高が波の反射により増加し、マリーナ内で防波堤による遮蔽により減少すると予測した。

・潮流については、マリーナ内の北側及び埋立地の西側～北西側の前面を中心に流速が減少すると予測した。

・埋立地の存在による波浪及び潮流への影響は、波高及び流速が変化する海域が埋立地周辺に限られていることから埋立事業実施区域及びその周辺海域の波浪や潮流等の流れを大幅に妨げるものではない。このことから、埋立地の存在による水象（波浪及び潮流）への影響は極めて小さいと考えられる。

以上のことより、水象については、埋立地の配置検討の段階で水象への影響に配慮しており、影響は埋立地周辺に限られることからさらなる環境保全措置は講じないこととした。

(イ) 環境影響の回避又は低減の検討

調査及び予測の結果を踏まえると、水象への影響は極めて小さいと考えられる。

以上のことから、事業者の実行可能な範囲内で回避又は低減が図られているものと評価した。

2) 国又は地方公共団体による環境の保全に係る基準又は目標との整合性に係る評価

(ア) 環境の保全に係る基準又は目標

沖縄県が令和5年3月に策定した第3次沖縄県環境基本計画によると、「事業別環境配慮指針」として、「埋立て及び干拓の事業」において「水質の悪化や生物への影響を低減するため、埋立地、堤防等の位置や形状は、潮流が大きく変化することのないよう配慮する」と示されており、これを環境の保全に係る目標とした。

(イ) 環境の保全に係る基準又は目標との整合性

施設等の存在及び供用による水象への影響は極めて小さいと予測されていること、埋立地の配置段階で水象への影響に配慮していることにより、「事業別環境配慮指針」との整合性は図られていると評価した。

以上のことから、環境の保全に係る基準又は目標との整合性が図られているものと評価した。