

平成 20 年度千葉県委託調査

平成 20 年度

三番瀬水環境モニタリング調査

報 告 書

(案)

平成 21 年 3 月

三洋テクノマリン株式会社

目 次

1. 業務概要	1
1.1 業務概要	1
1.2 業務目的	1
1.3 業務内容	1
1.4 業務工程	2
1.5 業務フロー	3
2. 調査方法	4
2.1 計画準備	4
2.2 調査方法	4
2.3 整理・解析	12
3. 調査結果	13
3.1 資料解析の流れ	13
3.2 気象状況	14
3.3 水質観測	27
3.4 流向・流速観測	47
4. 考察（イベント時の変動について）	92
4.1 貧酸素・青潮発生時	92
4.2 赤潮発生時	100
4.3 行徳可動堰開放による出水時	103
4.4 濁度と風・波の関係	107
4.5 流れと底質分布の関係	110
5. 調査結果のまとめ	112
5.1 気象項目	112
5.2 水質観測	112
5.3 流向・流速観測	112
5.4 イベント時の特徴	113

1. 業務概要

1.1 業務概要

(1) 業務名

平成 20 年度 三番瀬水環境モニタリング調査業務委託

(2) 履行期間

自 平成 20 年 5 月 13 日 至 平成 21 年 3 月 25 日

(3) 発注者

千葉県環境生活部自然保護課 (千葉県千葉市中央区市場町 1-1)

(4) 受託者

三洋テクノマリン株式会社 (東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17)

1.2 業務目的

水温、塩分、流向・流速など生物と関連の深い三番瀬の海域の物理的環境を調査し、三番瀬全体での水の流動分布や流出入等を把握することを目的とした。

1.3 業務内容

業務内容を表1.3-1、現地調査位置を図1.3-1に示した。

表1.3-1 業務内容

項目	調査内容	数量	単位	摘要
水環境モニタリング調査	定点連続観測	3	地点	水温、塩分、濁度、クロロフィル、溶存酸素、流向・流速



図1.3-1 調査位置図

1.4 業務工程

業務の全体工程を表1.4-1に示した。

なお、現地調査期間は平成20年6月12日～平成21年3月13日であった。現地調査工程は、表2.2-1に示した。

表1.4-1 業務工程

項目		平成20年							平成21年			
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画準備		■										
現地踏査		■										
水環境 モニタリング調査	連続観測	■ 設置										■ 撤去
	点検		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
整理解析				■								
報告書作成												■
打合せ・報告		■				■				■		■
評価委員会対応				■				■				

1.5 業務フロー

各調査地点を現地踏査の上、調査地点周辺の現地状況・環境等を把握した。その結果をもとに、安全かつ確実・正確な作業方法・工程等を計画立案した。

本業務のフローチャートを図1.5-1に示した。

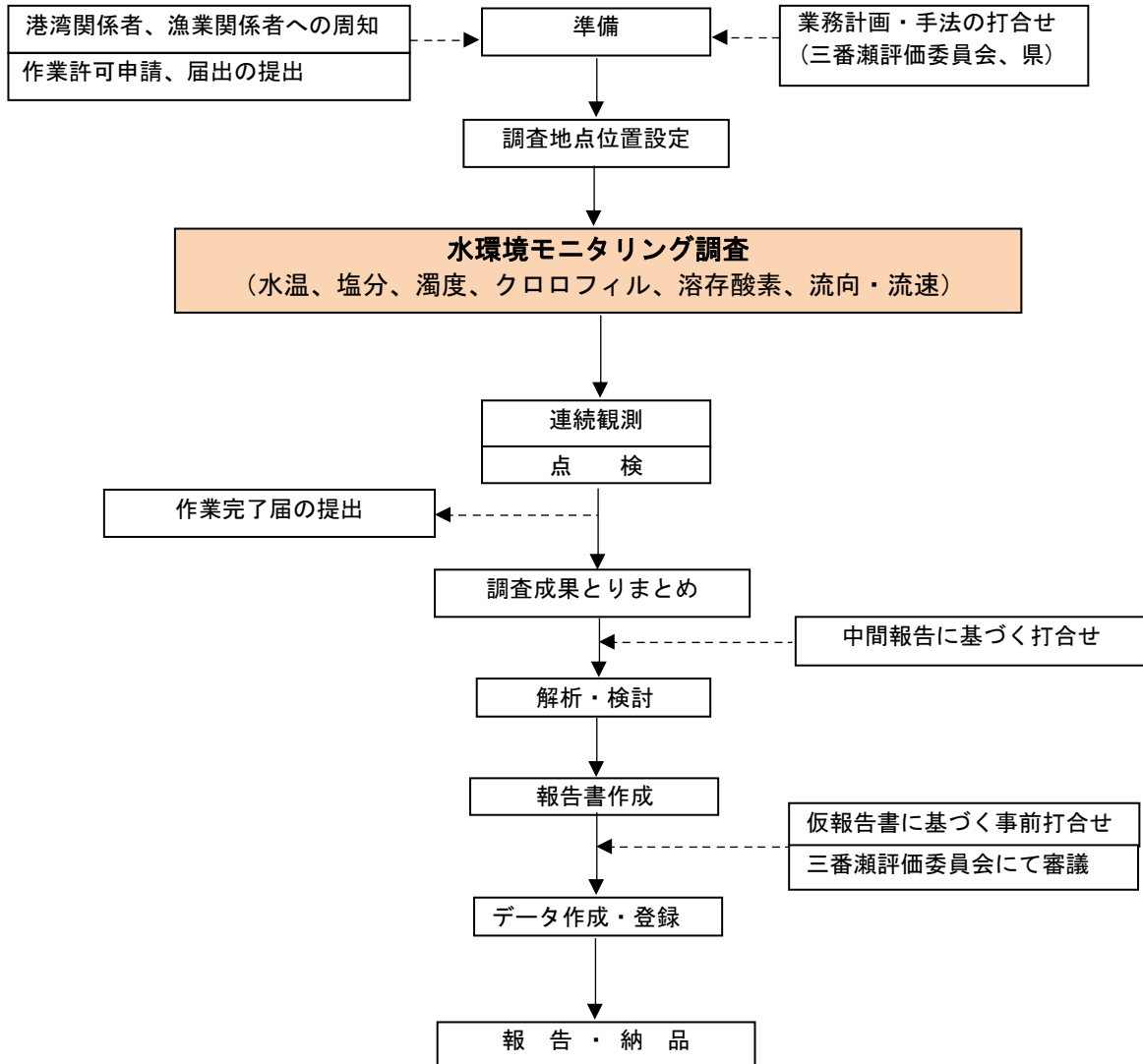


図1.5-1 業務フロー

2. 調査方法

2.1 計画準備

本業務の実施にあたり、調査の目的、内容を把握し業務が円滑かつ適正に遂行されるよう、踏査結果を反映させた計画立案とともに、業務に必要な準備（使用機器の手配・調整、係留方法、調査結果の整理・解析に必要な資料の事前準備等）を実施した。

2.2 調査方法

調査方法を以下に示した。

(1) 調査地点及び調査項目

調査地点：図2.2-1に示す3地点

調査地点の選定は、三番瀬評価委員の指示により決定した。

各調査地点の選定理由は、下記のとおりである。

測点1：流れがみられない停滞域

測点2：可動堰開放による河川水及び青潮の影響を受ける河口域

測点3：沖合水の影響を受ける海域

調査項目：水温、塩分、濁度、クロロフィル、溶存酸素、流向・流速

物理環境を調べるために水温、塩分及び流向・流速を、底泥の巻上げ等の影響を調べるために濁度を、赤潮及び貧酸素の発生を調べるためにクロロフィル及び溶存酸素を調査項目とした。

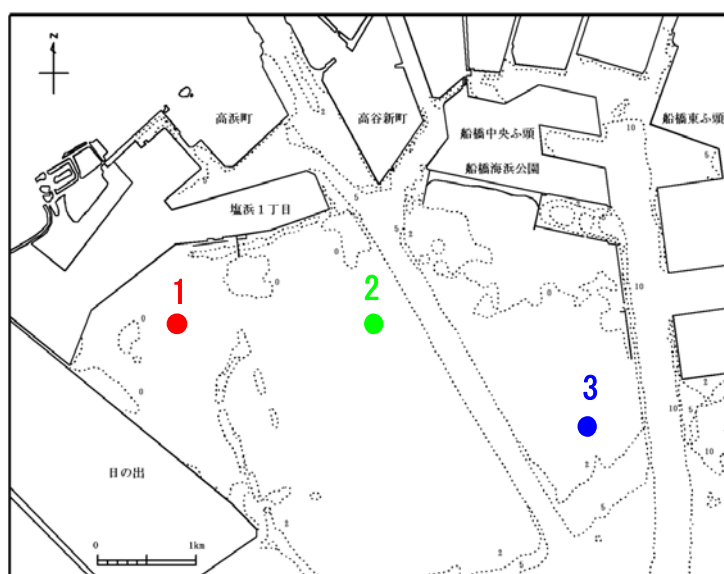


図2.2-1 調査地点

表2.2-1 調査位置

調査項目	地点名	緯度		経度		水深(m) (5/19 14:00)
		度	分	度	分	
水環境 モニタリング調査	1	35	39.556	139	55.800	1.6
	2	35	39.529	139	57.171	1.7
	3	35	38.999	139	58.610	1.6

(2) 調査時期及び調査回数

調査は平成20年6月12日～平成21年3月13日まで連続観測を行った。現地調査及び点検・交換の工程を表2.2-2に示した。

表2.2-2 現地調査工程

平成20年6月	● ○ □																														気象における特記事項	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	6月2日： 関東梅雨入り		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換												設置																				
平成20年7月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	7月19日： 関東梅雨明け	
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成20年8月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	8月16日： 台風11号接近 8月28日～： 大気不安定による局所的大雨 8月31日～9月1日： 豪雨のため、行徳可動堰開放	
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成20年9月	● ○ □																														気象における特記事項	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	*： 行徳可動堰開放による流量増加のため、測点2は機器未交換 9月20日： 台風13号接近		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換	*																															
平成20年10月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成20年11月	● ○ □																														気象における特記事項	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	11月1日： 木枯らし1号		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成20年12月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成21年1月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1月9日： 東京都心で初雪	
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成21年2月	● ○ □																												気象における特記事項			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	2月13日： 春一番				
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																
平成21年3月	● ○ □																															気象における特記事項
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
現地調査																																
海上点検																																
計器交換																																

(「気象における特記事項」は気象庁HP「日々の天気図」より抜粋)

(3) 調査方法

各調査点には、パイプで固定した架台に水質観測機器を取り付け、水温、塩分、濁度、クロロフィル、溶存酸素、流向・流速を10分毎に観測した。

機器の設置状況のイメージ図を図2.2-2、使用機器と測定条件を表2.2-3に示した。

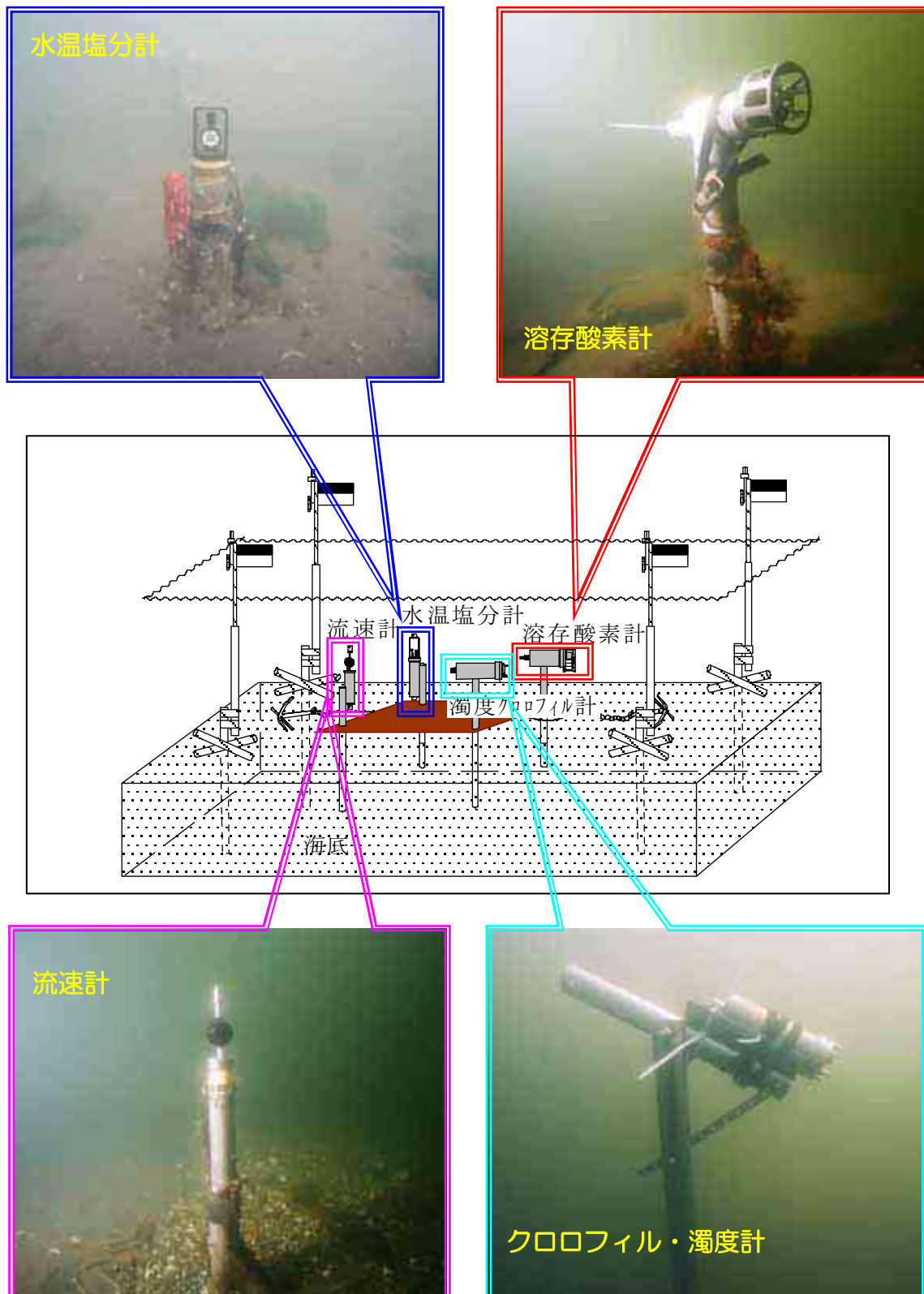


図2.2-2 設置状況

表2. 2-3 調査項目

項目	使用機器	観測間隔 バースト(分)	測定間隔 インターバル(秒)	サンプル個数 N個
水温・塩分計	COMPACT-CT	10分		1個
	ACT-16K	10分		1個
クロロフィル 濁度計	COMPACT-CLW	10分	1秒	10個
	ACL-104-8M	10分	1秒	10個
溶存酸素計	COMPACT-DOW	10分	1秒	10個
流向・流速計	COMPACT-EM	10分	1秒	30個

(4) 測定機器

使用した測定機器を下記に示した。

(a) 水温・塩分

小型メモリーパック式水温塩分計：アレック電子(株)製 COMPACT-CT

メモリーパック式水温塩分計：アレック電子(株)製 ACT-16K

(図2. 2-3参照)

(b) クロロフィル・濁度

小型メモリークロロフィル濁度計：アレック電子(株)製 COMPACT-CLW

メモリーパック式クロロフィル濁度計：アレック電子(株)製 ACL-104-8M

(図2. 2-4参照)

(c) 溶存酸素

小型メモリーDO計：アレック電子(株)製 COMPACT-DOW

(図2. 2-5参照)

(d) 流向・流速

小型メモリー流速計：アレック電子(株)製 COMPACT-EM

(図2. 2-6参照)



名 称		小型メモリー水温塩分計 COMPACT-CT
製 造		アレック電子株式会社
水温センサー	タイプ	サーミスタ
	測定レンジ	-5～40℃
	精 度	±0.02℃
	分解能	0.001℃
電気伝導度センサー	タイプ	電磁誘導セル
	測定レンジ	0～60mS/cm
	精 度	±0.02mS/cm
	分解能	0.001mS/cm
技術仕様	記録容量	178439データ (2Mバイトフラッシュメモリ)
	測定インターバル	1秒, 1分, 2分, 10分
	消費電流	42mA
	電源	リチウム電池 (CR2)
	電池容量	750mAh
	材質	チタニウム
	寸法	40mmφ×193mmL
	耐圧	50m
	空中重量	350g
	水中重量	175g



名 称		メモリーバック式水温塩分計 ACT16K
製 造		アレック電子株式会社
水温センサー	原 理	白金測温抵抗体
	測定レンジ	-5～40℃
	精 度	±0.05℃
	分解能	0.01℃
	時定数	0.25sec
塩分センサー	原 理	電磁誘導型セル
	測定レンジ	0～60mmho/cm
	精 度	±0.05mmho/cm
	分解能	0.02mmho/cm
技術仕様	時定数	0.25sec
	記録容量	16000データ
	測定間隔	0.5, 1, 2, 4, 5, 10, 20, 30sec 1～999までの1分単位
	電源	Ni-Cd電池 (容量1700mAh)
	消費電流	100mA
	材質	sus304
	寸法	108mmφ×593mmL
耐圧	200m	

図 2.2-3 観測機器の仕様 (水温・塩分計)



名称		メモリーバック式クロロフィル計 ACL104-8M
製造		アレルク電子株式会社
測定方式	クロロフィル	蛍光測定
	濁度	後方散乱光式
	水温	白金抵抗体
測定範囲	クロロフィル	0.1~200 μ g/L
	濁度	0~200ppm
	水温	-5~40°C
精度	クロロフィル	$\pm 2\%$
	濁度	$\pm 1\text{ppm}$ (0~50ppm), $\pm 2\%$ (50ppm以上)
	水温	$\pm 0.03^\circ\text{C}$
技術仕様	記録媒体	メモリーバック方式
	記録容量	8Mバイト
	測定モード	連続・バースト
	電源	リチウム電池 (容量8000mAh)
	耐圧機能	100m
	材質	チタン合金
	寸法	89mm ϕ \times 793mmL
重量	空中	10.0kg
	水中	6.0kg



名称		小型メモリークロロフィル濁度計 COMPACT-CLW
製造		アレルク電子株式会社
クロロフィル	タイプ	蛍光測定
	測定レンジ	0~400 μ g/L (ケーン基準)
	精度	$\pm 1\%$
	分解能	0.01 μ g/L
濁度	タイプ	赤外後方散乱
	測定レンジ	0~1000FTU (ホルマジン基準)
	精度	$\pm 2\%$
	分解能	0.03FTU
水温センサー	タイプ	サーミスタ
	測定レンジ	-5~40°C
	精度	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
	分解能	0.001°C
技術仕様	記録容量	1791787バイト (2Mバイトフラッシュメモリ)
	測定モード	連続、バーストモード
	測定インターバル	0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30sec
	サンプル個数	1, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 600, 1200
	電源	単1型リチウム電池 (14Ah)
	材質	チタン
	寸法	69mm ϕ \times 210mmL
	耐圧	200m
	空中重量	1080g
水中重量	560g	



名称		小型メモリーDO計 COMPACT-DOW
製造		アレルク電子株式会社
DOセンサー	タイプ	ガルバニウム電極
	測定レンジ	0~20mg/L (0~200%)
	精度	$\pm 1\%$ FS
	分解能	0.001mg/L
水温センサー	タイプ	サーミスタ
	測定レンジ	-5~40°C
	精度	$\pm 0.05^\circ\text{C}$
	分解能	0.001°C
技術仕様	記録容量	1791787バイト (2Mバイトフラッシュメモリ)
	測定モード	連続、バーストモード
	測定インターバル	0.5, 1, 2sec
	サンプル個数	1, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 600, 1200
	電源	単1型リチウム電池 (14Ah)
	材質	チタン
	寸法	60mm ϕ \times 242mmL
	耐圧	200m
	空中重量	1200g
水中重量	620g	

図 2.2-4 観測機器の仕様 (クロロフィル・濁度・溶存酸素計)



名称		小型メモ流速計 COMPACT-EM
製造		アレック電子株式会社
測定方式	流向	ホール素子コンパス
	流速	2軸電磁誘導方式
	水温	サーミスタ
測定範囲	流向	0~360°
	流速	0.0~±500cm/sec
	水温	-5~40℃
精度	流向	±2°
	流速	実測値の±2%または±1cm/sec
	水温	±0.05℃
技術仕様	記録媒体	2Mバイトフラッシュメモリ
	記録容量	179178データセット
	測定モード	連続・バースト
	電源	リチウム電池 (容量7000mAh)
	耐圧機能	1000m
	材質	チタン製
重量	寸法	352mm
	空中	900g
	水中	550g

図2.2-5 観測機器の仕様 (流向・流速計)



名称		デファレンシャルGPS
製造		古野電気株式会社
アンテナ	GPS・ビーコン共用	
測位	パラレル12チャンネル、オールインビュー	
測位精度	GPS 約10m (95%時間、HDDP≥4)	
	D-GPS 5m以下 (95%時間、HDDP≥4)	
追尾速度	999kt	
ビーコン周波数範囲	283.5~325.0kHz	
ビーコン局選択	手動/自動	
表示部	4.5型モノクロ液晶 (半透過型)	
表示モード	自航跡、ハイウェイ、操船 (コンパス)、航法データ	
	ユーザー画面×2 (スピードメーター、デジタルディスプレイ)	
航跡記録	自航跡 1000点	
	目的地 999点	
	ルート 50 (1ルート30点の目的地設定)	
警報	到着、離脱、コースずれ、船速、船程、時間	
防水	受信演算部 (防噴流型IPX5)、空中線部 (耐水型IPX6)	
電源	DC12V-24V、340~170mA (照明最大時)	

図2.2-6 観測機器の仕様 (GPS)

(5) 設置方法

調査位置の決定（図2.2-7参照）は、海上保安庁が運用する中波ビーコンのディファレンシャルGPS（図2.2-6）により行った。

測定機器の設置は各測点においてダイバーにより行った。なお観測層は海底上50cm程度とした。

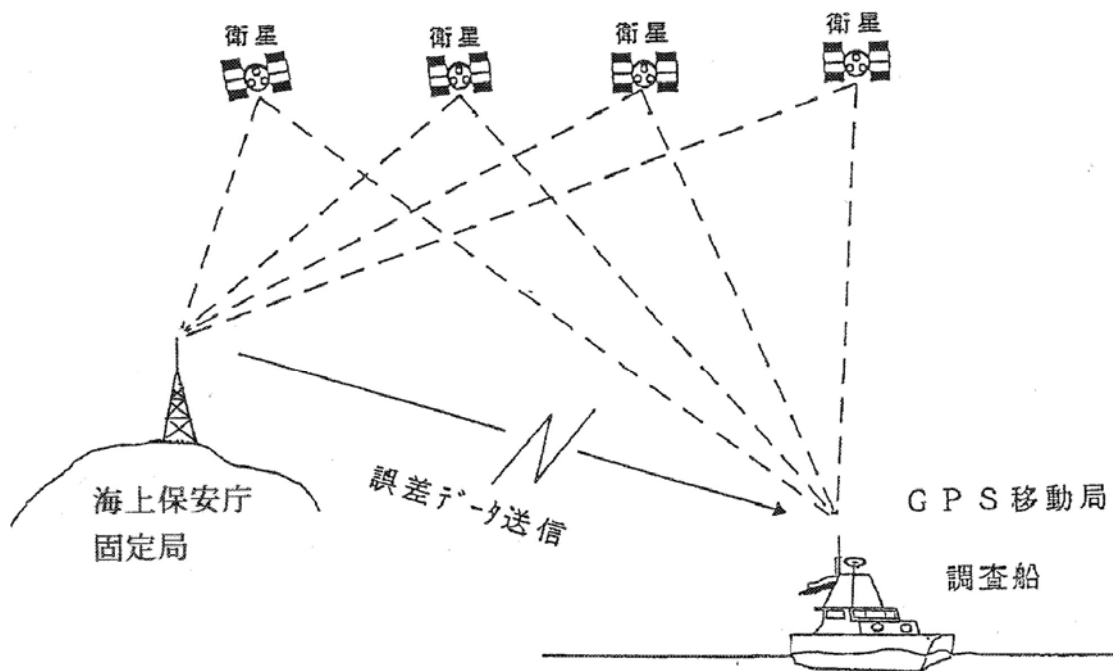


図2.2-7 ディファレンシャルGPS (DGPS) の概念図

(6) 調査期間中の潮位

調査海域における調査期間中の潮位データは、近傍である気象庁所管東京検潮所におけるデータ（気象庁ホームページにて公開）を使用した。

(7) 調査期間中の気象

調査海域における調査期間中の気象データは、調査海域近傍の市川市行徳漁業協同組合（沿岸気象観測システム、観測局：行徳）より提供を受け、使用した。

2.3 整理・解析

調査地点3箇所において取得した10分ごとの観測データから、水温、塩分、濁度、クロロフィル、溶存酸素量及び流向・流速結果を整理し、解析を行なった。

調査結果と併せて、市川市行徳漁業協同組合（沿岸気象観測システム、観測局：行徳）からデータの提供を受け、気温、日照、雨量、海面気圧、風向・風速について、年間の変動等を取りまとめた。

また「平成18年度 三番瀬海生生物現況調査（底生生物及び海域環境）」で示された調査結果と今回の調査結果の関連についても考察を行った。

3. 調査結果

3.1 資料解析の流れ

測得したデータは、図3.1-1に示すフローに従って整理・解析及び考察を行った。

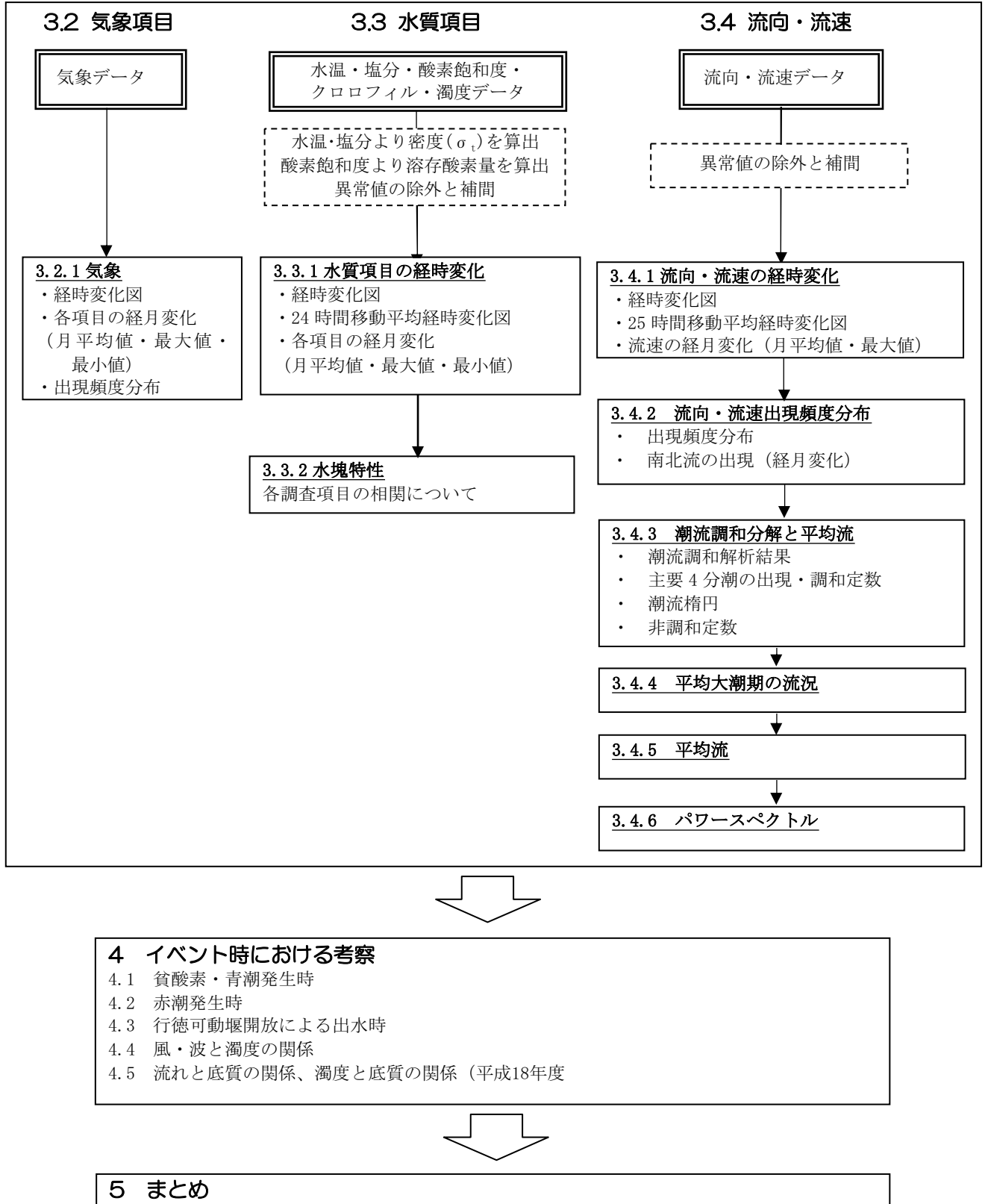


図3.1-1 解析フロー

3.2 気象状況

調査海域における調査期間中の気象状況を把握するため、調査海域近傍である市川市行徳漁業協同組合（沿岸気象観測システム、観測局：行徳）よりデータの提供を受け、観測データから1時間毎の最大瞬間風向風速、平均風向風速、海面気圧、気温、日照時間、時間雨量についてまとめた。

気象データの測得状況を表3.2-1に示した。

全調査期間及び季別の経時変化を図3.2-1、月別の気象統計一覧を表3.2-2、そして全調査期間及び季別の平均風向・風速出現頻度分布を図3.2-2に示した。

また気象庁ホームページで公開されている平年値（1971～2000年*の月平均値、観測局：千葉）と比較した経月変化を図3.2-3に示した。

「千葉局の各観測項目平年値」及び「日々の天気図」（ともに気象庁）、そして沿岸気象観測システム（観測局：行徳）の気象日報、気象日報から作成した月別の平均風向・風速頻度分布を資料編に示した。

気象データの統計期間は、2008年6月1日1:00～2009年3月31日23:00である。

*：但し、風向・風速の平年値は1981～2000年

調査期間中における欠測は、9月5日～9日にみられた。

(1) 全調査期間（6月～翌3月）（図3.2-1(1)、図3.2-2(1)、表3-2-2、図3-2-3）

調査期間中（2008年6月1日～2009年3月31日）の雨量は、1056mmであった。平年値は1086mmであり、平年と同程度であった。しかし、平年との違いとして、6月に多雨で7月は少雨であった。

日照時間は、1609時間であった。平年値は1519時間であり、平年より若干多めであった。

気温は、月平均気温が7.3～27.0℃、最高気温が33.3℃（8月6日）、最低気温が1.3℃（1月16日）であった。平年値の月平均気温が5.4～26.4℃、最高気温が8月の30.1℃、最低気温が1月の1.4℃であり、本年度の月平均気温は0～3℃高め、最高気温は3～16℃程度高く推移していた。

月平均海面気圧は、平年とほぼ同程度であった。

月平均風速は、北風の卓越3方向は北北西～北北東が50%程度をしめ、北風が多い傾向であった。一方、南風の卓越3方向は南～南西が25%程度であった。

(2) 夏季（6～9月）（図3.2-1(2)、図3.2-2(2)、表3-2-2、図3-2-3）

夏季の気候は、「日々の天気図」によると、6月上旬の梅雨入り後は雨天が続いたが、7月は太平洋高気圧の影響により晴天が続いた。8月～9月は大気が不安定となり、突発的な雷雨が多くみられ、特に8月下旬から9月上旬は度々激しい

雨に見舞われた。

本年度は台風の影響をほとんど受けず、9月20日～21日に台風13号が伊豆諸島の北部を通過したのが当調査海域に最も接近した台風であるが、三番瀬において台風による特記すべき事象はなかった。

雨量は、上旬に梅雨入りした影響で、6月は平年よりも多かった。7月は中旬に梅雨明けが発表されたが、平年よりも少ない傾向であった。8月～9月は概ね平年と同程度であった。また行徳可動堰が開放された8月31日の行徳局における日積算雨量は35mmであったが、国土交通省関東地方整備局江戸川河川事務所の「出水速報」（資料8）によると、江戸川流域における8月31日の積算雨量は夜間だけで80mmを超えていた。

日照時間は、雨天の続いた6月に少なく、晴天の多かった7月に多い傾向であり、8月～9月は平年と同程度であった。

気温は、月平均気温は21.2～27.0℃であり、最高気温は33.3℃(8月6日14時)、最低気温は13.9℃(6月1日4時)であった。夏季を通じて、月平均気温は1～2℃、最高気温は3～5℃平年より高かったが、最低気温は2～4℃平年より低かった。

月平均海面気圧は、1009～1012hPaで推移しており、平年と同程度であった。

月平均風速は、3.2～4.2m/s、最多風向は6～8月は南南西であったが、9月には北に変化していた。月平均風速の出現頻度をみると、南風(南～南西)の出現率が全体の40%程度を占めているのに対し、北風(北～北東)の出現率は30%程度であり、南風が比較的多くみられた。

(3) 秋季(10～12月) (図3.2-1(3)、図3.2-2(3)、表3-2-2、図3-2-3)

秋季の気候は、「日々の天気図」によると、11月上旬に例年より2週間程度早く関東地方で木枯らし1号が吹くなど、例年よりも早く冬型の気圧配置となっていた。

雨量は、10月～11月は平年と概ね同程度であったのに対し、12月は平年の2倍程度であった。

日照時間は、10月及び12月で平年より多い傾向であり、11月は平年と同程度であった。

月平均気温は、10.2～19.9℃、最高気温は26.3℃(10月7日14時)、最低気温は3.6℃(12月24日7時)であった。夏季と同様に、秋季も月平均気温は1～2℃、最高気温は5～7℃平年より高かったが、最低気温は1℃前後平年より低かった。

月平均海面気圧は、1017hPa前後で推移しており、平年と同程度であった。

月平均風速は、2.7～3.4m/s、風向は各月とも北で、冬季に近づくほど風速が大きくなる傾向であった。月平均風速の出現頻度をみると、北風（北北西～北北東）の出現率が全体の60%程度を占めているのに対し、南風（南～南西）の出現率は10%程度と、北風が卓越していた。

(4) 冬季（1～3月） （図3.2-1(4)、図3.2-2(4)、表3-2-2、図3-2-3）

冬季の気候は、「日々の天気図」（気象庁発表）によると、1月上旬に例年よりも20日程度早く梅の開花が発表された。また、2月中旬に関東地方で春一番が吹いた翌日には25.6℃の夏日となるなど、特異な天候であった。

雨量は、1月に平年より多く、2月～3月は平年より少なかった。

日照時間は、2月に平年より少ない傾向であったが、1月及び3月は平年と同程度であった。

月平均気温は、7.3～8.6℃、最高気温は25.6℃（2月14日14時）、最低気温は1.3℃（1月16日7時）であった。月平均気温は0～3℃、最高気温は6～16℃平年より高かったが、最低気温は、1月～2月は平年と同程度、3月は平年より3℃程度低かった。

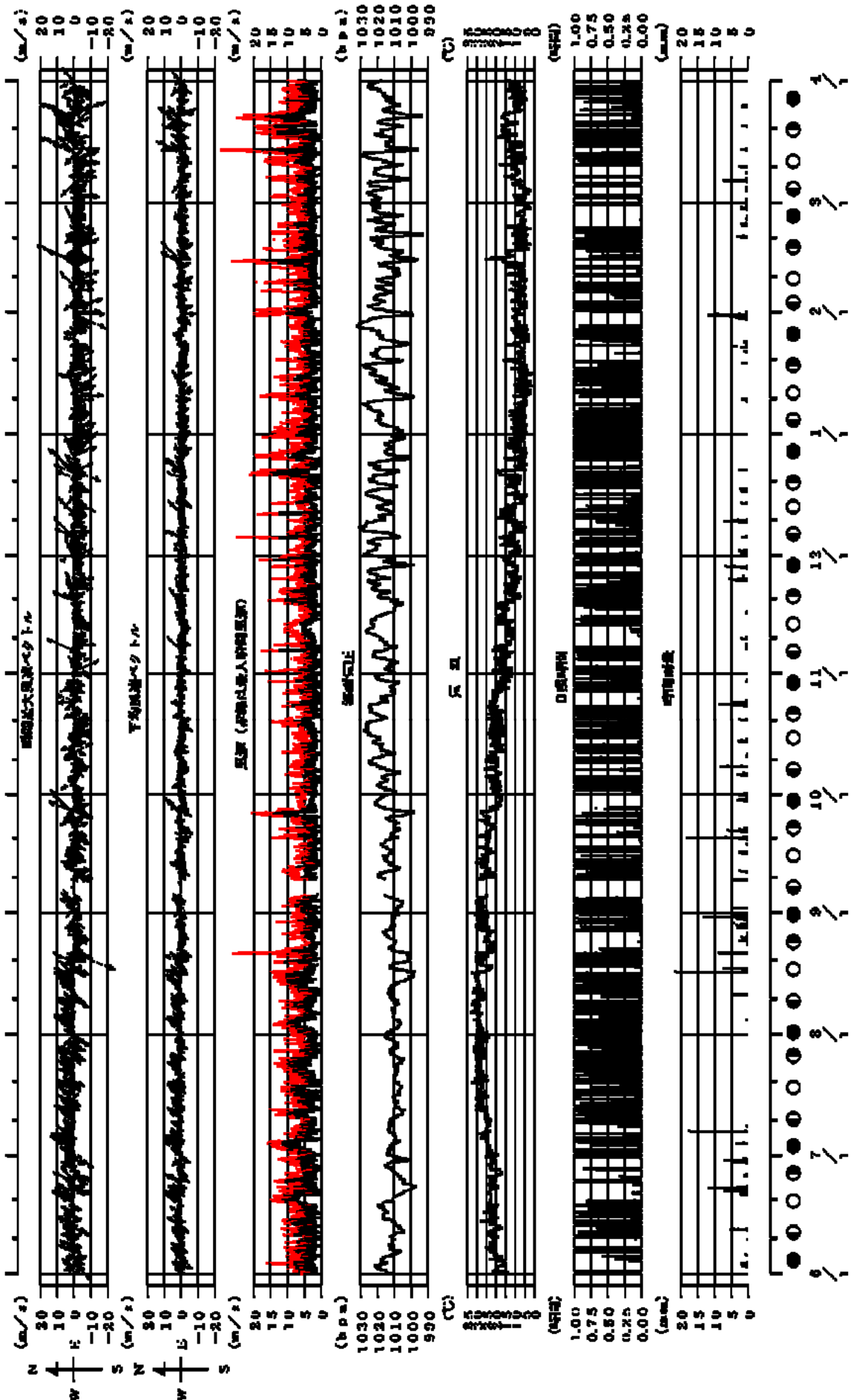
月平均海面気圧は、1016hPa前後で推移しており、平年と同程度であった。

月月平均風速は3.2～4.5m/s、風向は各月とも北で、春季に近づくほど風速が大きくなる傾向であった。月平均風速の出現頻度をみると、北風（北北西～北北東）の出現率は秋季と同様に全体の60%程度を占めているのに対し、南風（南～南西）の出現率は15%程度で、北風が卓越していた。

表 3.2-1 気象データの測得状況

平成20年6月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
調査開始																																
平成20年7月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成20年8月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成20年9月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
風向・風速																																86.8%
海面気圧																																86.8%
気温																																86.8%
日照時間																																86.8%
雨量																																86.8%
平成20年10月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成20年11月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成20年12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成21年1月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
平成21年2月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	測得率			
風向・風速																															100%	
海面気圧																															100%	
気温																															100%	
日照時間																															100%	
雨量																															100%	
平成21年3月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
風向・風速																																100%
海面気圧																																100%
気温																																100%
日照時間																																100%
雨量																																100%
調査終了																																

平成20年 6月 1日 ~ 平成21年 3月 31日

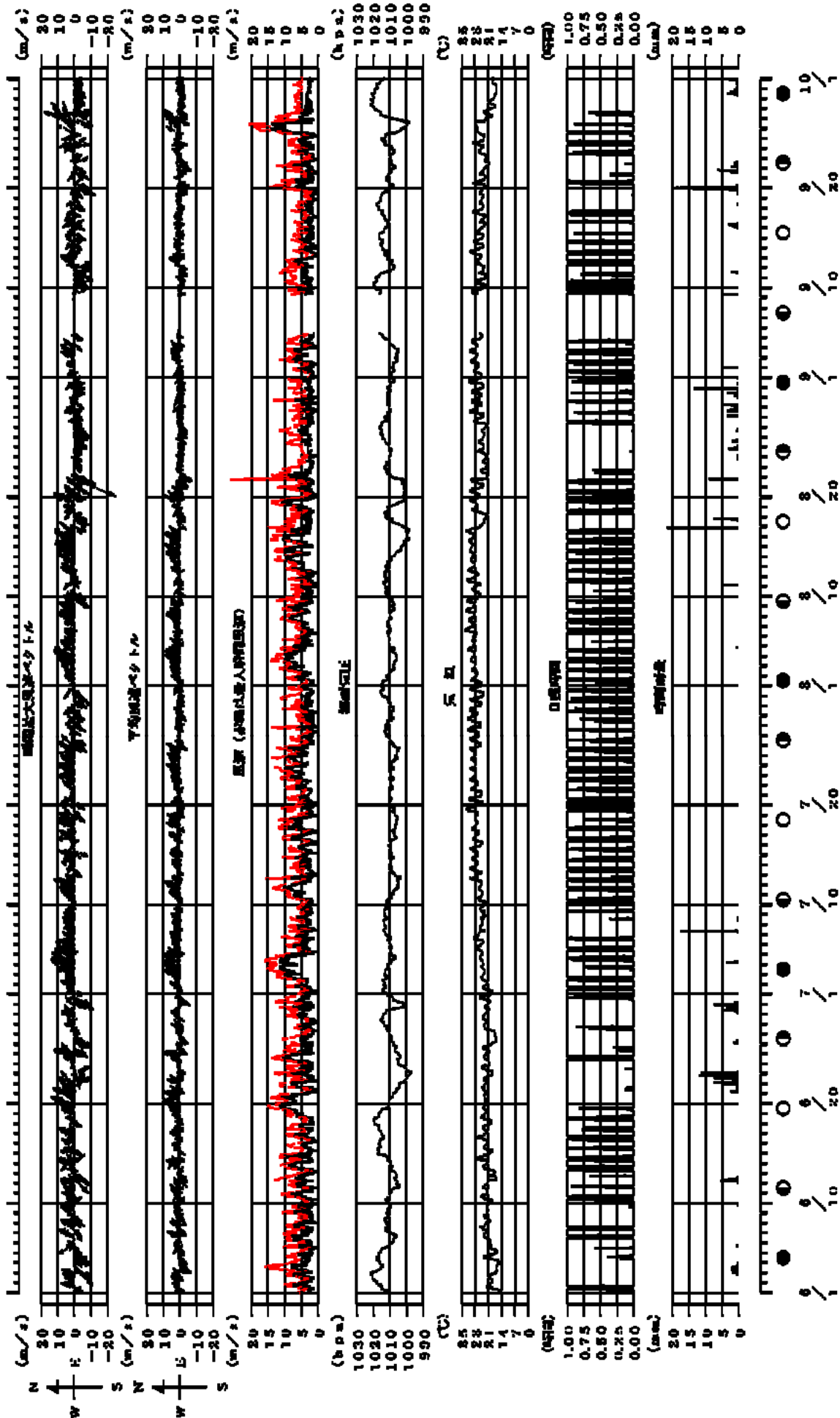


注：風速ベクトルは5分間、その他の項目は1時間おきです。

(気象庁気象研究所システム、観測局：行橋より行説)

図3.2-1(1) 観測期間中の気象 経時変化 (全調査期間)

平成20年 6月 1日 ~ 9月30日

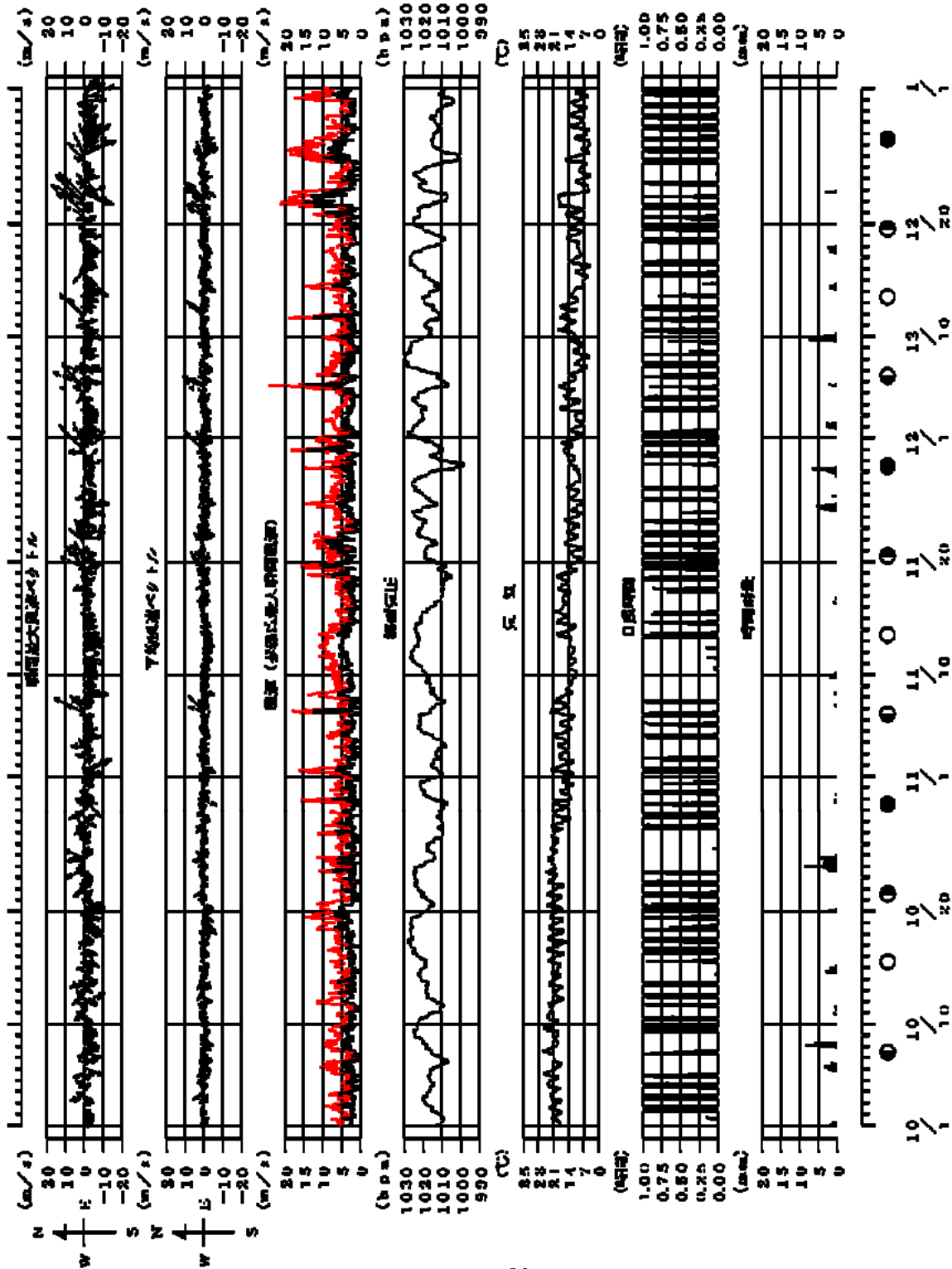


注: 風速ベクトルは3時間、その他の項目は1時間おきで記入

(気象庁気象研究所システム、観測局: 行田より作成)

図3.2-1(2) 観測期間中の気象 経時変化 (夏季)

平成20年10月 1日~12月31日

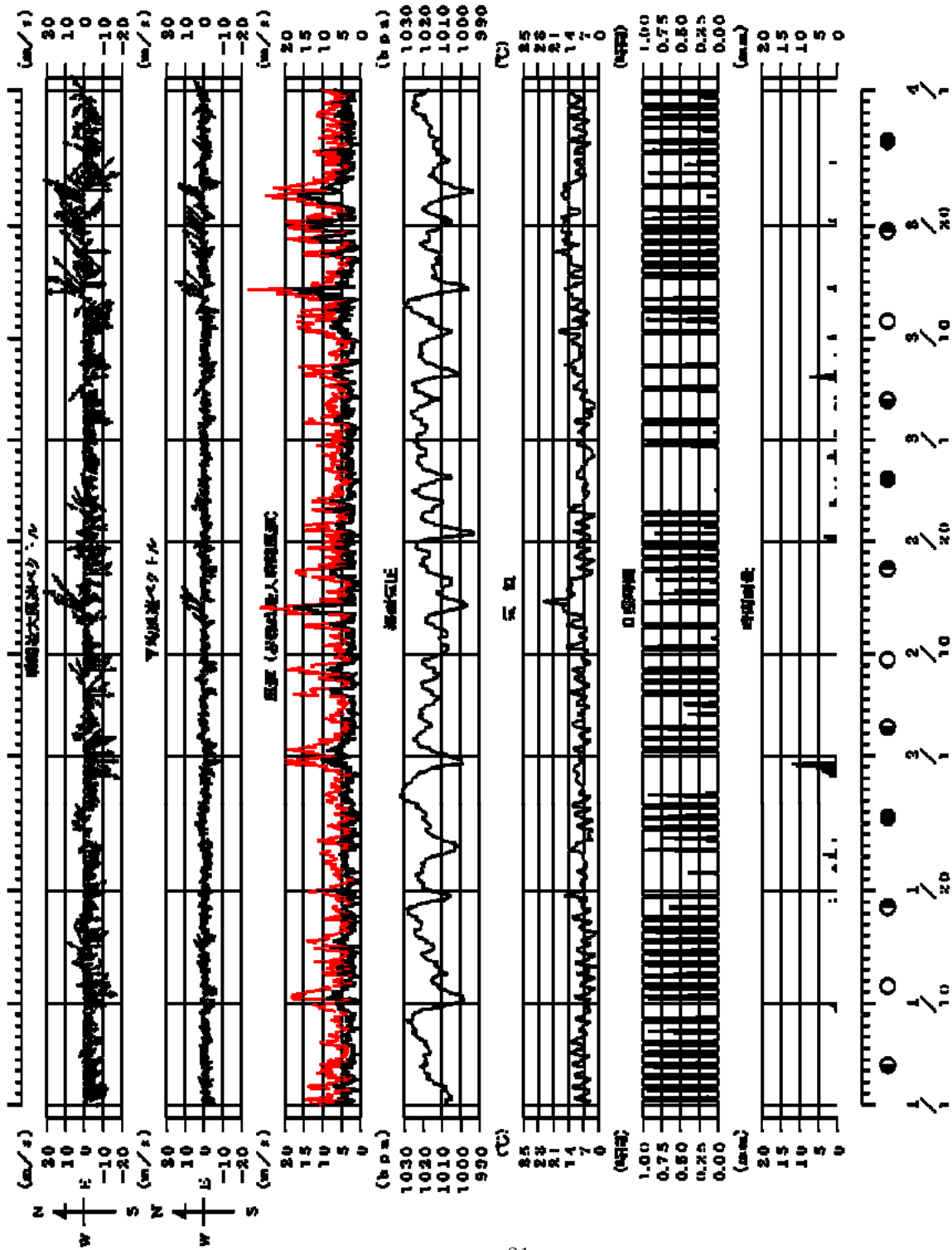


注: 風速ベクトルは3時間、その他の項目は1時間おきで記入。

(気象庁気象研究所システム、観測局: 行橋より作成)

図3.2-1(3) 観測期間中の気象 経時変化 (秋季)

平成21年 1月 10 ~ 3月 31日

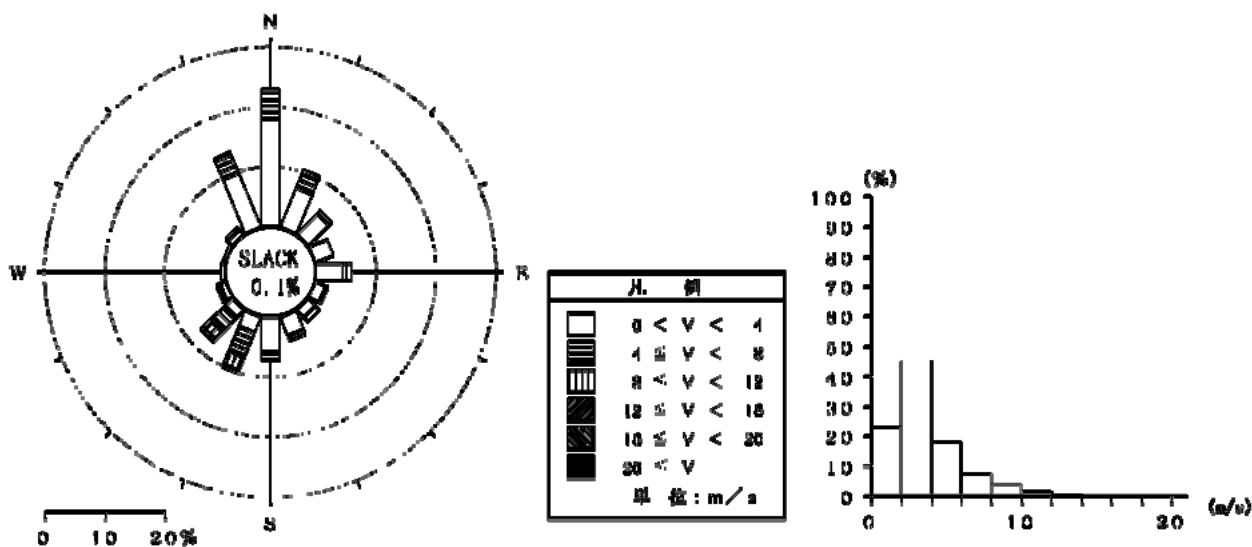


注：風速ベクトルは3時間、その他の項目は1時間おきで記入。

(気象庁気象研究所シスラ人、観測局：行橋より行宮)

図3.2-1(4) 観測期間中の気象 経時変化(冬季)

解析期間：平成20年6月1日 1時00分～平成21年4月1日 0時00分



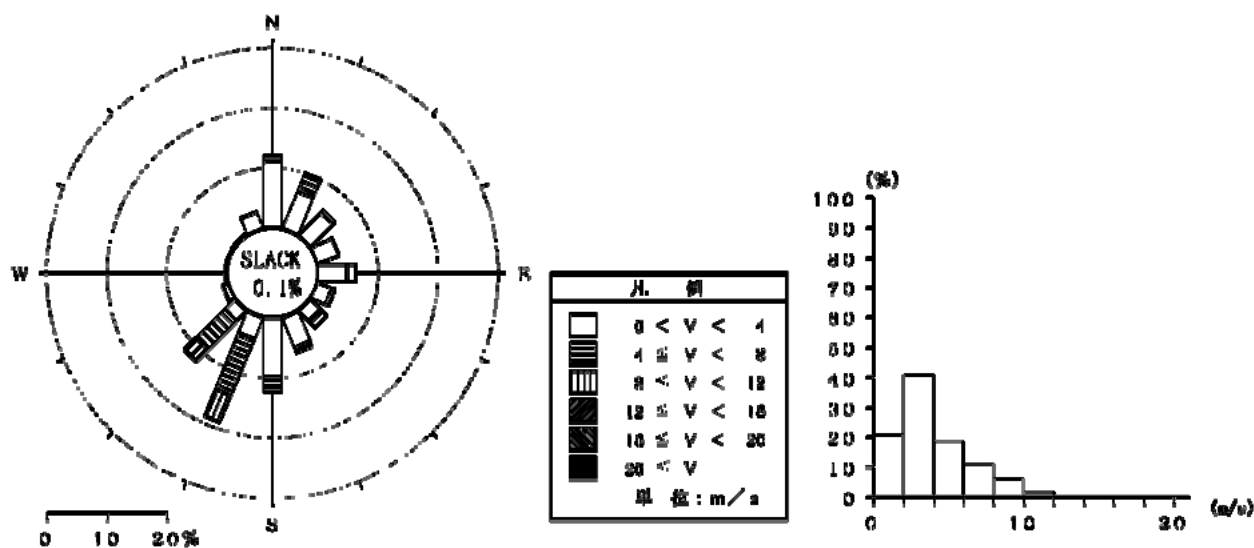
m/s 方位	0.0%		2.0%		4.0%		6.0%		8.0%		10.0%		12.0%		14.0%		16.0%		18.0%		20.0%		合計
	< 2.0	< 4.0	< 6.0	< 8.0	< 10.0	< 12.0	< 14.0	< 16.0	< 18.0	< 20.0													
N	0 0.1 300 4.7	0 0.1 857 13.3	0 0.1 309 4.3	0 0.1 42 0.6	0 0.1 10 0.1	0 0.1 2 0.0	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 0 -	0 0.1 1040 22.0
NNE	117 1.8	401 6.0	170 2.4	36 0.5	6 0.1	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	738 10.2
NNE	174 2.4	100 1.5	29 0.4	11 0.2	3 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	307 5.5
NNN	168 2.2	99 1.0	3 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	230 3.2
N	88 1.4	227 2.3	93 1.3	15 0.2	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	432 6.0
NNN	44 0.6	75 1.0	23 0.3	5 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	156 2.2
NNN	58 0.8	67 0.9	52 0.7	12 0.2	2 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	106 1.7
NNN	108 1.4	130 1.7	50 0.7	3 0.0	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	304 4.2
N	137 1.9	282 3.9	88 1.2	19 0.3	4 0.1	4 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	523 7.2
SSW	66 0.9	146 2.0	104 1.4	109 1.5	114 1.6	60 0.8	18 0.2	7 0.1	3 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	1 0.0	727 10.1
SSW	60 0.7	73 1.0	60 0.8	166 2.3	63 0.9	38 0.5	27 0.4	10 0.1	2 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	531 7.4
SSW	43 0.6	27 0.4	10 0.1	14 0.2	17 0.2	2 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	110 1.7
W	31 0.4	18 0.2	2 0.0	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	52 0.7
WNW	28 0.4	14 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	42 0.6
NW	44 0.6	26 0.4	20 0.3	11 0.2	3 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	124 1.7
NNW	173 2.3	227 3.1	153 2.1	71 1.0	15 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	975 13.5
合計	1688 23.1	3737 51.0	1519 20.3	245 3.3	201 2.8	107 1.5	45 0.6	17 0.2	5 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	1 0.0	7207 100.0

欠測例数： 05
観測率： 99.7%

(泊川気象観測システム、観測局：竹島より作成)

図3.2-2(1) 平均風向・風速出現頻度分布(全調査期間)

解析期間：平成20年6月1日 1時00分～平成20年10月1日 0時00分



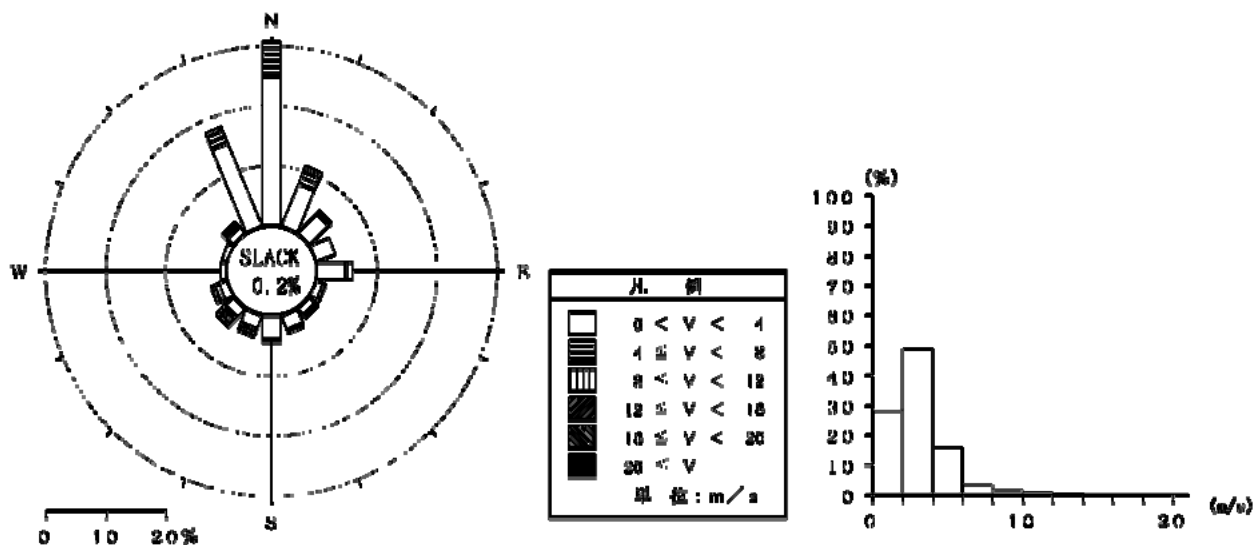
方向	m/s	風速範囲 (m/s)										合計
		0.0 ≤ V < 2.0	2.0 ≤ V < 4.0	4.0 ≤ V < 6.0	6.0 ≤ V < 8.0	8.0 ≤ V < 10.0	10.0 ≤ V < 12.0	12.0 ≤ V < 14.0	14.0 ≤ V < 16.0	16.0 ≤ V < 18.0	18.0 ≤ V < 20.0	
N	4 0.1 04 3.3	210 7.0 1.1	31 1.1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	4 0.1 341 12.0
NNE	47 1.7	141 5.0	75 2.6	17 0.6	0 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	47 1.7
NE	68 2.4	79 2.8	12 0.4	6 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	68 2.4
ENE	66 2.3	41 1.4	3 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	66 2.3
E	56 1.2	95 3.4	42 1.5	8 0.3	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	56 1.2
ESE	25 0.9	46 1.6	13 0.5	4 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	25 0.9
SE	22 0.8	37 1.4	41 1.4	2 0.1	0 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	22 0.8
SSE	68 2.6	93 3.3	38 1.1	2 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	68 2.6
S	73 2.8	204 7.2	68 2.3	8 0.3	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	73 2.8
SSW	21 0.7	83 2.9	148 5.0	140 5.3	88 3.0	41 1.4	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	21 0.7
SW	12 0.4	50 1.8	71 2.5	124 4.4	82 2.8	19 0.7	8 0.3	1 0.0	0 -	0 -	0 -	12 0.4
WSW	12 0.4	13 0.4	0 0.0	0 -	0 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	12 0.4
W	10 0.4	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	10 0.4
WNW	8 0.3	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	8 0.3
NW	8 0.3	2 0.1	9 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	8 0.3
NNW	25 0.9	37 1.3	3 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	25 0.9
合計	502 20.0	1768 40.0	624 18.0	318 11.0	170 6.0	51 1.8	8 0.3	1 0.0	0 -	0 -	0 -	502 100.0

欠測例数： 95
観測率： 99.8%

《沿岸気象観測システム、観測局：行館より作成》

図3.2-2(2) 平均風向・風速出現頻度分布(夏季)

解析期間：平成20年10月1日 1時00分～平成21年1月1日 0時00分



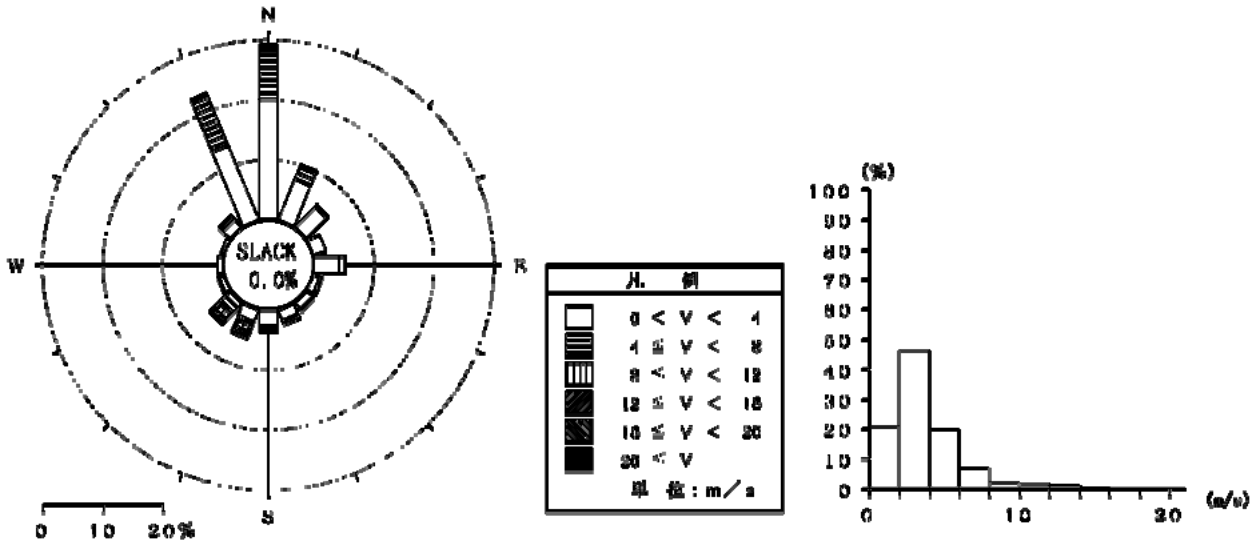
方向	m/s	風速 (%)										合計
		0.0% < 2.0	2.0% < 4.0	4.0% < 6.0	6.0% < 8.0	8.0% < 10.0	10.0% < 12.0	12.0% < 14.0	14.0% < 16.0	16.0% < 18.0	18.0% < 20.0	
N	4 0.2 148 0.7	400 18.1	123 5.6	7 0.3	0	0	0	0	0	0	0	4 0.2 148 0.7
NNE	41 1.8	139 6.8	51 2.3	13 0.6	1 0.0	0	0	0	0	0	0	41 1.8 139 6.8
NE	55 2.5	46 2.0	14 0.6	1 0.0	2 0.1	0	0	0	0	0	0	55 2.5 46 2.0
ENE	51 2.2	12 0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51 2.2 12 0.6
E	25 1.2	74 3.4	23 1.3	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	25 1.2 74 3.4
ESE	6 0.4	17 0.9	11 0.5	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	6 0.4 17 0.9
SE	14 0.6	14 0.6	12 0.6	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	14 0.6 14 0.6
SESE	27 1.2	25 1.1	12 0.6	0	1 0.0	0	0	0	0	0	0	27 1.2 25 1.1
S	48 2.1	29 1.7	4 0.4	3 0.1	2 0.1	0	0	0	0	0	0	48 2.1 29 1.7
SSW	22 1.0	29 1.3	10 0.5	0 0.0	7 0.3	6 0.2	3 0.1	1 0.0	0	0	0	22 1.0 29 1.3
SW	27 1.2	13 0.6	0 0.0	15 0.7	0 0.4	11 0.5	7 0.3	4 0.2	0	0	0	27 1.2 13 0.6
WSW	20 0.9	8 0.4	3 0.4	11 0.5	14 0.6	2 0.1	0	0	0	0	0	20 0.9 8 0.4
W	8 0.4	10 0.6	2 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	8 0.4 10 0.6
WNW	14 0.6	6 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14 0.6 6 0.3
NW	17 0.8	14 0.6	14 0.6	5 0.4	1 0.0	0	0	0	0	0	0	17 0.8 14 0.6
NNW	50 2.2	246 11.1	53 2.4	7 0.3	4 0.2	0	0	0	0	0	0	50 2.2 246 11.1
合計	682 29.3	1870 85.0	354 16.0	77 3.5	40 1.8	16 0.7	10 0.5	5 0.2	0	0	0	682 29.3 1870 85.0

欠測回数： 0
観測率： 100.0%

(前記気象観測システム、観測局：行館より作成)

図3.2-2(3) 平均風向・風速出現頻度分布(秋季)

解析期間：平成21年1月1日 1時00分～平成21年4月1日 0時00分



方向	m/s												合計
	0.0% < 2.0	2.0% < 4.0	4.0% < 6.0	6.0% < 8.0	8.0% < 10.0	10.0% < 12.0	12.0% < 14.0	14.0% < 16.0	16.0% < 18.0	18.0% < 20.0	20.0% < 25.0		
N	04 4.4	341 16.8	145 0.7	36 1.0	10 0.5	2 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	037 20.0
NNE	20 1.3	131 8.1	60 2.3	6 0.2	2 0.1	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	218 16.1
NE	60 2.3	60 2.0	3 0.1	6 0.2	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	116 5.3
ENE	32 1.6	10 0.7	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	42 2.2
E	34 1.6	98 2.7	23 1.1	3 0.7	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	118 5.5
ESE	77 0.3	18 0.6	9 0.4	7 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	33 1.5
SE	10 0.7	14 0.6	4 0.2	7 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	41 1.9
SESE	10 0.0	20 1.0	10 0.7	7 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	58 2.7
S	16 0.6	40 1.0	18 0.0	7 0.0	1 0.0	4 0.2	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	76 3.6
SSW	12 0.0	34 1.0	12 0.0	6 0.2	0 0.4	0 0.6	14 0.7	16 0.3	0 0.1	3 0.1	0 -	1 0.0	111 5.1
SW	14 0.0	10 0.6	13 0.0	10 0.7	13 0.0	17 0.8	12 0.6	6 0.2	3 0.1	0 -	0 -	0 -	102 4.7
WSW	11 0.6	7 0.3	2 0.1	3 0.1	2 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	26 1.2
W	13 0.0	7 0.3	0 -	1 0.0	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	21 1.0
WNW	6 0.2	6 0.4	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	12 0.6
NW	10 0.0	22 1.0	14 0.6	3 0.7	2 0.1	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	58 2.7
NNW	60 3.1	224 16.4	120 5.9	64 2.0	11 0.6	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	485 23.0
合計	44 20.0	180 16.4	421 20.0	150 5.0	21 0.4	36 1.6	27 1.3	71 0.3	5 0.2	0 -	0 -	1 0.0	2160 100.0

欠測例数： 0
観測率： 100.0%

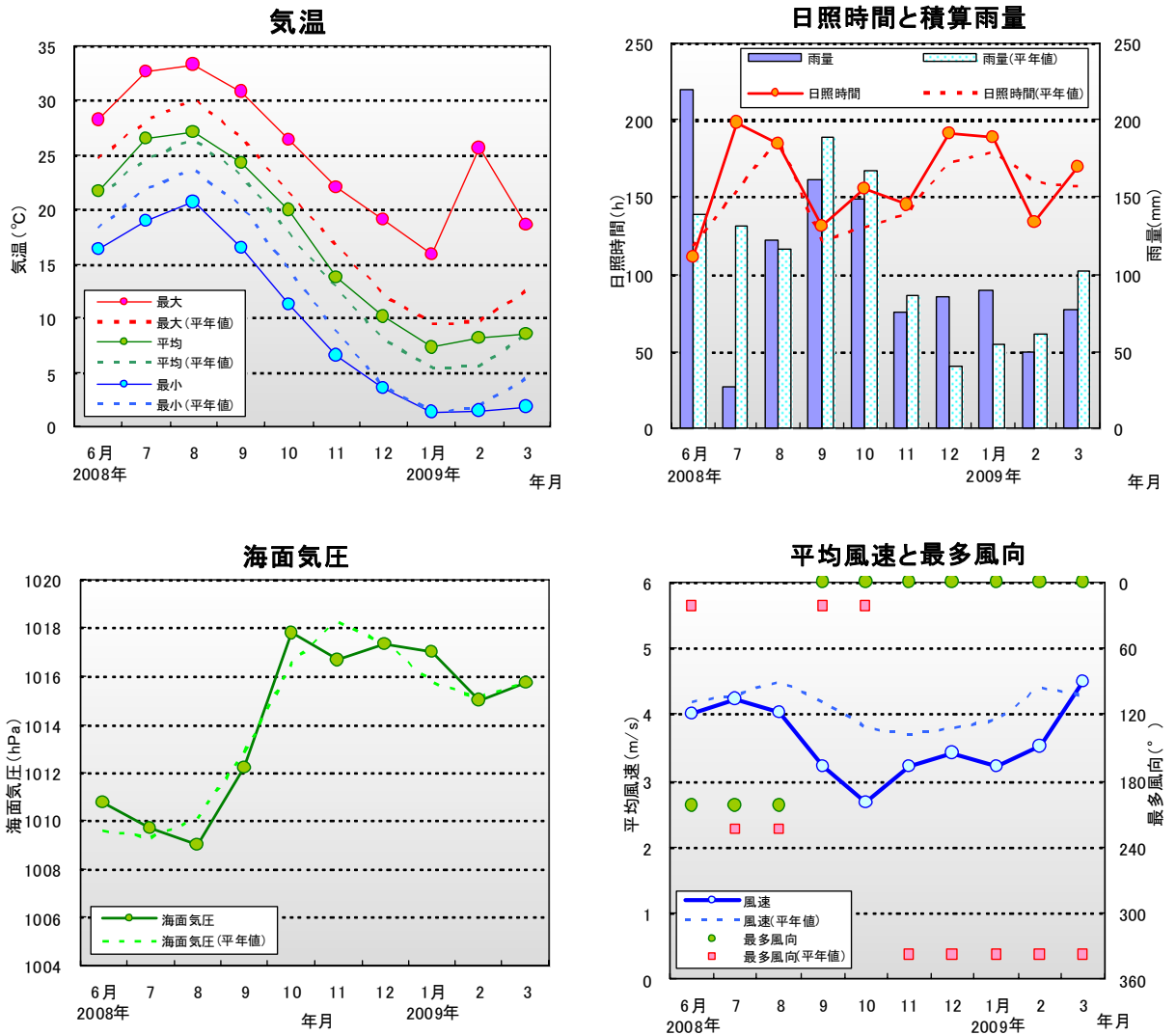
(前記気象観測システム、観測局：行館より作成)

図3.2-2(4) 平均風向・風速出現頻度分布(冬季)

表 3.2-2 気象統計

項目	2008年6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2009年1月	2月	3月	全調査期間	
気温(°C)	最高	28.2	32.7	33.3	30.8	26.3	22.0	19.0	15.8	25.6	18.5	33.3
	出現日	6/14 10:00	7/19 13:00	8/6 14:00	9/3 14:00	10/7 14:00	11/1 13:00	12/22 10:00	1/19 14:00	2/14 14:00	3/17 15:00	8/6 14:00
	平均	21.2	26.5	27.0	24.2	19.9	13.8	10.2	7.3	8.2	8.6	16.8
	最低	13.9	18.9	20.7	16.5	11.3	6.5	3.6	1.3	1.5	1.8	1.3
	出現日	6/1 4:00	7/1 1:00	8/22 5:00	9/29 14:00	10/31 6:00	11/25 4:00	12/24 7:00	1/16 7:00	2/22 6:00	3/4 0:00	1/16 7:00
平均風速(m/s)	風速(スカラ一値)	4.0	4.2	4.0	3.2	2.7	3.2	3.4	3.2	3.5	4.5	3.6
	最多風向	南南西	南南西	南南西	北	北	北	北	北	北	北	北
瞬間最大風速(m/s)	風速(スカラ一値)	16.1	16.2	26.4	20.8	15.7	18.8	25.4	20.4	26.9	29.9	29.9
	最多風向	北東	南南西	北北東	南南西	北北東	南西	南西	北北東	南西	南南西	南南西
	出現日	6/3 14:00	7/4 7:00	8/21 18:00	9/26 10:00	10/29 20:00	11/29 21:00	12/5 16:00	1/31 14:00	2/14 2:00	3/14 7:00	3/14 7:00
海面気圧(hPa)	最大	1021.7	1015.7	1016.7	1021.7	1027.9	1027.1	1030.8	1032.4	1025.9	1029.5	1032.4
	平均	1010.8	1009.7	1009.0	1012.2	1017.8	1016.7	1017.4	1017.0	1015.0	1015.7	1014.1
	最小	996.6	1003.1	998.0	997.8	1006.0	998.1	999.7	997.9	992.3	992.9	992.3
日照時間(h)	積算	110.7	198.2	184.6	131.4	155.6	145.2	191.2	189.2	133.4	169.2	1608.5
	平均(h/day)	3.7	6.4	6.0	4.4	5.0	4.8	6.2	6.1	4.8	5.5	5.3
雨量(mm)	積算	219.0	27.0	122.0	162.0	149.0	75.5	86.0	89.5	49.5	76.5	1056.0
	最大(mm/h)	12.0	17.5	21.5	18.5	9.0	6.5	7.5	12.0	3.5	7.5	21.5
	出現日	6/22	7/7	8/16	9/20	10/24	11/28	12/9	1/31	2/20	3/6	8/16

(沿岸気象観測システム、観測局：行徳より作成)



注：平年値は、気象庁（観測局：千葉）の1971～2000年の平均値

図3.2-3 各種気象項目の経月変化及び平年値との比較

3.3 水質観測

水質項目（水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル a、濁度）における観測データの測得状況を表 3.3-1 に示した。

密度（ σ_t ）は水温、塩分の観測データから算出した。

密度（ σ_t ）は密度変化を分かりやすくするために、海面（=0）での海水の密度（ ρ ）を以下の式で表したものである。

$$\sigma_t = \rho(s, t, 0) - 1000$$

ρ : 密度 s:塩分 t : 水温

参考：気象庁編(1999)「海洋観測指針(第1部)」

水質統計期間は、2008年6月13日0:00~2009年3月12日23:50である。

調査期間中における1日以上欠測は、測点1において2008年12月にクロロフィル a 及び濁度で、2009年1月に塩分でそれぞれ1回発生した。

それぞれデータは測得していたが、アオサ等の海藻類がセンサー部に絡まったと思われる異常データが確認され、欠測とした。

また、測点1及び測点2で最干時に計器が干出し、一部欠測が生じた。

なお、本報告における貧酸素及び赤潮の定義は、下記に示す千葉県水産総合研究センターによる基準を用いた。また、無酸素については、「シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ」柳(1989)による基準を用いた。

■貧酸素：酸素飽和度 50%以下、溶存酸素 2.5ml/L \div 3.6mg/L 以下

■無酸素：酸素飽和度 0.5%以下、溶存酸素 0.05ml/L \div 0.036mg/L 以下

■赤 潮：酸素飽和度 150%以上、クロロフィル a 50 μ g/L 以上

(参考文献)

・柳哲雄：シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ, 沿岸海洋研究ノート, 26(2) 144-145(1989)

3.3.1 水質項目の経時変化

水質項目の経時変化図と 24 時間移動平均の経時変化図を、全調査期間及び季別毎に図 3.3-1 に示した。24 時間移動平均処理は、日周期変動以下の短周期を除去し、1 日以上の長周期成分の変動（季節変動などの指標となる）を表したものである。

各水質項目の季節変動をみるため、月平均値・月最大値・月最小値の変化を図 3.3-2 に示した。

また月別の経時変化図、「貧酸素水塊速報」及び「東京湾海況情報」（ともに千葉県水産総合研究センター）、「江戸川出水速報」（江戸川河川事務所ホームページ）及び「大雨に関する速報」（気象庁・東京気象台ホームページ）を資料編に示した。

(1) 全調査期間（6月～翌3月）（図 3.3-1(1) (2)、図 3.3-2、表 3.3-2）

水温は、測点 1 で 6～33℃、測点 2 及び測点 3 で 6～31℃の間で変動していた。最高値は 8 月にみられ、測点 1 で 33.4℃、測点 2 で 31.4℃、測点 3 で 30.7℃であった。最低値は 1 月にみられ、測点 1 で 5.8℃、測点 2 で 6.6℃、測点 3 で 6.7℃であった。また 1 月の月平均値は 3 測点とも 9℃台であったが、沖側の測点 3 より測点 1 及び測点 2 でやや低くなっていた。

塩分は、測点 1 で 10～33psu、測点 2 で 8～32psu、測点 3 で 20～33psu の間で変動し、夏季は低塩分の傾向であったが、10 月以降は高塩分で安定していた。塩分の最高値は、測点 1 及び測点 2 では 3 月にみられ、それぞれ 33.0psu、32.1psu であった。測点 3 では 11 月にみられ 32.7psu であった。最低値は、測点 1 及び測点 2 で 9 月にみられ、それぞれ 10.1psu、8.0psu であった。また、測点 3 の最低値は 7 月にみられ、19.6psu であった。測点 2 の塩分は、測点 1 及び測点 3 より一時的に低下する現象が度々みられたが、これは、測点 2 が旧江戸川放水路前面海域に位置しているため、河川水の影響を受けているものと考えられる。

クロロフィル a は、調査を開始した 6 月中旬から 9 月中旬にかけて日周期変動が大きくなっていた。また 6 月中旬に全測点で 500 μg/L を超える爆発的な上昇がみられた。11 月～12 月は少ないレベルで変化も小さいが、1 月下旬からは再び上昇し、全測点で 50 μg/L 以上となっていた。「東京湾海況情報」によると、本調査と同時期に赤潮の発生が確認されていることから、赤潮によるものであると思われる。

溶存酸素は、測点 1 で 0～23mg/L、測点 2 で 0～27mg/L、測点 3 で 0～20 mg/L の間で変動していた。月最低値は、測点 1 は 12 月まで、測点 2 及び測点 3 は 11 月まで貧酸素基準を下回る時期（一時的なものも含む）がみられた。6 月から 9 月にかけて顕著な日周期変動がみられ、クロロフィル a の変化との対

応がうかがえた。しかし、クロロフィル a の少ない 10 月中旬から 12 月中旬にかけても、測点 1 で溶存酸素の顕著な日周期変動がみられた。これは、該当時期に三番瀬海域で多く発生していたアオサ等の海藻類による光合成によって、溶存酸素が供給されていたものと思われる。

「市川二期地区・京浜港二期地区計画に係る補足調査結果報告書 現況編 II（青潮の発生機構）」の定点連続観測調査（平成 8 年 5 月下旬～同年 10 月上旬）における水温・塩分・溶存酸素連続測定（P.80）でも、本調査における測点 1 に近接した測点にて、水温と溶存酸素の日周期変動が 7 月及び 9 月に顕著であり、海藻類による光合成と呼吸作用であると記されている。

濁度は、夏季に若干高い傾向はあるものの、調査期間を通じて全測点で概ね 10FTU 以下であったが、測点 3 で低く、測点 1 で高くなる傾向であった。また、南風の継続時に測点 1 及び測点 2 で濁度が上昇する傾向が見られたが、測点 3 ではこの傾向は顕著でなかった。これは、水深の浅い測点 1 及び測点 2 の底泥が風浪によって巻き上げられたことによると思われる。

(2) 夏季（6～9月） （図 3.3-1(3) (4)、図 3.3-2、表 3.3-2)

水温は、測点 1 で 20～34℃、測点 2 で 21～31℃、測点 3 で 20～31℃の間で変動していた。また各月の月平均値は、測点 1 で最も高く、沖側の測点 3 で低くなっていた。

塩分は、測点 1 で 10～30psu、測点 2 で 8～31psu、測点 3 で 20～32psu の間で変動しており、全測点で最高値と最低値の差が大きかった。また各月の月平均値では測点 1 で低く、沖側の測点 3 で高くなっており、全測点で低塩分・低密度の傾向であった。

水温・塩分には微弱ながら半日周期の変動も見られ、これは潮流による水塊の移動と考えられる。

クロロフィル a は、全測点で 6 月 15 日～19 日頃に著しい上昇が見られ、最高値は測点 1 で 550 μ g/L、測点 2 で 780 μ g/L、測点 3 で 600 μ g/L であった。9 月中旬以降は、全測点で 1 μ g/L 程度まで減少し、非常に低量となっていた。

溶存酸素は、貧酸素と定義されるレベルまで度々低下していたが、水温・溶存酸素・クロロフィル a は、気温・日照時間と連動した日周期変動が見られた。

6 月 23 日及び 6 月 27 日は、北寄りの風が連吹後に測点 2 及び測点 3 で溶存酸素の低下および塩分の上昇が見られ、底層水の移動・湧昇を示唆していた。溶存酸素の低下は一時的に貧酸素となっていたが、長時間は続いていなかった。

7 月 27 日～29 日には、微弱ながら北寄りの風が連吹した後に溶存酸素の低下及び塩分の上昇が見られ、特に測点 2 及び測点 3 で顕著であった。北寄りの

風によると思われる塩分の上昇は 7 月 31 日まで続き、底層水の湧昇を示唆していた。

北寄りの風の連吹に伴い、測点 1 は 8 月 21 日～31 日、測点 2 は 8 月 23 日～31 日、測点 3 は 8 月 21 日～29 日にかけて溶存酸素の低下および塩分の上昇が見られ、底層の貧酸素水の湧昇を示していた。特に 8 月 27 日～31 日にかけては貧酸素あるいは無酸素状態が長期間続いていた。「貧酸素水塊速報」によると、8 月 22 日～28 日に船橋～千葉市地先で青潮の発生が確認されている。

9 月 1 日～3 日は、測点 1 のみで上げ潮時に貧酸素がみられ、特に 2 日までは無酸素状態であった。

(3) 秋季 (10～12 月) (図 3.3-1(5) (6)、図 3.3-2、表 3.3-2)

水温は、測点 1 及び測点 3 で 7～23℃、測点 2 で 8～23℃の間で変動していた。

塩分は、測点 1 及び測点 3 で 26～32psu、測点 2 で 27～33psu の間で変動していた。

クロロフィル a は、10 月 5 日～6 日は測点 3 で赤潮の基準に達していた。測点 1 及び測点 2 においても上昇がみられたが、その他の期間は非常に低量となっていた。

溶存酸素は、10 月中旬から 12 月中旬にかけて、測点 1 で日中に高く夜間に低くなる周期的変動がみられたが、測点 2 及び測点 3 では顕著ではなかった。

10 月 7 日～11 日には、北寄りの風の連吹に伴い、溶存酸素の低下および塩分の上昇が見られ、底層の貧酸素水の湧昇を示していた。特に 10 月 9 日～11 日にかけて測点 2 及び測点 3 で貧酸素あるいは無酸素状態が続いていた。「貧酸素水塊速報」によると、10 月 9 日～10 日に千葉港内・船橋航路付近・江戸川河口付近で局所的に青潮の発生が確認されている。

10 月 18 日～23 日は、北寄りの風の連吹に伴い、数時間程度の貧酸素が断続的に出現しており、測点 3 で多くみられた。

11 月 14 日は、北寄りの風の連吹に伴い、測点 3 で溶存酸素の低下および塩分の上昇が見られ、底層の貧酸素水の湧昇がうかがえた。「貧酸素水塊速報」によると、11 月 13 日～14 日に船橋地先で青潮の発生が確認されている。

(4) 冬季 (1～3 月) (図 3.3-1(7) (8)、図 3.3-2、表 3.3-2)

水温は、測点 1 で 6～14℃、測点 2 及び測点 3 で 7～13℃の間で変動していた。

塩分は、測点 1 及び測点 3 で 27～33psu、測点 2 で 26～32psu、測点 3 で 28～33psu の間で変動していた。

クロロフィル a は、1 月下旬から上昇し、1 月下旬及び 2 月中旬の好天継続に伴い、赤潮がみられた。

溶存酸素は、全測点で 8mg/L を下回ることはなく、北風の連吹に伴う低下も

みられなかった。

溶存酸素とクロロフィル a は、日周期変動が顕著であった。

2 月 13 日～14 日にかけて強い南風が連吹し、全測点で 30～40FTU 程度の濁度の上昇がみられた。

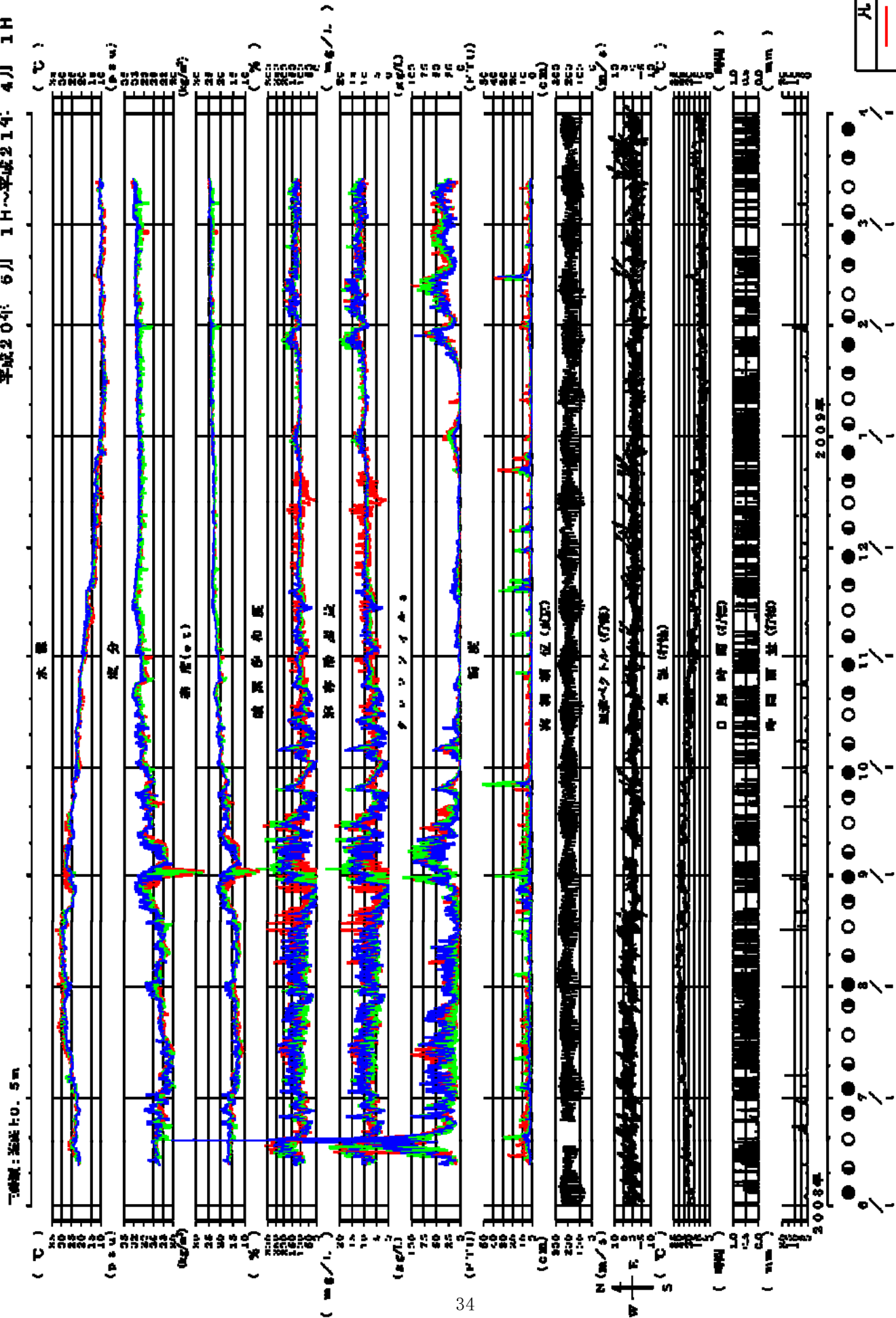
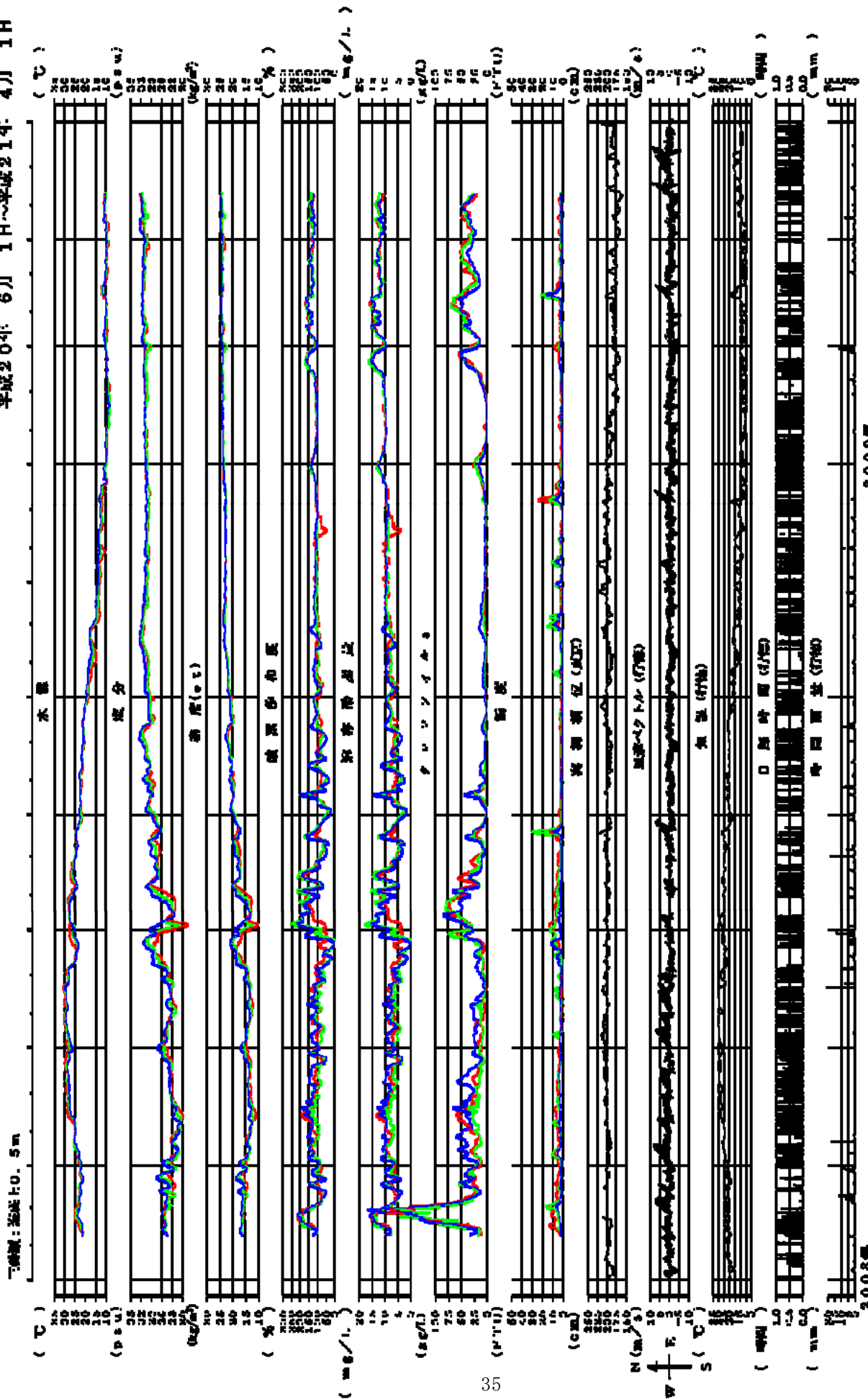


図3.3-1(1) 水質項目経時変化 (全調査期間)

平成20年 6月 1日 1H~平成21年 4月 1H



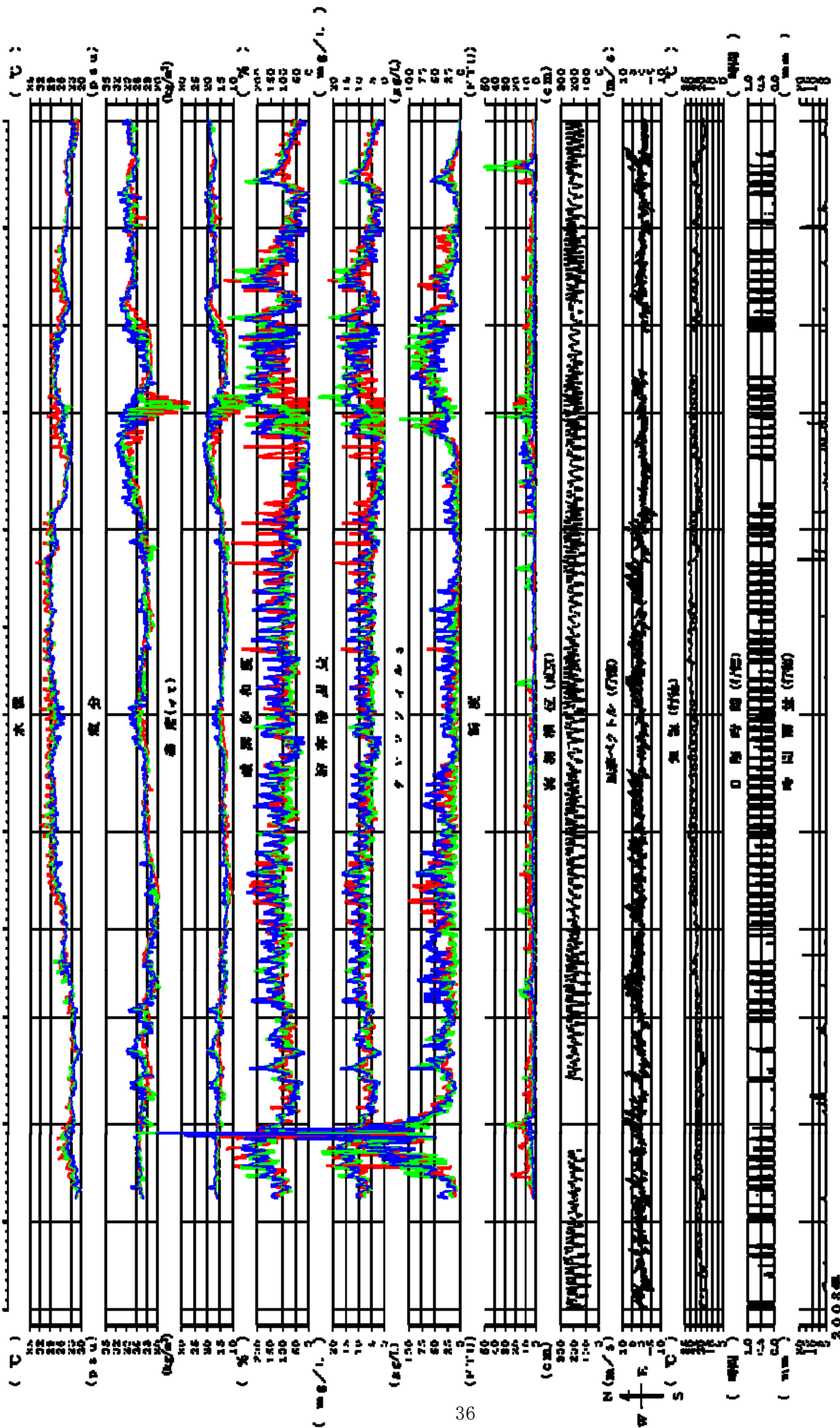
凡例	
—	測点1
—	測点2
—	測点3



注: 風速ベクトルは6時間、その他の項目は1時間おきに記入

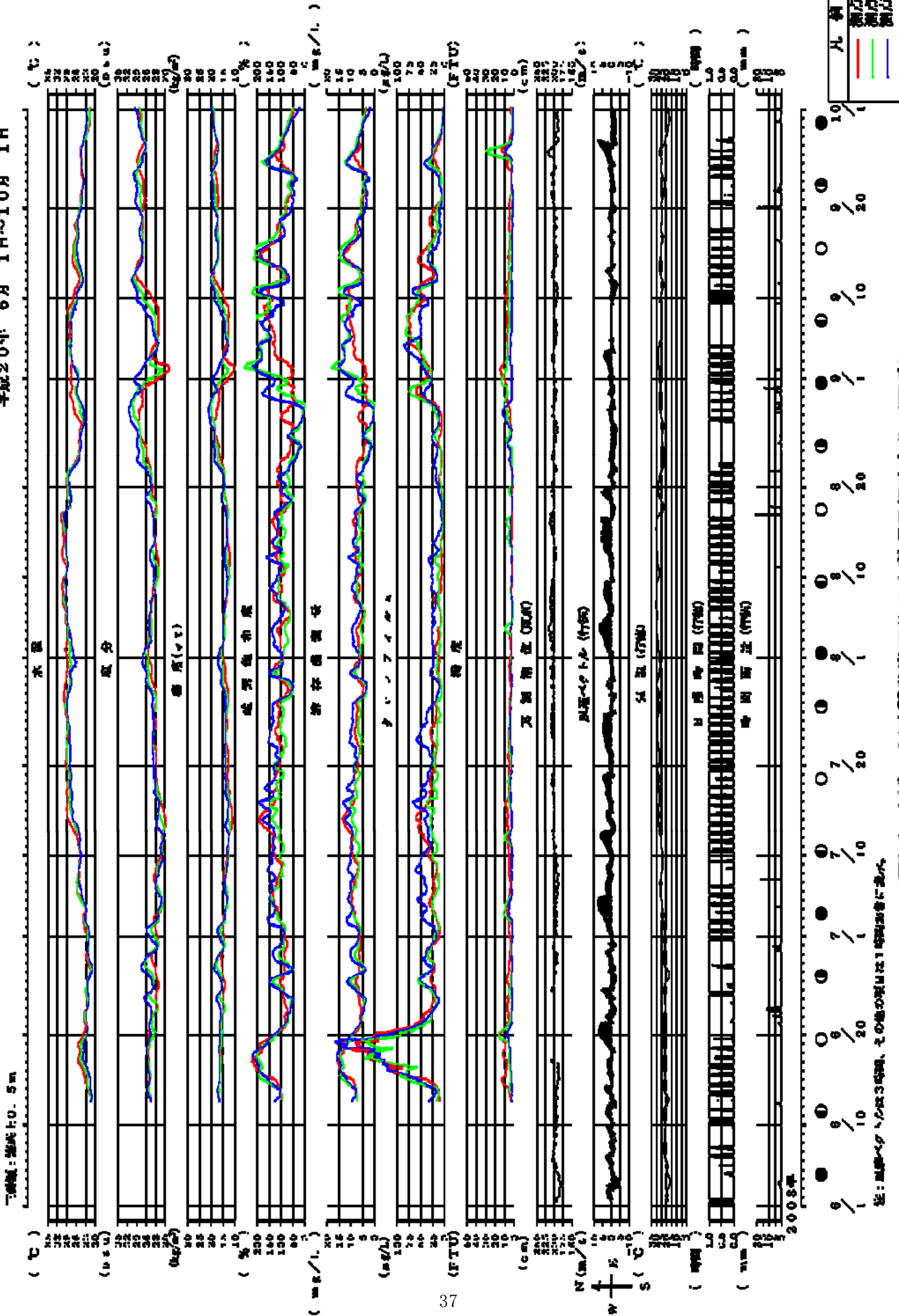
図3.3-1(2) 24時間移動平均の水質項目経時変化 (全調査期間)

下層層：水深10.5m



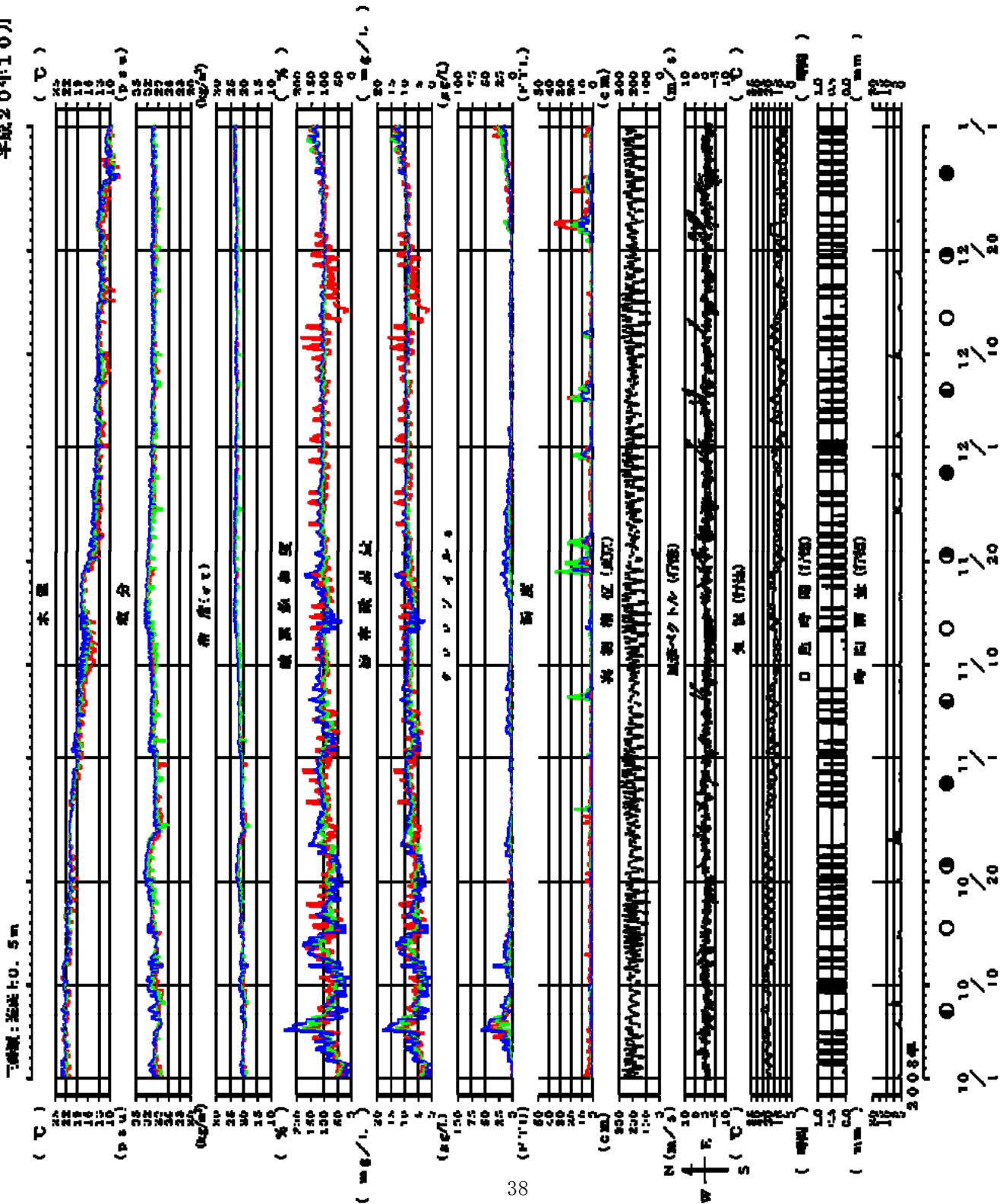
注：風速ベクトルは3時間、その他の項目は1時間毎に測定。

図3.3-1(3) 水質項目経時変化 (夏季)



注: 風速・波浪は3時間、その他の項目は1時間毎に観測される。

図3.3-1(4) 24時間移動平均の水質項目経時変化 (夏季)



注：風速スケッチは3時間、その他の項目は1時間おきに記入。

図3.3-1(5) 水質項目経時変化 (秋季)

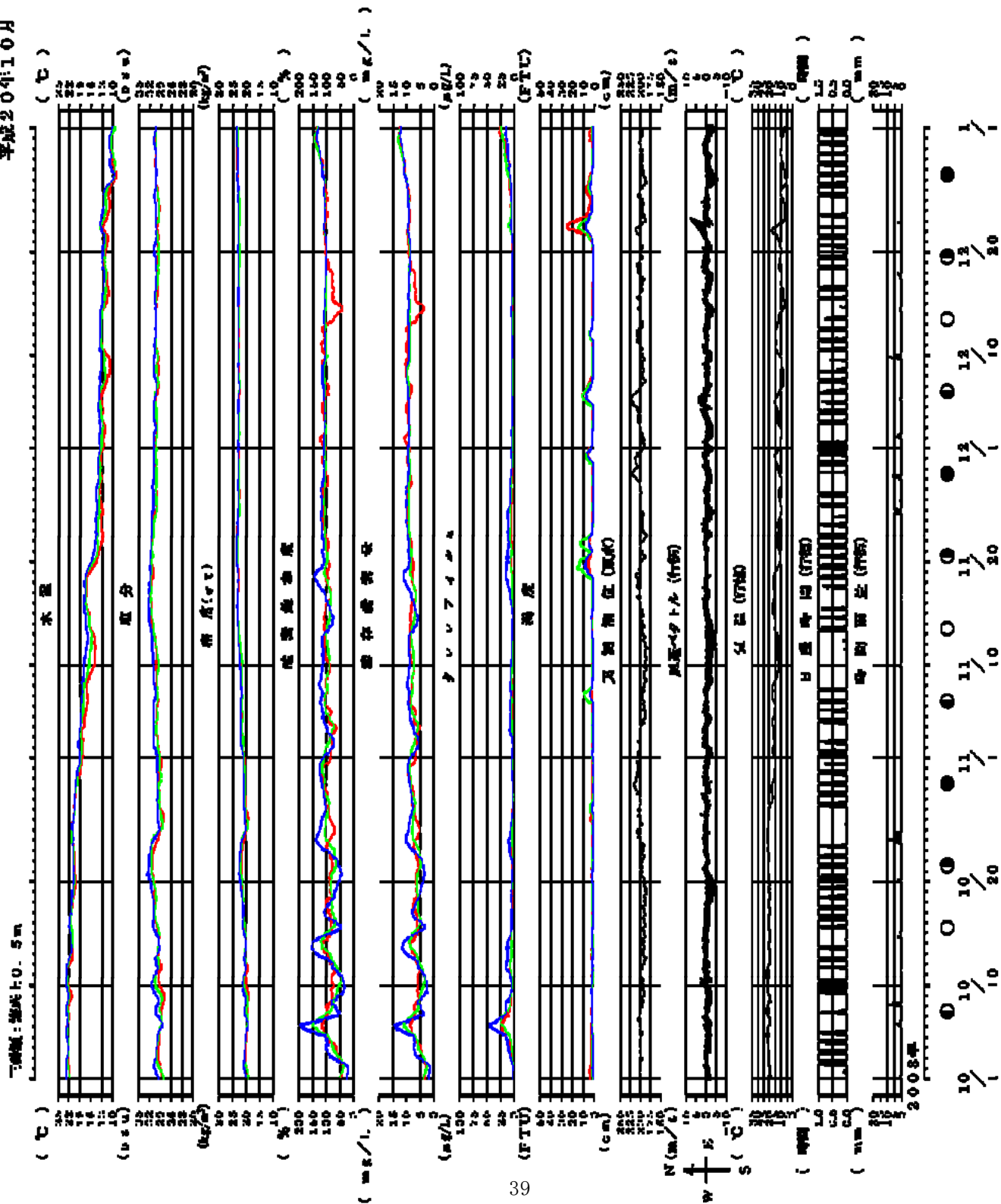
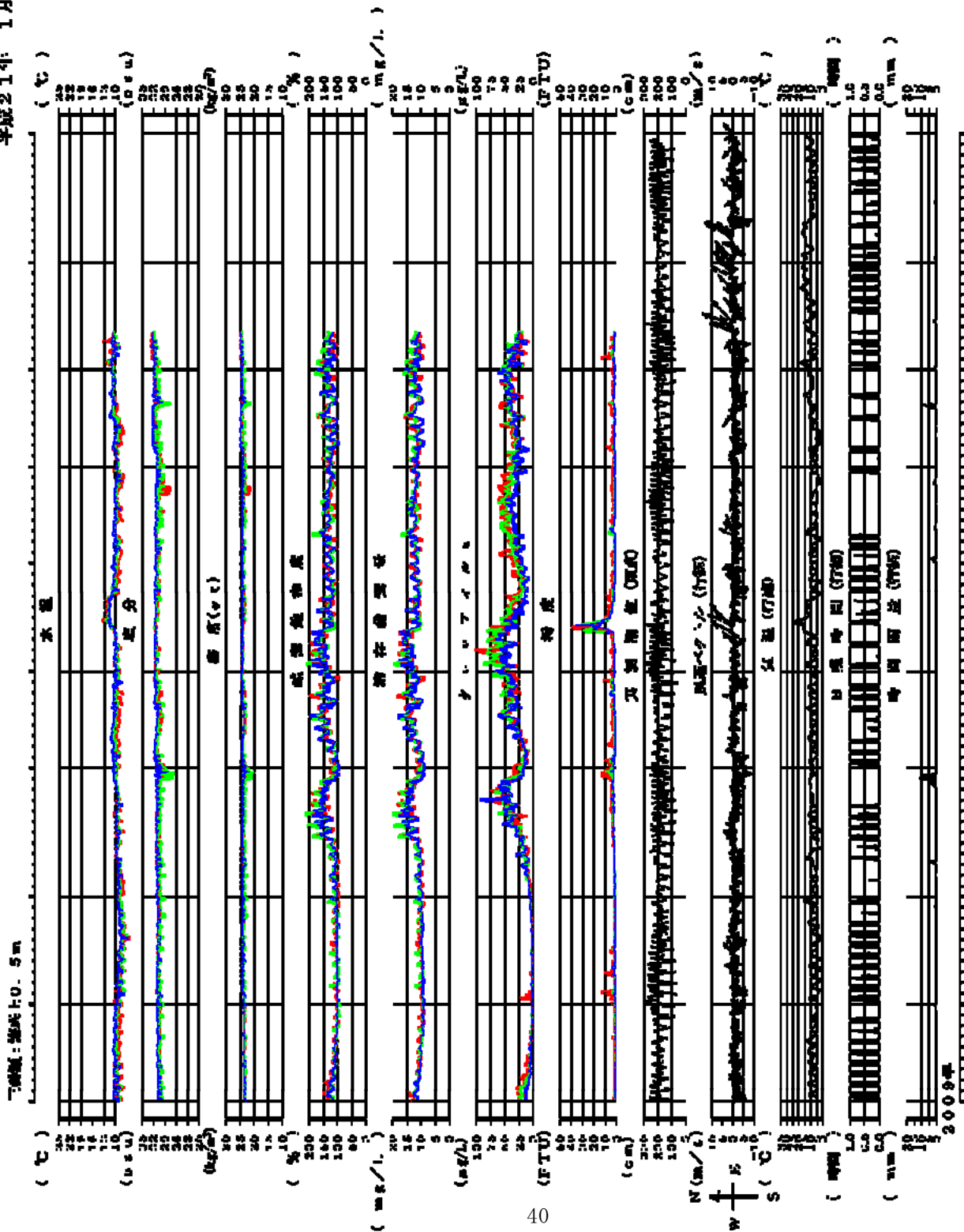
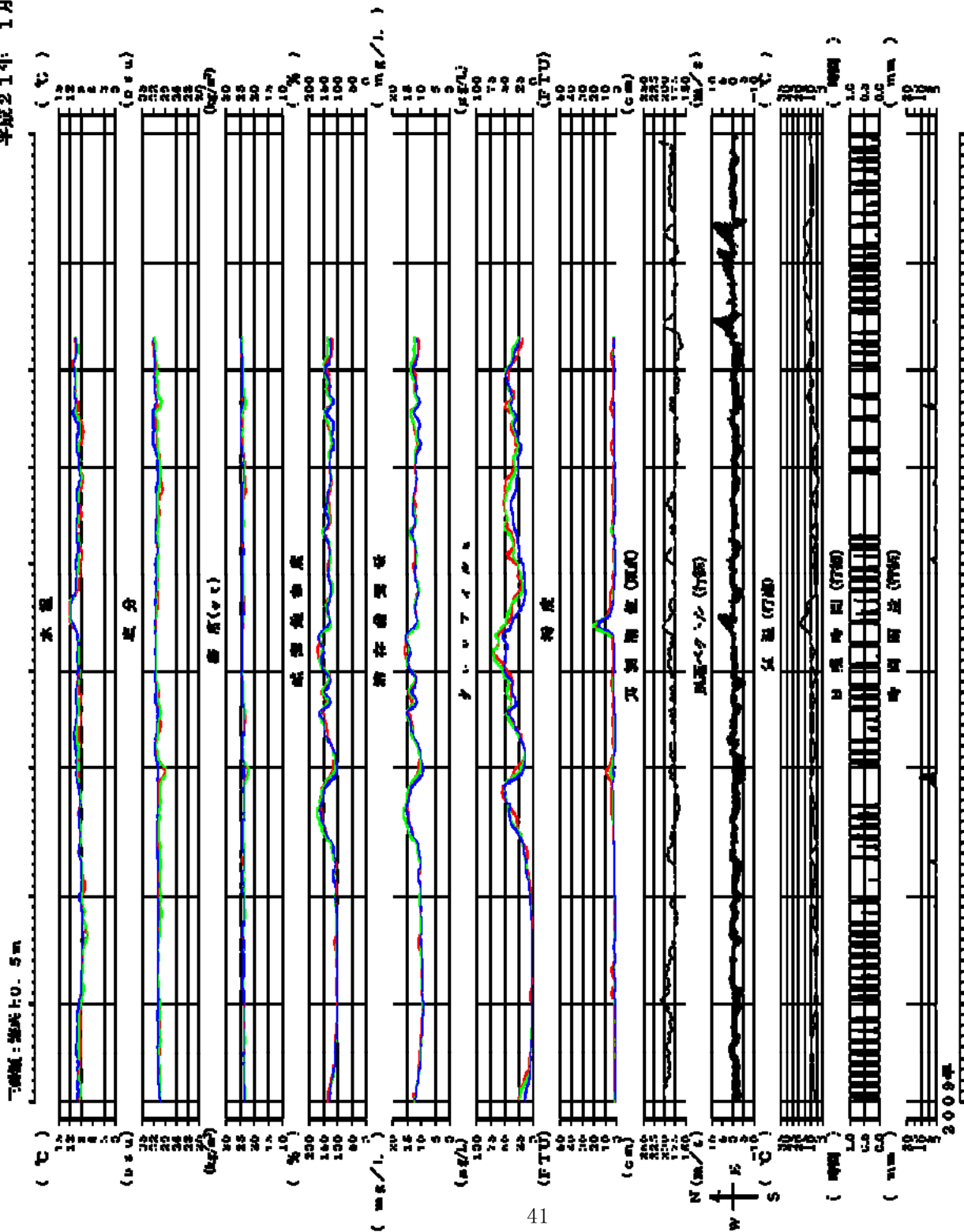


図3.3-1(6) 24時間移動平均の水質項目経時変化 (秋季)



注：黒線は10分間隔、その他の項目は1時間隔で測定。

図3.3-1(7) 水質項目経時変化 (冬季)



注：黒丸は24時間移動平均、その他の記号は1時間観測値を示す。

図3.3-1(3) 24時間移動平均の水質項目経時変化 (冬季)

凡例
● 観測点1
● 観測点2
● 観測点3

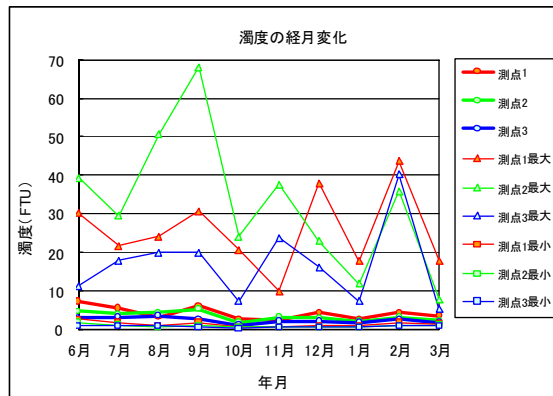
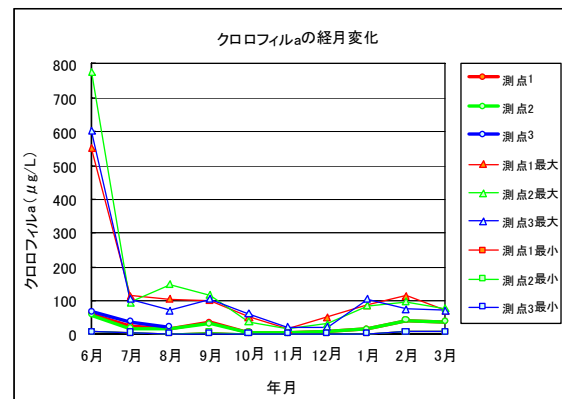
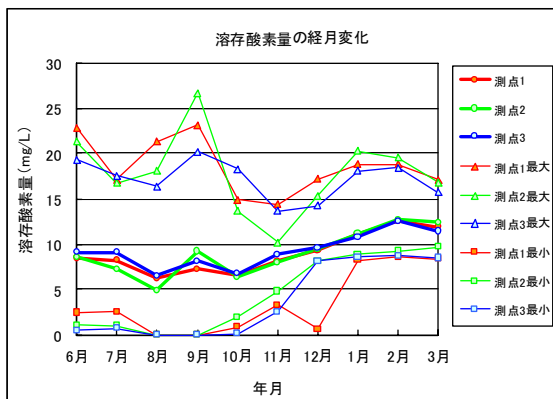
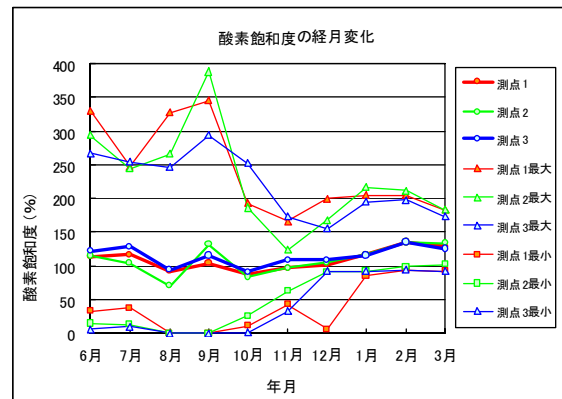
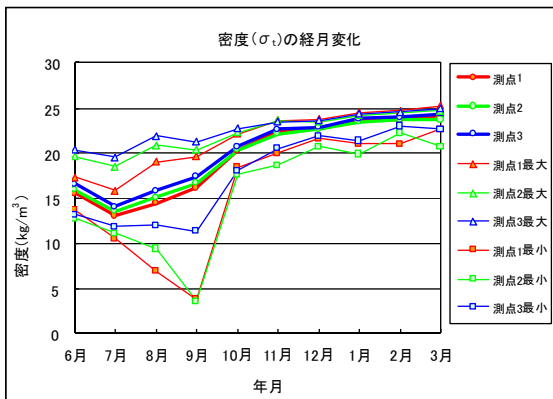
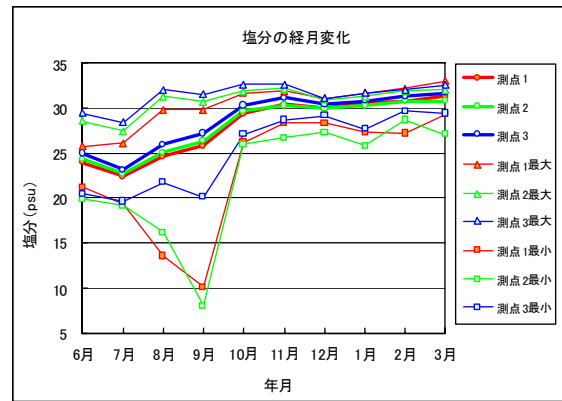
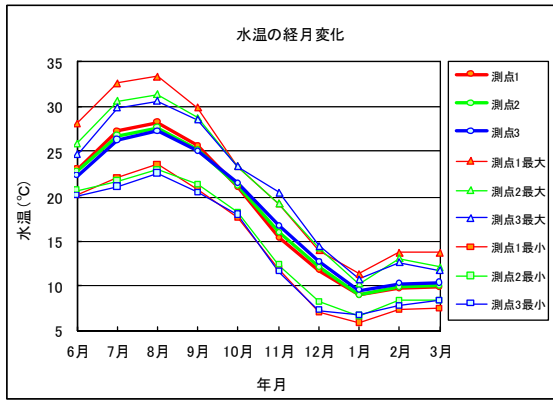


図3.3-2 水質項目の経月変化（月最大値・月平均値・月最小値）

表3.3-2 水質項目の統計一覧（月最大値・月平均値・月最小値）

		2008年6月*	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2009年1月	2月	3月**	
水温(°C)	測点1	最大	28.1	32.6	33.4	29.9	23.2	19.2	14.0	11.3	13.7	13.7
		平均	23.1	27.3	28.3	25.7	21.1	15.4	11.7	9.0	9.7	9.8
		最小	20.2	22.1	23.6	20.9	17.5	11.9	7.0	5.8	7.4	7.5
	測点2	最大	25.9	30.7	31.4	28.8	23.3	19.2	14.2	10.2	13.1	12.1
		平均	22.8	26.8	27.7	25.2	21.2	16.0	12.1	9.0	9.9	10.0
		最小	20.6	21.7	23.0	21.3	18.2	12.4	8.2	6.6	8.3	8.4
	測点3	最大	24.7	29.9	30.7	28.6	23.3	20.4	14.4	10.7	12.6	11.8
		平均	22.3	26.3	27.3	25.1	21.4	16.7	12.7	9.4	10.3	10.3
		最小	20.1	21.1	22.5	20.5	18.0	11.6	7.2	6.7	7.7	8.4
塩分(psu)	測点1	最大	25.8	26.1	29.8	29.8	31.6	31.9	31.0	31.7	32.2	33.0
		平均	23.9	22.4	24.6	25.8	29.4	30.4	29.9	30.5	30.8	31.3
		最小	21.3	19.2	13.6	10.1	26.2	28.3	28.3	27.3	27.2	29.3
	測点2	最大	28.5	27.4	31.3	30.6	31.9	32.1	31.0	31.3	31.9	32.1
		平均	24.3	22.7	25.1	26.3	29.7	30.4	29.9	30.3	30.8	30.8
		最小	19.9	19.2	16.1	8.0	25.9	26.7	27.4	25.9	28.7	27.1
	測点3	最大	29.4	28.4	32.0	31.6	32.6	32.7	31.1	31.7	32.0	32.5
		平均	25.0	23.2	25.9	27.2	30.3	31.1	30.4	30.8	31.3	31.7
		最小	20.5	19.6	21.7	20.1	27.1	28.7	29.1	27.7	29.7	29.4
密度(σ _t)	測点1	最大	17.3	15.8	19.0	19.6	22.1	23.6	23.7	24.5	24.7	25.2
		平均	15.5	13.1	14.5	16.2	20.2	22.3	22.7	23.6	23.7	24.1
		最小	13.7	10.5	6.9	3.8	18.4	20.0	21.6	21.0	21.0	22.6
	測点2	最大	19.6	18.6	20.9	20.4	22.2	23.6	23.5	24.3	24.4	24.7
		平均	15.9	13.5	15.1	16.7	20.4	22.2	22.6	23.4	23.7	23.7
		最小	12.7	11.2	9.4	3.6	17.7	18.7	20.7	19.9	22.2	20.8
	測点3	最大	20.4	19.5	21.8	21.2	22.7	23.5	23.6	24.3	24.5	24.9
		平均	16.6	14.0	15.8	17.5	20.8	22.6	22.9	23.8	24.0	24.3
		最小	13.3	11.9	12.0	11.3	18.1	20.6	21.8	21.4	23.0	22.6
酸素飽和度(%)	測点1	最大	331.0	247.2	326.7	346.3	193.6	167.5	199.6	204.2	204.3	184.3
		平均	114.8	117.6	92.7	103.7	87.1	97.7	103.3	117.5	135.0	128.6
		最小	33.1	37.7	0.0	0.1	11.0	42.6	7.2	86.2	94.4	92.7
	測点2	最大	294.9	244.0	265.8	388.8	187.5	124.4	167.8	217.2	211.7	183.7
		平均	116.1	103.8	71.2	131.9	84.8	97.3	106.5	117.6	135.8	133.8
		最小	14.7	14.0	0.1	0.3	26.8	62.4	90.5	93.1	98.4	102.8
	測点3	最大	268.3	254.0	246.8	295.0	252.4	173.7	155.5	194.8	197.8	173.6
		平均	121.7	129.4	95.0	116.5	90.7	109.1	109.2	115.0	135.9	124.9
		最小	6.1	10.4	0.1	0.3	2.0	33.3	92.7	92.2	94.2	93.2
溶存酸素量(mg/L)	測点1	最大	22.8	17.0	21.3	23.1	14.9	14.3	17.2	18.8	18.9	17.1
		平均	8.5	8.2	6.2	7.2	6.5	8.1	9.3	11.1	12.6	11.9
		最小	2.5	2.6	0.0	0.0	0.8	3.3	0.6	8.2	8.7	8.4
	測点2	最大	21.3	16.7	18.1	26.6	13.6	10.3	15.4	20.2	19.6	16.8
		平均	8.6	7.3	4.9	9.3	6.3	8.0	9.5	11.2	12.6	12.4
		最小	1.1	1.0	0.0	0.0	2.0	4.8	8.1	8.8	9.2	9.7
	測点3	最大	19.4	17.6	16.4	20.2	18.3	13.7	14.2	18.1	18.4	15.8
		平均	9.1	9.2	6.5	8.2	6.7	8.8	9.6	10.8	12.5	11.4
		最小	0.5	0.7	0.0	0.0	0.1	2.6	8.1	8.6	8.7	8.5
クロロフィルa(μg/L)	測点1	最大	549.0	113.3	101.1	99.6	48.3	14.3	51.0	86.0	113.0	68.3
		平均	58.0	24.4	11.6	32.2	4.9	2.9	5.8	12.6	39.0	34.7
		最小	5.2	2.7	1.1	1.8	1.2	1.2	1.1	0.7	7.0	5.9
	測点2	最大	776.2	92.5	146.5	117.3	36.3	15.1	29.0	82.1	96.0	75.2
		平均	55.8	17.3	13.5	30.3	4.5	3.9	5.6	12.9	39.9	36.2
		最小	5.4	2.5	1.0	1.9	0.8	1.4	1.2	0.8	7.5	7.9
	測点3	最大	601.3	102.7	70.6	102.5	58.9	21.2	21.3	104.1	73.9	68.5
		平均	64.9	36.4	19.5	28.8	7.8	7.0	5.1	12.4	30.6	33.0
		最小	7.5	4.1	1.2	1.5	0.8	1.5	1.1	0.7	7.1	6.3
濁度(FTU)	測点1	最大	30.2	21.6	23.9	30.7	20.6	9.8	38.0	17.7	43.7	17.8
		平均	7.4	5.4	3.1	6.1	2.7	2.4	4.4	2.7	4.3	3.5
		最小	2.5	1.8	0.8	1.8	0.5	0.6	0.9	0.8	1.7	1.6
	測点2	最大	39.3	29.5	50.5	67.9	24.1	37.6	22.9	11.7	36.0	7.8
		平均	4.7	4.1	4.2	5.2	1.6	3.2	2.9	1.9	3.3	2.3
		最小	1.6	1.2	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	1.1
	測点3	最大	11.4	18.1	20.1	20.0	7.3	23.8	16.1	7.2	40.3	5.2
		平均	3.0	3.2	3.4	2.5	1.3	2.1	2.1	1.7	2.5	1.9
		最小	0.8	0.9	0.8	0.6	0.4	0.6	0.7	0.5	0.8	0.9
流速(cm/s)	測点1	最大	10.0	13.9	9.6	15.1	10.7	12.8	13.7	18.9	19.5	22.5
		平均	3.3	3.0	2.3	2.7	2.7	2.5	1.8	3.3	4.3	4.6
		最小	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
	測点2	最大	20.4	27.4	40.1	29.6	20.9	23.4	24.4	31.0	26.9	28.5
		平均	5.7	5.2	5.1	5.6	5.2	6.0	5.9	6.8	7.7	8.8
		最小	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
	測点3	最大	21.3	25.1	25.8	30.1	25.1	29.0	39.2	31.9	53.9	30.2
		平均	7.4	6.4	7.0	7.5	7.1	8.1	8.0	8.5	9.2	10.0
		最小	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2

* : 2008年6月13日00時00分～6月30日23時50分の統計

** : 2009年3月1日00時00分～3月12日23時50分の統計

3.3.2 水塊特性

水塊の特性をみるため、夏季（6～9月）、秋季（10～12月）、冬季（1～3月）における水温-塩分（T-S）、溶存酸素-塩分（DO-S）、溶存酸素-クロロフィル a（DO-Chl. a）の各散布図を図 3.3-3 に示した。

水温-塩分（T-S）のダイアグラム（図 3.3-3(1)）によると、夏季の水温は20～33℃、塩分は8～32psuと変動が大きく、特に測点1及び測点2で高水温・低塩分帯にも分布し、密度（ σ_t ）の変動も大きかった。測点1及び測点2の20psu以下の低塩分水は、行徳可動堰開放時（8月31日～9月1日）の出水によるものである。また、秋季は7～23℃と水温の変動が大きく、塩分は26～32psuと比較的安定し、測点間の違いはほとんどみられなかった。冬季は低温（5～14℃）・高塩分（25～33psu）・高密度（19～25kg/m³）で変動が小さく安定し、特に測点3で顕著であった。

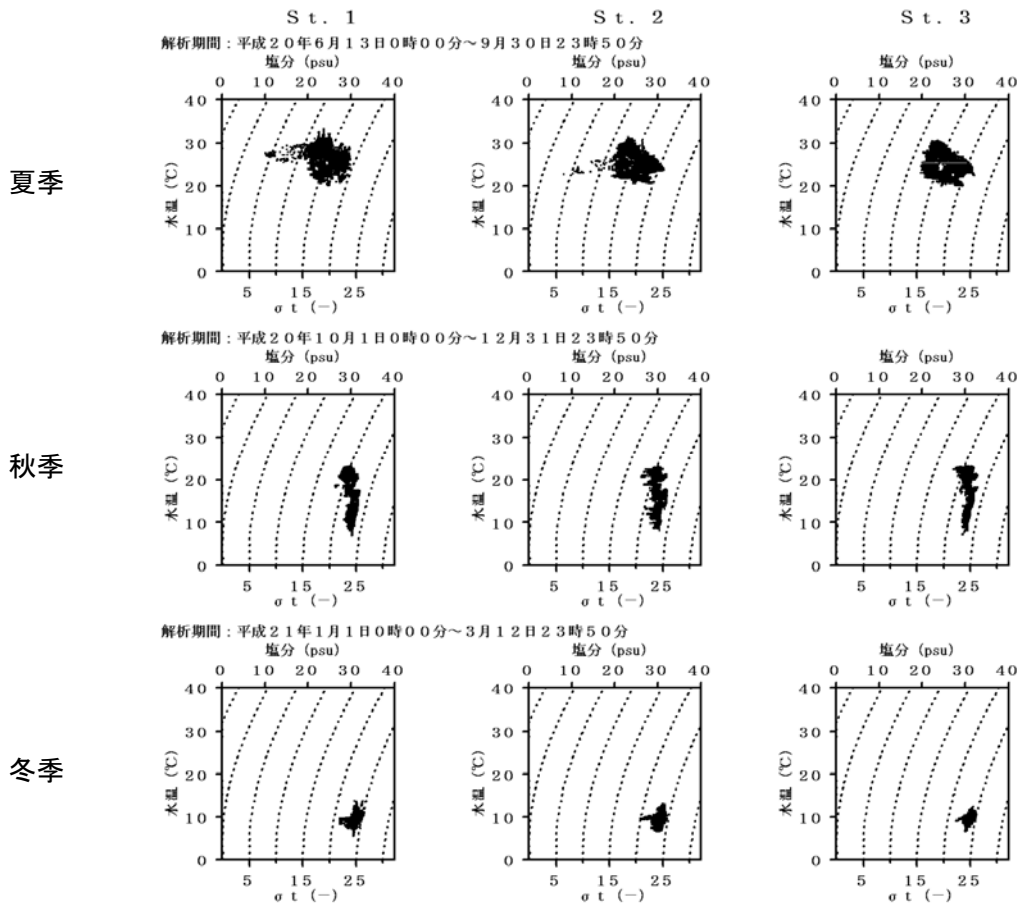
溶存酸素-塩分（DO-S）の散布図（図 3.3-3(2)）から、夏季の測点1及び測点2をみると、行徳可動堰開放（8月31日～9月1日）により流出する概ね20psu以下の低塩分水は比較的酸素を含んでいる様子がみられるものの、溶存酸素の低い低塩分水もみられた。この出水時を除くと、夏季の貧酸素水は、30psu前後の高塩分である様子がうかがえた。また、冬季には全ての測点で高塩分（26～33psu）となり溶存酸素も8～20mg/Lと多く含まれている様子がみられた。

溶存酸素-クロロフィル a（DO-Chl. a）の散布図（図 3.3-3(3)）から、両者に相関がみられた。夏季には溶存酸素が測点1で15mg/L程度と多くなっているにもかかわらず、クロロフィル a はほとんどみられないような分布もみられた。これは、測点1の溶存酸素の増加には、植物プランクトンによるもの以外に、アオサ等の海藻類による光合成の影響も示唆している。秋季も、他の季節と比べクロロフィル a が少ないため、秋季の溶存酸素は海藻等の光合成によるところが大きいと思われる。

参考写真



8月21日点検時（測点1）



注：破線は密度 (σ_t) を示す

図3.3-3(1) 水温-塩分 (T-S) ダイアグラム

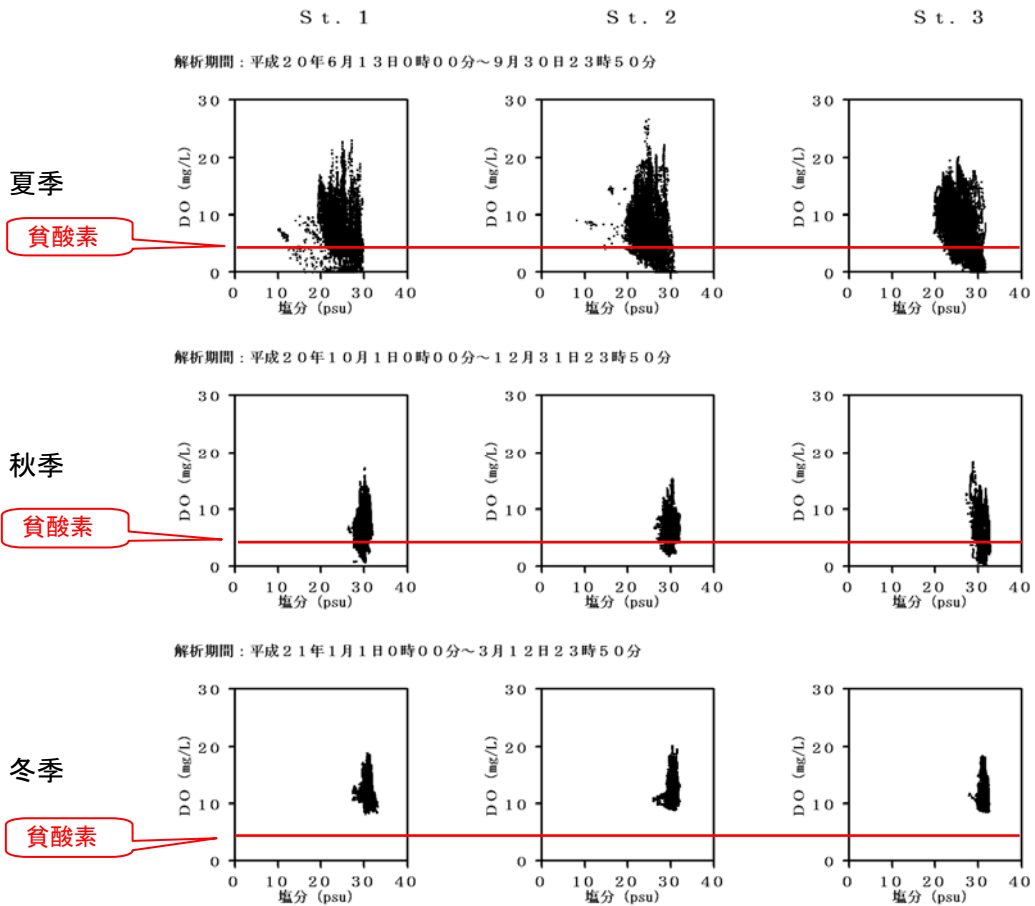


図3.3-3(2) 溶存酸素-塩分 (DO-S) 散布図

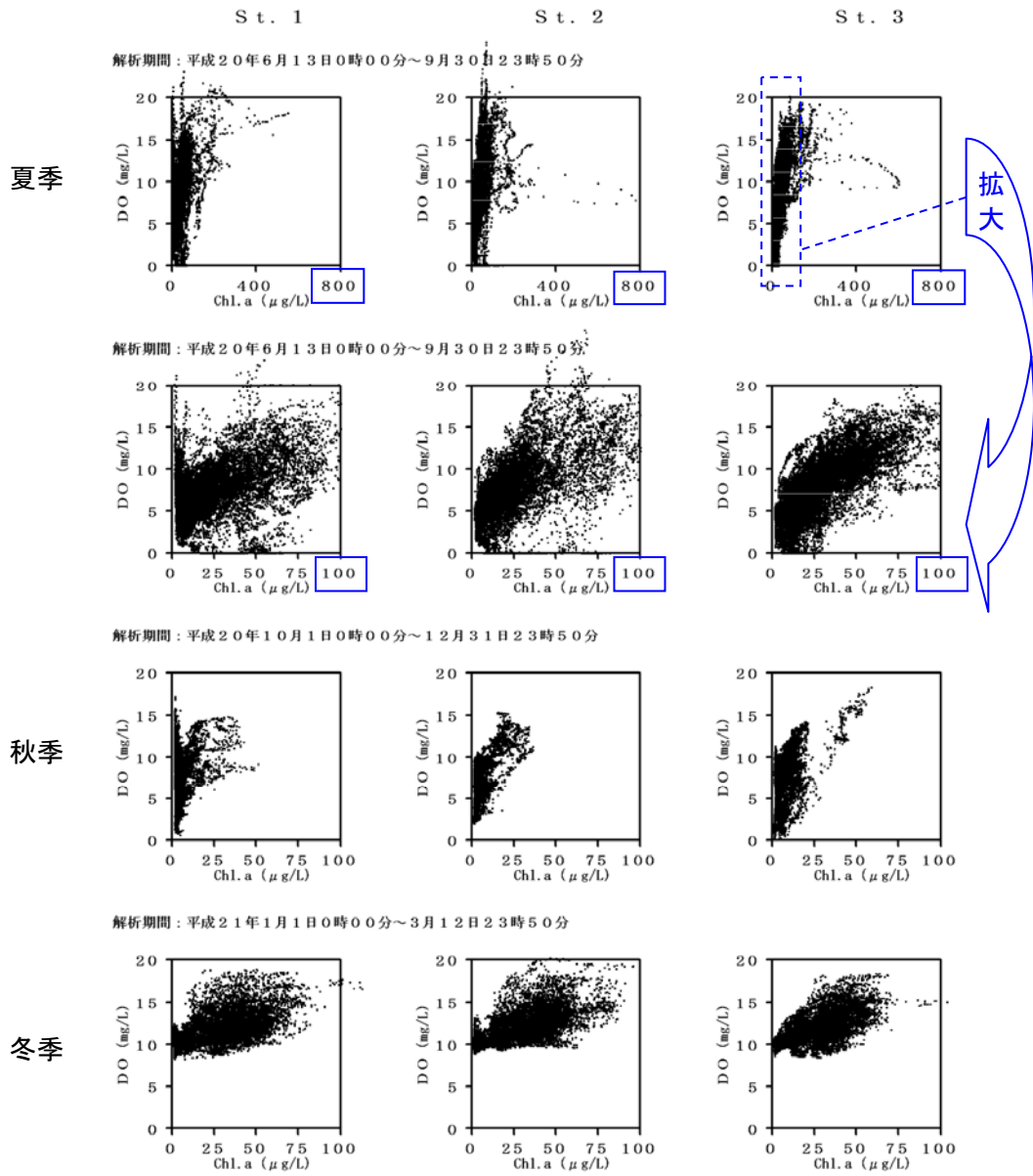


図3.3-3(3) 溶存酸素ークロロフィルa (DO-Chl.a) 散布図

3.4 流向・流速観測

流向・流速観測データの測得状況を表 3.4-1 に示した。

流向・流速統計期間は、2008年6月13日0:00～2009年3月12日23:50である。調査期間中における1日以上欠測は、測点1において2008年11月に1回発生した。

データは測得していたが、アオサ等の海藻類がセンサー部に絡まったと思われる異常データが確認され、欠測とした。

また、測点1及び測点2で最干時に計器が干出し、一部欠測が生じた。

表 3.4-1 流向・流速データの測得状況

平成20年6月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
潮位																																60.2%
流速計(測点1)																																94.1%
流速計(測点2)																																100%
流速計(測点3)																																100%
平成20年7月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																98.4%
流速計(測点2)																																99.3%
流速計(測点3)																																100%
平成20年8月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																100%
流速計(測点2)																																100%
流速計(測点3)																																100%
平成20年9月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
潮位																																100%
流速計(測点1)																																100%
流速計(測点2)																																100%
流速計(測点3)																																100%
平成20年10月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																100%
流速計(測点2)																																100%
流速計(測点3)																																100%
平成20年11月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	測得率	
潮位																																100%
流速計(測点1)																																80.0%
流速計(測点2)																																100%
流速計(測点3)																																100%
平成20年12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																97.4%
流速計(測点2)																																99.2%
流速計(測点3)																																100%
平成21年1月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																94.3%
流速計(測点2)																																98.4%
流速計(測点3)																																100%
平成21年2月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	測得率			
潮位																															100%	
流速計(測点1)																															96.5%	
流速計(測点2)																															98.9%	
流速計(測点3)																															100%	
平成21年3月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	測得率
潮位																																100%
流速計(測点1)																																92.0%
流速計(測点2)																																99.2%
流速計(測点3)																																100%

3.4.1 流速経時変化

全調査期間及び季別の経時変化図と、25 時間移動平均処理を行い、流れの日周期（約 25 時間周期）や半日周期（約 12.5 時間周期）を除去した 25 時間移動平均の経時変化図を図 3.4-1 に示した。

流況の季節変動をみるため、月平均値・月最大値の変化を表 3.4-2 及び図 3.4-2 に示した。

また月別の経時変化図を資料編に示した。

(1) 全調査期間（6月～翌3月）（図 3.4-1(1) (2)、表 3.4-2、図 3.4-2)

流速は調査期間を通じて測点 1 で最も小さく、流速の月平均値（表 3.4-2）をみると、5cm/s 以下であった。測点 2 及び測点 3 はそれぞれ 5～9cm/s 及び 6～10cm/s であり、同程度の流速であった。

経時変化（図 3.4-1(1)）をみると、半日あるいは 1 日の周期変動が顕著であり、流速が大潮期に大きく、小潮期に小さくなる周期変動もみられた。

残差流（25 時間移動平均流）の経時変化（図 3.4-1(2)）によると、夏季や秋季に対し冬季（12 月下旬）から、全測点で流速がやや大きくなっていた。また、風との対応が良くみられ、水深の浅い当海域の流れには風が影響していることがうかがえた。特に 10m/s 程度の南風時は、全測点で流速が速くなる傾向がみられたが、残差流の流向は必ずしも一致していなかった。

(2) 夏季（6～9月）（図 3.4-1(3) (4)、表 3.4-2、図 3.4-2)

平均流速は、測点 1 では 3cm/s 程度の弱い流れであった。測点 2 では 5cm/s 程度、測点 3 では 7cm/s 程度であった。

行徳可動堰の開放時（8 月 31 日～9 月 1 日）に測点 2 で 40cm/s 程度の高流速がみられたが、測点 1 及び測点 3 では顕著な高流速はみられなかった。

測点 1 では潮汐に伴う特定方向での往復流傾向はみられなかった。

測点 2 及び測点 3 では、北西方向⇔南東方向の往復流傾向がみられた。

(3) 秋季（10～12月）（図 3.4-1(5) (6)、表 3.4-2、図 3.4-2)

平均流速は、測点 1 では 2cm/s 程度の弱い流れであった。測点 2 では 6cm/s 程度、測点 3 では 8cm/s 程度であった。

測点 1 では秋季も潮汐に伴う特定方向での往復流傾向はみられなかった。

測点 2 及び測点 3 では、北西方向⇔南東方向の往復流傾向が夏季よりも顕著にみられた。

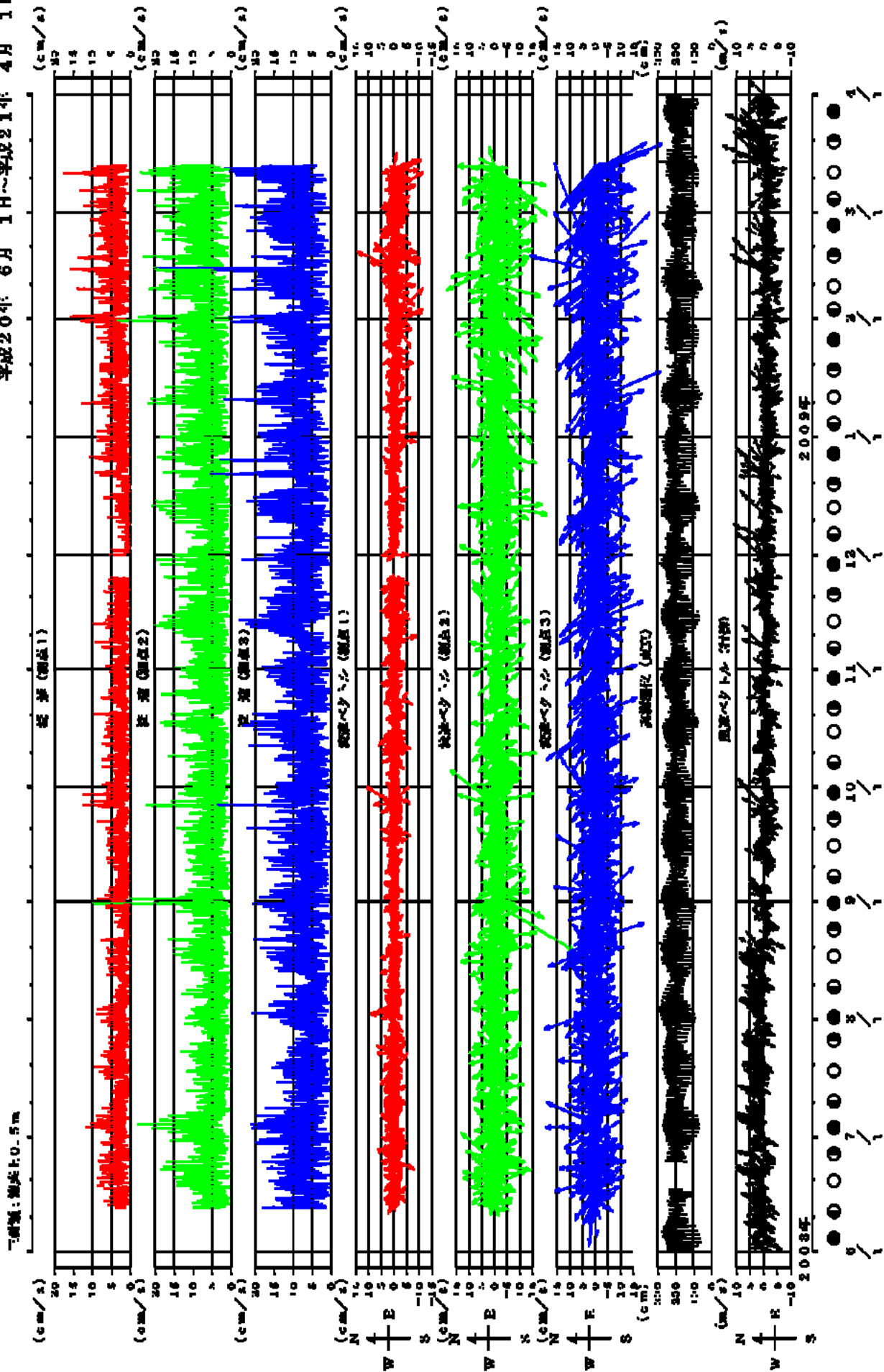
(4) 冬季 (1~3月) (図 3.4-1 (7) (8)、表 3.4-2、図 3.4-2)

1月から3月にかけて全測点で平均流速が大きくなっていた。測点1では1月には3cm/s程度の弱い流れであったが、3月に5cm/s程度となっていた。同様に、測点2では7cm/sから9cm/s程度、測点3では9cm/sから10cm/s程度となっていた。

また、測点3では2月の春一番が吹いた日は、50cm/sを超える高流速がみられたのに対し、測点1及び測点2では若干流速は速くなっていたものの測点3に比べ顕著ではなかった。

測点1では冬季も潮汐に伴う特定方向での往復流傾向はみられなかった。

測点2及び測点3では、北西方向⇔南東方向の往復流傾向が顕著にみられた。

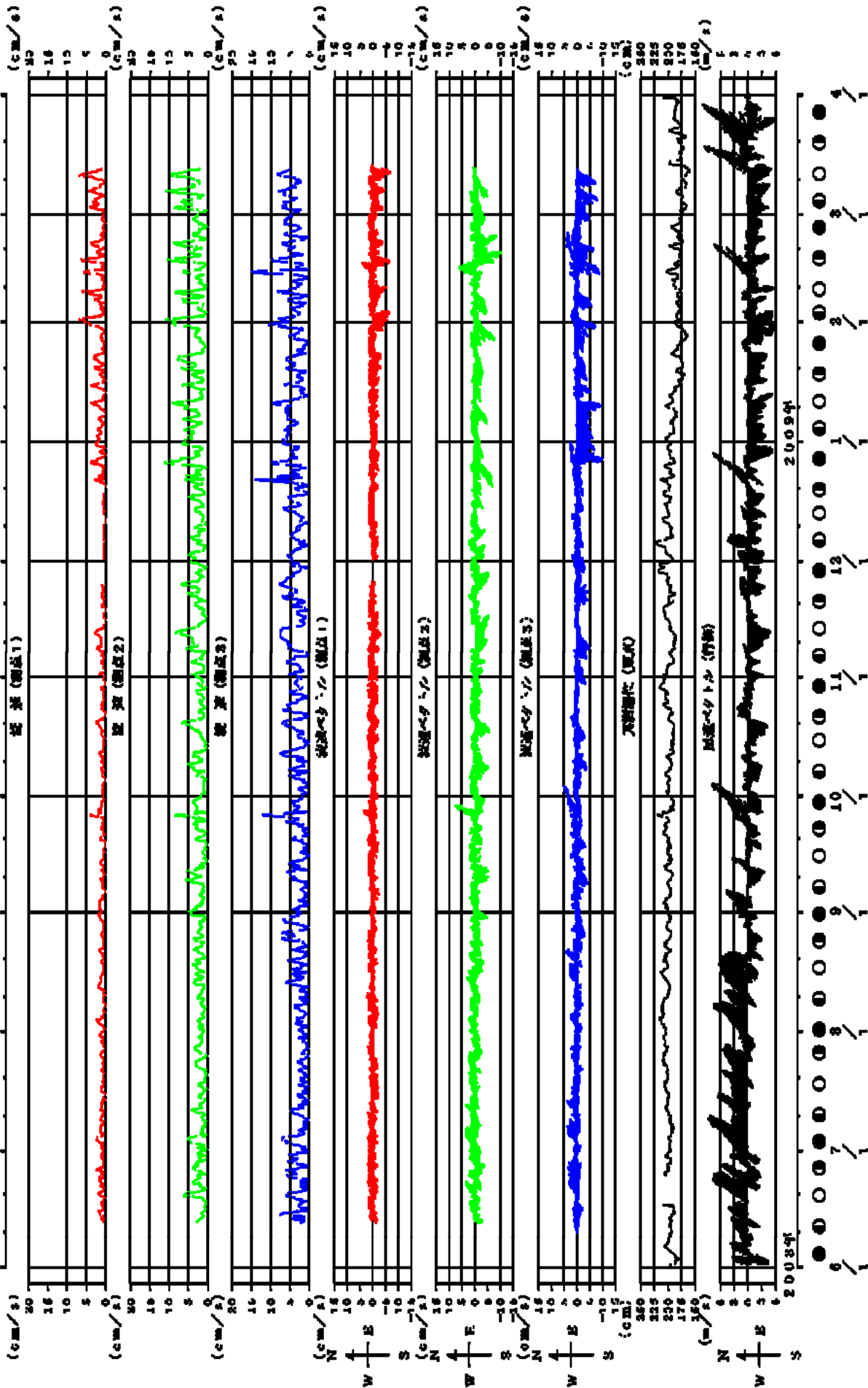


注: 観測 - 観測は1時間、観測ベクトル - 流量ベクトルは5時間おきに観測。

図3.4-1(1) 流況経時変化 (全調査期間)

平成20年: 6月 1日 ~ 平成21年 4月 1日

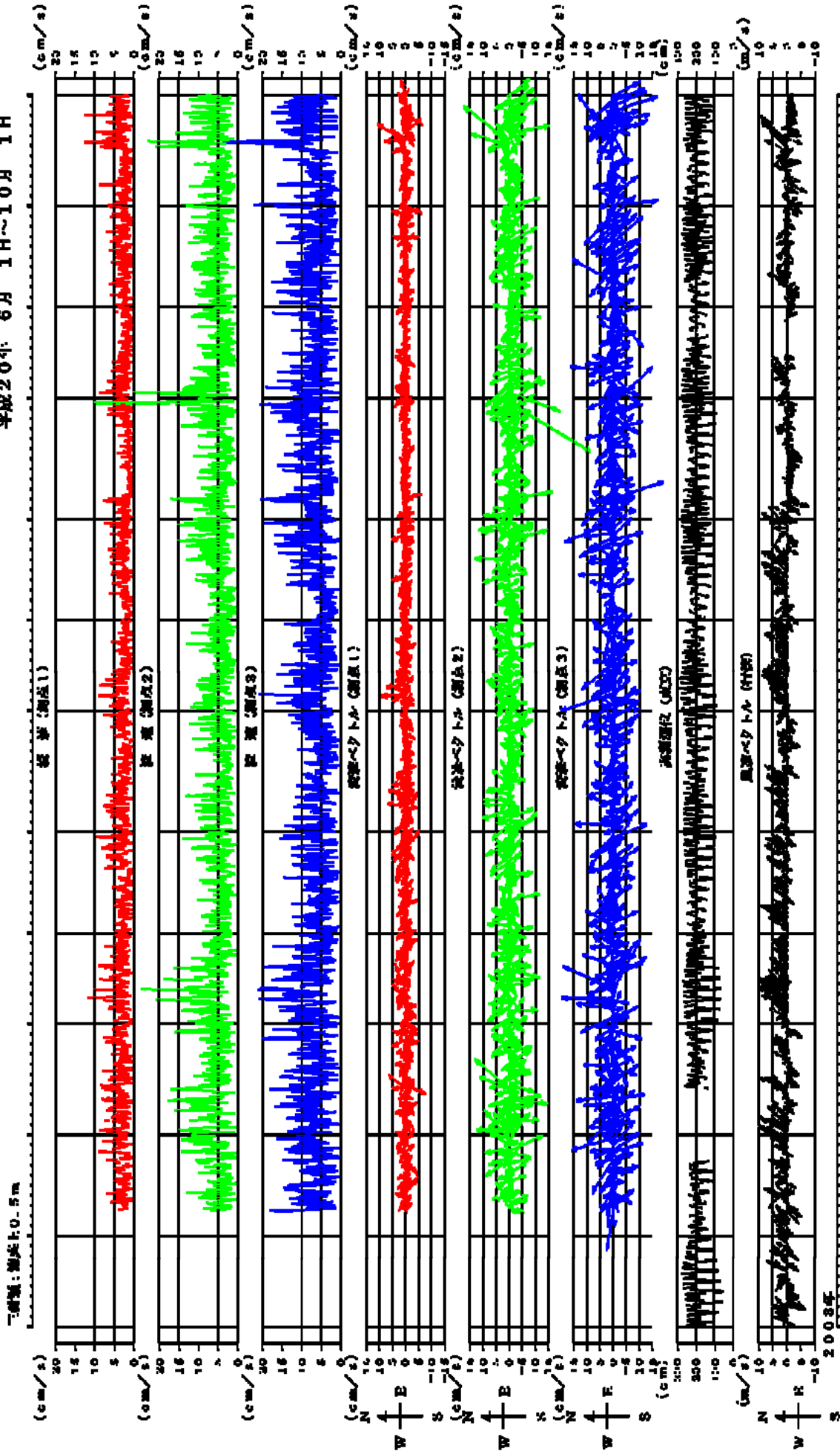
干満差: 高さ10.5m



注: 水位 - 観測は1時間、流量ベクトル - 風速ベクトルは日時間毎に表示。

図3.4-1(2) 2.5時間移動平均の経時変化(全調査期間)

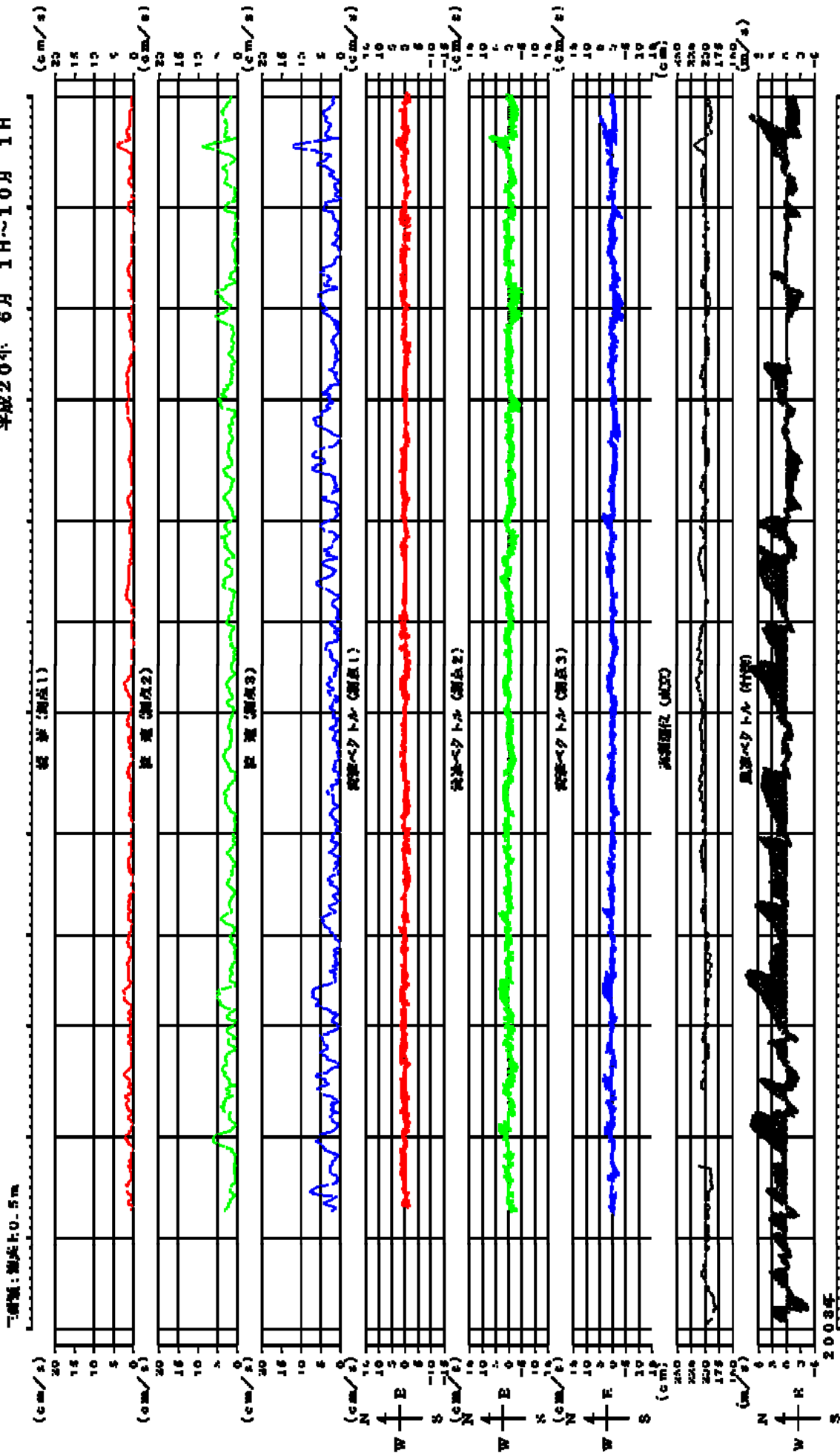
平成20年: 6月 1H~10H 1H



注: 潮位 - 観測は1時間、観測ベクトル - 流速ベクトルは5時間おきに観測。

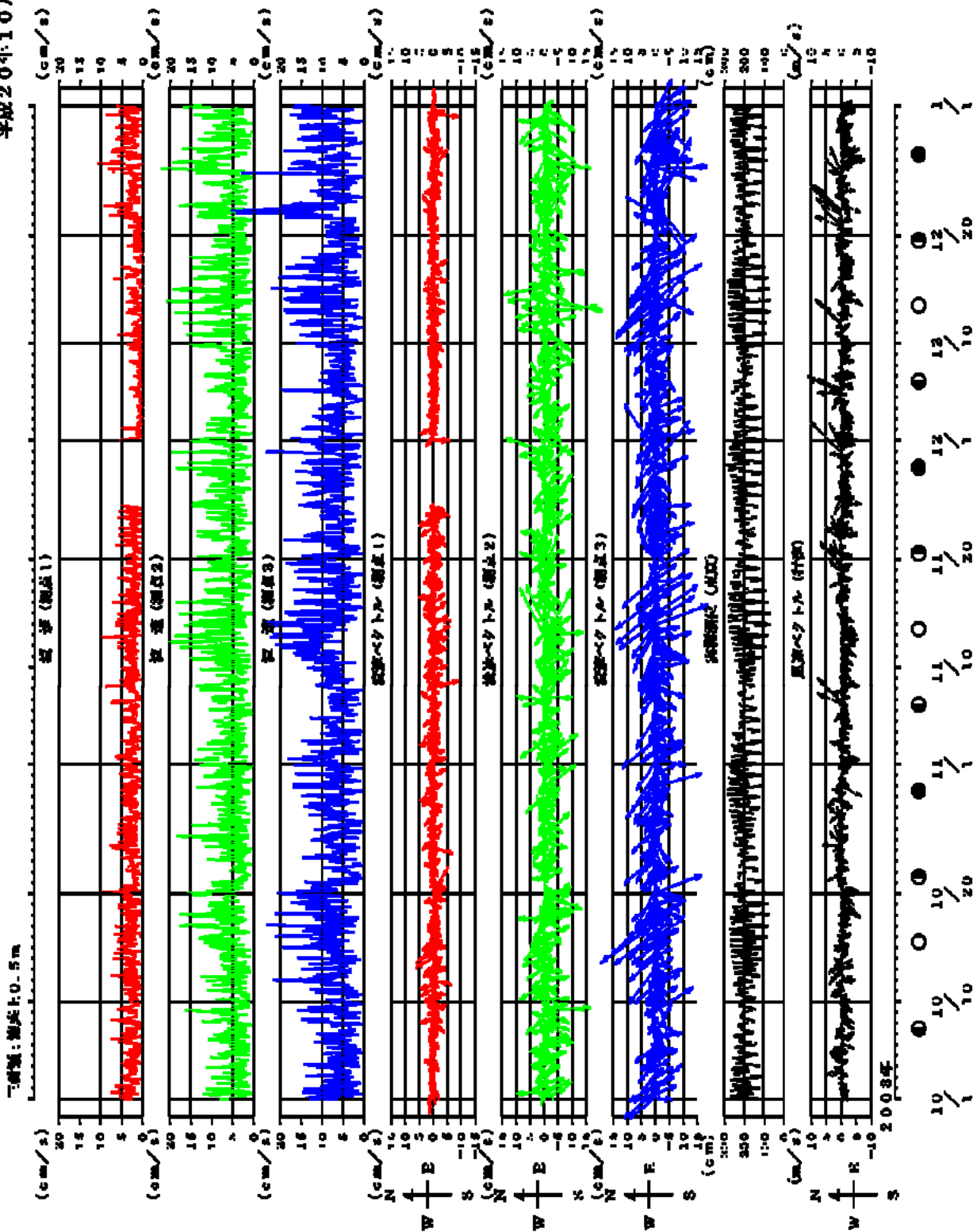
図3.4-1(3) 流況経時変化 (夏季)

平成20年 6月 1H~10H 1H



注：観測 - 観測は1時間、観測ベクトル - 観測ベクトルは6時間おきに記入。

図3.4-1(4) 2.5時間移動平均の経時変化 (夏季)



注：観測点10.5m、観測点4、観測点5は5時間毎に観測。

図3.4-1(5) 流況経時変化 (秋季)

平成20年10月1日 1H~1H 1H

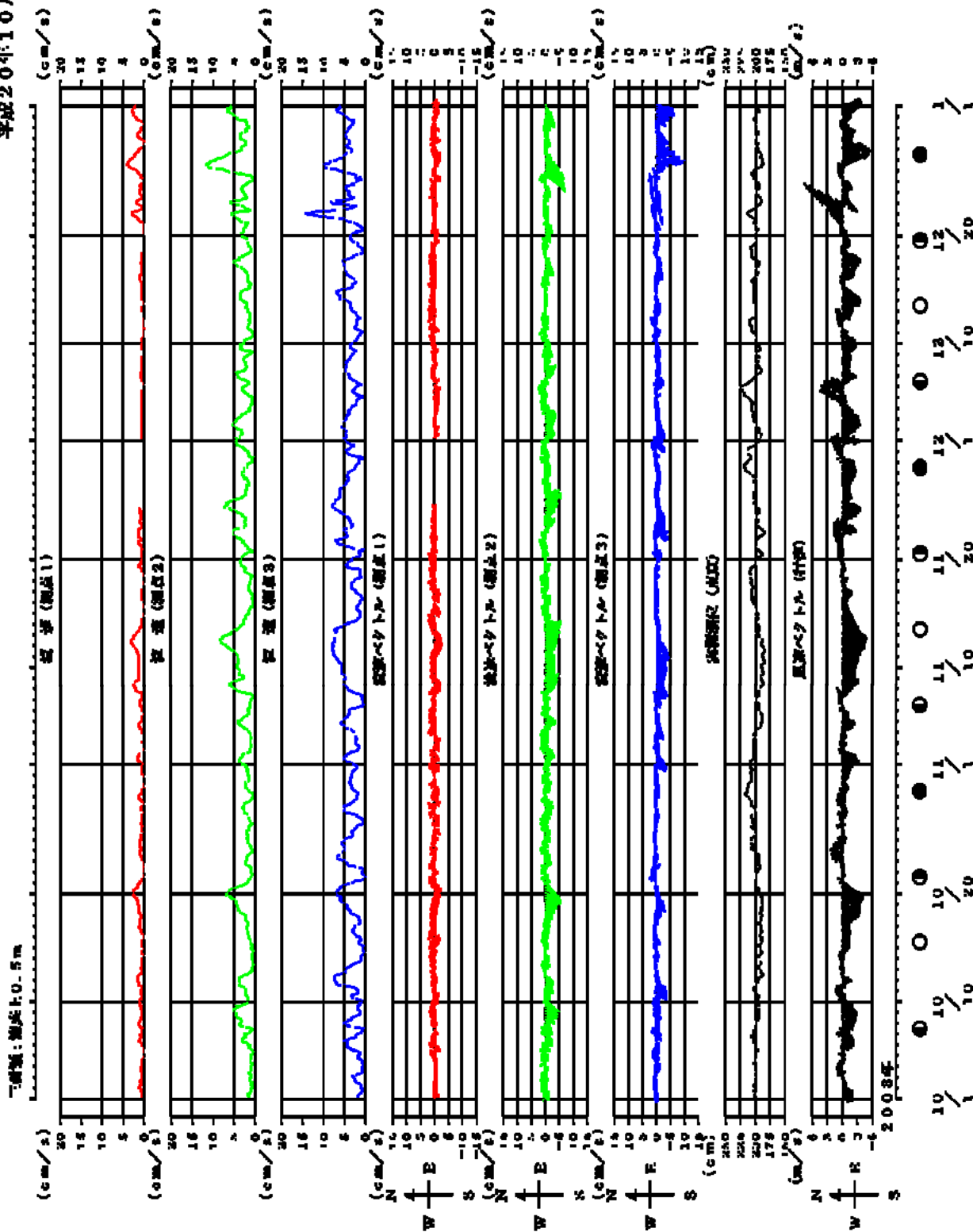


図3.4-1(6) 2.5時間移動平均の経時変化 (秋季)

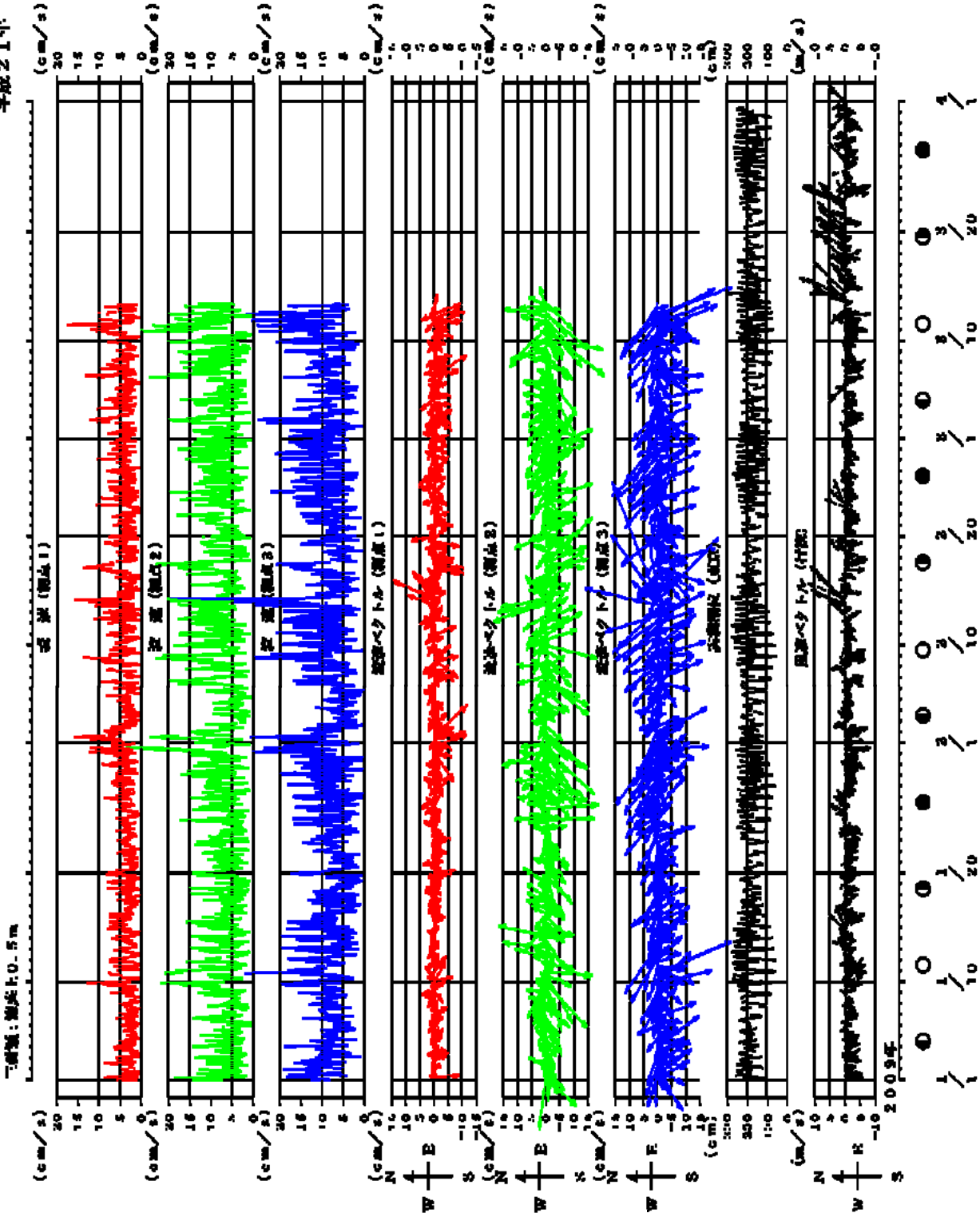


図3.4-1(7) 流量経時変化 (冬季)

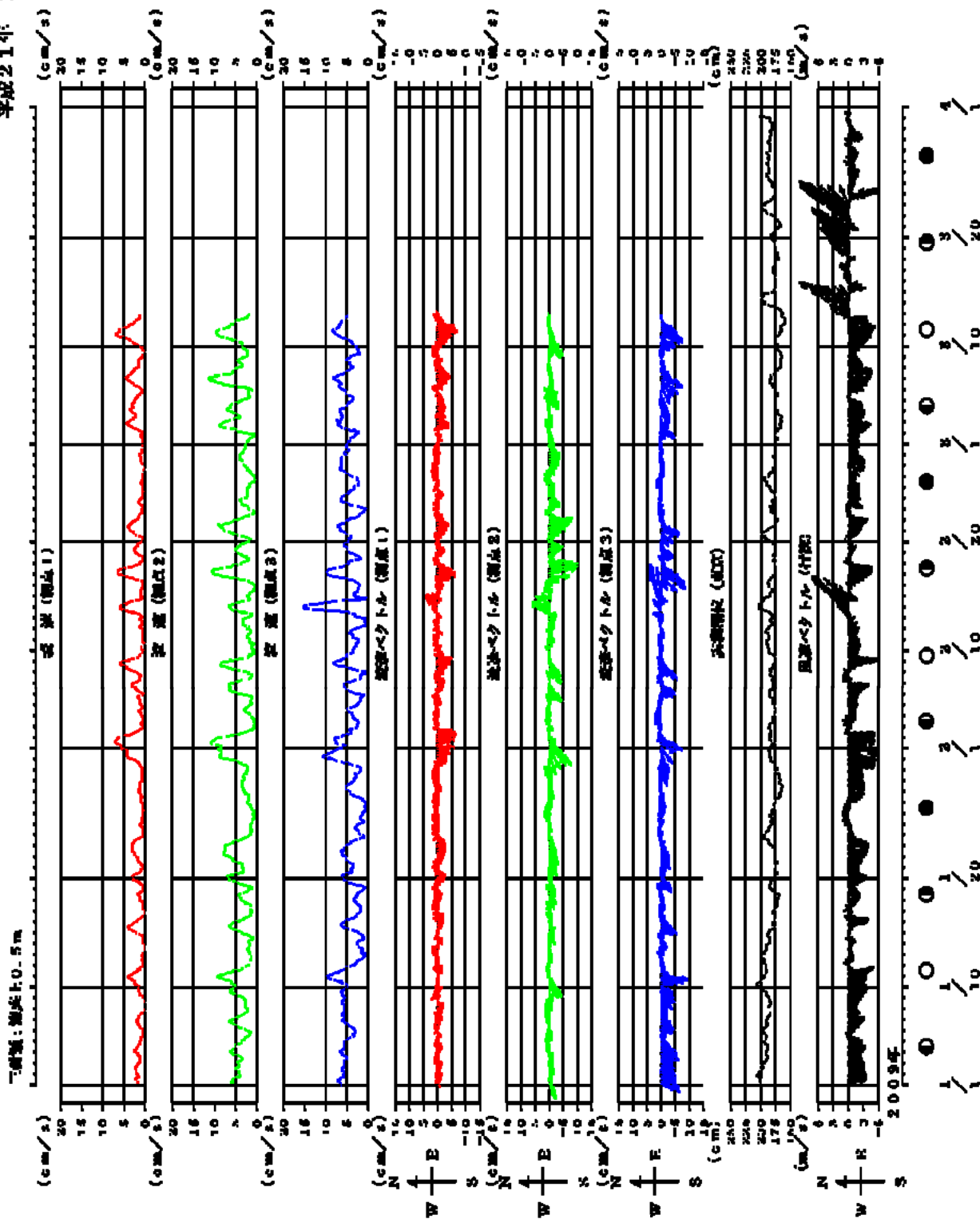


図3.4-1(8) 2.5時間移動平均の経時変化 (冬季)

表3.4-2 流速の統計

		2008年6月*	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2009年1月	2月	3月**	
流速(cm/s)	測点1	測点1最大	10.0	13.9	9.6	15.1	10.7	12.8	13.7	18.9	19.5	22.5
		測点1平均	3.3	3.0	2.3	2.7	2.7	2.5	1.8	3.3	4.3	4.6
	測点2	測点2最大	20.4	27.4	40.1	29.6	20.9	23.4	24.4	31.0	26.9	28.5
		測点2平均	5.7	5.2	5.1	5.6	5.2	6.0	5.9	6.8	7.7	8.8
	測点3	測点3最大	21.3	25.1	25.8	30.1	25.1	29.0	39.2	31.9	53.9	30.2
		測点3平均	7.4	6.4	7.0	7.5	7.1	8.1	8.0	8.5	9.2	10.0

* : 2008年6月13日00時00分～6月30日23時50分の統計

** : 2009年3月1日00時00分～3月12日23時50分の統計

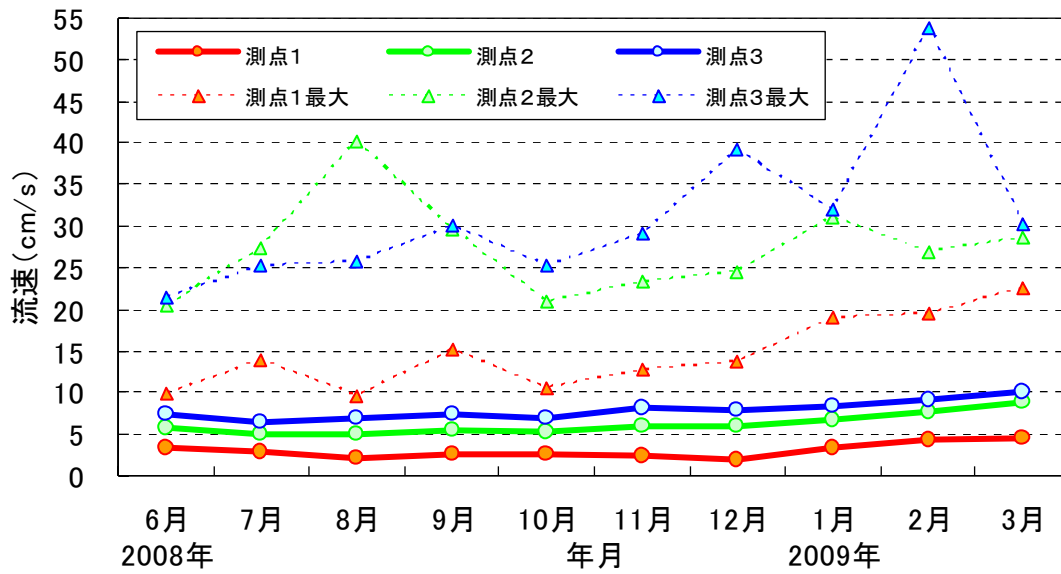


図3.4-2 流速の月別変化

3.4.2 流向・流速出現頻度分布

流向・流速データより、流向・流速の特徴（どの方向の流れが多いのか、どの程度の流速が多いのか）を把握するため流向を 16 方位、流速を 10cm/s 幅に区分し、その出現頻度分布をまとめ、図 3.4-3 に示した。また、流速を 5cm/s 幅に区分し、その出現頻度分布をまとめたものを図 3.4-4 に示した。月別及び測点別の流向・流速出現頻度は、資料編に示した。

また、流れの主方向とみられる南流及び北流傾向の出現率の経月変化を図3.4-5に示した。

各測点において、図3.4-5で便宜的に用いた南流及び北流傾向の定義方位を表3.4-3に示した。

(1) 全調査期間（6月～翌3月）（図3.4-3、図3.4-4）

流速（図 3.4-4）は、測点 1 では、全調査期間を通じて 5cm/s 以下の弱い流れの出現が全体の 7～9 割と圧倒的に多かった。

測点 2 では、6月～1月は 5cm/s 以下が最頻流速帯であったが、2月及び3月は 5～10cm/s の流速帯が最頻流速帯であった。しかし全期間でみると、5cm/s 以下が最頻流速帯であった。

測点 3 では、全調査期間を通じて 5～10cm/s の流速帯が最頻流速帯であった。

流向（図 3.4-3）は、測点 1 では、低流速であるため流向は安定せず全方位に出現し、往復流傾向は顕著ではなかった。

測点 2 も、調査期間全体でみれば、南東～北西方向にかけて多く出現がみられるものの卓越した流向はみられなかった。

測点 3 では、全調査期間を通じて北西方向⇔南東方向の往復流傾向がみられた。

(2) 夏季（6月～9月）（図3.4-3、図3.4-5）

流向（図 3.4-3）をみると、測点 2 及び測点 3 では、北西方向⇔南東方向の往復流傾向がみられた。

北流及び南流傾向の出現率の経月変化（図 3.4-5）をみると、測点 1 及び測点 2 で南流傾向は 25～35%、北流傾向は 30～45%であった。測点 3 は、南流北流傾向の出現はそれぞれ 40%前後で、出現率は概ね一定であった。

(3) 秋季（10月～12月）（図3.4-3、図3.4-5）

流向（図 3.4-3）をみると、測点 2 では 12 月以降、測点 3 では 11 月以降に、南西方向の流れが増加していた。

北流及び南流傾向の出現率の経月変化（図 3.4-5）をみると、測点によっては

ばらつきがあるものの、概ね夏季と同様であった。

(4) 冬季（1月～3月） （図 3.4-3、図 3.4-5）

流向（図 3.4-3）をみると、秋季に続き、測点 2 及び測点 3 で南西方向の流れが多く出現していた。

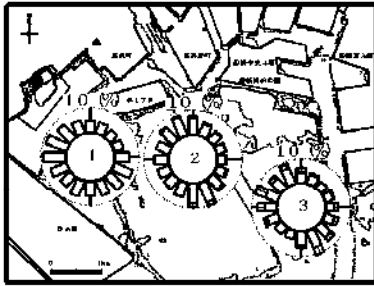
北流及び南流傾向の出現率の経月変化（図 3.4-5）をみると、測点 1 は、それぞれ 10%程度の南流の増加・北流の減少が顕著であり、風の影響が示唆された。

測点 2 は南流の減少・10%程度の北流の増加がみられ、測点 1 とは逆の傾向であった。これは、南西流が多く出現していることも影響していると思われる。

測点 3 は、夏季及び秋季と同様に、南流・北流傾向の出現はそれぞれ 40%前後で変わらず、比較的安定していた。

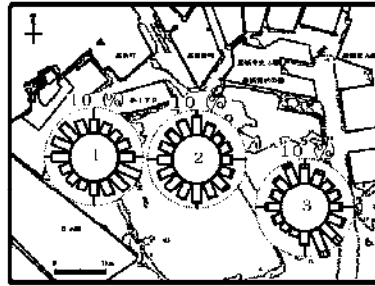
【平成20年 6月】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
 ～平成20年 6月30日23時50分



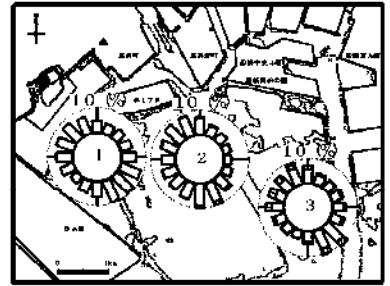
【平成20年 7月】

解析期間：平成20年 7月 1日 0時00分
 ～平成20年 7月31日23時50分



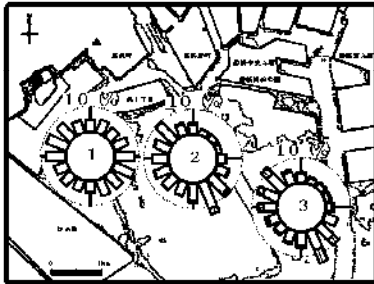
【平成20年 8月】

解析期間：平成20年 8月 1日 0時00分
 ～平成20年 8月31日23時50分



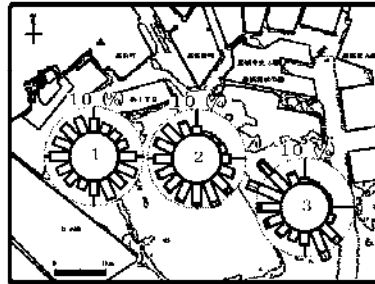
【平成20年 9月】

解析期間：平成20年 9月 1日 0時00分
 ～平成20年 9月30日23時50分



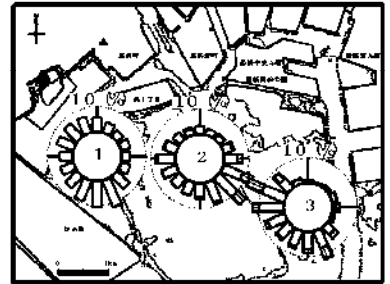
【平成20年10月】

解析期間：平成20年10月 1日 0時00分
 ～平成20年10月31日23時50分



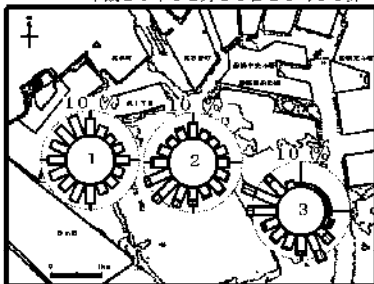
【平成20年11月】

解析期間：平成20年11月 1日 0時00分
 ～平成20年11月30日23時50分



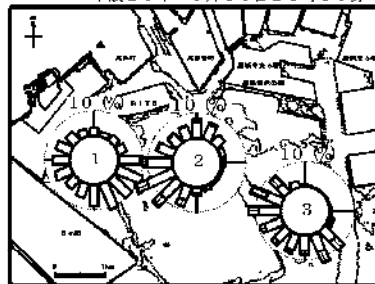
【平成20年12月】

解析期間：平成20年12月 1日 0時00分
 ～平成20年12月31日23時50分



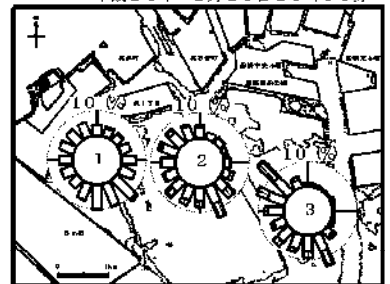
【平成21年 1月】

解析期間：平成21年 1月 1日 0時00分
 ～平成21年 1月31日23時50分



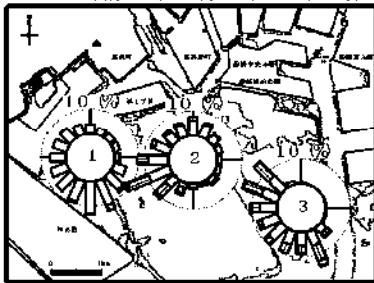
【平成21年 2月】

解析期間：平成21年 2月 1日 0時00分
 ～平成21年 2月28日23時50分



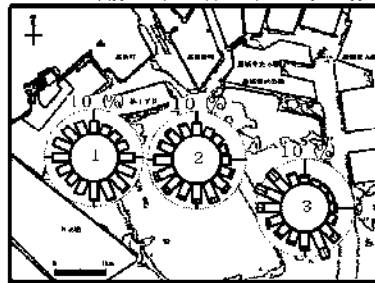
【平成21年 3月】

解析期間：平成21年 3月 1日 0時00分
 ～平成21年 3月12日23時50分



【全期間】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
 ～平成21年 3月12日23時50分



凡例	
	30 ≧ 流速
	20 ≧ 流速 < 30
	10 ≧ 流速 < 20
	0 < 流速 < 10
単位：cm/s	

図3.4-3 流向・流速頻度水平分布

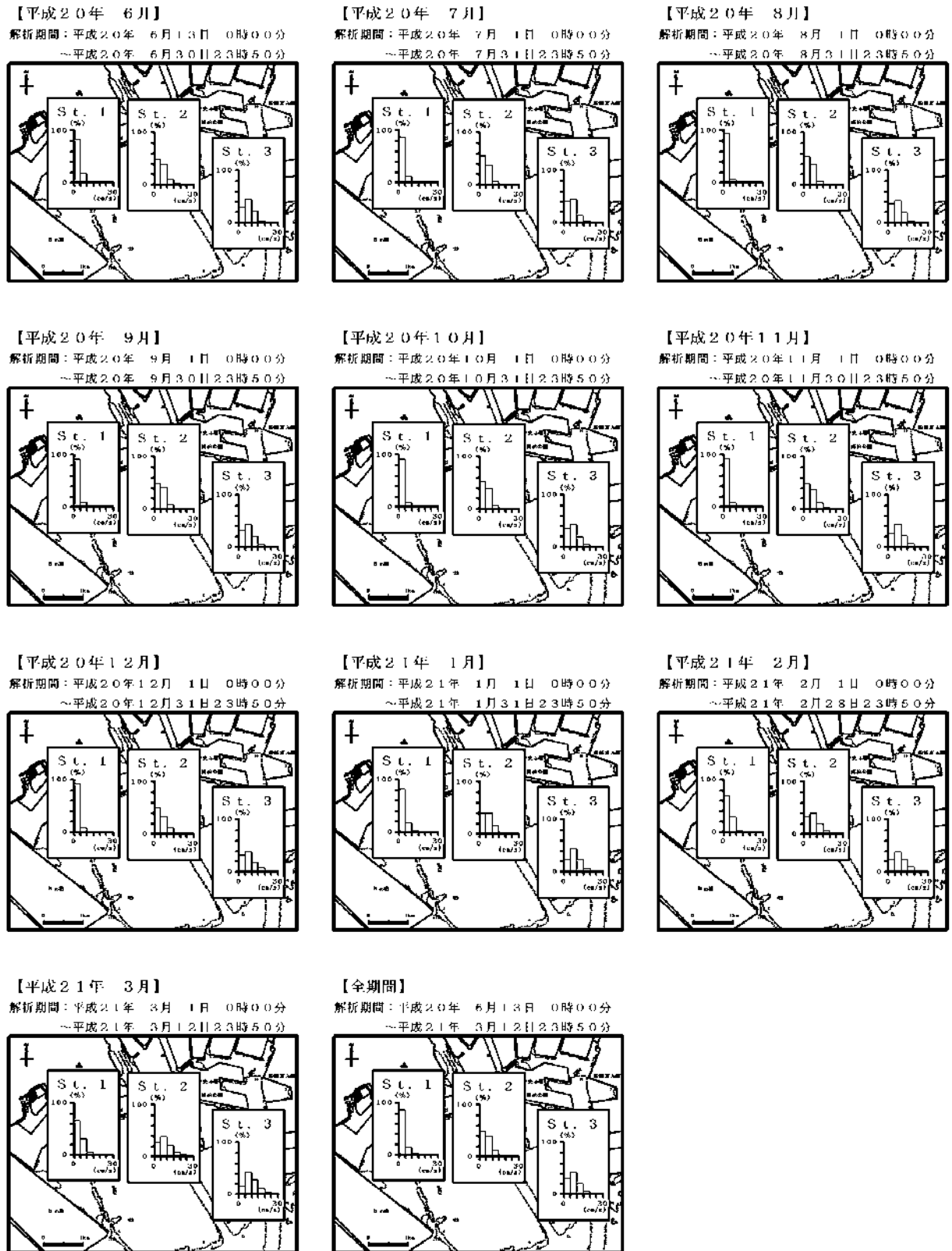


図3.4-4 流速出現頻度分布

表3. 4-3 北流及び南流傾向の定義

測点	北流傾向	南流傾向
1	北～西	南～東
2	北～西	南南西～東南東
3	北北西～西南西	南南西～東南東

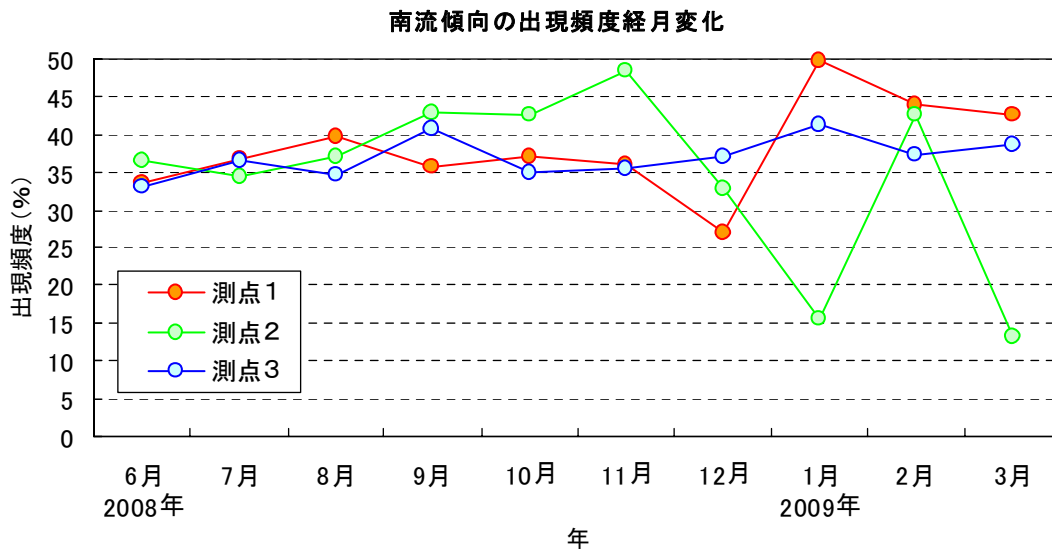
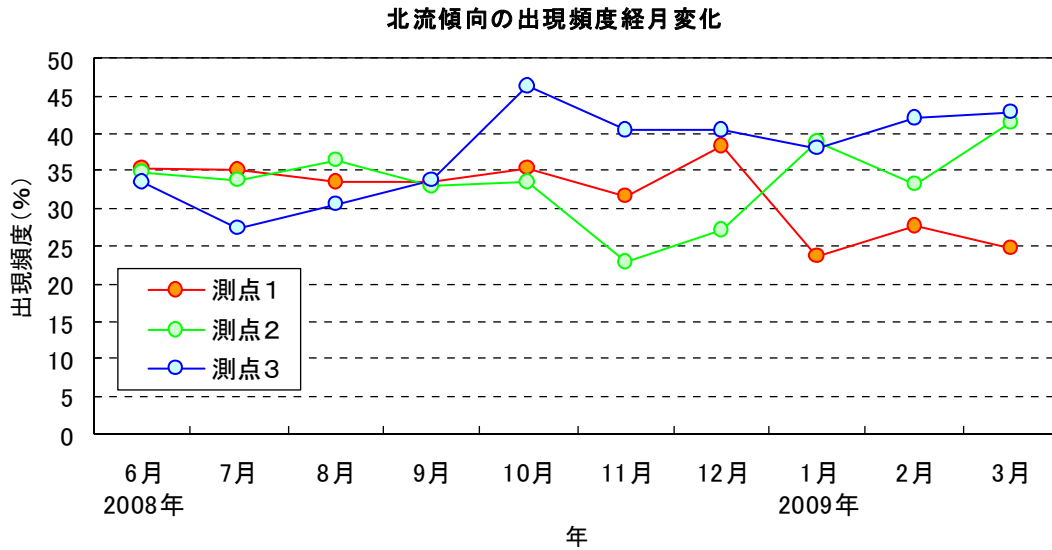


図3. 4-5 南北流の出現率経月変化

3.4.3 潮流調和分解と平均流

図3.4-1の経時変化図にみられたとおり、当海域の流れは半日周期や日周期の潮流変動を示している。

この潮流成分について定量的な解析を行うため、6月及び3月は15昼夜潮流調和分解を、その他の月は30昼夜潮流調和分解を行った。

【潮流調和分解とは】

潮流は、潮汐の干満に伴って水平方向に運動する海水の運動で、月や太陽の運動と密接な関係がある。

潮流を引き起こす潮汐は、主として月や太陽の及ぼす引力が自転している地球上の各地点において異なるために生じるものであり、その変動は地球の地軸が地球の公転軌道面・月の公転軌道面に対して傾斜していること、月や地球の公転運動が等速円運動ではないことなどにより一定ではなく、複雑なものとなっている。

そこで、月や太陽を無数の仮想天体に分けて考え、仮想天体は赤道上を地球から一定の距離で各固有の速度で運行し、別々に潮汐を起こすと考える。つまり、この仮想天体によって引き起こされた潮流（分潮流）の重ね合わさったものが実際の潮流と考える。

すると、実際の潮流は、次式で示されるように各分潮の和として表すことができる。

$$V_t = U_0 + \sum f \cdot v \cdot \cos(V_0 + u + \sigma \cdot t - \kappa)$$

ここに、

U_0 : 平均流

v : 各分潮の流速（振幅）

$V_0 + u$: 天文引数（既知）

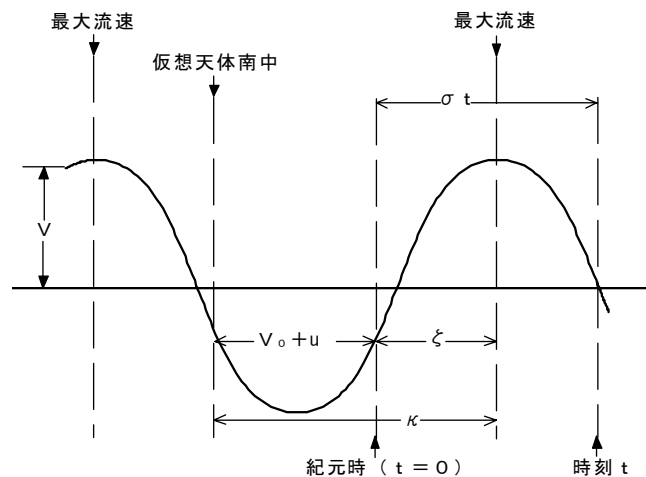
f : 流速補正のための天文因数（既知）

σ : 各分潮の角速度

κ : 各分潮の遅角

t : 時間

各記号の関係は次の図のように表される。



このように、各分潮の和として表された実際の潮流の記録から、各分潮の最大流速（振幅） v 及び遅角 κ を求めるのが潮流調和分解である。調和分解の手法には、ダーウイン法、T I 法、最小自乗法などがあるが、現在では一般に最小自乗法が用いられる。

30 昼夜調和分解により求められる分潮 13 個の記号、名称、角速度及び周期は参考表 1 に示すとおりである。また、15 昼夜調和分解では、 μ_2 、 ν_2 、 L_2 を除いた 10 分潮が求められる。

参考表 1 30 昼夜調和分解で得られる分潮一覧

区分	記号	名称	周期(h)	角速度 (° /h)
半日周潮	M_2	主太陰半日周潮	12.42	28.984
	S_2	主太陽半日周潮	12.00	30.000
	K_2	日月合成半日周潮	11.97	30.082
	N_2	主太陰楕率半日周潮	12.66	28.440
	μ_2	太陰二均差潮	12.87	27.968
	ν_2	主太陰出差潮	12.63	28.513
	L_2	副太陰楕率潮	12.19	29.528
日周潮	K_1	日月合成日周潮	23.93	15.041
	O_1	主太陰日周潮	25.82	13.943
	P_1	主太陽日周潮	24.07	14.959
	Q_1	主太陰楕率潮	26.87	13.399
倍潮	M_4	太陰1/4日周潮	6.21	57.968
複合潮	MS_4	浅海潮 ($M_2 + S_2$)	6.10	58.984
平均流	U_0	平均流		

このうち、特に影響の大きい (M_2 、 S_2 、 K_1 、 O_1) 分潮を主要 4 分潮と一般的に呼んでいる。

主要4分潮について、簡単に示す。

M_2 （主太陰半日周潮）：月と地球の引力及び遠心力と地球の自転により生じる
半日周期成分

S_2 （主太陽半日周潮）：太陽と地球の引力及び遠心力と地球の自転により生じる
半日周期成分

K_1 （日月合成日周潮）：月と太陽の赤緯の影響で生じる日周期の成分

O_1 （主太陰日周潮）：月の赤緯の影響で生じる日周期の成分

【潮流楕円とは】

潮流楕円についての考え方について参考図2に示した。各月各測点の潮流楕円及び潮流調和分解結果表については、資料編に示した。

調和分解から得られた調和定数を用いて、各分潮の北方成分と東方成分について、①式の計算を行った。

$$V_{it} = V_i \cos(\sigma_i \cdot t - \kappa_i) \text{ ---- ①}$$

ただし、

V_{it} ：各分潮の時間 t における流速

V_i ：各分潮の最大流速

σ_i ：半日周潮は $30^\circ/\text{h}$ 、日周潮は $15^\circ/\text{h}$

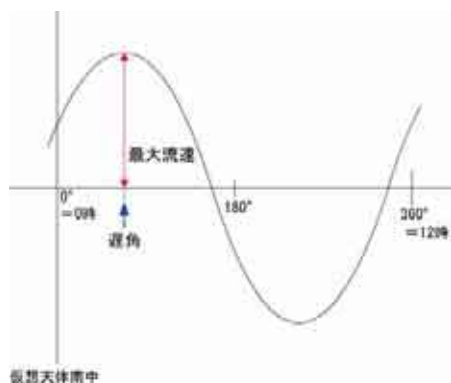
κ_i ：各分潮の遅角

t ：半日周潮は $0\sim 11\text{h}$ 、日周潮は $0\sim 23\text{h}$

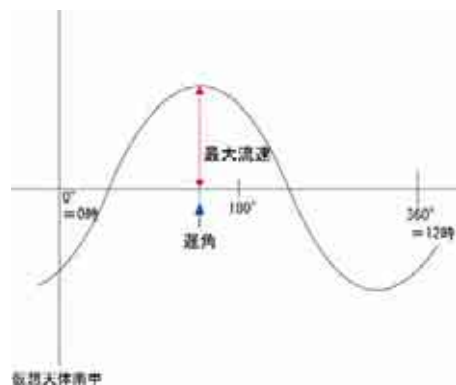
ここで求められた北方分速、東方分速を直角座標にとり、潮流楕円として図化した。この原点と楕円上の任意の点を結ぶベクトルは、その時刻における流速及び流向を示す。

半日周潮の場合

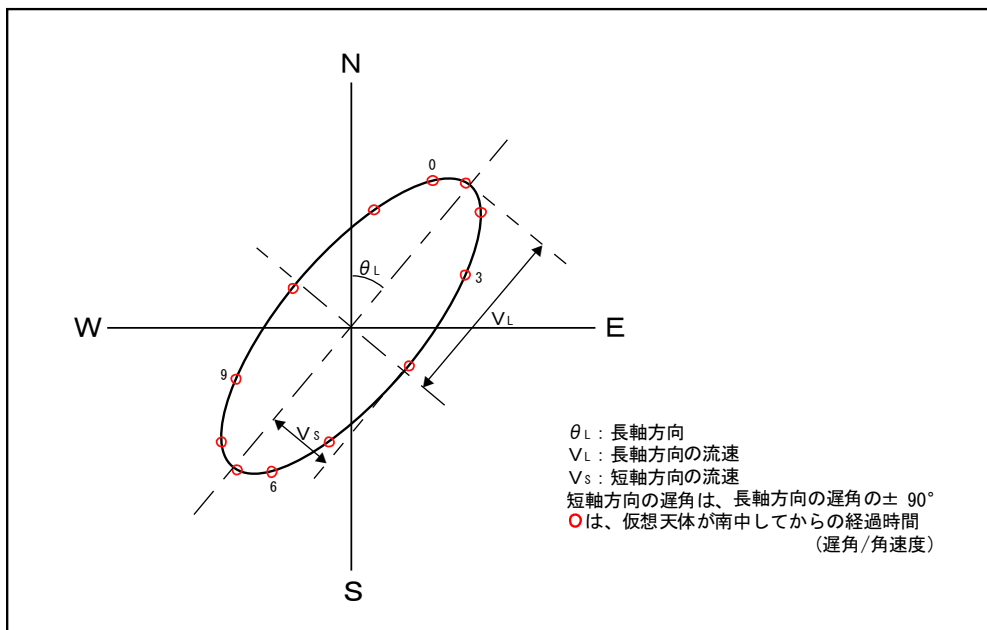
【北方成分】



【東方成分】



両成分の正弦波を平面プロットしたものが潮流楕円である。



参考図 2 潮流楕円の成り立ちと見方(半日周潮の場合)

【非調和定数とは】

非調和定数の各項目については以下に示す。

- M_2+S_2 M_2 分潮と S_2 分潮の振幅和であり、半日周潮の振幅の概値を表す。
- K_1+O_1 K_1 分潮と O_1 分潮の振幅和であり、日周潮の振幅の概値を表す。
- $K_1+O_1+M_2+S_2$... 主要4分潮の和であり、潮汐(潮流)の最高(最強)振幅の概値を表す。
- K_1+O_1/M_2+S_2 ... M_2 、 S_2 分潮の振幅和と K_1 、 O_1 分潮の振幅和の比で、潮汐(潮流)の型の指標となる。

- 潮型示数 < 0.25 : 半日周潮流型
- 0.25 ≤ 潮型示数 < 1.50 : 混合潮流型
- 潮型示数 ≥ 1.50 : 日周潮流型

- $\kappa M_2/29$ M_2 分潮の遅角 (κM_2) を毎時角速度で除算した値で、太陰が観測地点の子午線上を経過してから、潮汐(潮流)が最高(最強)となるまでの時間を示す。
今回の検討では、太陰が調査海域の子午線上を通過してから湾内に向かう流れが最強となるまでの時間を示している。

各測点における主要4分潮の出現変化を図3.4-6及び3.4-7、潮流調和分解結果の主要4分潮の調和定数（長軸方向）及び平均流を表3.4-4、主要4分潮(K_1 、 O_1 、 M_2 、 S_2)の測点別の潮流楕円を図3.4-8に示した。月別及び測点別の潮流調和分解結果は資料編に示した。

また、非調和定数を表3.4-5に示した。

(1) 主要4分潮のまとめ (図3.4-6、図3.4-7、表3.4-4、図3.4-8)

各分潮についてみると、測点1の3月を除き、全測点で半日周期である M_2 が最も卓越しており、測点1では1~3cm/s、測点2では4~6cm/s、測点3では6~9cm/sであり、測点3で最も大きくなっていた。

M_2 の次に大きい分潮は、測点1の3月を除き、全ての測点で同じく半日周期である S_2 であった。相対的にみると S_2 は M_2 の1/2程度、日周期の K_1 、 O_1 は M_2 の1/3程度であることが多かった。

測点1は各分潮とも他の2測点よりも流速が小さかった。

全ての測点で各分潮とも、夏季に比べて、冬季に大きくなる傾向がみられた。

測点2及び測点3における M_2 及び S_2 の長軸方向は、北西⇔南東を示すことが多かった。

(2) 非調和定数 (表3.4-5)

非調和定数から潮流の特性をみると、半日周潮(M_2+S_2)が1.6~13.9cm/s、日周潮(K_1+O_1)が0.4~4.9cm/sを示していた。測点1の3月は日周潮も半日周潮と同程度の流速を示していた。

半日周潮と日周潮の比率(K_1+O_1 / M_2+S_2)から潮流の型（日周潮型、半日周潮型、混合型）を調べた。

半日周潮と日周潮の比率をみると、半日周潮型(比率0.25未満)を示したのは、測点1の8月のみであった。その他は、混合潮型(比率0.25以上1.50未満)であったが、比率は0.3~0.4であり、半日周潮型に近い比率であった。

潮時差は、 M_2 分潮流が最強となるまでの時間($\kappa M_2 / 29$)を表したもので、地点による潮流変動の位相のずれや伝搬方向等を見るものである。この結果をみると、潮時差は2.0~3.2時間後を示していた。従って、全測点のどの月においても2~3時間後のほぼ同時刻に最強を示すものと考えられる。

最大大潮期の振幅($K_1+O_1+M_2+S_2$ 、4分潮の和)は、2.0~18.8cm/sの範囲にあり、測点1で小さく、測点3で大きかった。

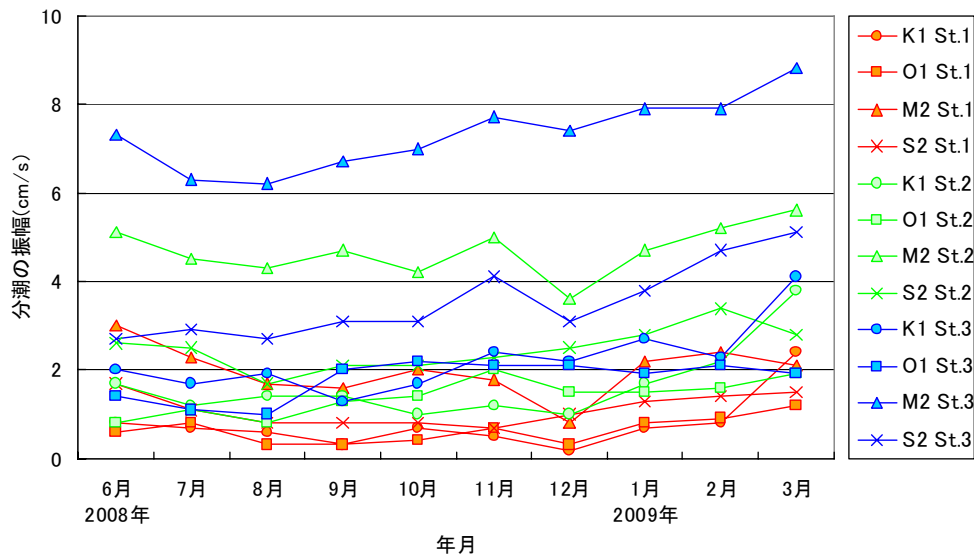


図3.4-6 主要4分潮（長軸方向）の出現変化（分潮の振幅）

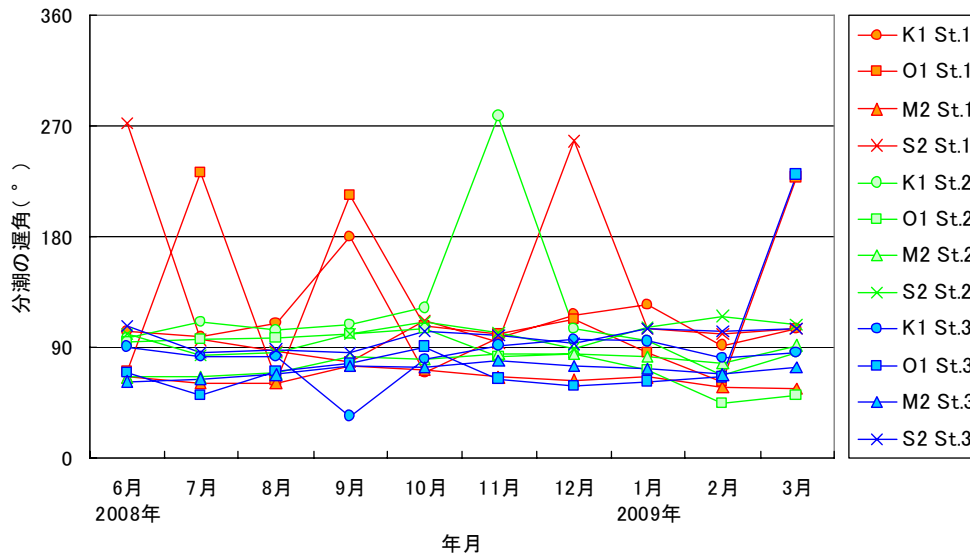


図3.4-7 主要4分潮（長軸方向）の出現変化（遅角）

表 3.4-4 主要4分潮の調和定数（長軸方向）及び平均流

観測層は全て海底上0.5m

調査点	期日	K ₁ 分潮			O ₁ 分潮			M ₂ 分潮			S ₂ 分潮			平均流	
		方向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	方向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	方向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	方向 (°)	流速 (cm/s)	遅角 (°)	方向 (°)	流速 (cm/s)
1	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	291.8	0.8	102.6	282.6	0.6	69.6	298.3	3.0	65.8	84.8	1.7	272.5	236.5	0.3
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	287.5	0.7	98.7	88.8	0.8	230.9	304.5	2.3	60.5	313.5	1.1	95.5	335.2	0.1
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	307.9	0.6	109.1	280.8	0.3	63.6	317.8	1.7	60.6	315.4	0.8	86.6	257.7	0.1
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	282.7	0.3	179.3	76.4	0.3	213.8	292.9	1.6	74.6	270.8	0.8	78.1	346.1	0.1
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	309.5	0.7	69.2	300.8	0.4	106.7	293.1	2.0	71.0	271.8	0.8	112.0	209.4	0.3
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	319.8	0.5	97.0	5.9	0.7	100.0	319.3	1.8	64.9	314.0	0.7	94.0	196.9	0.6
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	341.0	0.2	116.6	325.7	0.3	112.5	310.8	0.8	63.4	75.1	1.0	257.8	162.4	0.1
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	290.2	0.7	123.6	291.7	0.8	86.1	271.0	2.2	65.6	282.2	1.3	105.1	149.6	1.2
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	330.2	0.8	91.7	317.2	0.9	61.6	295.2	2.4	58.1	313.2	1.4	100.0	163.4	1.1
	09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	347.3	2.4	104.8	30.2	1.2	227.5	296.5	2.1	56.9	315.5	1.5	104.5	189.8	2.2
2	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	346.0	1.7	96.6	328.8	0.8	94.2	324.6	5.1	64.9	350.0	2.6	100.6	139.7	0.4
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	314.8	1.2	110.3	287.0	1.1	95.7	327.2	4.5	65.0	326.7	2.5	83.5	98.7	0.1
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	325.1	1.4	104.0	322.8	0.8	96.7	330.5	4.3	68.7	323.5	1.7	85.7	212.1	0.4
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	287.4	1.4	108.7	315.1	1.3	100.3	313.9	4.7	82.8	311.0	2.1	100.9	183.1	1.2
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	306.9	1.0	121.5	314.8	1.4	105.4	318.8	4.2	79.9	310.2	2.1	111.0	202.6	1.7
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	54.9	1.2	278.1	286.2	2.0	82.1	277.6	5.0	84.9	285.0	2.3	101.7	137.1	2.4
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	0.0	1.0	105.4	354.1	1.5	84.9	4.1	3.6	84.4	18.9	2.5	89.3	217.7	1.7
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	17.4	1.7	94.3	26.5	1.5	70.7	22.3	4.7	82.2	15.9	2.8	105.9	256.9	3.4
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	1.4	2.2	66.3	340.5	1.6	44.5	321.7	5.2	76.3	314.6	3.4	115.6	206.7	2.4
	09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	44.4	3.8	85.6	284.2	1.9	50.4	12.1	5.6	91.7	7.5	2.8	107.8	261.7	4.6
3	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	343.4	2.0	90.4	334.9	1.4	68.4	320.0	7.3	62.3	342.5	2.7	107.2	20.4	0.1
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	12.5	1.7	81.9	328.9	1.1	51.0	328.8	6.3	64.6	329.1	2.9	85.9	74.7	0.8
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	349.0	1.9	82.0	341.3	1.0	70.5	329.7	6.2	68.1	327.4	2.7	88.2	284.1	0.3
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	275.3	1.3	33.4	288.7	2.0	76.9	323.6	6.7	74.5	325.8	3.1	85.8	221.0	1.1
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	313.5	1.7	80.5	314.4	2.2	90.6	321.5	7.0	72.9	318.4	3.1	103.0	262.3	2.7
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	292.5	2.4	91.7	339.5	2.1	64.1	319.3	7.7	79.3	322.3	4.1	98.9	240.1	3.0
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	303.7	2.2	95.7	315.3	2.1	59.0	316.2	7.4	74.3	322.0	3.1	92.2	238.8	2.1
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	302.1	2.7	94.6	321.1	1.9	62.6	309.7	7.9	72.5	315.5	3.8	104.6	230.7	3.6
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	332.2	2.3	80.7	314.0	2.1	65.3	325.1	7.9	68.2	326.8	4.7	102.5	248.6	3.0
	09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	329.4	4.1	85.8	69.2	1.9	230.1	317.7	8.8	73.4	319.7	5.1	105.4	237.7	4.9

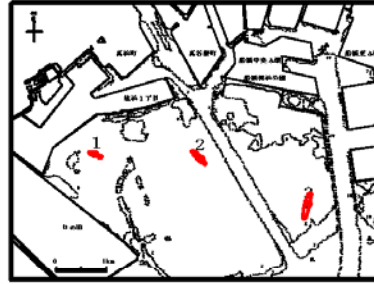
【平成20年 6月】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
～平成20年 6月28日 0時00分



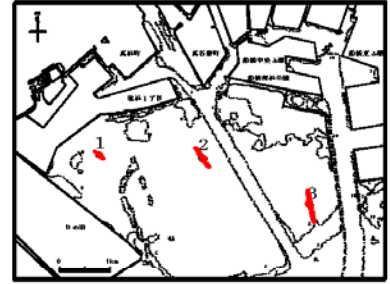
【平成20年 7月】

解析期間：平成20年 7月 1日 0時00分
～平成20年 7月31日 0時00分



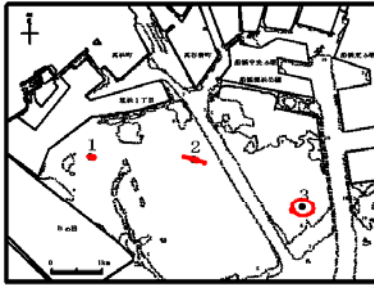
【平成20年 8月】

解析期間：平成20年 8月 1日 0時00分
～平成20年 8月31日 0時00分



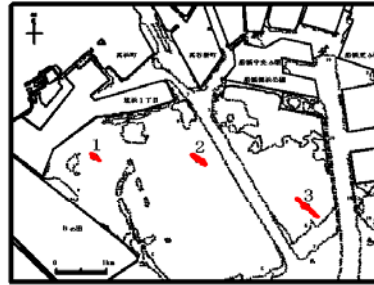
【平成20年 9月】

解析期間：平成20年 9月 1日 0時00分
～平成20年10月 1日 0時00分



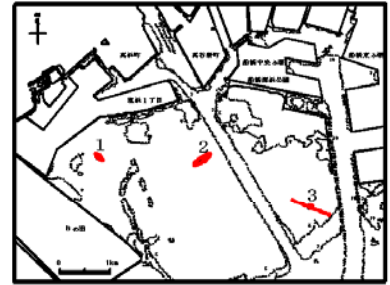
【平成20年10月】

解析期間：平成20年10月 1日 0時00分
～平成20年10月31日 0時00分



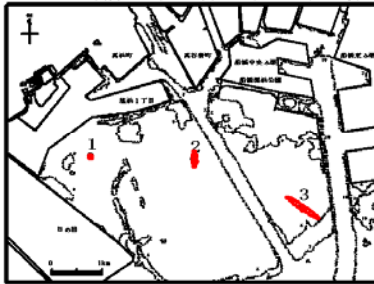
【平成20年11月】

解析期間：平成20年11月 1日 0時00分
～平成20年12月 1日 0時00分



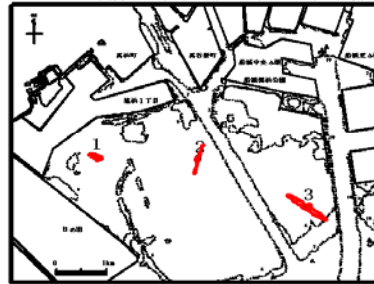
【平成20年12月】

解析期間：平成20年12月 1日 0時00分
～平成20年12月31日 0時00分



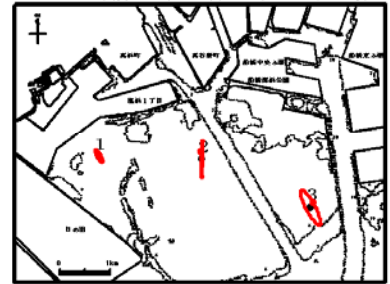
【平成21年 1月】

解析期間：平成21年 1月 1日 0時00分
～平成21年 1月31日 0時00分



【平成21年 2月】

解析期間：平成21年 2月 1日 0時00分
～平成21年 3月 3日 0時00分



【平成21年 3月】

解析期間：平成21年 3月 1日 0時00分
～平成21年 3月16日 0時00分



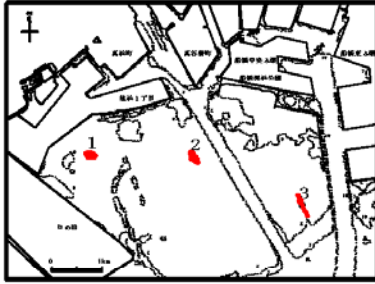
凡例

0 5 cm/s

図 3.4-8(1) 潮流楕円 (K₁分潮)

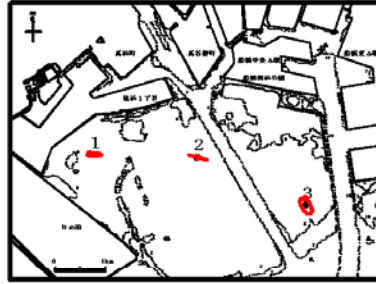
【平成20年 6月】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
～平成20年 6月28日 0時00分



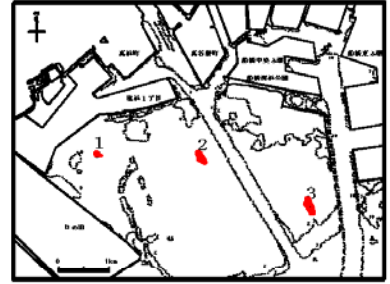
【平成20年 7月】

解析期間：平成20年 7月 1日 0時00分
～平成20年 7月31日 0時00分



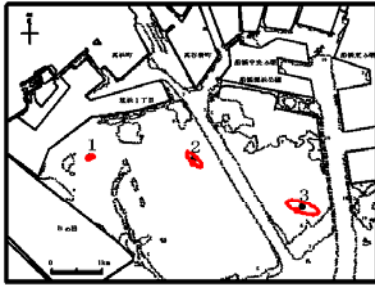
【平成20年 8月】

解析期間：平成20年 8月 1日 0時00分
～平成20年 8月31日 0時00分



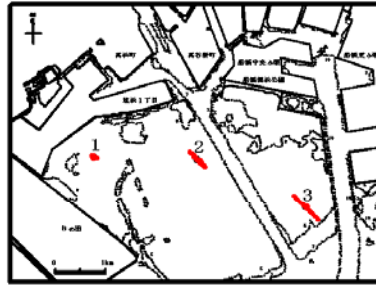
【平成20年 9月】

解析期間：平成20年 9月 1日 0時00分
～平成20年10月 1日 0時00分



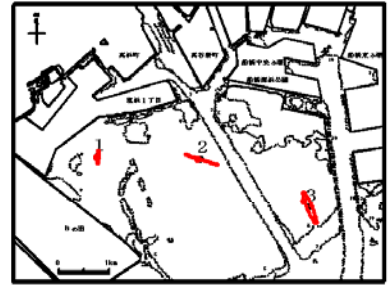
【平成20年10月】

解析期間：平成20年10月 1日 0時00分
～平成20年10月31日 0時00分



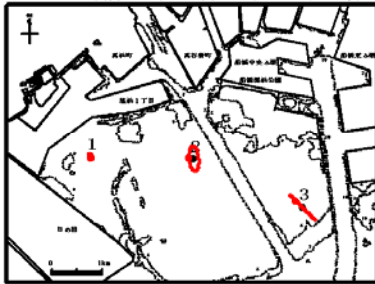
【平成20年11月】

解析期間：平成20年11月 1日 0時00分
～平成20年12月 1日 0時00分



【平成20年12月】

解析期間：平成20年12月 1日 0時00分
～平成20年12月31日 0時00分



【平成21年 1月】

解析期間：平成21年 1月 1日 0時00分
～平成21年 1月31日 0時00分



【平成21年 2月】

解析期間：平成21年 2月 1日 0時00分
～平成21年 3月 3日 0時00分



【平成21年 3月】

解析期間：平成21年 3月 1日 0時00分
～平成21年 3月16日 0時00分



凡例

0 5 cm/s

図 3.4-8(2) 潮流楕円 (O₁分潮)

【平成20年 6月】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
～平成20年 6月28日 0時00分



【平成20年 7月】

解析期間：平成20年 7月 1日 0時00分
～平成20年 7月31日 0時00分



【平成20年 8月】

解析期間：平成20年 8月 1日 0時00分
～平成20年 8月31日 0時00分



【平成20年 9月】

解析期間：平成20年 9月 1日 0時00分
～平成20年10月 1日 0時00分



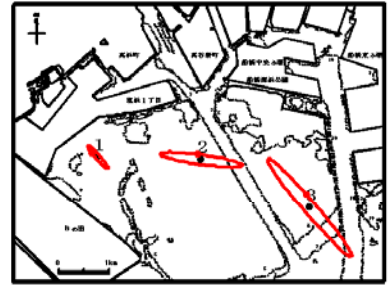
【平成20年10月】

解析期間：平成20年10月 1日 0時00分
～平成20年10月31日 0時00分



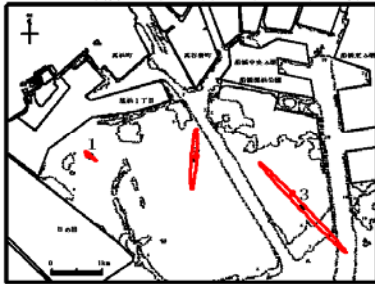
【平成20年11月】

解析期間：平成20年11月 1日 0時00分
～平成20年12月 1日 0時00分



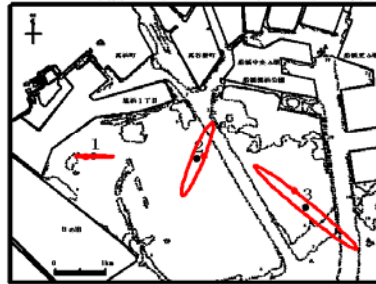
【平成20年12月】

解析期間：平成20年12月 1日 0時00分
～平成20年12月31日 0時00分



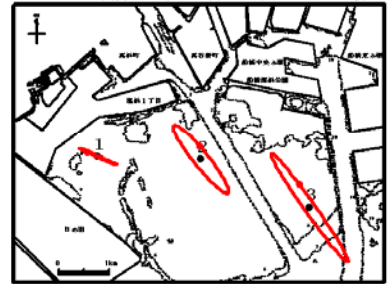
【平成21年 1月】

解析期間：平成21年 1月 1日 0時00分
～平成21年 1月31日 0時00分



【平成21年 2月】

解析期間：平成21年 2月 1日 0時00分
～平成21年 3月 3日 0時00分



【平成21年 3月】

解析期間：平成21年 3月 1日 0時00分
～平成21年 3月16日 0時00分



凡例

0 5 cm/s

図 3.4-8(3) 潮流楕円 (M_2 分潮)

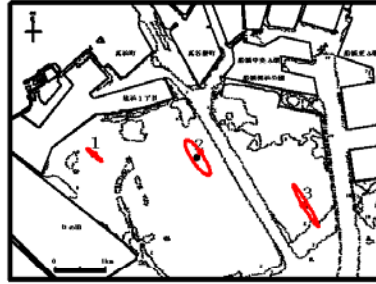
【平成20年 6月】

解析期間：平成20年 6月13日 0時00分
 ～平成20年 6月28日 0時00分



【平成20年 7月】

解析期間：平成20年 7月 1日 0時00分
 ～平成20年 7月31日 0時00分



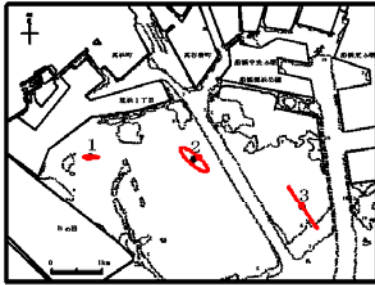
【平成20年 8月】

解析期間：平成20年 8月 1日 0時00分
 ～平成20年 8月31日 0時00分



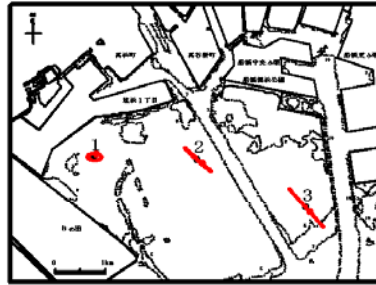
【平成20年 9月】

解析期間：平成20年 9月 1日 0時00分
 ～平成20年10月 1日 0時00分



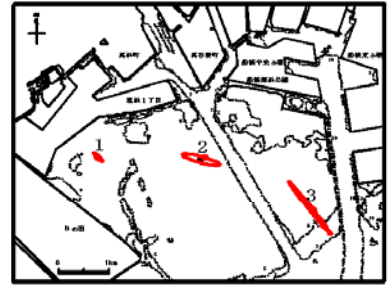
【平成20年10月】

解析期間：平成20年10月 1日 0時00分
 ～平成20年10月31日 0時00分



【平成20年11月】

解析期間：平成20年11月 1日 0時00分
 ～平成20年12月 1日 0時00分



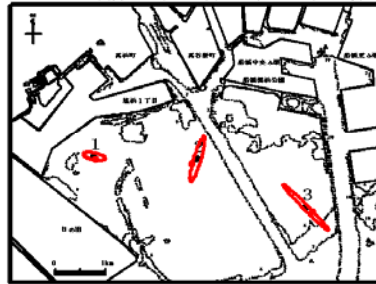
【平成20年12月】

解析期間：平成20年12月 1日 0時00分
 ～平成20年12月31日 0時00分



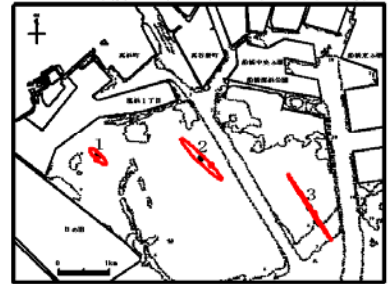
【平成21年 1月】

解析期間：平成21年 1月 1日 0時00分
 ～平成21年 1月31日 0時00分



【平成21年 2月】

解析期間：平成21年 2月 1日 0時00分
 ～平成21年 3月 3日 0時00分



【平成21年 3月】

解析期間：平成21年 3月 1日 0時00分
 ～平成21年 3月16日 0時00分



凡例

0 5 cm/s

図 3.4-8(4) 潮流楕円 (S₂分潮)

表 3.4-5 非調和定数

調査点	期日	主軸方向 (°)	半日周期	日周期	4分潮の和	潮型示数		潮時差
			M_2+S_2 (cm/s)	K_1+O_1 (cm/s)	K_1+O_1 $+M_2+S_2$ (cm/s)	K_1+O_1	M_2+S_2	KM_2 29 (h)
1	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	285.5	4.6	1.4	6.0	0.30	混合	2.3
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	298.4	3.3	1.4	4.7	0.42	混合	2.1
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	312.0	2.5	0.9	3.4	0.36	混合	2.1
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	281.3	2.4	0.6	3.0	0.25	半日	2.6
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	292.2	2.8	1.0	3.8	0.36	混合	2.4
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	326.2	2.5	1.1	3.6	0.44	混合	2.2
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	110.8	1.6	0.4	2.0	0.25	混合	2.2
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	280.7	3.4	1.5	4.9	0.44	混合	2.3
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	309.5	3.8	1.6	5.4	0.42	混合	2.0
09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	334.0	3.1	3.1	6.2	1.00	混合	2.0	
2	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	336.5	7.6	2.5	10.1	0.33	混合	2.2
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	320.8	6.9	2.0	8.9	0.29	混合	2.2
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	327.0	6.0	2.2	8.2	0.37	混合	2.4
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	308.5	6.7	2.5	9.2	0.37	混合	2.9
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	314.2	6.3	2.4	8.7	0.38	混合	2.8
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	275.3	7.3	2.9	10.2	0.40	混合	2.9
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	7.0	6.1	2.4	8.5	0.39	混合	2.9
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	20.0	7.5	3.1	10.6	0.41	混合	2.8
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	330.0	8.5	3.5	12.0	0.41	混合	2.6
09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	10.8	8.4	3.4	11.8	0.40	混合	3.2	
3	08/06/13 0:00~08/06/28 0:00	330.8	9.8	3.4	13.2	0.35	混合	2.1
	08/07/01 0:00~08/07/31 0:00	336.2	9.1	2.4	11.5	0.26	混合	2.2
	08/08/01 0:00~08/08/31 0:00	333.7	8.9	2.9	11.8	0.33	混合	2.3
	08/09/01 0:00~08/10/01 0:00	313.6	9.6	3.0	12.6	0.31	混合	2.6
	08/10/01 0:00~08/10/31 0:00	318.5	10.1	3.8	13.9	0.38	混合	2.5
	08/11/01 0:00~08/12/01 0:00	317.8	11.7	4.0	15.7	0.34	混合	2.7
	08/12/01 0:00~08/12/31 0:00	315.2	10.5	4.3	14.8	0.41	混合	2.6
	09/01/01 0:00~09/01/31 0:00	310.9	11.7	4.5	16.2	0.38	混合	2.5
	09/02/01 0:00~09/03/03 0:00	325.7	12.6	4.4	17.0	0.35	混合	2.4
09/03/01 0:00~09/03/31 0:00	315.5	13.9	4.9	18.8	0.35	混合	2.5	

3.4.4 平均大潮期の流況

【平均大潮期とは】

平均大潮期の流況図は、季節・月齢変化に伴い消長する日周潮流(日潮不等)成分を取り除き平均的な大潮期の流況を表すものである。

$$\text{平均大潮期： } V_t = V_0 + (V_m + V_s) \cos \{ 2\sigma \cdot t - (\kappa_m - \kappa_{mT}) \}$$

V_t : 時間 t における流速	V_0 : 平均流
V_m : M_2 分潮の流速	V_s : S_2 分潮の流速
κ_m : M_2 分潮の遅角	σ : $15^\circ/\text{h}$
κ_{mT} : 標準港(本調査では晴海)の潮汐調和定数 M_2 潮の遅角 (153.4°)	

各月における平均大潮期の流況を図 3.4-9 に示した。また平均小潮期の流況を資料編に示した。

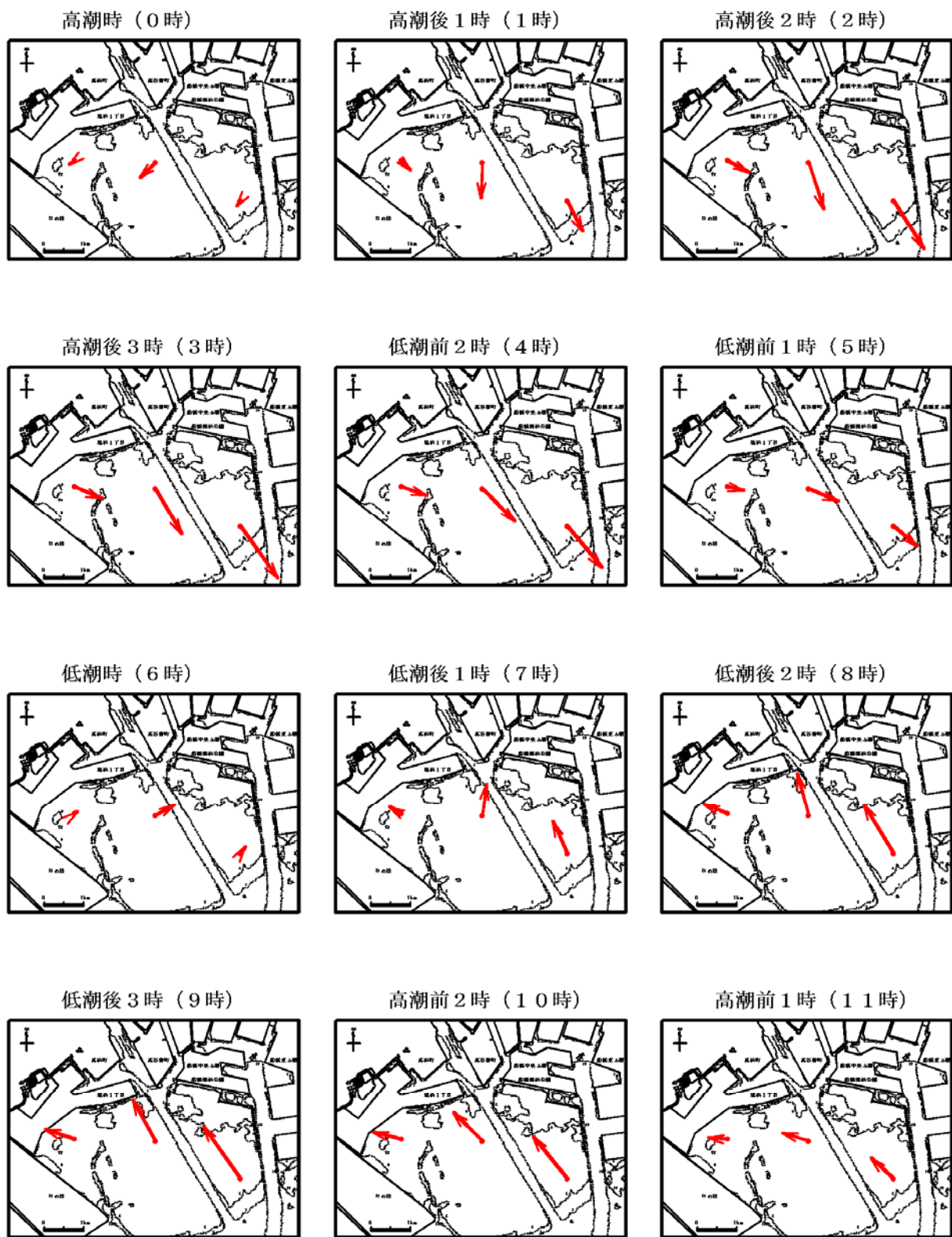
各測点の流況をみると、全測点の全ての月で概ね反時計回りに流れが変化をしている様子がうかがえた。

高潮時及び低潮時付近に転流する傾向がみられ、その 2~3 時間後に最強流速を示していた。すなわち、高潮後 2~3 時頃に三番瀬から流出する流れが最強となり、低潮後 2~3 時頃に三番瀬へ流入する流れが最強となっていた。

平均大潮期の流況からみた流速は、測点 1 で流速は非常に小さかった。測点 2 及び測点 3 では、夏季で 5~10cm/s 前後の南~南東流、冬季で 10cm/s 前後の南東流により三番瀬から流出していた。また流入時は、夏季は測点 2 で 5cm/s 前後、測点 3 で 10cm/s 前後、冬季は測点 2 で 10cm/s 弱、測点 3 で 15cm/s 弱の北西流であった。

季節による違いは、夏季より冬季に全体的に流速が速くなる傾向がみられ、上げ潮時及び下げ潮時の流速が、冬季で夏季の 1.5 倍程度であった。

解析期間：平成20年6月13日0時00分～6月28日0時00分



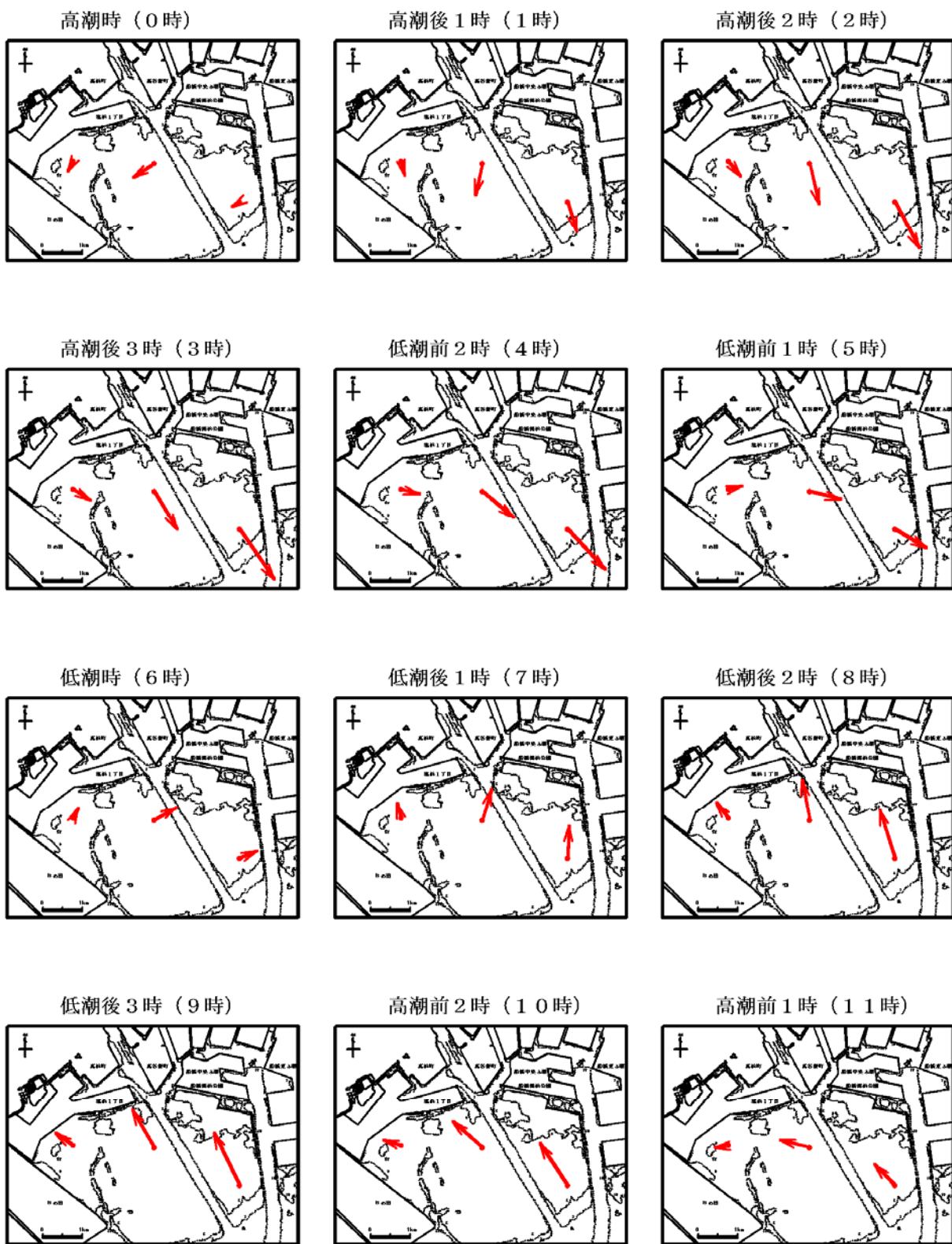
注：()内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(1) 平均大潮期の流況 (6月)

解析期間：平成20年7月1日0時00分～7月31日0時00分



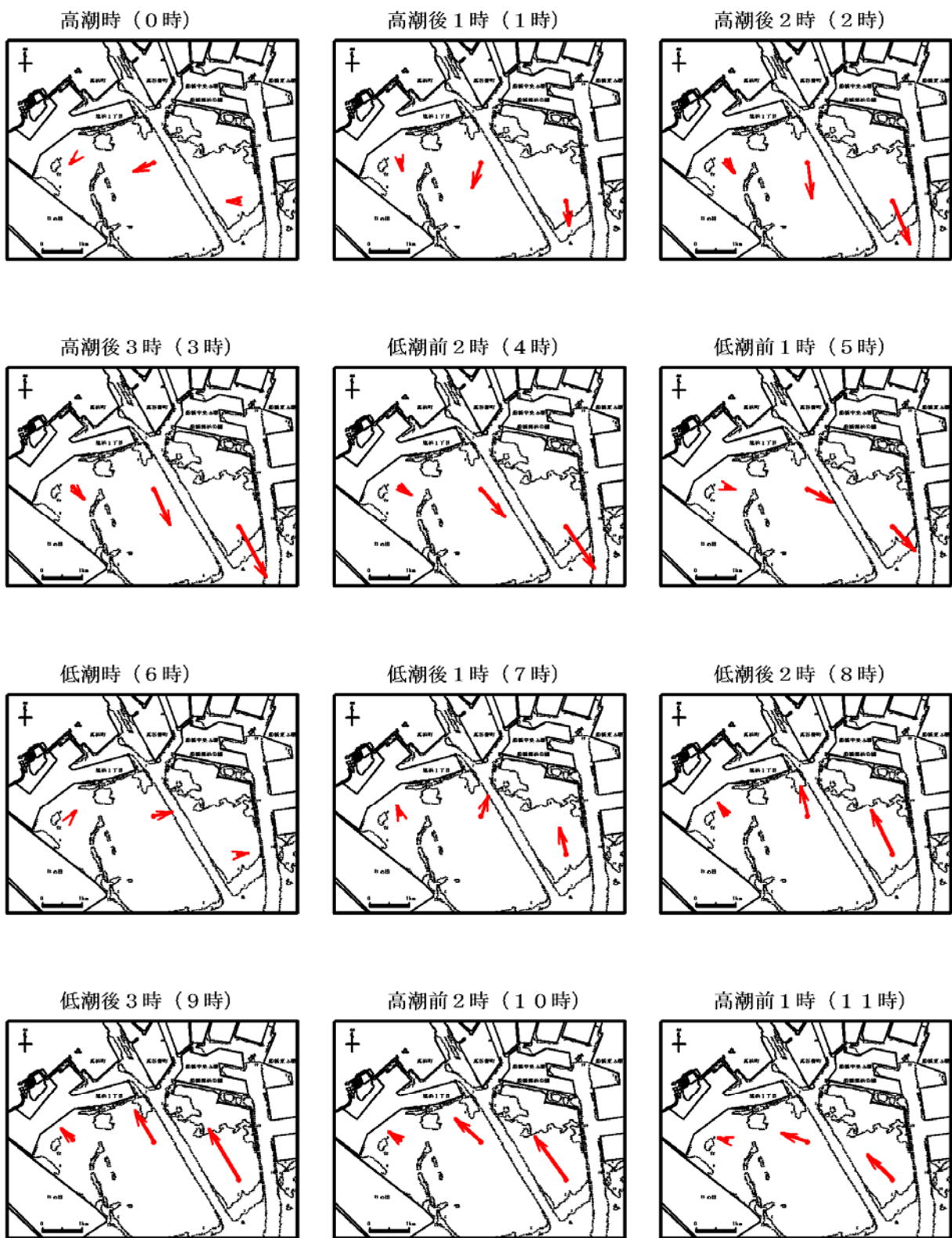
注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10 cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(2) 平均大潮期の流況 (7月)

解析期間：平成20年8月1日0時00分～8月31日0時00分



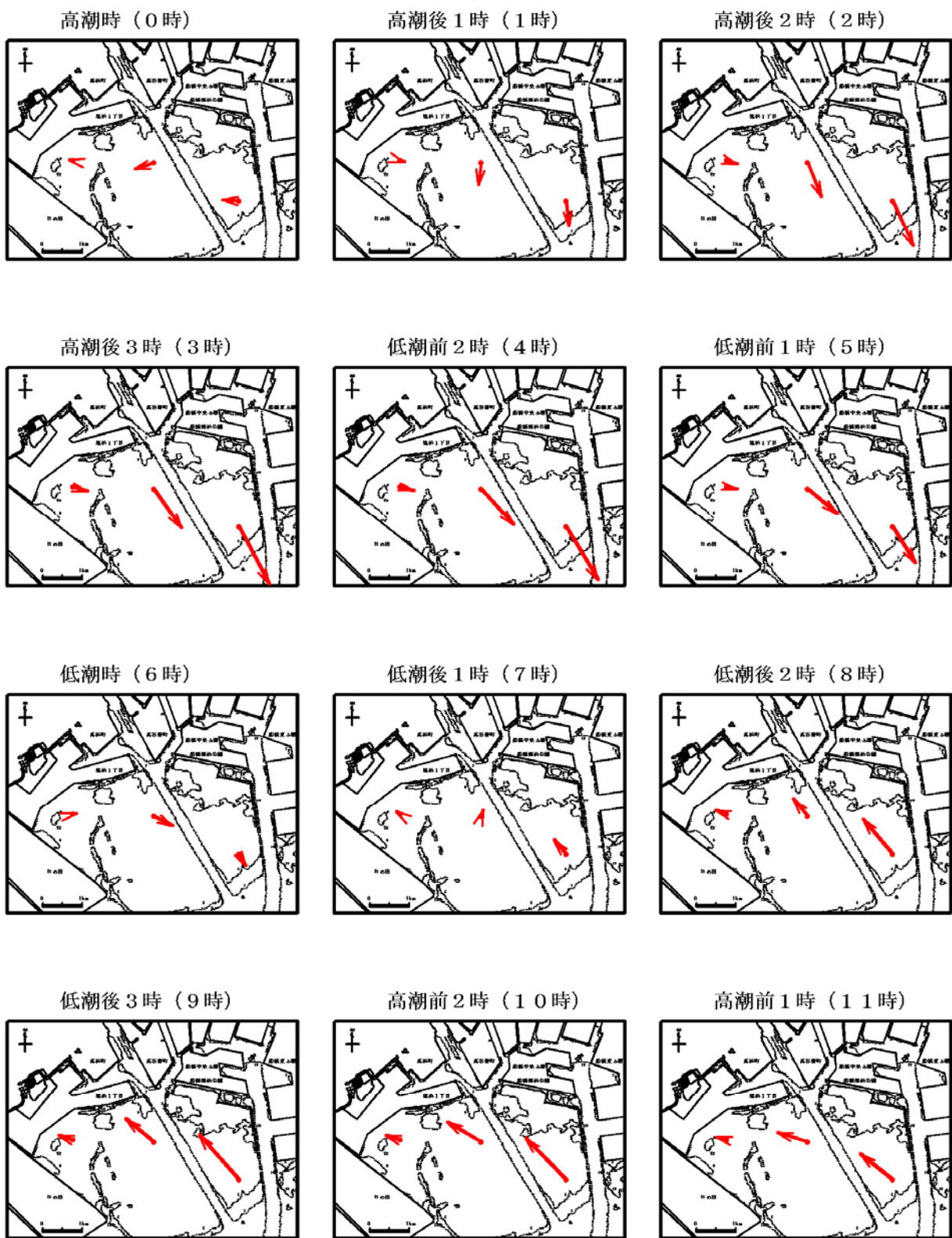
注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10 cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(3) 平均大潮期の流況 (8月)

解析期間：平成20年9月1日0時00分～10月1日0時00分



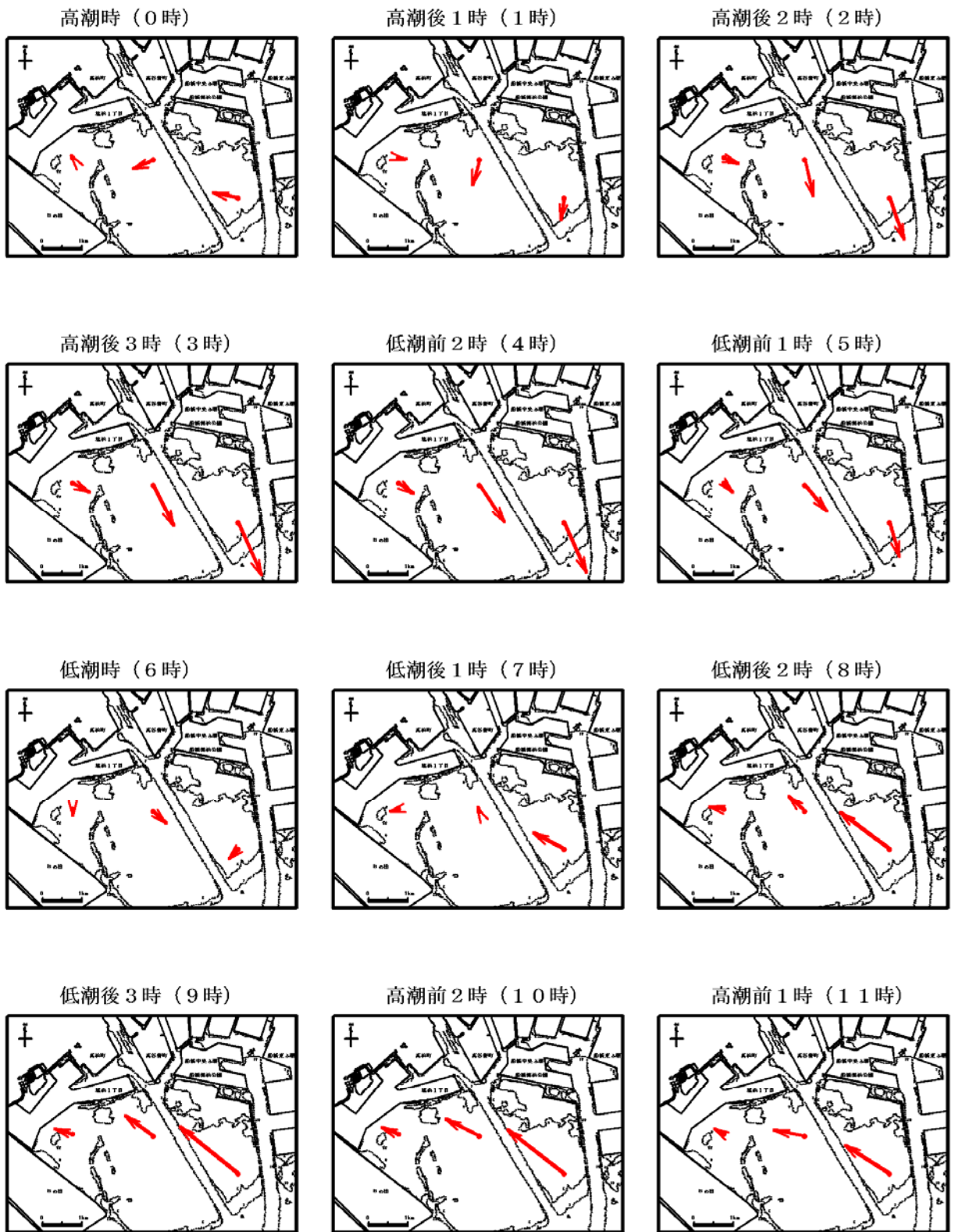
注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10 cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(4) 平均大潮期の流況 (9月)

解析期間：平成20年10月1日0時00分～10月31日0時00分



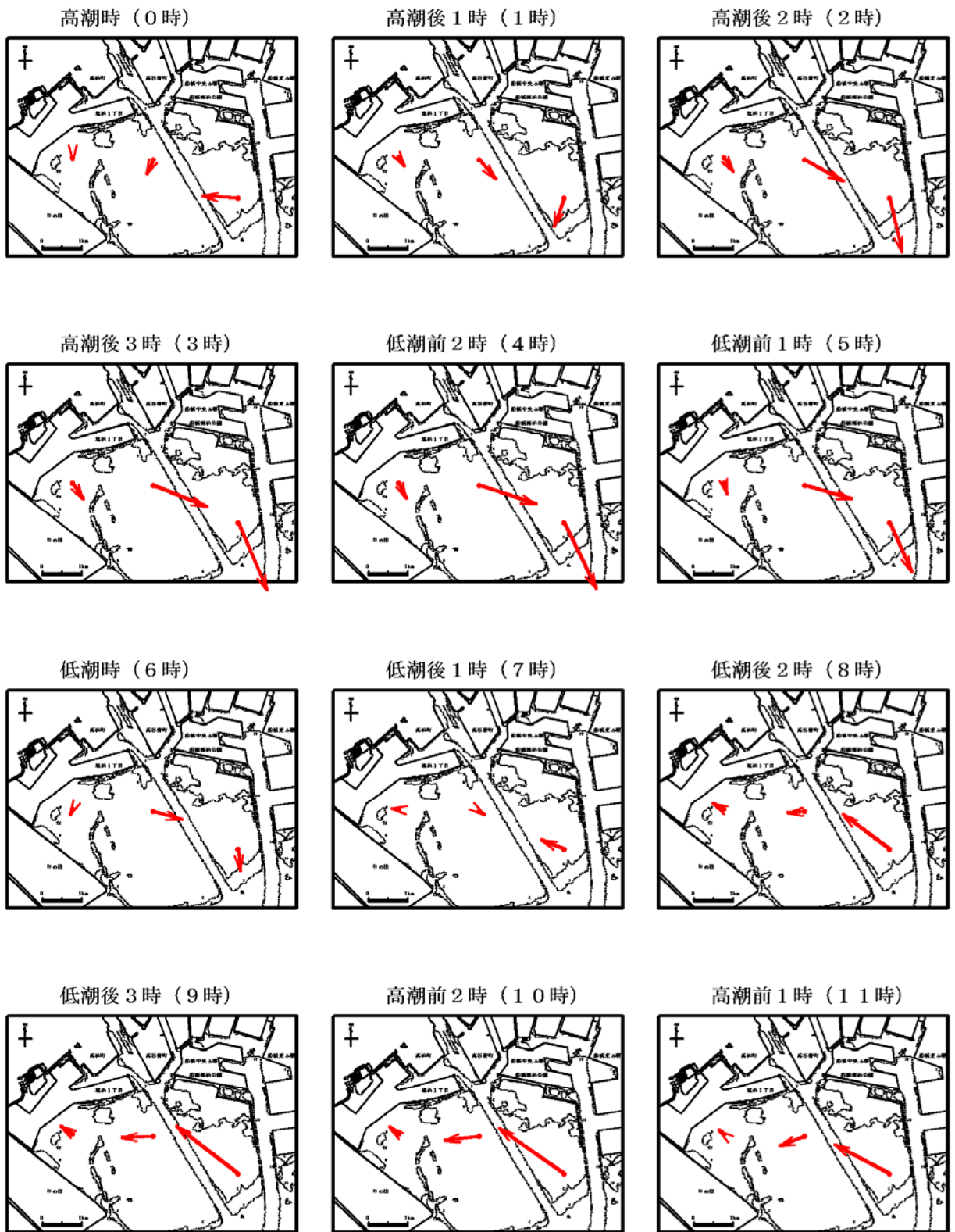
注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10 cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(5) 平均大潮期の流況 (10月)

解析期間：平成20年11月1日0時00分～12月1日0時00分

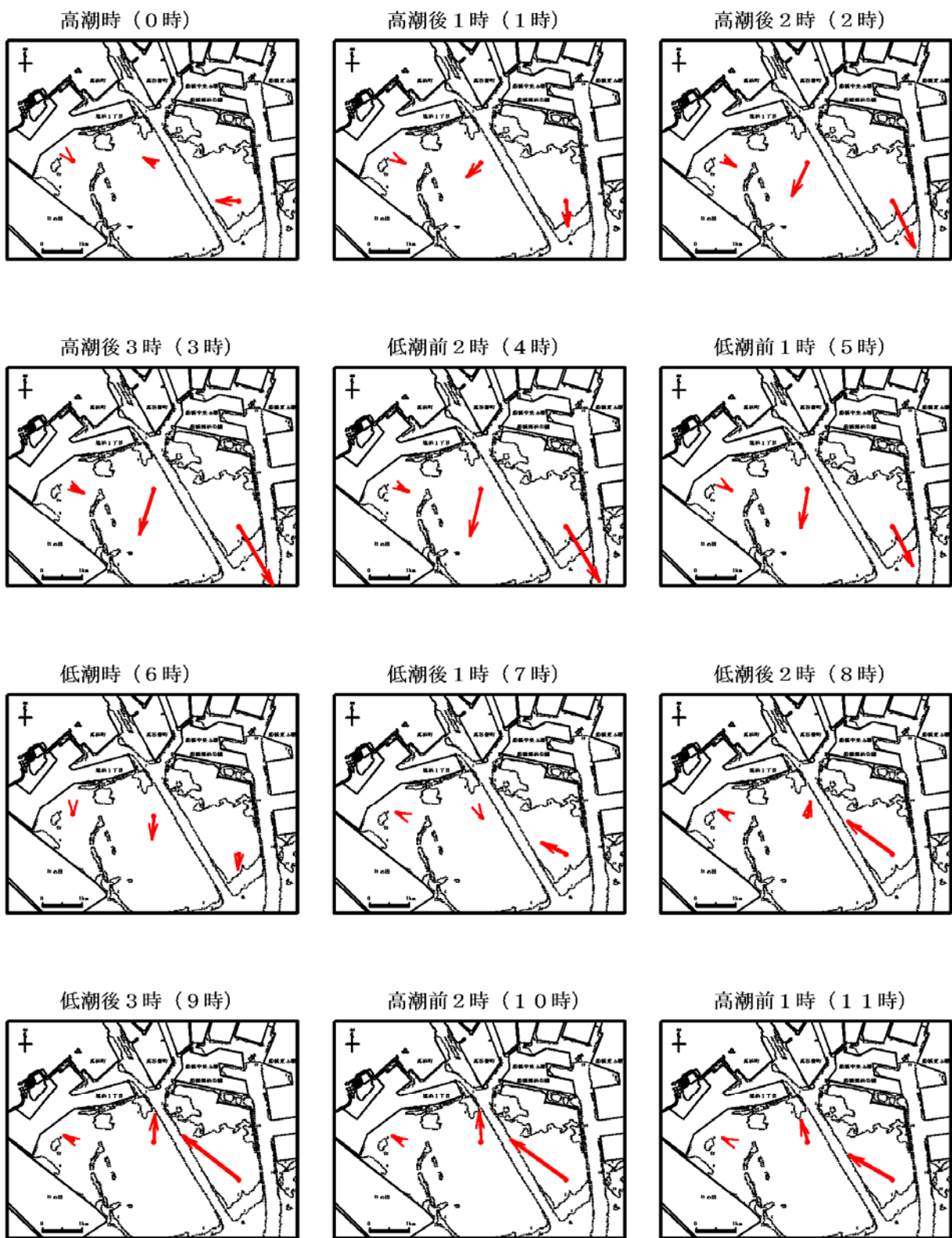


注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
 0 10 cm/s
 基準港：晴海

図 3.4-9(6) 平均大潮期の流況 (11月)

解析期間：平成20年12月1日0時00分～12月31日0時00分

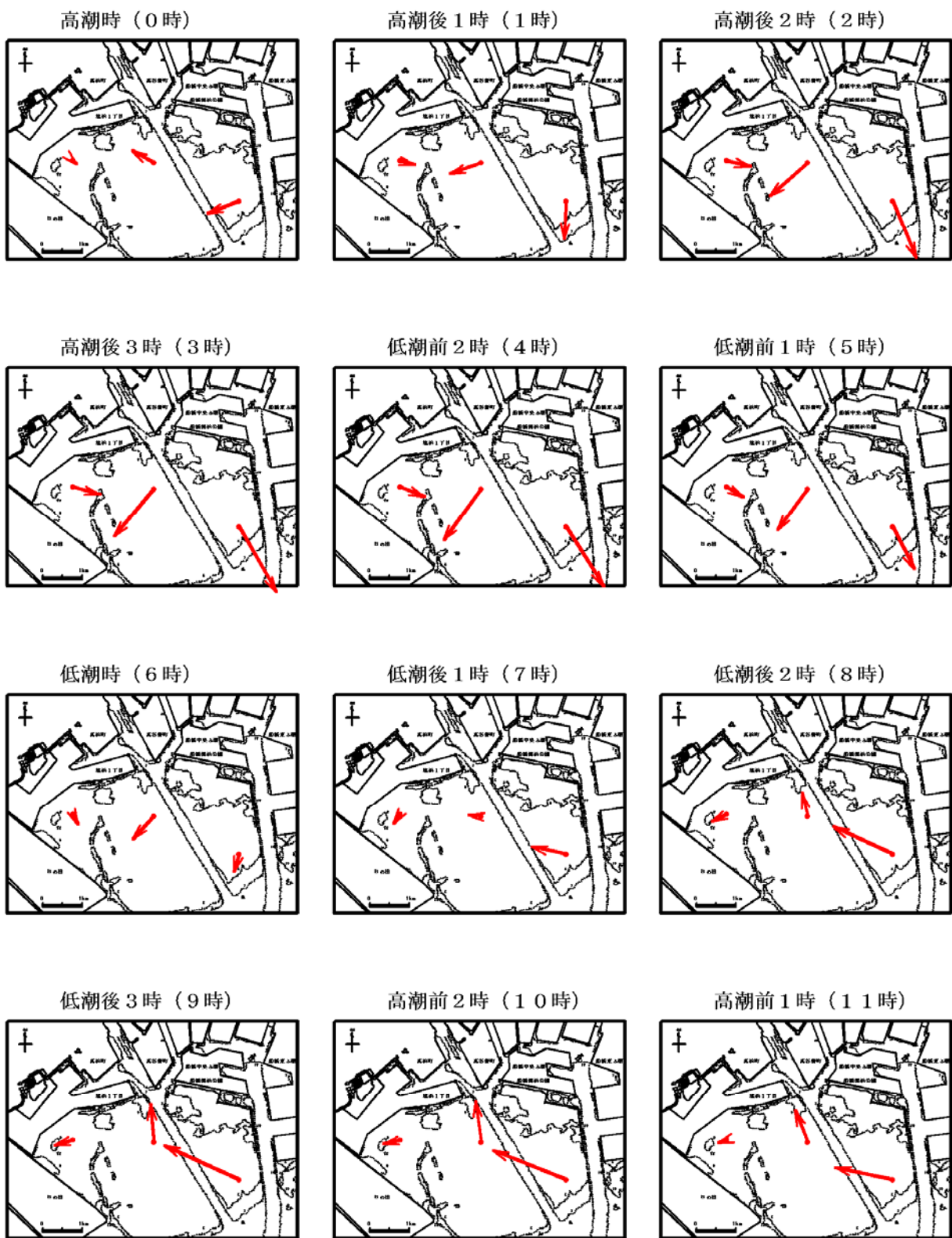


注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
 0 10 cm/s
 基準港：晴海

図 3.4-9(7) 平均大潮期の流況 (12月)

解析期間：平成21年1月1日0時00分～1月31日0時00分

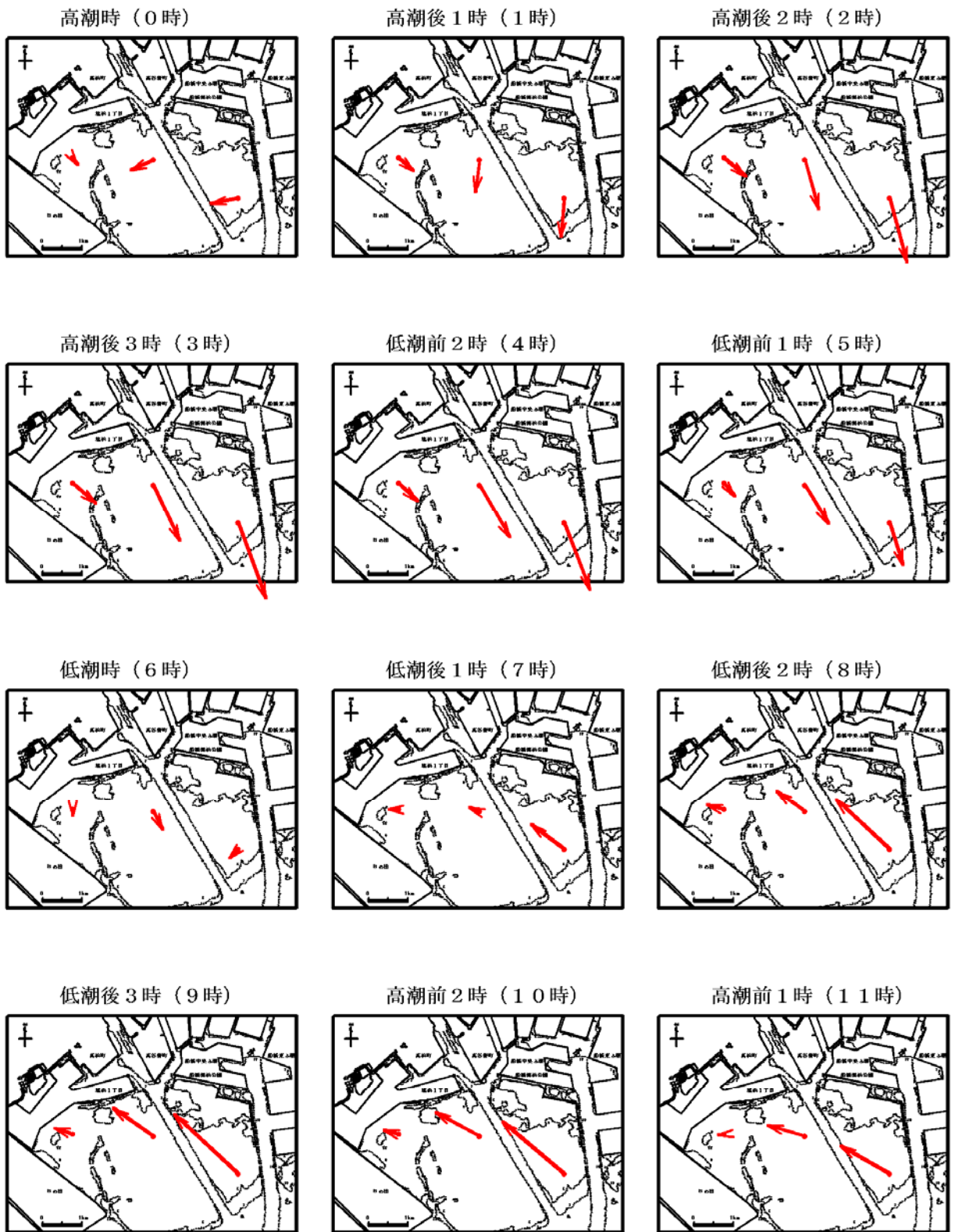


注：() 内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
 0 10 cm/s
 基準港：晴海

図 3.4-9(8) 平均大潮期の流況 (1月)

解析期間：平成21年2月1日0時00分～3月3日0時00分



注：（ ）内の時間は、晴海の満潮時からの経過時間を示す。

凡例
0 10 cm/s

基準港：晴海

図 3.4-9(9) 平均大潮期の流況 (2月)

解析期間：平成21年3月1日0時00分～3月16日0時00分

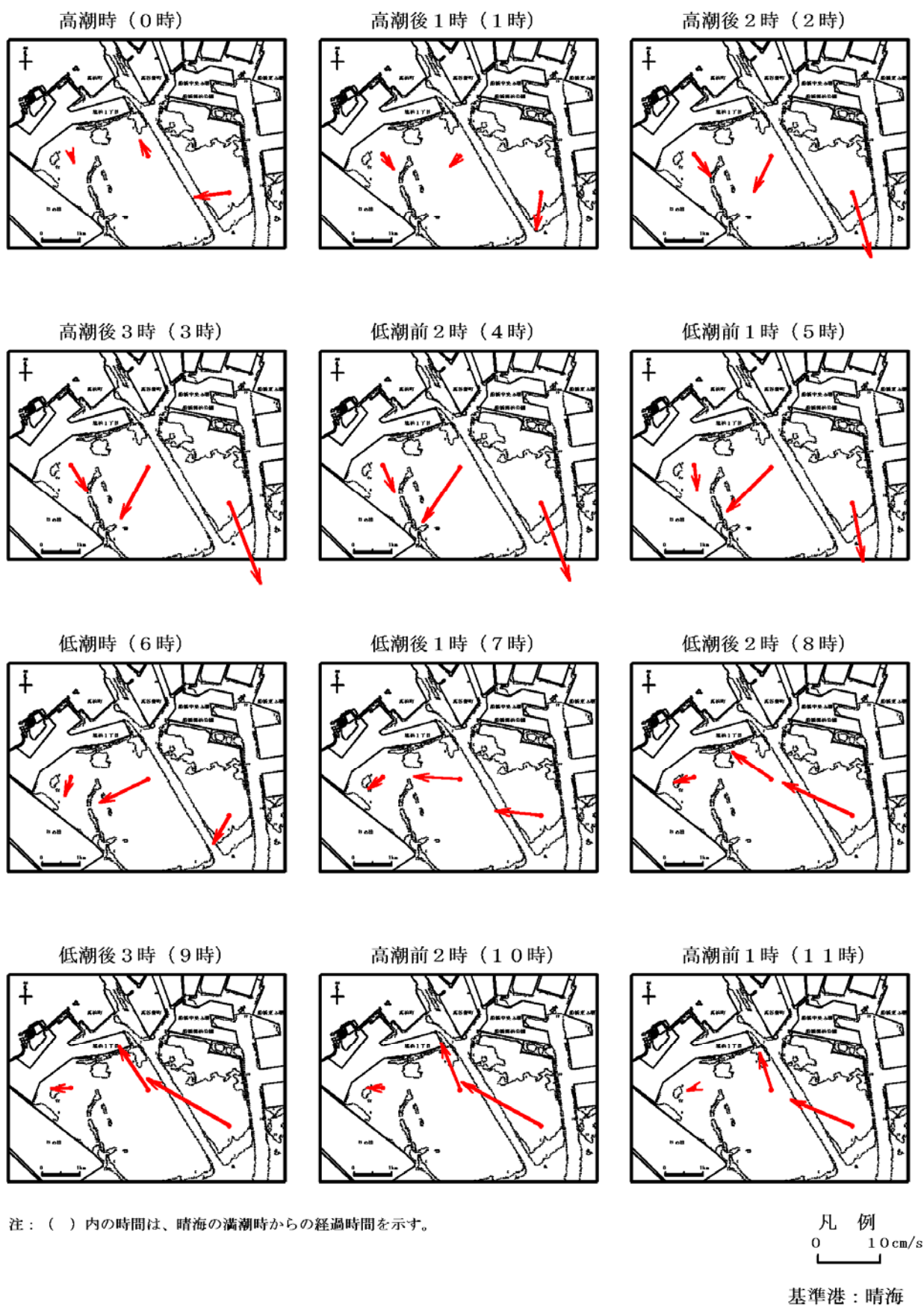


図 3.4-9(10) 平均大潮期の流況 (3月)

3.4.5 平均流

【平均流とは】

平均流は恒流あるいは残差流と呼ばれ、潮流以外の流れ（風や地形の影響、密度差などによる流れ）を指す。ここでは、1ヶ月間の平均流を指す。

各測点における各月毎の平均流を図3.4-10に示した。

測点1は、夏季～秋季にかけて特定の方向に対する流れはみられなかった。冬季は、1～3cm/s程度の弱い南流傾向がみられた。

測点2は、夏季は特定の方向に対する流れはみられなかった。秋季は3cm/s程度の南～南東流傾向、冬季は3～5cm/s程度の南西～西流傾向がみられ、秋季から冬季にかけて、南流から西流に変化し、流速も速くなっていた。

測点3も、夏季は特定の方向に対する流れはみられなかった。秋季から冬季にかけては、3～5cm/s程度の南西～西流傾向がみられ、流速は3月に最も大きくなっていた。

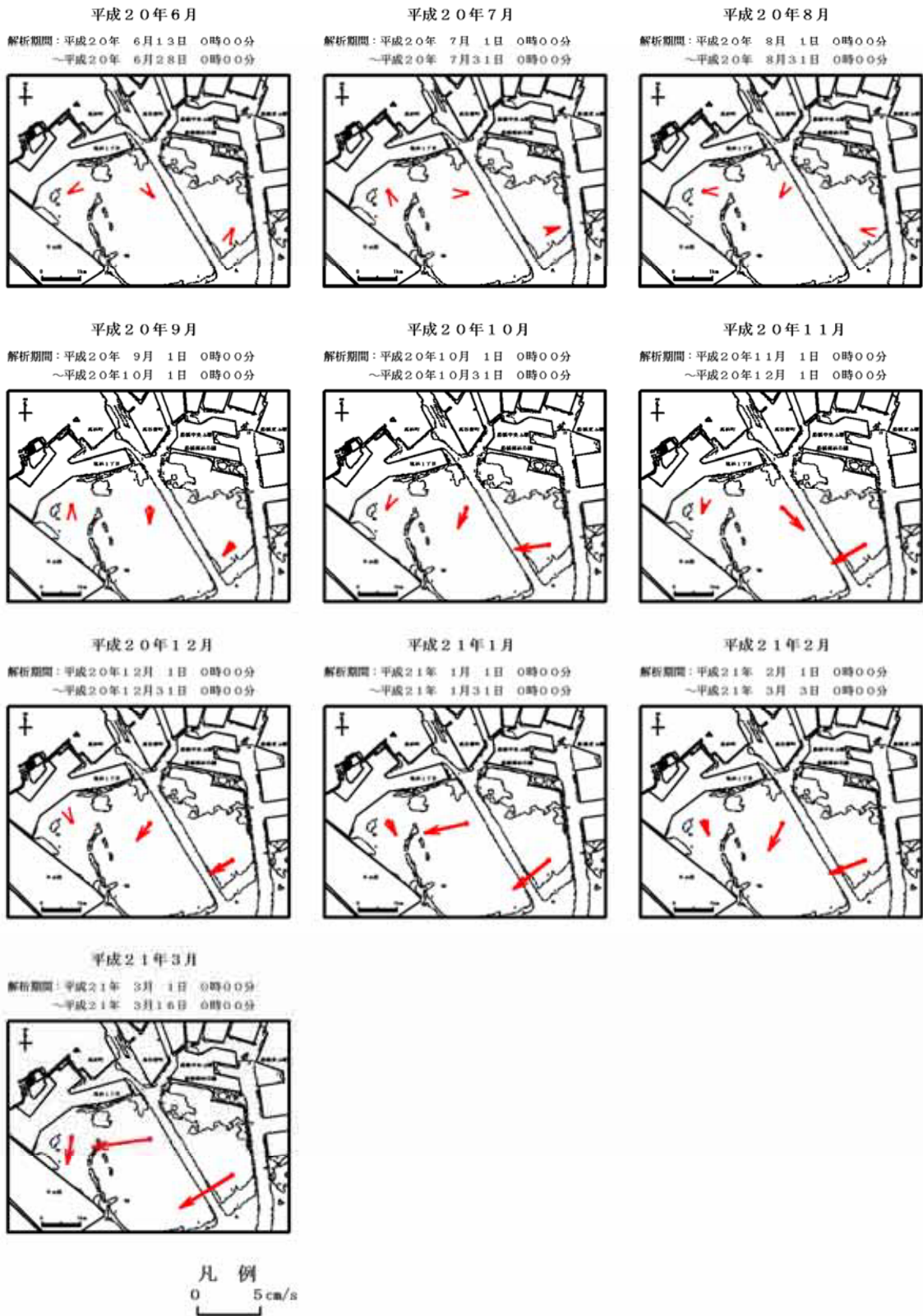


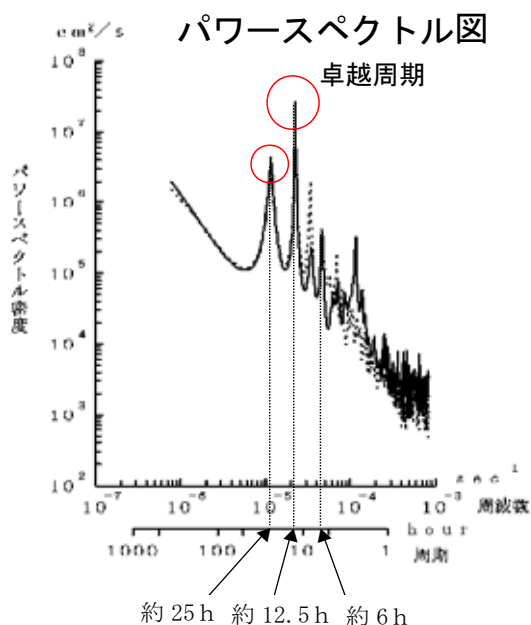
図 3.4-10 平均流の流況

3.4.6 パワースペクトル

流速変動の周期特性をみるために、北方成分、東方成分の各成分流速について最大エントロピー法(MEM)によるスペクトル解析を行い、流速変動のパワースペクトルを算出した。

パワースペクトルは、流速変動に含まれる種々の周波数成分と変動エネルギーの関係を示すもので、どのような周期の流れがどの程度のエネルギーを持っているか把握でき、海域の流れを現象面から考えるときに便利である。

パワースペクトルは、卓越周期が存在する場合、図中にピークが表れる。



参考図 3 自己相関及びパワースペクトルの例

図 3.4-11 に各測点の各月におけるパワースペクトルを示した。

測点1の3月を除き、日周期（約25時間）及び半日周期（約12.5時間）のピークがみられた。また、全測点で、約1～2時間周期の副振動と思われる周期と、浅海潮を思わせる約1/4日（6時間付近）、約1/3日（8時間付近）の周期にもピークがみられた。

また、水深の浅い測点1よりも水深の深い測点3でより顕著な周期性がみられた。

測点毎にみると、測点1では、夏季は半日周期の顕著なピークがみられたが、冬季に向かうにつれ、ピークは弱くなり、3月は顕著な周期性はみられなかった。

測点2では、11月に半日周期のピークが弱まっていたが、その他の月は半日周期が卓越していた。

測点3では、全ての月で半日周期の顕著なピークがみられた。

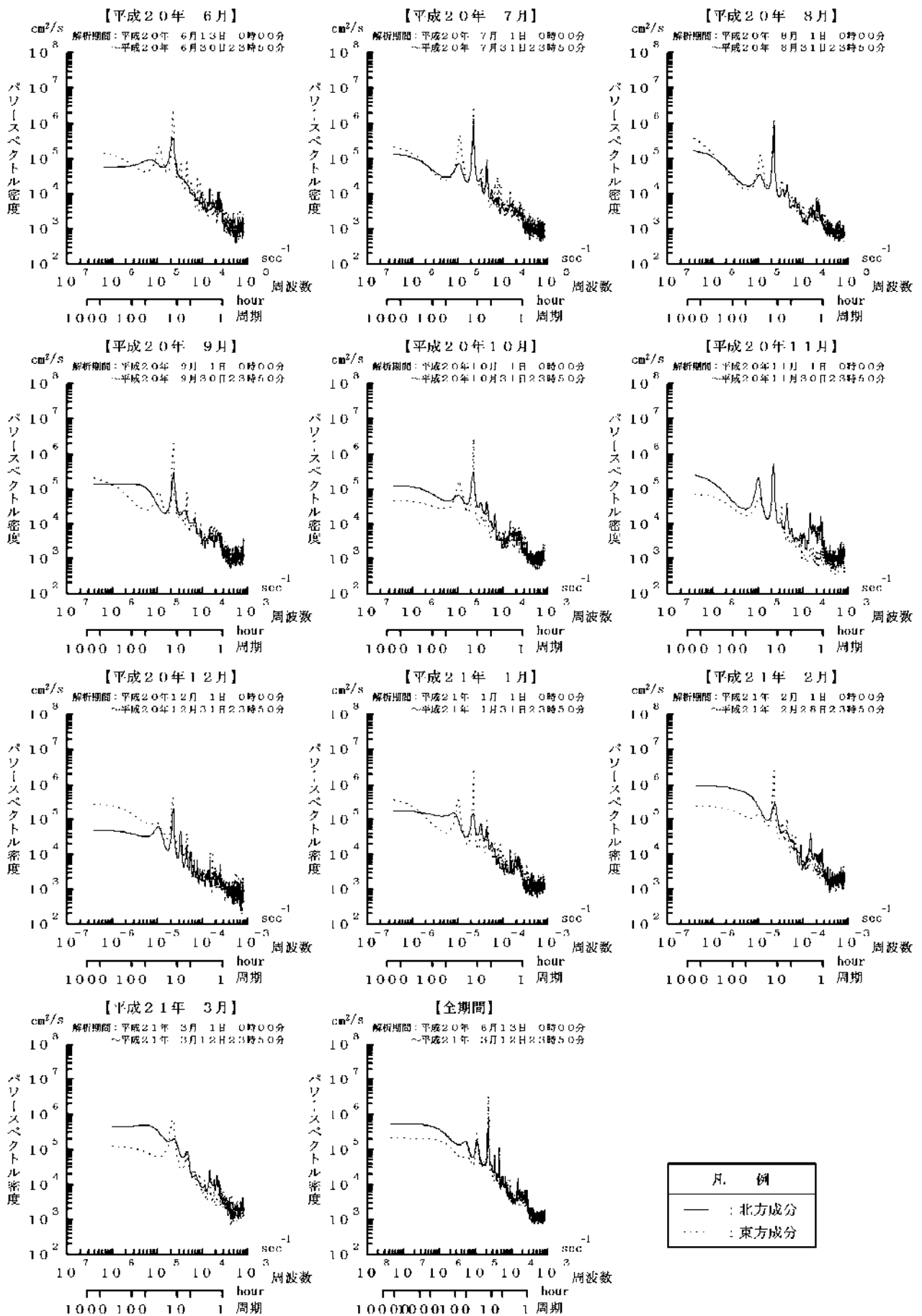


図 3.4-11(1) パワースペクトル (測点1)

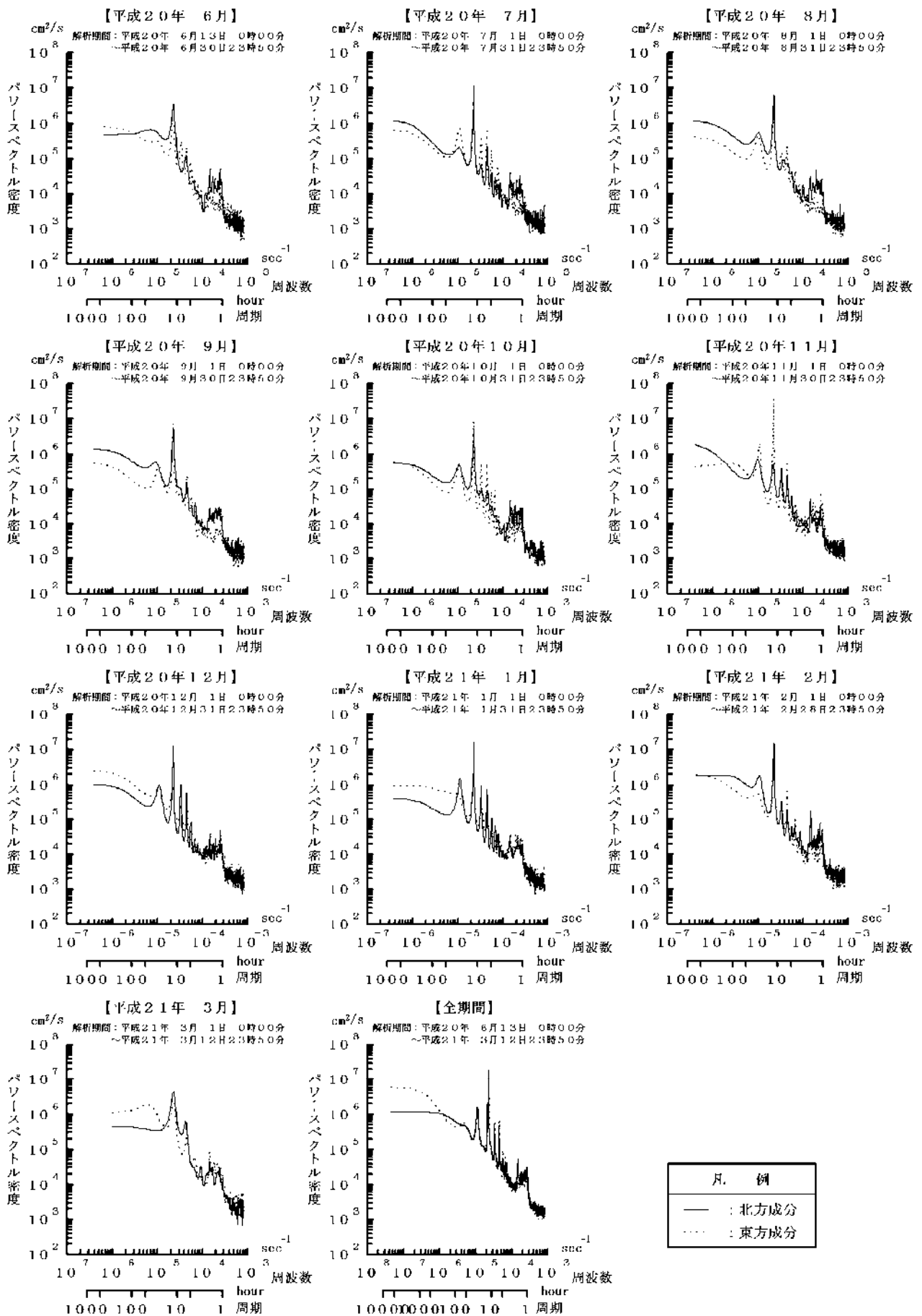


図 3.4-11(2) パワースペクトル (測点2)

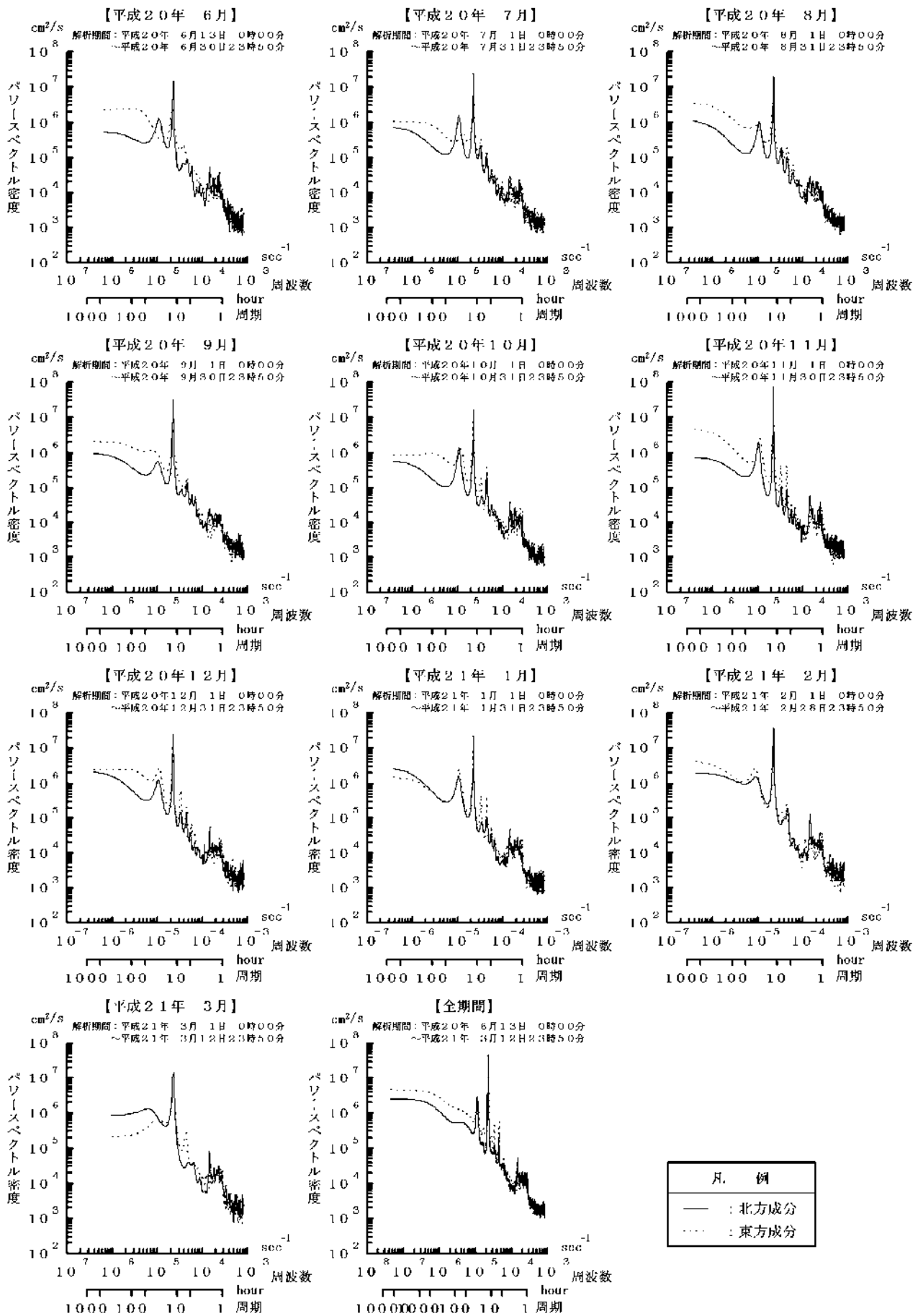


図3.4-11(3) パワースペクトル (測点3)

4. 考察（イベント時の変動について）

本章では、3.3章及び3.4章の経時変化図からみられた特徴的な変動について触れる。

4.1 貧酸素・青潮発生時

調査期間中にみられた貧酸素時及び青潮時について、発生・解消プロセス、調査項目間の関連性、測点間の関連性について考察した。

継続しない一時的なものも含め、貧酸素及び無酸素の発生を月別にまとめたものを図4.1-1に示した。

貧酸素は測点1では6月～12月、測点2では6月～10月、測点3では6月～11月までみられた。全測点とも8月に最も出現率が高く、測点1で18%、測点2で26%、測点3で21%であった。また、無酸素は8月～9月にみられ、貧酸素と同様に全測点で8月に出現率が高く、測点2及び測点3では、5%前後の出現率を占めていた。

測点1ではピークの8月以降は貧酸素の出現率が減少するのに対し、測点3では8月以降も10月まで、ほぼ横ばいの出現率であった。

なお、本報告における貧酸素及び無酸素の定義を下記に示した（3.3章と同定義）。

■ 貧酸素：酸素飽和度 50%以下、溶存酸素 2.5ml/L≒3.6mg/L 以下

■ 無酸素：酸素飽和度 0.5%以下、溶存酸素 0.05ml/L≒0.036mg/L 以下

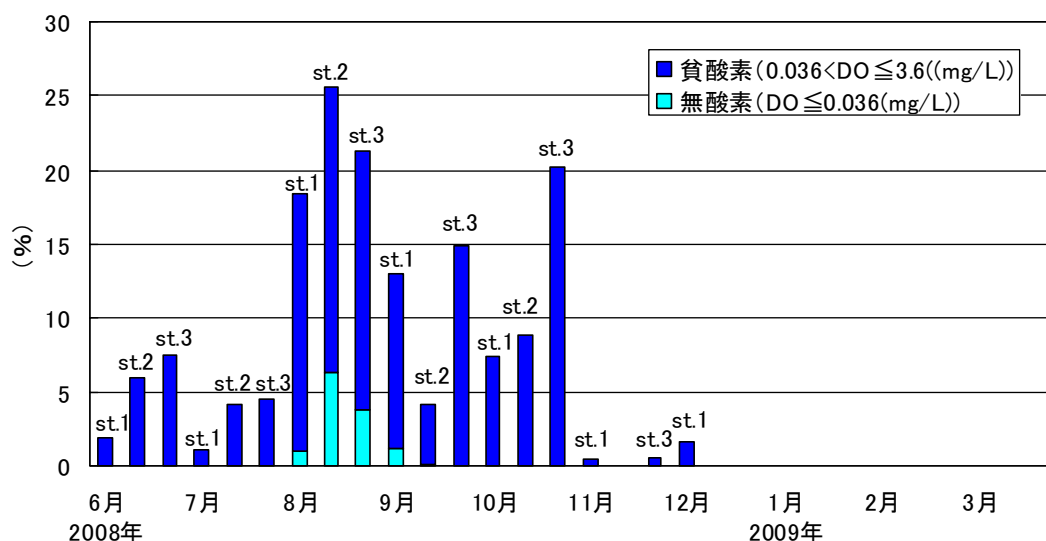


図4.1-1 各月における貧酸素及び無酸素の出現率

4.1.1 貧酸素発生時(6月22日～27日)

測点2及び測点3で貧酸素の継続がみられた、6月26日～27日の経時変化図を図4.1-2に示した。

(1) 発生・解消プロセス

6月25日～26日に、北風(南へ向かう風)が連吹後、測点2及び測点3で溶存酸素が2mg/L程度まで低下し、ほぼ同時期に貧酸素化が始まった。この時には塩分も高くなっているため、貧酸素となっている沖合あるいは航路付近の底層水の移動によるものと考えられた。この貧酸素化は約1日続いていたが、風が南寄りに転じた後に溶存酸素が回復を始め、測点2及び測点3でほぼ同時期に解消していた。

(2) 観測項目間の関連性

溶存酸素の低下と同時に、1℃前後の水温の低下及び5psu前後の塩分の上昇もみられた。

(3) 測点間の関連性

測点1では、貧酸素とはならず、測点2及び測点3とは異なる変動傾向を示していた。

測点2では、貧酸素出現前後に南流が多くなっており、貧酸素水は湾中央部からの移流によるものではなく、船橋航路付近で発生した貧酸素が千葉港内、運河を伝播し、市川航路奥部周辺の湾奥から南下してきたものではないかと考えられる。

測点3では、溶存酸素の低下過程で、北流 弱い南流 西流傾向と変化していたことより、貧酸素水の起源は、測点3の沖合もしくは船橋航路周辺であろうと推察される。また、測点3では各項目で細かく変動している様子がみられる。これは貧酸素化する直前まで測点3では北向きの流れが継続しており、測点3付近には流入した沖の底層水(低温・高塩分・低溶存酸素)と、滞留していた調査海域内の海水(高温・低塩分・高溶存酸素)が存在し、容易に混合しないためではないかと思われる。

貧酸素発生時

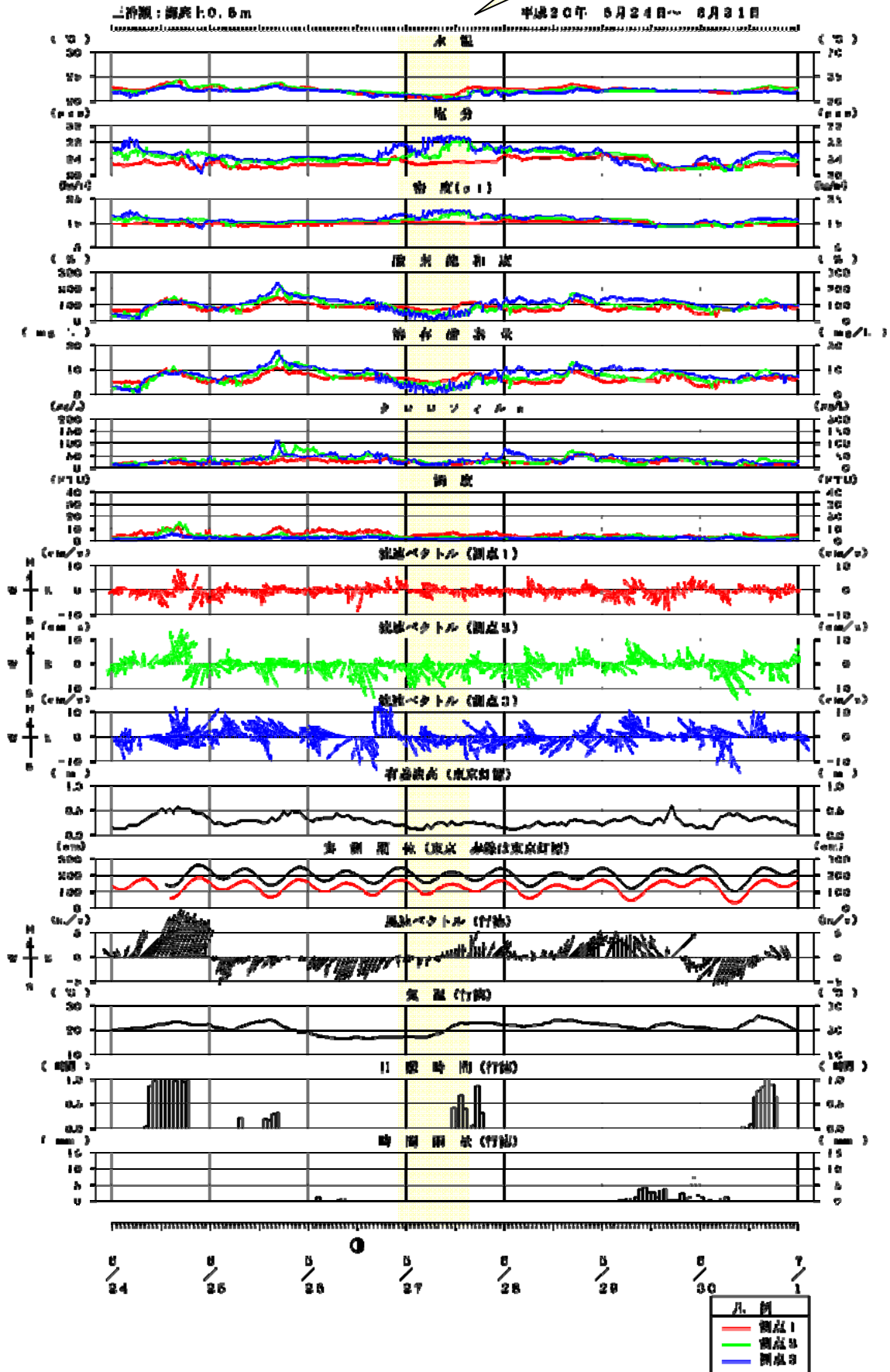


図4. 1-2 貧酸素発生時(6月26日～27日)の経時変化

4.1.2 青潮発生時(8月23日～30日)

千葉県環境生活部水質保全課によると、連続観測期間中（2008年6月13日～2009年3月12日）に青潮の発生が確認されたのは、3回（表4.1-1）であった。特に1回目の青潮は、船橋～千葉市地先で長期にわたる大規模な発生となった。本調査においても、全測点で無酸素や塩分及び濁度の上昇がみられるなど、青潮の特徴を捉えていたため、1回目の青潮について考察を行った。

1回目の目視観察による青潮発生範囲を図4.1-3に示した。

図4.1-3によると、青潮は、8月22日に千葉港周辺から市川塩浜までの沿岸域及び運河で、部分的に発生が確認された。この時の風は、北東～北北東であった。3日後の25日には新習志野から市川塩浜にわたる全ての沿岸域及び運河で確認され、27日にかけて岸線に沿って拡大する様子がみられた。また、28日には船橋航路及び市川航路に沿って青潮の南下がみられた。

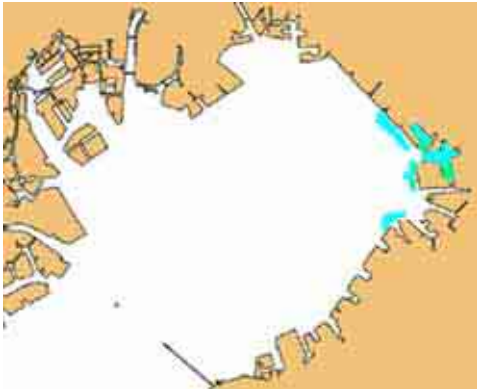
各調査地点についてみると、26日に初めて測点1で青潮となり、27日には全測点で青潮となったよううかがえる。

また「貧酸素水塊速報」から、8月～9月上旬における底層の溶存酸素分布図を引用し、図4.1-4に示した。

「貧酸素水塊速報」によると、8月4日の調査時に湾央で既に0.5ml/L（≒0.72mg/L）以下の貧酸素が発生している様子が確認されていた。その後8月12日の調査以降は当調査海域における溶存酸素も、0.5ml/L（≒0.72mg/L）以下で推移し、9月1日に2ml/L（≒2.88mg/L）前後であった。溶存酸素の回復は、袖ヶ浦沖から始まり、湾奥・湾口方向に千葉県側に沿って進んだ様子がうかがえる。

表4.1-1 青潮の発生状況の概要

	発生期間	確認地域	青潮時の本調査結果（概要）
1回目	2009年 8月22～28日	船橋～千葉市地先	全測点で 高塩分化 無酸素化 濁度の上昇
2回目	2009年10月 9～10日	千葉港内・船橋航路付近・ 江戸川河口付近（局所的）	測点2及び測点3で 高塩分化 貧酸素化あるいは無酸素化
3回目	2009年11月13～14日	船橋地先	測点3で 高塩分化 断続的に貧酸素化



2008/8/22



2008/8/25



2008/8/26



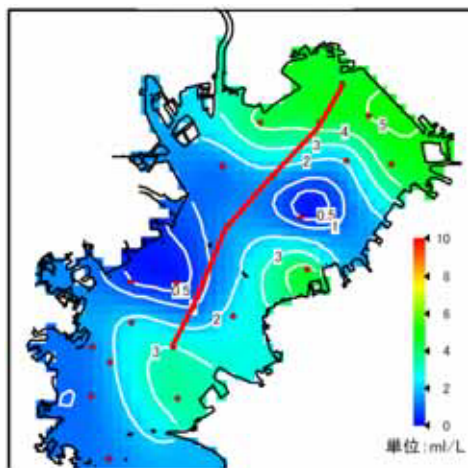
2008/8/27



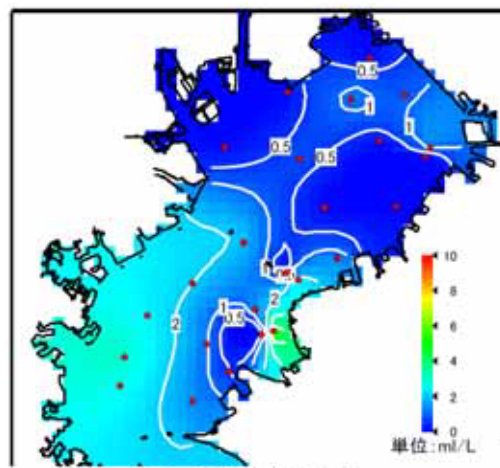
2008/8/28

発生範囲図は
千葉県環境生活部水質保全課提供

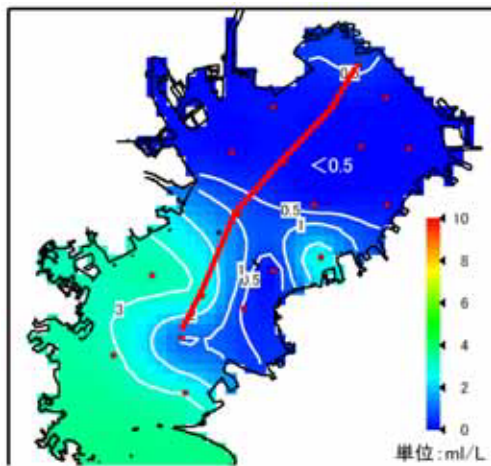
図4.1-3 青潮発生範囲図



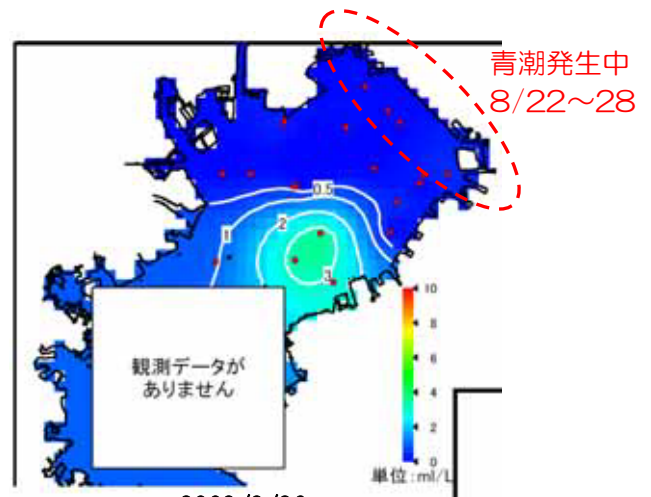
2008/8/4



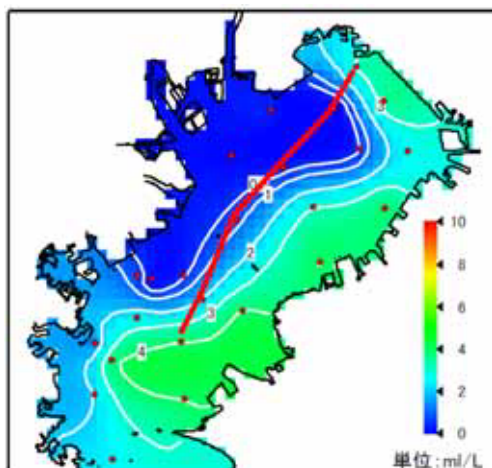
2008/8/12



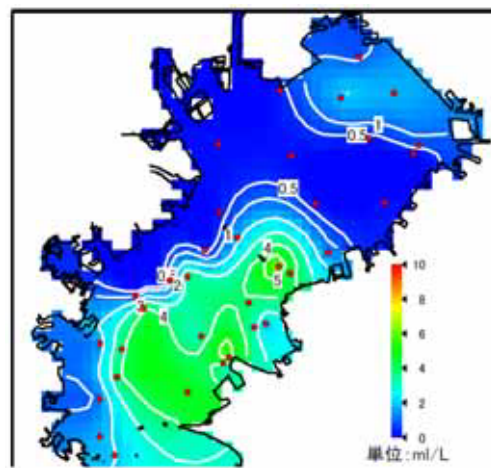
2008/8/18



2008/8/26



2008/9/1



2008/9/9

千葉県水産総合研究センター発行「貧酸素水塊速報（2008）」より引用

図4.1-4 公開資料による底層の溶存酸素分布図

本調査結果では、8月23日～9月2日にかけて、全ての測点で連続的あるいは断続的に貧酸素化がみられた。

8月20日～9月3日の経時変化図を図4.1-5に示した。

(1) 発生・解消プロセス

8月21日～27日に渡り北風が連吹し、全測点で溶存酸素の低下がみられた。特に8月27日～28日にかけては測点2及び測点3で無酸素が継続していたのに対し、測点1では夜間のみ1mg/L前後で貧酸素化を示していた。日中は15mg/L前後まで溶存酸素が上昇する日周期変動がみられた。これは日照の増加、気温の上昇と対応しており、植物の光合成によるものと考えられる。しかし、クロロフィルaには上昇がみられないことから、植物プランクトンによるものではなく、アオサ等の海藻類による光合成ではないかと考えられる。

8月28日に北風から南風に転じたことにより、測点2及び測点3で溶存酸素の回復が徐々にみられた。無酸素状態の解消時期は測点2で8月29日、測点3では8月28日となっており、測点2の方が測点3より18時間程度貧酸素水の解消が遅くなっていた。更に測点1では日中の高酸素化を除けば、8月31日まで貧酸素水がみられ、滞留しやすい湾奥部ほど回復が遅い傾向がみられた。

(2) 観測項目間の関連性

溶存酸素の低下と同時に、2°C前後の水温の低下及び4psu前後の塩分の上昇もみられた。

溶存酸素の低下が見られた時期は、測点2及び測点3で5～15FTU程度まで濁度の上昇が見られた。これは底層の無酸素水に含まれる硫化物イオン（S⁻²イオン）が酸素と反応し（酸化）、生成されたコロイド状硫黄を感知した可能性が考えられる。

(3) 測点間の関連性

青潮は、千葉県環境生活部水質保全課の資料（図4.1-3）によると、8月25日には新習志野から市川塩浜にわたる全ての沿岸域及び運河で確認され、27日には全測点で青潮状態となり、岸線に沿って東西へ広がった後に、28日には船橋航路及び市川航路に沿って南下していた。

貧酸素の出現状況を見ると、大局的には、前述の青潮発生拡大に伴い、湾奥からゆっくりと移動してきた状況がうかがえる。しかし、測点2及び測点3では、目視観察にて青潮が確認されていない23日～25日にかけて、上げ潮時（北流時）にも溶存酸素の低下がみられており、三番瀬沖合から移動してきた貧酸素水の影響もあるように見える。

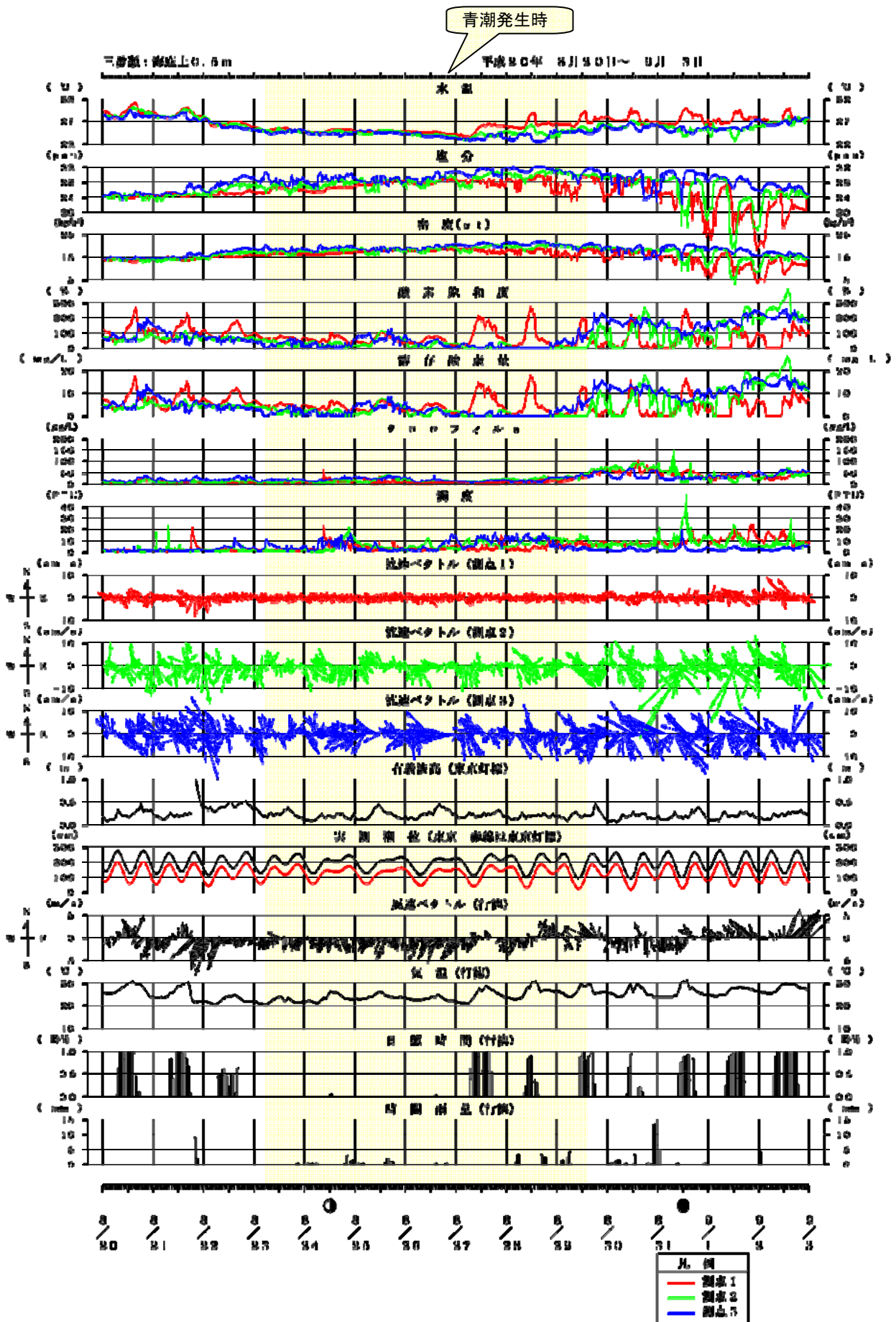


図4.1-5 青潮発生時（8月）の経時変化

4.2 赤潮発生時

調査期間中にみられた赤潮について、発生・解消プロセス、調査項目間の関連性について考察した。

赤潮の発生を月別にまとめたものを図4.2-1に示した。

赤潮がみられた6月14日～22日の経時変化を図4.2-2に示した。

赤潮は測点1及び測点2では6月～9月及び1月～3月、測点3では6月～10月及び1月～3月にみられ、全測点とも6月に最も多く占めていたが、6月は統計期間が短いため（統計期間：6月13日～30日）、出現率で比較する際には考慮が必要である（3月も同様の配慮が必要、統計期間：3月1日～12日）。また、7月の測点3を除き、7月～8月は赤潮の出現が減少したが、9月に再び高くなっていた。

なお、本報告における赤潮の定義を下記に示した（3.3章と同定義）。

■ 赤 潮：酸素飽和度 150%以上、クロロフィル a 50 μ g/L 以上

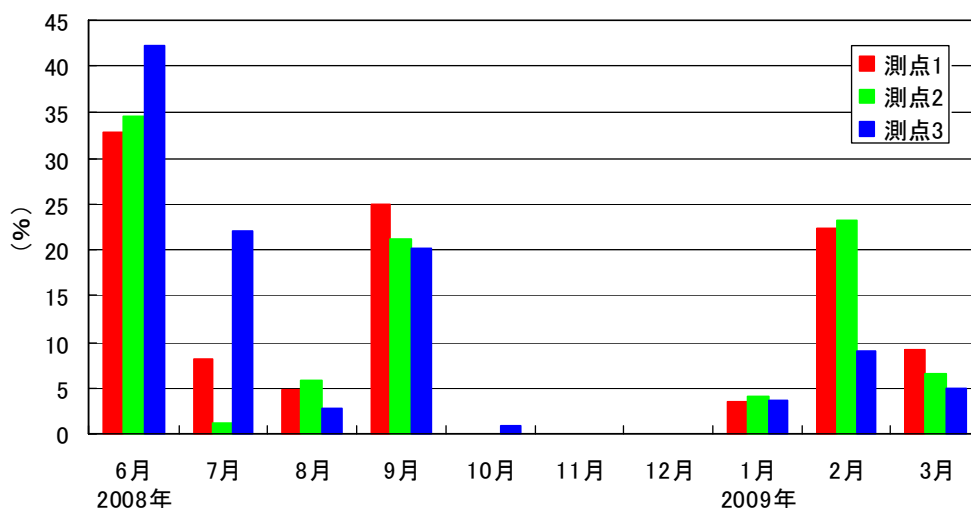


図4.2-1 各月における赤潮の出現率

(1) 発生・解消プロセス

測点2及び測点3では、6月14日正午過ぎからほぼ同時期にクロロフィルaが赤潮の基準に達していたが、測点1は同日夕方になってから赤潮となっていた。

また、日照がみられなかった6月20日にクロロフィルaは急激に減少し、3測点ともほぼ同時期に赤潮は解消していた。

(2) 観測項目間の関連性

赤潮の発生時には日照が継続しており、特に 6 月 18 日にクロロフィル a のピークがみられ、測点 1 で $550 \mu\text{g/L}$ 、測点 2 で $780 \mu\text{g/L}$ 、測点 3 で $600 \mu\text{g/L}$ であった。

クロロフィル a・溶存酸素及び水温には気温・日照と連動した日周期変動がみられた。

しかし、16日～18日は、夜間にクロロフィルaの上昇がみられた。特に測点2では北流に対応して急激に増加しており、日中に増殖した植物プランクトンを豊富に含む沖合水が移動してきたものと考えられる。

また、濁度は、6月14日に測点1で20FTU前後、19日に測点1で20FTU前後、測点2で30FTU前後に上昇していたが、これはクロロフィルaの上昇に伴うものではなく、南風により発生した風浪によって、底泥が巻き上げられたことによると思われる。

本調査で用いた濁度センサーは、測定波長が880nm（赤外光）の後方散乱方式であり、主に土砂由来の濁度を計測する特徴がある。本濁度センサーで植物プランクトンによる海水の濁りを反映しない理由は、植物プランクトンは赤外光を透過もしくは吸収しやすいため、測定波長である赤外光を散乱せず、計測できないからである。

一方、クロロフィルセンサーは470nmの励起光を用いて、植物プランクトンのクロロフィルを蛍光させ測定するものである。従って、本調査結果において、赤潮発生時に濁度の上昇がみられないのは、濁度センサーとクロロフィルセンサーの測定方式の違いによるものである。

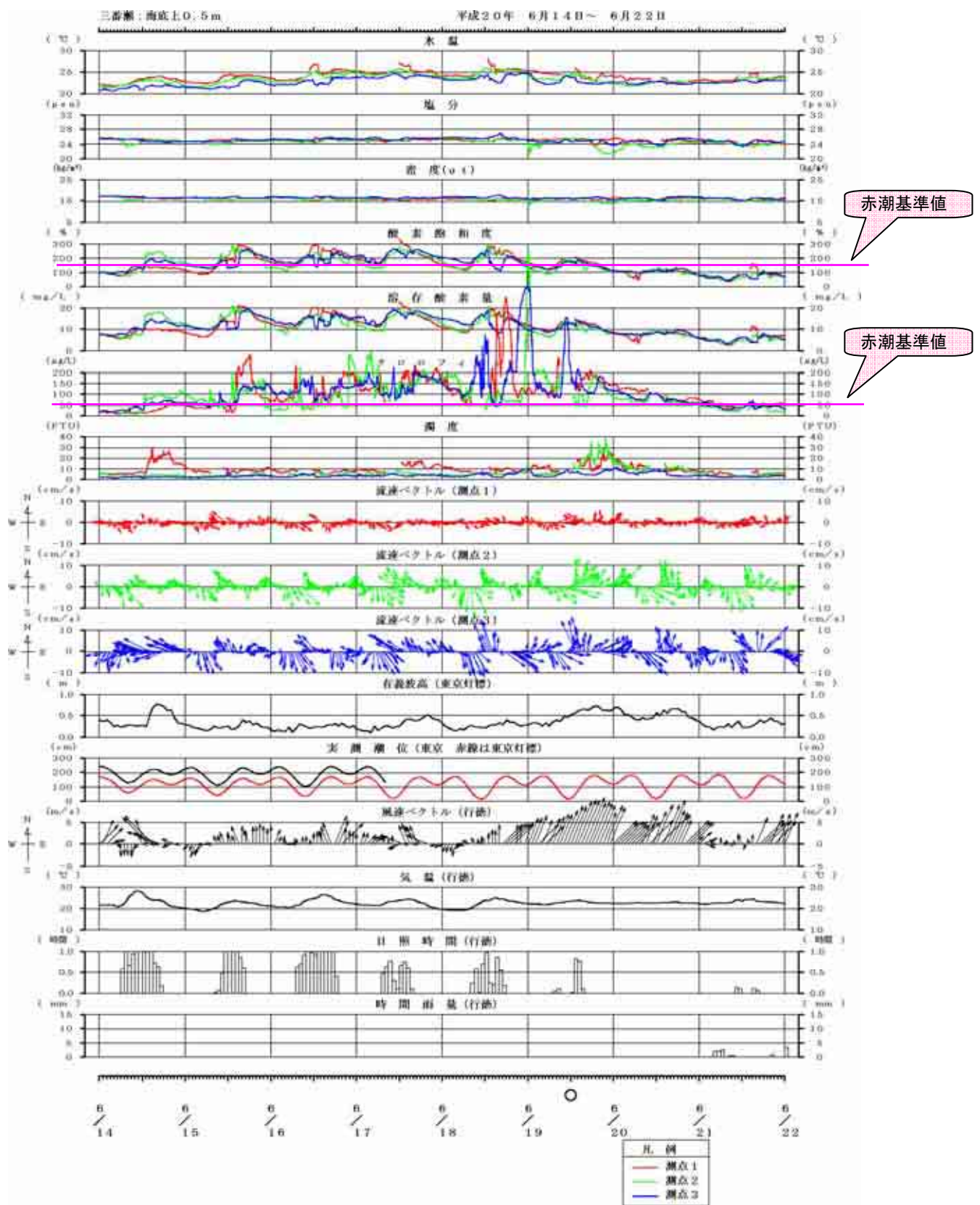


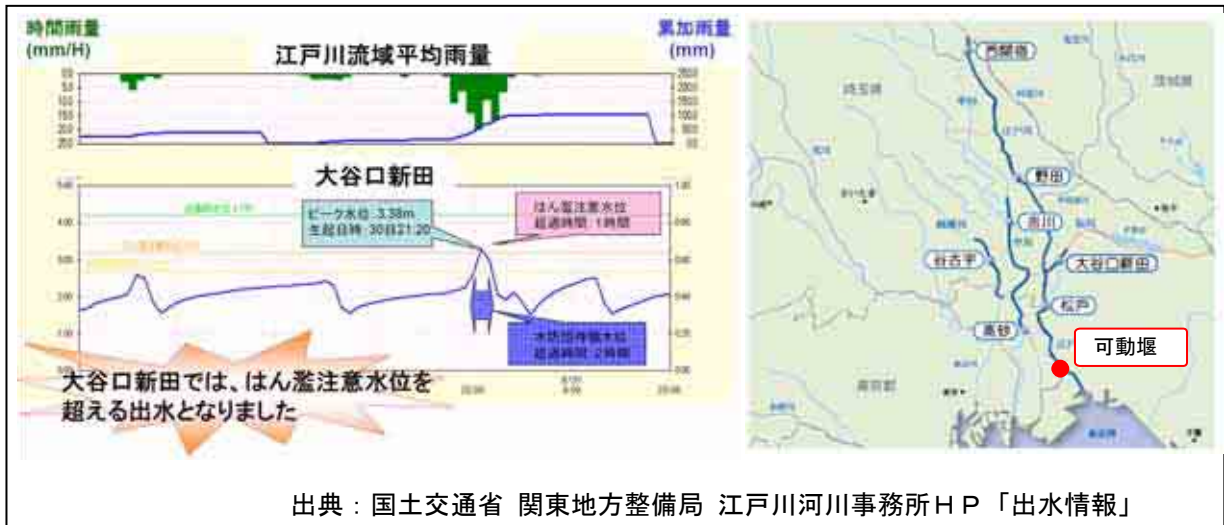
図4.2-2 赤潮発生時の経時変化

4.3 行徳可動堰開放による出水時

行徳可動堰開放期間における調査結果について考察する。

8月28日～31日にかけて北海道から本州付近に前線が停滞し、この前線に向かって南から非常に湿った空気が流れ込んだため8月末に豪雨となり、局所的に100mmを越える大雨となった。

三番瀬に注ぐ江戸川では、水防団待機水位を超過したため、行徳可動堰が開放された。国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所によると、江戸川流域雨量は、8月31日の夜間の積算雨量で80mmを超えていた（資料8参照）。



また、水文データベースで公開されている水位情報から、可動堰上（上流）と可動堰下（下流）の行徳可動堰開放前後（8月28日～9月4日）の水位変化を図4.3-1に示した。また、における可動堰上観測所と可動堰下観測所の水位差の変化（8月25日～9月6日）を図4.3-2に示した。

行徳可動堰開放前後（8月28日～9月4日）の観測項目の経時変化を図4.3-3に示した。

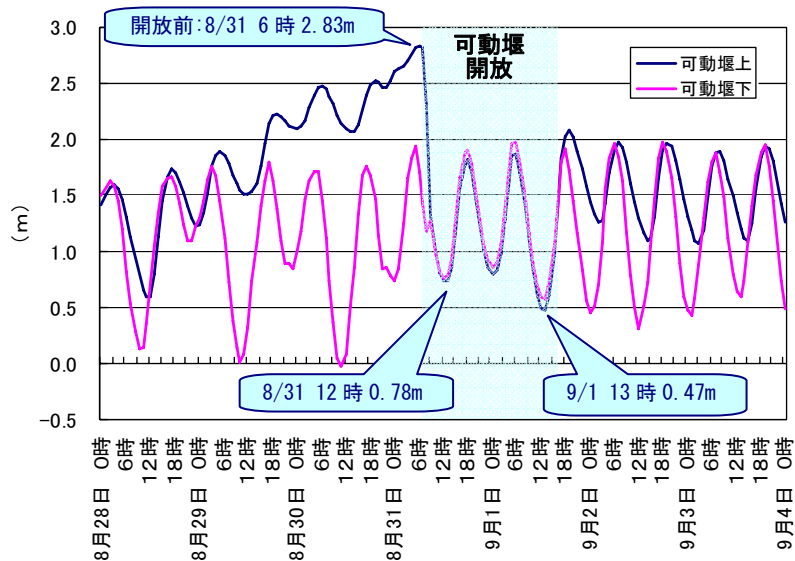


図 4.3-1 行徳可動堰開放時の水位変化

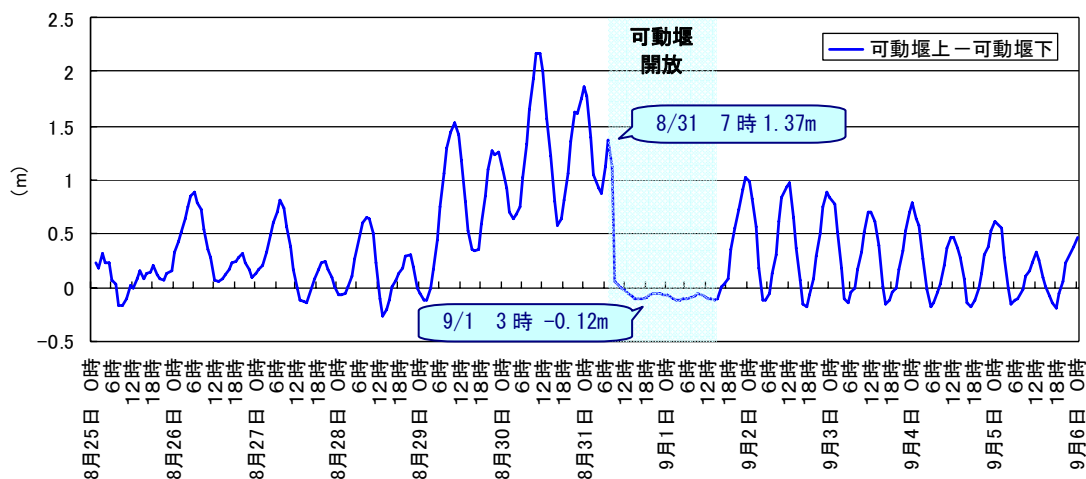


図 4.3-2 可動堰上観測所と可動堰下観測所の水位差

(1) 可動堰上・可動堰下観測所における水位の変化 (図4.3-1、図4.3-2)

行徳可動堰の開放開始から全閉までの時間は、8月31日7時24分～9月1日15時44分であった(国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所HP「出水情報」)。

図4.3-1によると、上流にあたる可動堰上では、8月31日6時に2.83mの高水位を記録しており、この約1時間半後に可動堰が開放され、放水が開始された。可動堰開放に伴い8月31日正午には0.78mに低下し、9月1日13時には0.47mの低水位を記録した。

しかし、図4.3-1の水位変動には潮汐による変動が含まれているため、図4.3-2に示す可動堰上と可動堰下観測所の水位差から、放水による水位変動量を考えると、可動堰開放開始から約8時間で1.5m程度下がったと考えられる。

(2) 各測点における出水の観測 (図4.3-3)

測点2は8月31日昼過ぎには塩分・密度(σ_t)が著しく低下し、河川水の影響がうかがわれたが、同時期に測点1では河川水の影響はみられなかった。測点1において著しい河川水の影響が現れたのは、同日の夜間からであり、測点1と測点2では出水の影響が出始める時期が約半日異なっていた。また、測点3では南流直後の短時間のみ低下しただけであった。測点1及び測点2は、海域へ流出する河川水(低塩分・密度(σ_t))の影響を強く受けていたものと思われる。

塩分の低下は測点1では9月2日までみられ最低値は10psu程度、測点2では9月1日までみられ最低値は8psu程度であった。

(3) 観測項目間の関連性 (図4.3-3)

河川水の影響を強く受けた測点1及び測点2の密度(σ_t)は、最低で 3kg/m^3 まで低下していた。

海域への河川水の影響は主に下げ潮時にみられ、江戸川放水路前面海域に位置する測点2で最も影響が大きく、南西方向に高流速で流出している様子がうかがえた。

一方、上げ潮時には北寄りの流れに伴い、測点1及び測点2では塩分が上昇しており、潮汐に対応して河川水が流出している状況がうかがえた。

測点2では、行徳可動堰開放中の強い南西流時に、50FTU程度の濁度の上昇がみられ、出水した河川水は高濁度であったことを示している。

上げ潮時には、測点1で溶存酸素が低下し、無酸素がみられた。測点1は北流であったことから、測点1の沖合側に存在した貧酸素水が運ばれてきたものと思われる。なお、測点1における上げ潮時の貧酸素化は9月3日までみられたが、測点2及び測点3では同時期に貧酸素化はみられなかった。

このことより、この貧酸素水は日の出沖の滞筋からもたらされたものであると考えられる。

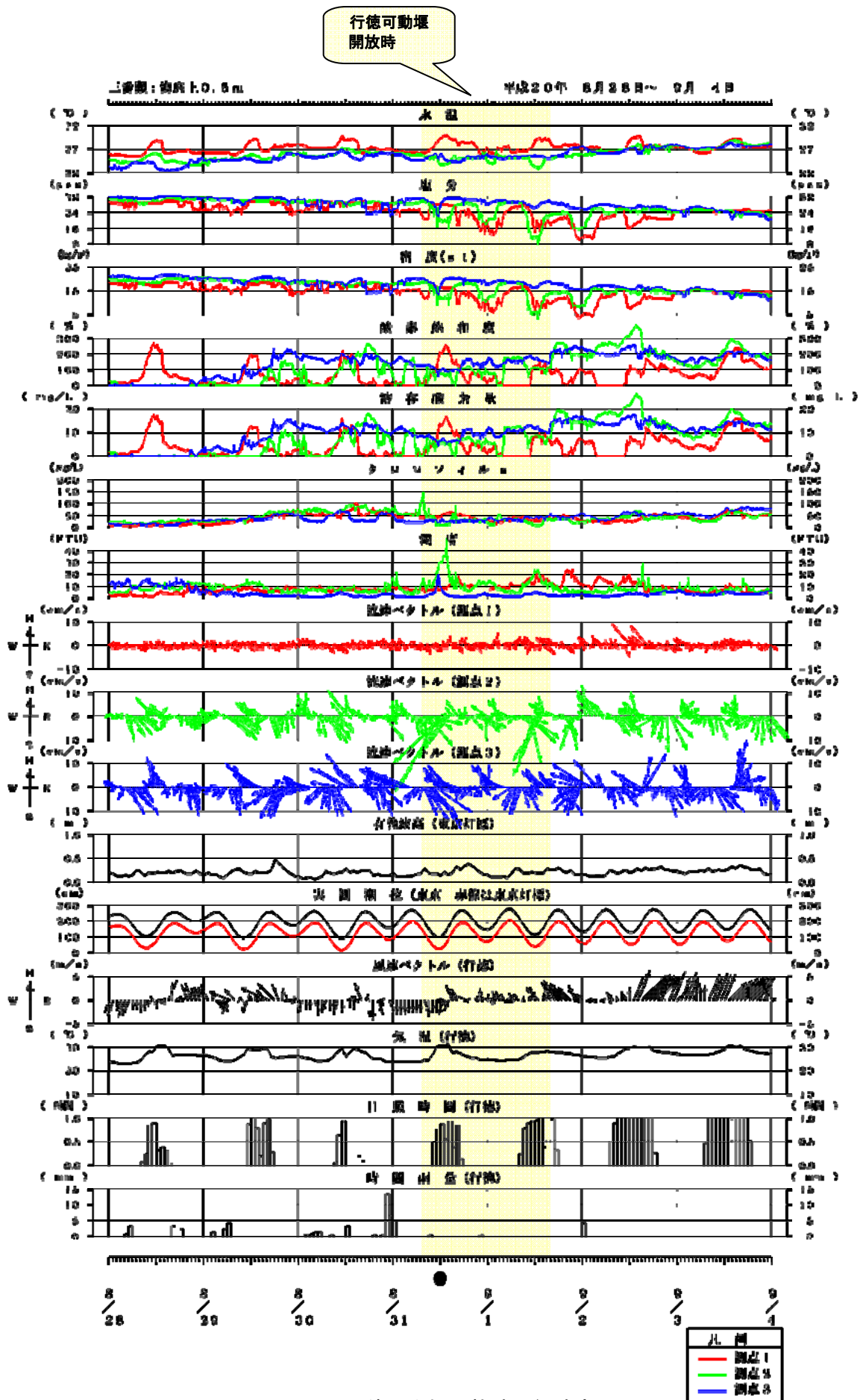


図4. 3-3 行徳可動堰開放時の経時変化

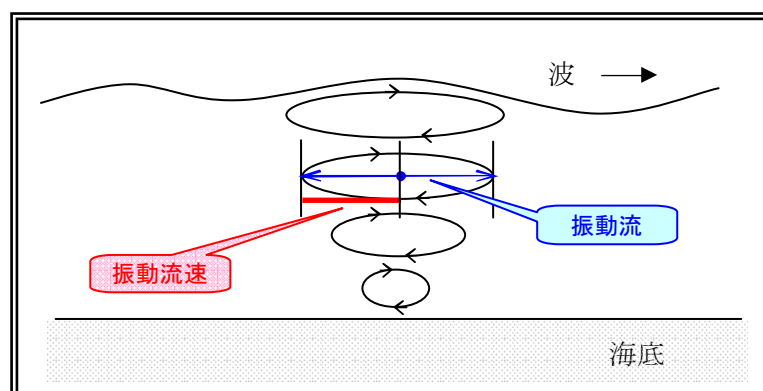
4.4 濁度と風・波の関係

南風（北へ向かう風）の連吹時に濁度が上昇する傾向がみられた。

この対応関係を考察するために、2008年9月及び2009年2月にみられた事例について、濁度と風及び観測で得られた流向・流速から求められる振動流、そして東京灯標で観測されている有義波高の経時変化を図4.4-1に示した。

※ 振動流とは・・・波浪に伴って生じる水粒子の楕円運動による流れ

本調査では1秒毎30個の流速生データを取得しているのので、これより卓越波方向方向成分の振動流を抽出して平均した。



参考図：振動流のイメージ

考察期間は、

- ① 9月25日～26日（濁度上昇が継続してみられた日）
- ② 2月13日～14日（春一番を記録し、強い南風が連吹した日）について行った。

(1) 風と濁度及び振動流の関係

①、②とも南西風（南西 北東に向かう風）の連吹時は、波（東京灯標の有義波高）が高くなり、同時期に全測点で振動流も大きくなる様子がみられた。この時に濁度の上昇がみられ、南寄りの風で波浪が高くなり、底泥が巻き上げられて、濁度が上昇していた。

(2) 測点間の違い

南西風（南西 北東に向かう風）の連吹時は、全測点で濁度の上昇がみられた。濁度の上昇量は①、②及び3.2章の経時変化図から、測点2で最も大きく測点1で小さい傾向が多くみられた。

測点1の上昇量が小さい要因は、地形的に南西からの波浪が侵入しにくいと考えられ、底泥の巻き上げを生じさせる直接的な外力である振動流も測点1の方が小さくなっていた。

振動流は測点3のほうが大きいですが、濁度の上昇量が測点2で大きい要因は、次節（4.5章）でみるように、測点2のほうがシルト・粘土分が多く、粒径の小さい巻き上がりやすい粒子が多いためと考えられる。

測点1では、弱い南東～南流や、継続時間の短い南東風が連吹したときにも、濁度が上昇していた。これは、測点1の水深が最も浅いため、元来底泥が巻き上がりやすい条件にあり、南東風の場合には地形（日の出）による阻害がないので、風浪の影響を受けやすいためと考えられる。

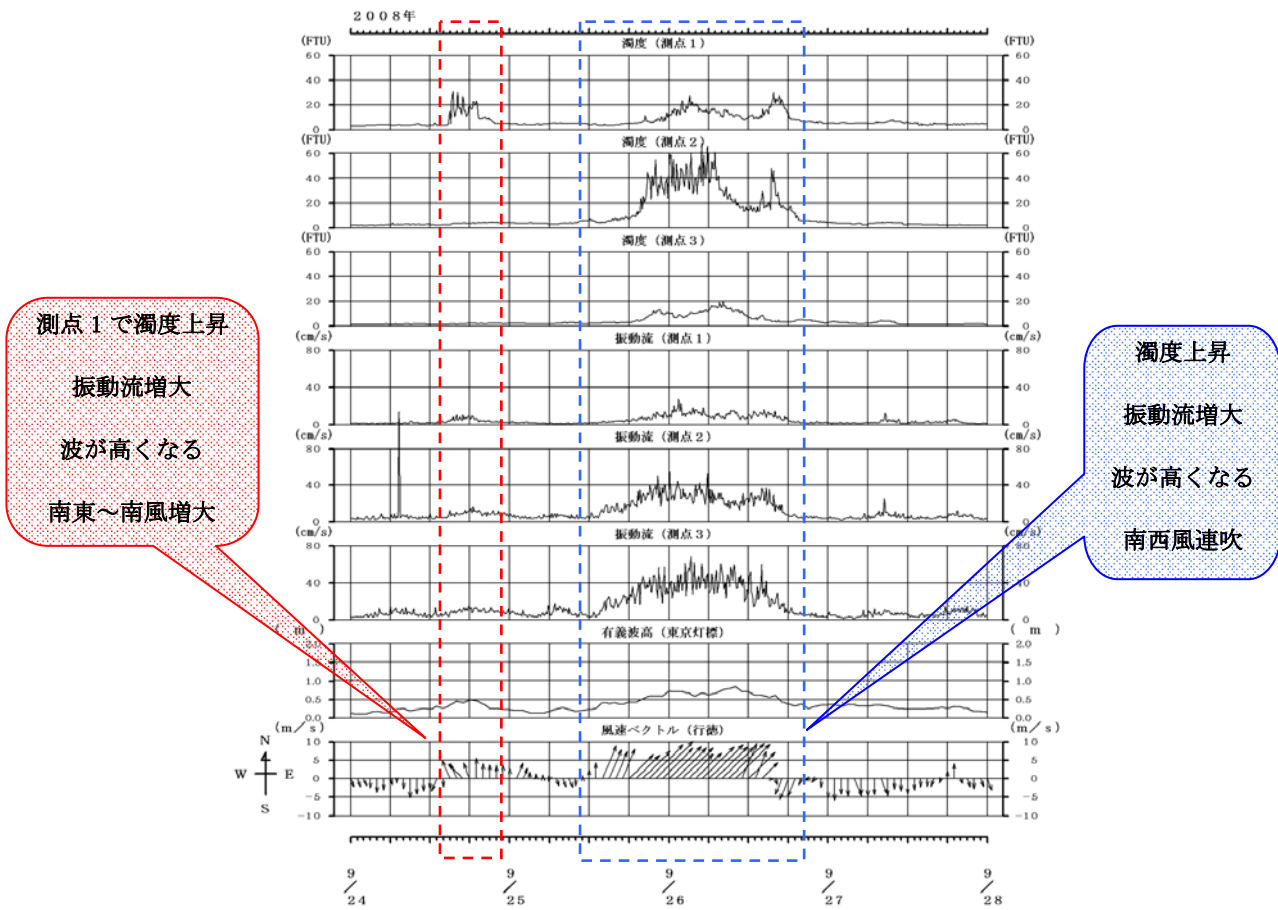
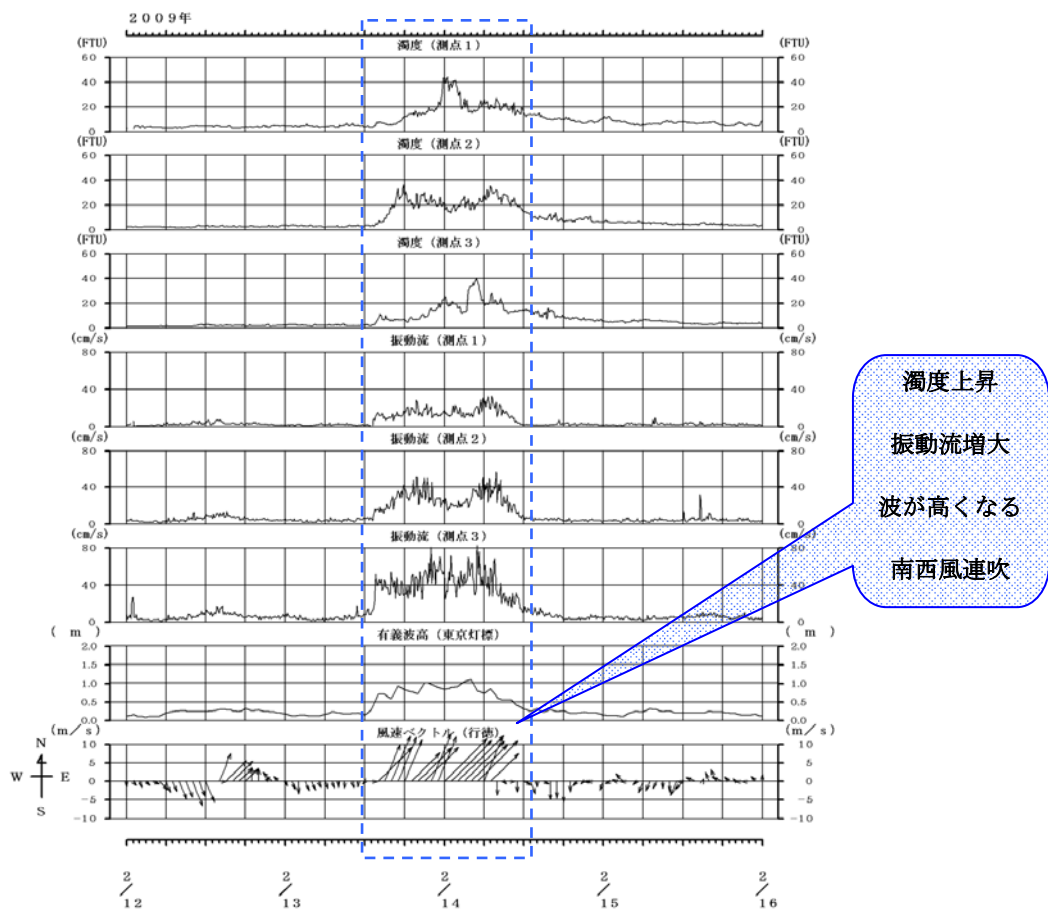


図4.4-1(1) 濁度上昇時における風波の経時変化(9月)



4.4-1(2) 濁度上昇時における風波の経時変化(2月)

4.5 流れと底質分布の関係

本章では、本調査で得られた調査結果と「平成18年度 三番瀬海生生物現況調査（底生生物及び海域環境）」で示されている底質分布についてどのような関係がみられるか考察を行った。

平成18年度調査では、100地点について表層採泥を行い、底質のシルト・粘土分の水平分布を季別に示している。代表例として、底質シルト・粘土分の夏季の水平分布（8月調査）に本年度の調査位置を図4.5-1に示した。

水平分布によると、市川市側の浅海域（本調査の測点1周辺）でシルト・粘土分が多く含まれ、沖合に向かうにつれて減少している様子がうかがえた。

また、4季の調査結果によると、底質のシルト・粘土分は浅海域で夏季にやや多くなるが、沖合域では四季を通じて大きな変化はみられないとのことであり、波浪や流れの出現状況の季節変化と、底質細粒分の分布との関連が推察される。

(1) 流れと底質の関係

シルトは非常に軽く、粒径が小さいため波浪等の外力や潮流によって流されやすい。

本調査結果で測点1周辺は非常に弱い流れであったため、物質の移送能力は低いと考えられる。水平分布をみると、シルト・粘土分は80%程度と非常に多く堆積している様子がうかがえ、本調査結果と整合している。

また、測点2より測点3のほうが若干速い流れであったが、シルト・粘土分も測点2周辺より測点3周辺の方が少なく、速い流れではシルト・粘土分が流されている様子がうかがえる。

(2) 濁度と底質の関係

巻き上げられた粒子は流れによって移送されるが、南寄りの風の時には北流傾向の残差流となるので、湾奥側に輸送されることになる。

シルト・粘土分は巻き上がりやすく、海中に浮遊すると濁りとなる。従って測点1で弱風時でも濁度の上昇がみられたのは、シルト・粘土分が多い底質にも起因していると考えられる。

また、測点2より測点3で濁度の上昇が小さかった理由も、シルト・粘土分が少ないことが要因であると思われる。

南風時に巻き上げが発生し、湾奥側へ輸送される傾向があることを考えると、長期的にみれば湾奥ほどシルト・粘土分の堆積が進んでいくものと推察される。

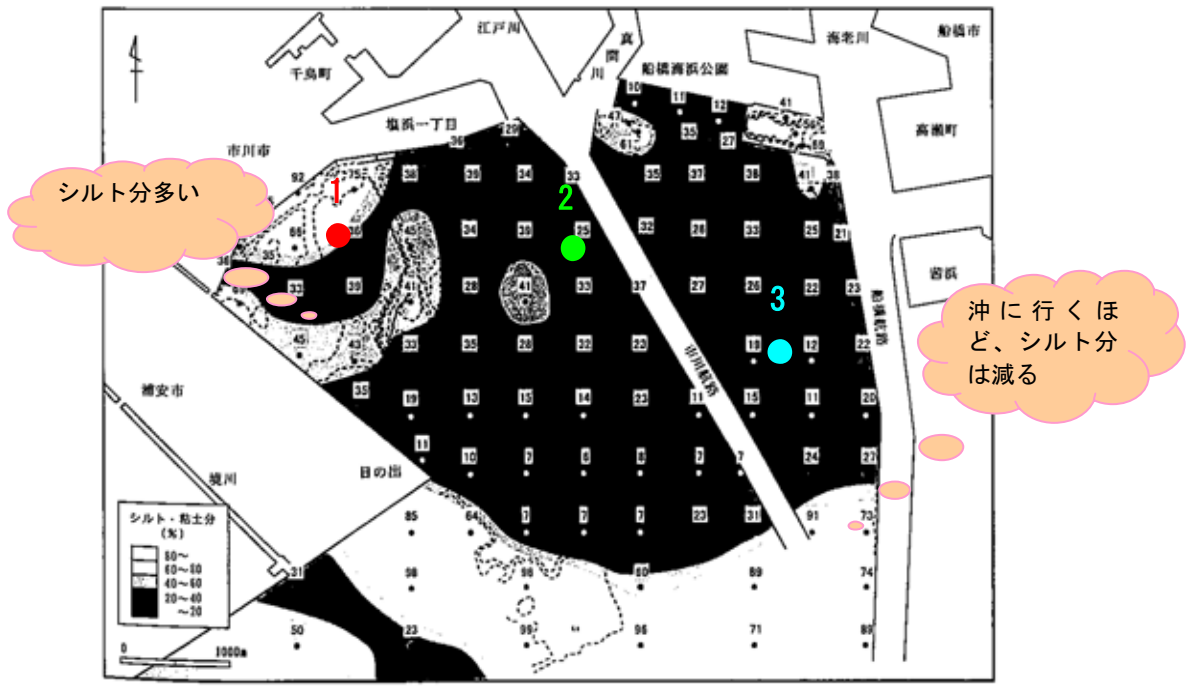


図 3. 1. 2 (2) 底質のシルト・粘土分の水平分布 (夏季：8月調査)

図4. 5-1 平成18年度調査における底質のシルト・粘土分の水平分布結果と本年度調査結果

5. 調査結果のまとめ

今回の調査で確認されたことについて以下にまとめた。

5.1 気象項目

- ① 本年度の年間雨量は、平年値と同程度だが7月に雨量が少なかった。また、本年度は台風の影響がなかったが、8月末の豪雨により行徳可動堰が開放された。年間日照時間は、若干多い傾向であった。
- ② 平均気温及び最高気温は、いずれの月も平年より高くなっていた。また最低気温は低い傾向にあり、温度差が平年よりも大きくなっていた。
- ③ 風は、夏季は南風が卓越し、秋季～冬季は北風が卓越していた。

5.2 水質観測

- ① 水温は、8月に測点1(33.4℃)が最も高く、1月に測点1(5.8℃)が最も低く、測点1では最も水温差が大きかった。
- ② 水温、クロロフィルa及び溶存酸素は、調査を開始した6月中旬から9月中旬にかけて、明確な日周期変動がみられた。「市川二期地区・京浜港二期地区計画に係る補足調査結果報告書 現況編 II(青潮の発生機構)」の定点連続観測調査における水温・塩分・溶存酸素連続測定の見海部(P.80)でも水温と溶存酸素で同様の周期変動がみられていた。
- ③ クロロフィルaは、秋季は低量で推移していたが、1月下旬からは再び上昇し、赤潮もみられた。
- ④ クロロフィルaの少ない10月中旬から12月中旬にかけても、特に測点1で溶存酸素の周期的変動がみられ、海藻類による光合成や呼吸作用の影響が示唆された。
- ⑤ 溶存酸素の月最低値は、測点1は12月まで、測点2及び測点3は11月まで貧酸素基準(3.6mg/L以下)を下回る時期(一時的なものも含む)がみられた。
- ⑥ 濁度は、夏季に若干高い傾向はあるものの、調査期間を通じて全測点で概ね10FTU以下であった。測点別にみると、測点3で低く、測点1で高くなる傾向であった。
- ⑦ 南風の継続時に測点1及び測点2で濁度が上昇する傾向が見られたが、測点3では顕著でなかった。

5.3 流向・流速観測

- ① 流速は調査期間を通じて測点1で最も小さく、流速の月平均値をみると5cm/s以

下であった。測点 2 及び測点 3 はそれぞれ 5~9cm/s 及び 6~10cm/s であり、同程度の流速であった。

- ② 測点 1 では潮汐に伴う特定方向での往復流傾向はみられなかった。しかし、測点 2 及び測点 3 では、北西方向⇔南東方向の往復流傾向がみられた。また、秋季~冬季は、測点 2 及び測点 3 で南西方向の流れも多く出現していた。
- ③ 全測点で半日周期である M_2 が支配的であり、 M_2 の次に大きい分潮は S_2 であった。
- ④ パワースペクトル解析によると、日周期及び半日周期の他に、1~2 時間程度の周期の副振動及び約 6 時間や約 8 時間の浅海潮が全測点でみられた。
- ⑤ 測点 2 及び測点 3 における M_2 及び S_2 の長軸方向は、北西⇔南東を示すことが多かった。また、測点 1 では、顕著な方向はみられなかった。
- ⑥ 各測点の流況をみると、全測点の全ての月で概ね反時計回りに流れが変化をしている様子がうかがえた。
- ⑦ 平均大潮期の流れをみると、高潮時及び低潮時から 2~3 時間後に最強流速となっていた。また、夏季より冬季に全体的に流速が速くなる傾向がみられ、上げ潮時及び下げ潮時の流速が、冬季で夏季の 1.5 倍程度であった。
- ⑧ 残差流をみると、秋季~冬季にかけて南流傾向が多くみられ、北風との対応がうかがわれた。

5.4 イベント時の特徴

- ① 千葉県環境生活部水質保全課によると、連続観測期間中（2008 年 6 月 13 日~2009 年 3 月 12 日）に青潮の発生が確認されたのは、3 回（1 回目：8 月 22~28 日、2 回目：10 月 9~10 日、3 回目：11 月 13~14 日）であった。
- ② 8 月の青潮は大規模であり、本調査結果でも無酸素が長く続く様子を捉え、コロイド状硫黄によると思われる濁度の上昇もみられた。8 月調査時の青潮発生前と発生時の水質の変化現象として、全測点に共通してみられた点は以下の通りである。
 - ・水温が 2℃程度降下
 - ・塩分が 4psu 程度上昇
 - ・溶存酸素が 5mg/L から 0mg/L 程度に減少
 - ・濁度が 5~15FTU 程度上昇
- ③ 好天継続時にクロロフィル a 及び溶存酸素の増加がみられ、6 月から 9 月に高く、赤潮は冬季にも発生していた。
- ④ 行徳可動堰開放時には、測点 1 及び測点 2 で、海域へ流出する河川水（低塩分・低密度・高濁度・高流速）の影響がみられ、特に測点 2 で顕著であった。

- ⑤ 行徳可動堰開放時には、下げ潮時に南寄りの流れに伴い塩分が低下し、上げ潮時には北寄りの流れに伴い塩分が上昇しており、潮汐に対応して河川水が流出している状況がうかがえた。
- ⑥ 南寄りの風が連吹すると、波浪が高くなり（振動流が大きくなり）、底泥が巻き上げられる様子がみられた。