

## 調査課題名

平成 21 年度沖合域底層環境把握調査

## 調査実施機関名

財団法人漁港漁場漁村技術研究所

漁場と海業研究室 伊藤 靖、松本卓也、押谷美由紀

調査実施年度：平成 19 年度～平成 21 年度

## 緒言

平成 19 年度より国が事業主体となって実施している特定漁港漁場整備事業（フロンティア漁場整備事業）において、現在、ズワイガニ・アカガレイといった大水深に生息する魚種を対象とした保護育成礁や、まき網等で漁獲されるマアジ、サバ類を対象とした湧昇マウンド礁が水深 200m 以上の沖合域に整備されつつある。一方で、沖合域の鉛直構造や底層環境については未だ知見が十分とは言えず、更なる知見の集積が望まれるところである。

本調査のねらいは、水深 100～200m のフロンティア海域において、水温・塩分等の鉛直構造ならびに底層環境を把握するための調査を実施して、マウンド礁造成の可能性について検討するための基礎資料を収集し、フロンティア漁場整備事業の推進に資することである。

また、事業の有望海域選定のため、既存のデータ等から沖合漁場整備の適地選定を行い、現地調査によって海域の環境条件を把握すると共に、数値計算等を用いて湧昇の効果を検証し、漁場整備の可能性について検討を行う。

## 調査方法

本調査は 3 ヶ年調査であり、1 年目の平成 19 年度は、東シナ海において適地選定および現地観測調査を実施し、観測データを用いて東シナ海における湧昇効果を推定した。また、日本海西部および北部海域において適地等の検討を行った。2 年目の平成 20 年度は、東シナ海および日本海西部海域において適地選定と現地観測調査を実施し、観測データを用いて東シナ海における湧昇効果を推定した。また、日本海北部海域において適地等の検討を行った。最終年である今年度は、昨年度に引き続き日本海西部海域の現地観測調査を実施した。また、日本海北部海域において適地等の検討ならびに現地観測調査を実施した（別紙参照）。

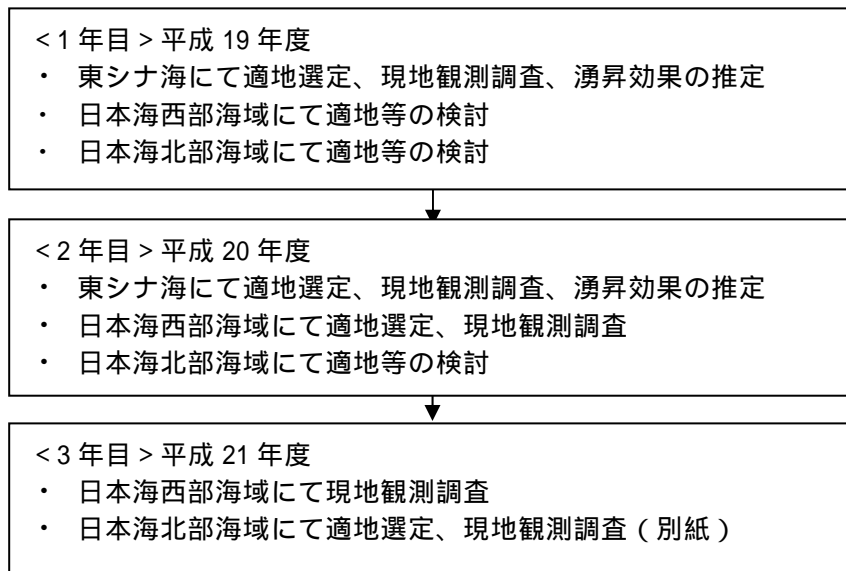


図 1 沖合域海底環境把握調査の実施フロー

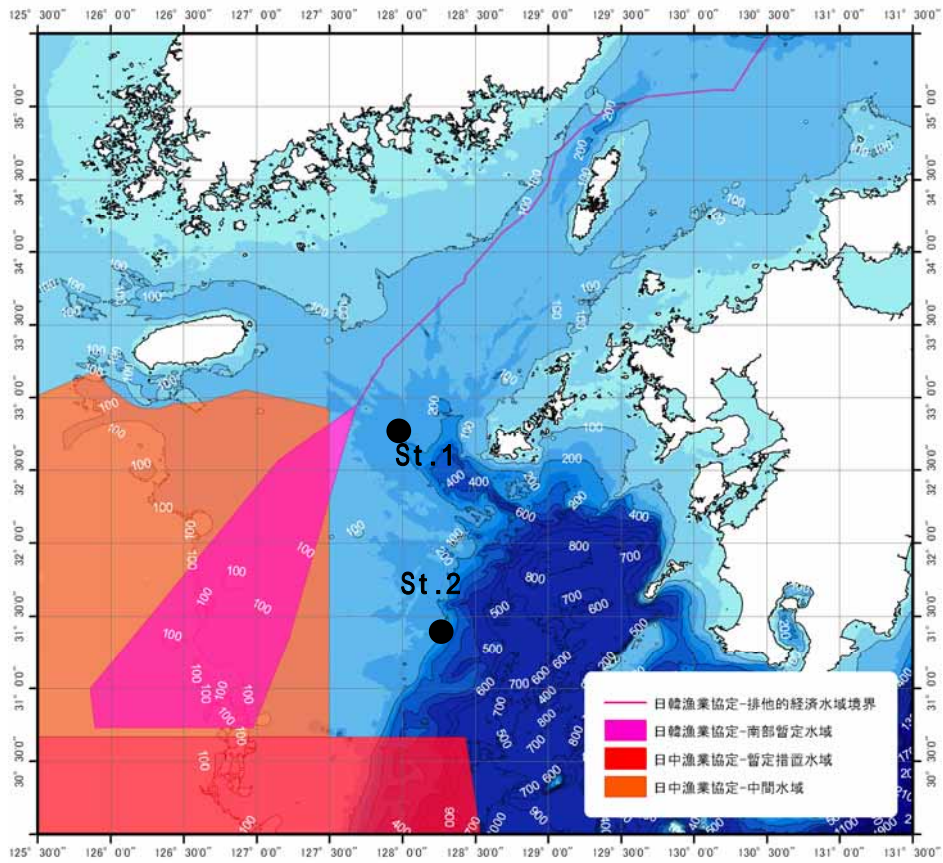
### 1.1 調査内容

平成 21 年度に実施した調査の項目ならびに概要を表 1 に示す。

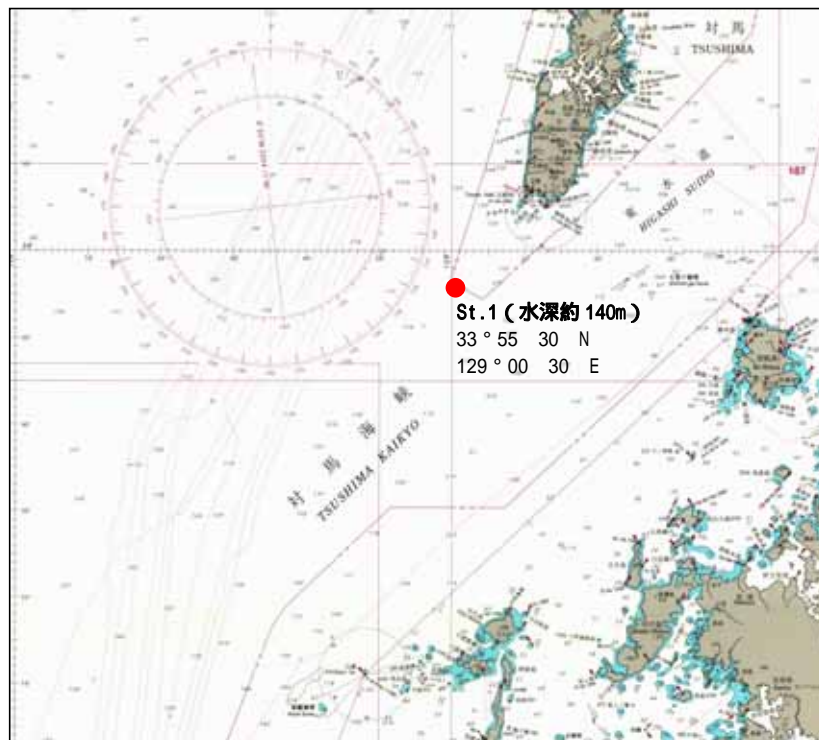
表 1 調査項目および概要

項目	取得データ	仕様・数量
水温等鉛直調査	水温・塩分・クロロフィル a・密度の鉛直分布	海面から海底面までを 0.5m 間隔で測定 地点数 8 地点
水質調査	栄養塩（全窒素 T-N，アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N，亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N，硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N，全リン T-P，リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P，珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si の計 7 項目）	海面から海底面まで 6 層で採水（躍層を考慮して採水層を決定） 試料を実験室にて分析 地点数 4 地点
栄養塩（硝酸塩）鉛直調査	硝酸塩の鉛直分布	海面から海底面までをおよそ 0.5m 間隔で測定 地点数 8 地点
光量子観測	光量子量（光の減衰率）	船上の光を遮蔽しない場所での測定と同時に、水中にて海底付近まで測器を垂下して測定 地点数 4 地点

## 1.2 調査地点



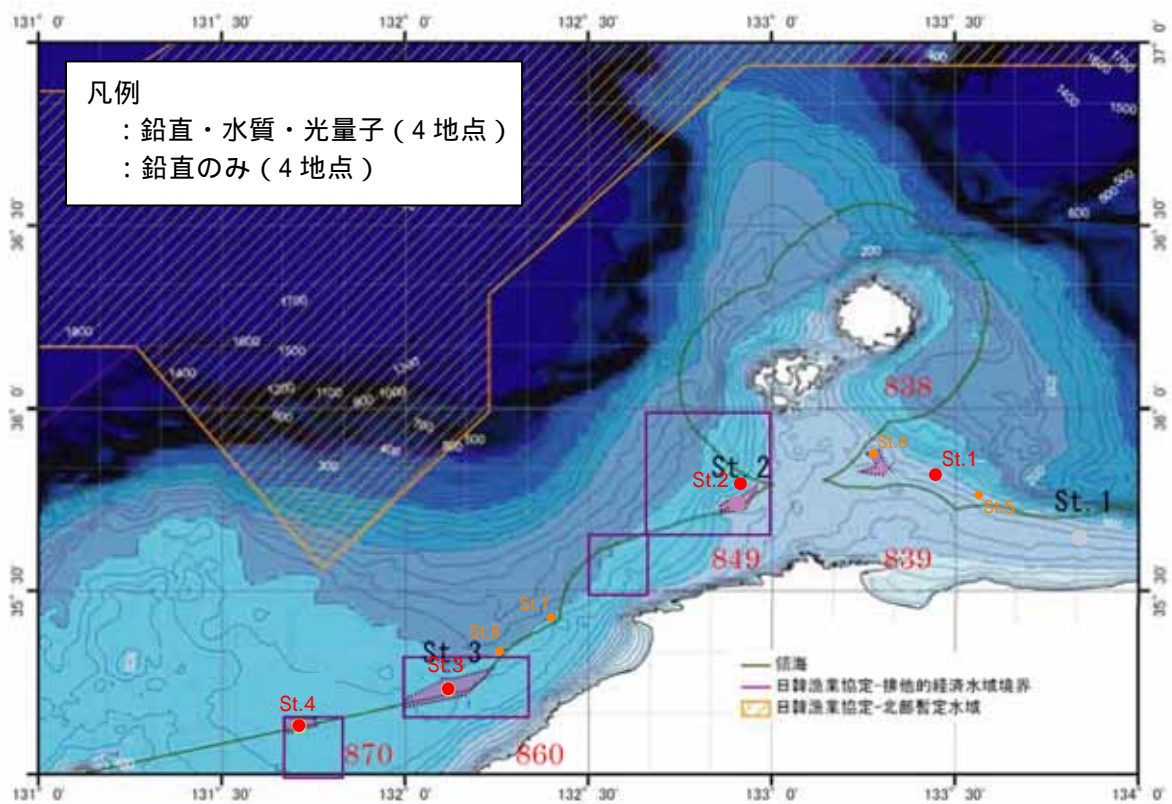
平成 19 年度調査地点



平成 20 年度調査地点-1 (対馬海峡周辺海域)



平成 20 年度調査地点-2 ( 隠岐周辺海域 )



平成 21 年度調査地点

### 1.3 調査時期

平成 21 年度の現地調査は成層が強まる 8 月に実施した。調査実施日ならびに調査内容を表 2 に示す。

表 2 調査実施日

	実施日	調査時系列		調査内容
		St.	時間	
隠岐沖調査	平成 21 年 8 月 21 日	St. 2	8:30 ~ 11:20	水温等鉛直調査、水質調査、栄養塩鉛直調査、光量子観測
		St. 6	12:30 ~ 12:50	水温等鉛直調査、栄養塩鉛直調査
		St. 1	13:20 ~ 15:10	水温等鉛直調査、水質調査、栄養塩鉛直調査、光量子観測
		St. 5	15:30 ~ 15:50	水温等鉛直調査、栄養塩鉛直調査
浜田沖調査	平成 21 年 8 月 24 日	St. 4	7:00 ~ 10:00	水温等鉛直調査、水質調査、栄養塩鉛直調査、光量子観測
		St. 3	11:10 ~ 13:30	水温等鉛直調査、水質調査、栄養塩鉛直調査、光量子観測
		St. 8	14:30 ~ 15:00	水温等鉛直調査、栄養塩鉛直調査
		St. 7	15:50 ~ 16:20	水温等鉛直調査、栄養塩鉛直調査

### 1.4 調査方法

平成 21 年度の調査方法を示す。

#### 1) 水温等鉛直調査

水温等鉛直調査には、多項目水質計（JFE アレック製：COMPACT-STD）を用いた。本調査では、海面から海底面までの水温、塩分、クロロフィル a、密度を 0.5m 間隔で測定した。図 2 に調査の様式図を示す。

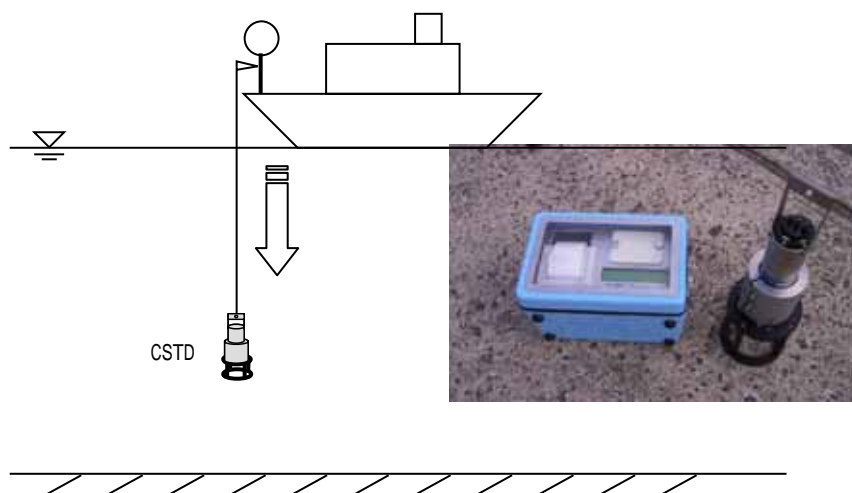


図 2 水温等鉛直調査の様式図

#### 2) 水質調査

水質調査の試料採取には、バンドン採水器を用いた。図 3 に調査の様式図を示す。

水質調査は計 6 層の試料採取を基本として、各地点の水深を概ね 6 等分するように採

水深を設定し、さらに躍層を考慮して極力躍層の水深に合わせた。表 3 に各地点の採水深を示す。水質の分析項目は、全窒素T-N,アンモニア態窒素NH<sub>4</sub>-N,亜硝酸態窒素NO<sub>2</sub>-N,硝酸態窒素NO<sub>3</sub>-N,全リンT-P,リン酸態リンPO<sub>4</sub>-P,珪酸態珪素SiO<sub>2</sub>-Siの計 7 項目である (表 4)。

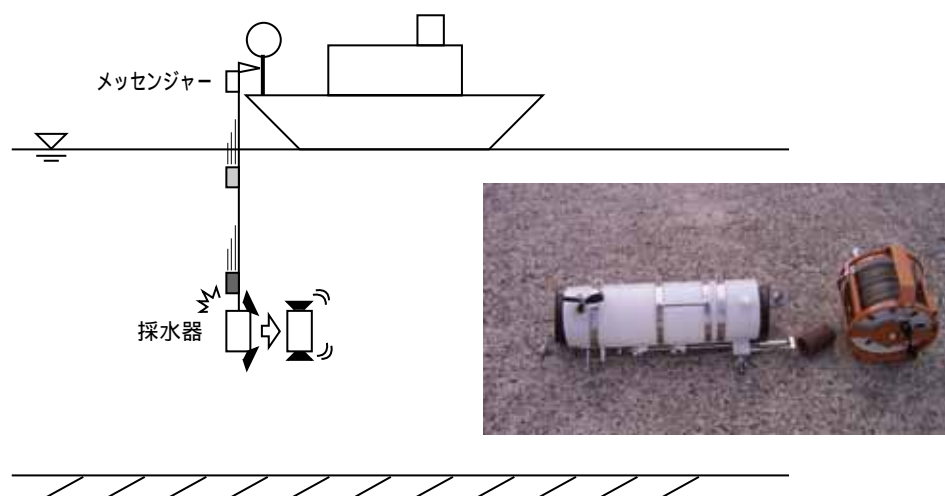


図 3 水質調査 (試料採取) の模式図

表 3 採水深一覧

	St.1	St.2	St.3	St.4
	5m	5m	5m	5m
	20m	15m	30m	25m
	40m	40m	50m	55m
	60m	60m	75m	75m
	80m	80m	100m	100m
	90m	110m	145m	135m

: 躍層

表 4 分析項目

分析項目	測定方法
全窒素 (T-N)	JIS K 0102 45.4 (2008) 銅、カドミウムカラム還元法
アンモニア態窒素 (NH <sub>4</sub> -N)	JIS K 0102 42.1 及び 42.2 (2008) インドフェノール青吸光光度法
亜硝酸態窒素 (NO <sub>2</sub> -N)	JIS K 0102 43.1.1 (2008) ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
硝酸態窒素 (NO <sub>3</sub> -N)	JIS K 0102 43.2.3 (2008) 銅、カドミウムカラム還元 - ナフチルエチレンジアミン吸光光度法
全リン (T-P)	JIS K 0102 46.3.1 (2008) ペルオキシ二硫酸カリウム分解法
リン酸態リン (PO <sub>4</sub> -P)	JIS K 0102 46.1.1 (2008) モリブデン青吸光光度法
珪酸態珪素 (SiO <sub>2</sub> -Si)	JIS K 0101 44.1.2 (1998) モリブデン青吸光光度法

### 3) 栄養塩(硝酸塩)鉛直調査

栄養塩鉛直調査には、硝酸塩センサー（CT&C 製：ISUS-X）を用いた。本調査では、海面から海底面までの硝酸塩濃度を 0.5m 間隔で測定した。図 4 に調査の模式図を示す。

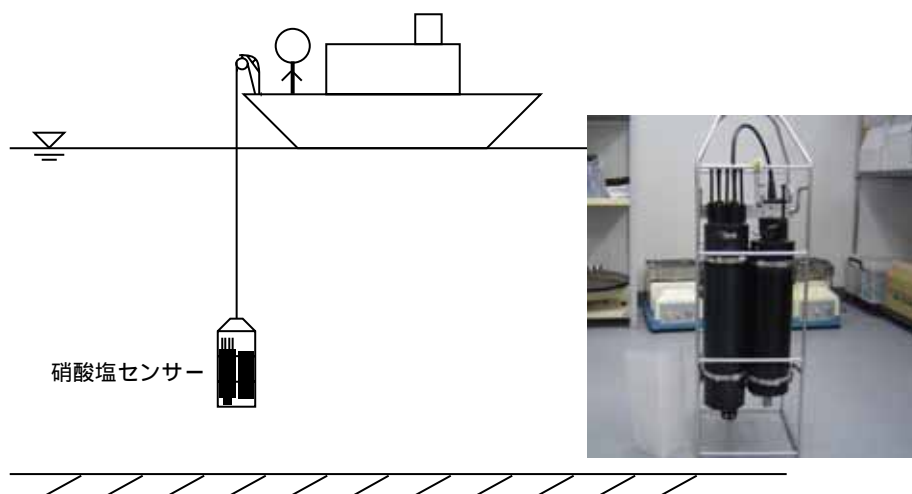


図 4 栄養塩鉛直調査の模式図

### 4) 光量子観測

海中の光量子の測定には、水中光量子計（JFE アレック製：COMPACT-LTD）を用いた。また、船上の光量子の測定には簡易光量子計（uizin 製：UIZ-PAR）を用いた。図 5 に調査（水中光量子）の模式図を示す。

本調査では、船上の光を遮蔽しない場所に測器を設置して測定を行い、同時に海底付近まで測器を垂下して海中の光量子を測定した。

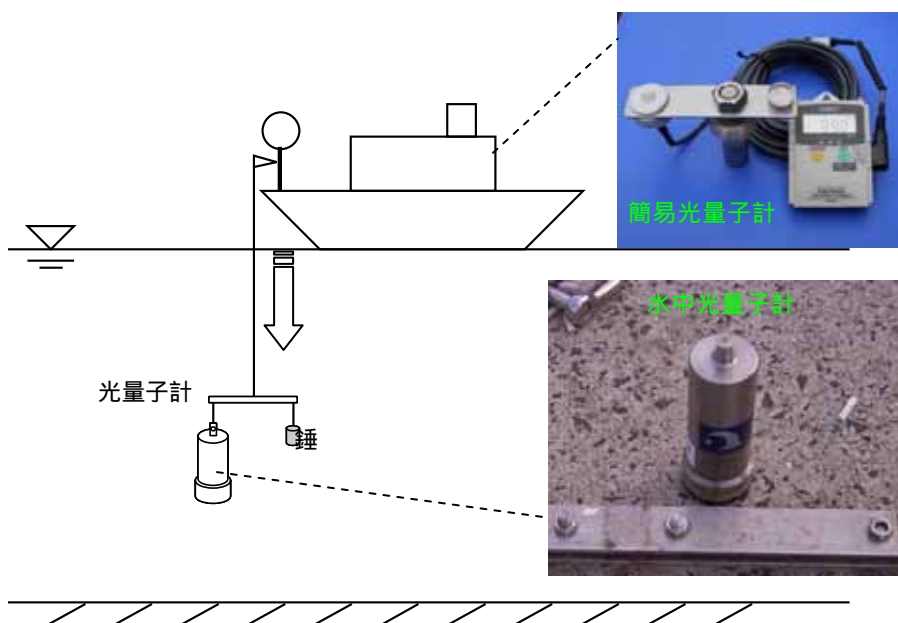


図 5 光量子観測(水中)の模式図

## 調査結果・考察

### 1．現地調査結果

#### 1.1 平成 19 年度調査結果

##### 1.1.1 流況調査

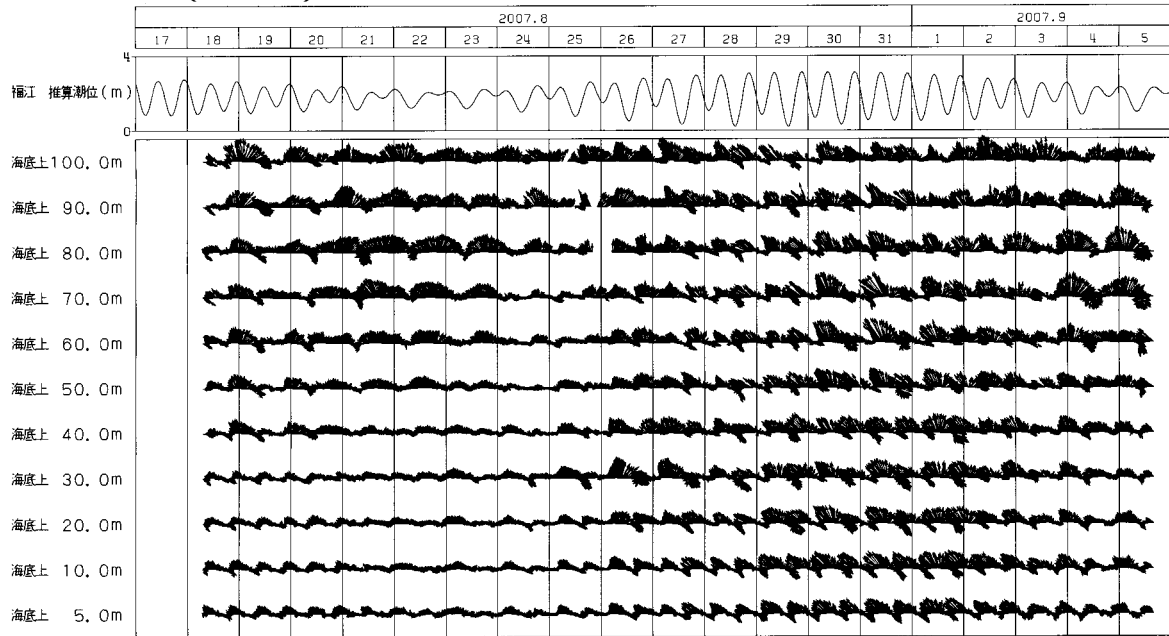
海底設置型超音波式流速計 (TRBM-ADCP) を用いた流況調査は、St. 1 (水深 150m 地点) では、平成 19 年 8 月 18 日～9 月 5 日の約 18 日間、St. 2 (水深 145m 地点) では、平成 19 年 8 月 17 日～9 月 5 日の約 19 日間実施した。観測の仕様は、観測層厚：2m、観測間隔 10 分、観測時間：2 分、サンプリング間隔：0.5 秒である。

図 6 に代表水深における流速ベクトルの経時変化を示し、図 7 に海底上 90m、30m、10m の成分流速の経時変化を示す。

St. 1 および St. 2 とともに、一部には南向きの流れも生じているが、全般的には北向きの流れが卓越している。流向および流速の時間変化は、潮汐に対応する形で 12 時間程度の周期で変動しており、全般的に St. 2 の方が流速が大きくなっている。また、流向および流速は、鉛直方向にほぼ一様な傾向を示しているが、流速値は水深が増大するとともに減少する傾向が見られる。鉛直方向の流速の減少傾向は、St. 2 で顕著となっている。



St. 1 ( B 海域 ): 水深 150m



St. 2 ( C 海域 ): 水深 145m

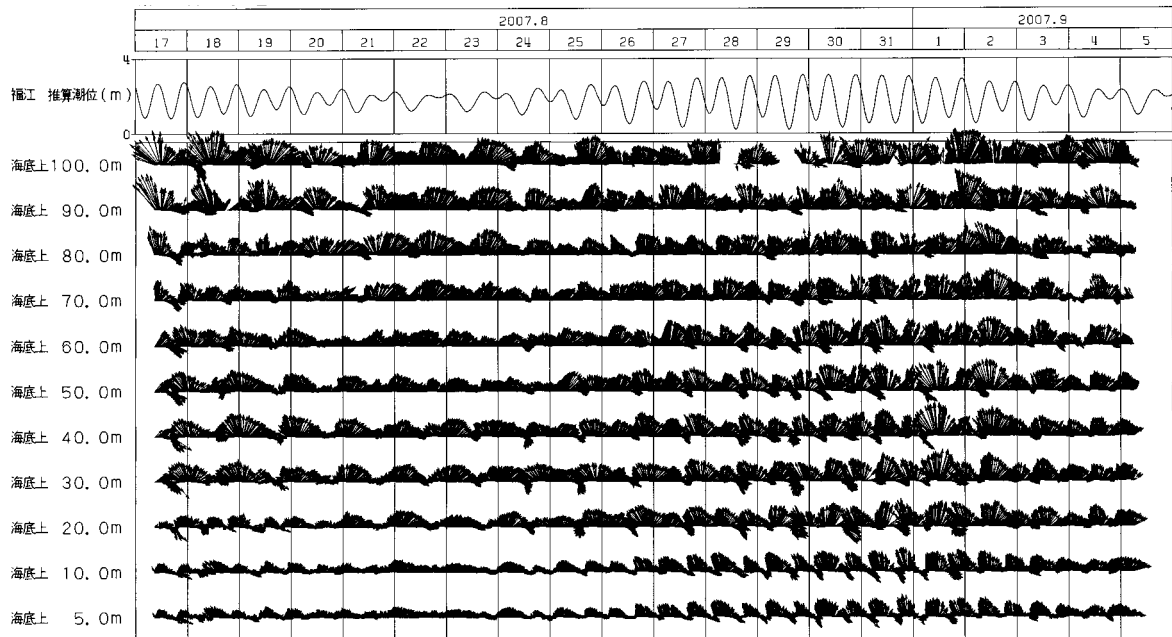


図 6 代表水深の流速ベクトルの経時変化

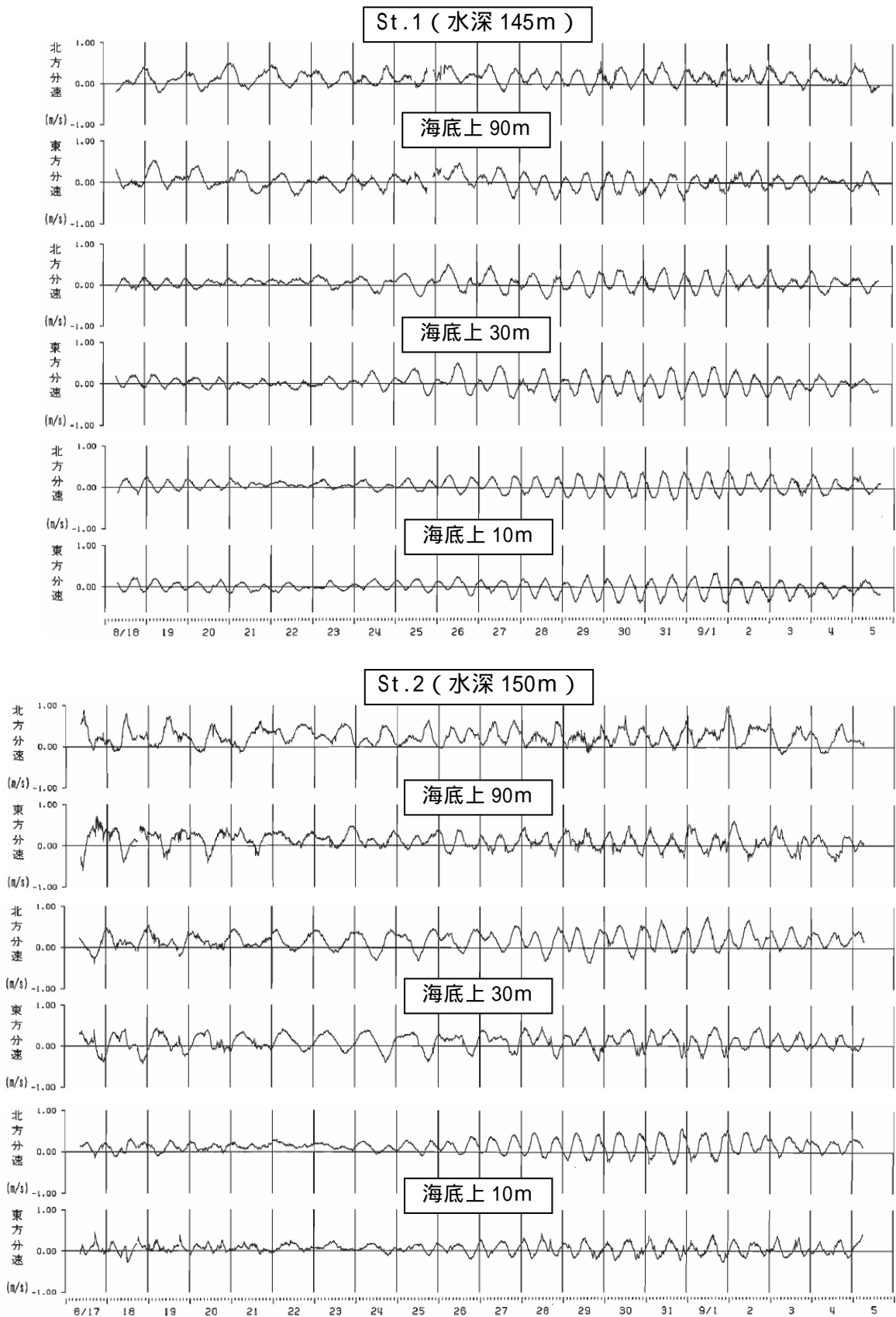


図 7 代表水深の成分流速の経時変化

### 1.1.2 水温・塩分鉛直観測

水温・塩分鉛直観測では、多項目水質計(COMPACT-CSTD)を用いて海水面下から海底面上までの水温、塩分、クロロフィルaを0.5m間隔ごとに測定した。観測は、平成19年6月下旬、8月中旬、9月上旬、10月上旬の4回実施した。

図8に水温・塩分・密度・クロロフィルaの鉛直分布を示す

#### (1) St. 1

第1回調査(6月)では、密度躍層が水深20mと95m付近に見られ、クロロフィルaのピーク(約 $1.4\mu\text{g/l}$ )は水深45m付近にある。

第2回調査(8月)では、密度躍層が水深10m, 40~50m, 110m付近に見られる。特に、水深10m以浅では塩分が30~31であり、他の時期の32~33に比べて極端に小さい。クロロフィルaは明瞭なピークはなく、表層と水深50~60m付近でやや高い( $1\mu\text{g/l}$ 以下)。流速計撤収時(9月)では、水深30mまでは混合層であり、水深40~50m, 110m付近に躍層が見られる。クロロフィルaは明瞭なピークはなく、水深1mで $1.8\mu\text{g/l}$ 、水深40~50m付近でやや高い( $1\mu\text{g/l}$ 以下)。

第3回調査(10月)では、9月と同様に水深30mまでは混合層になっており、それ以深では明瞭な躍層ではない。クロロフィルaのピークは水深50mで約 $1\mu\text{g/l}$ であった。

#### (2) St. 2

第1回調査(6月)では、水深20m, 35m, 135mに密度躍層が確認できる。クロロフィルaは、水深40~50mでやや高い( $1\mu\text{g/l}$ 以下)。第2回調査(8月)では、水深45m付近にやや強い躍層が発達し、水深60m, 70m, 120m付近にも躍層が見られる。St. 1のような混合層における塩分低下は生じておらず、躍層も深い水深帯に形成されている。クロロフィルaはピークが明瞭ではなく、65~70mでやや高い( $1\mu\text{g/l}$ 以下)。流速計撤収時(9月)では、8月と同様に水深40m以浅は混合層であり、水深40m付近に強い躍層が形成されている。また、水深90mと130m付近に強い躍層が形成されている。クロロフィルaは、ピークが明瞭ではなく、60mでやや高い( $1\mu\text{g/l}$ 以下)。第3回調査(10月)では、9月と同様に水深40mまでは混合層になっており、水深40m, 85m, 125m付近に顕著な躍層が見られる。クロロフィルaのピークは、水深55mでやや高い( $1\mu\text{g/l}$ )。

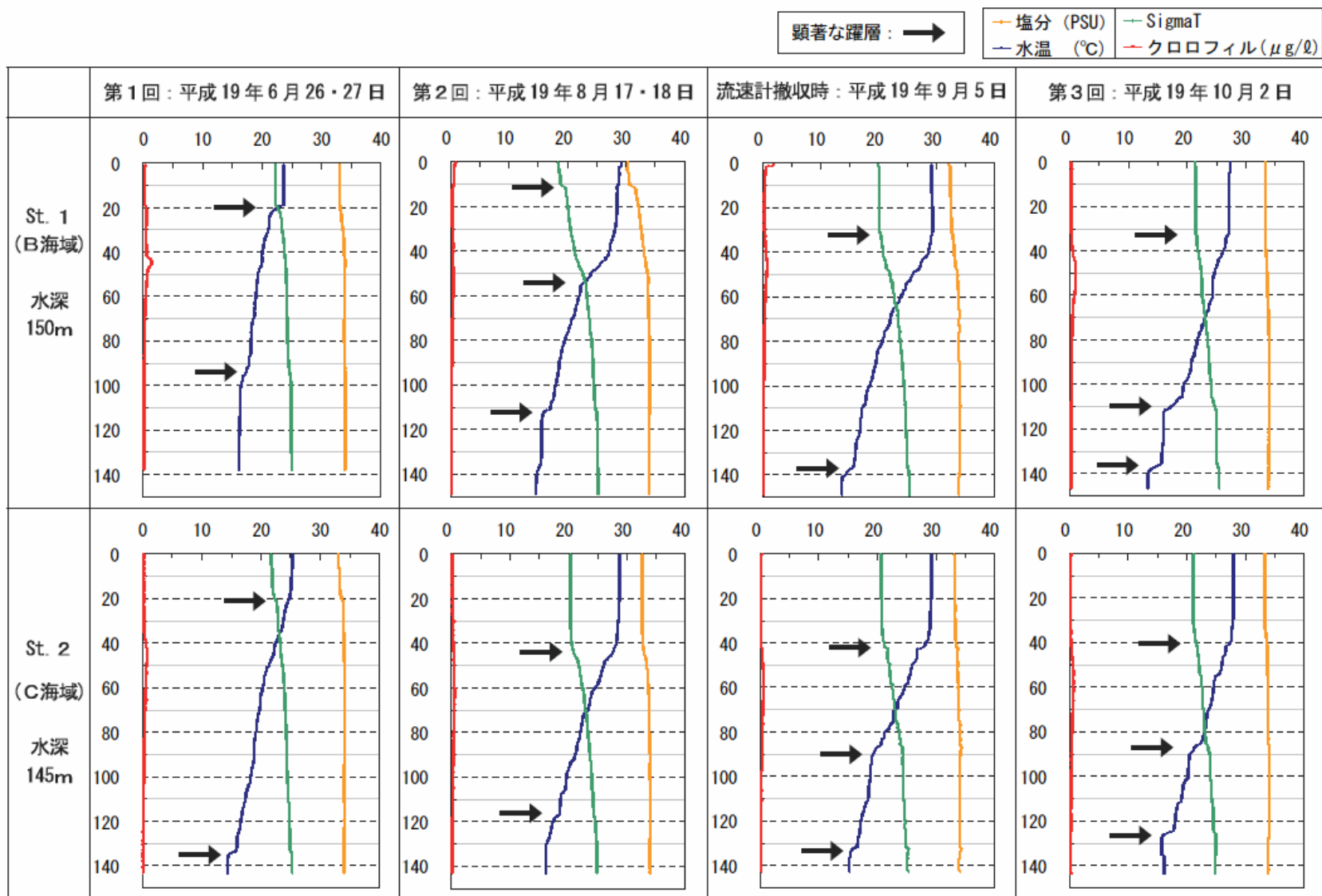


図8 水温・塩分・密度・クロロフィルaの鉛直分布

### 1.1.3 水質調査

水質調査では、バンドン式採水器を用いて各地点で6～7層で採水を行い、栄養塩(T-N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P, SiO<sub>2</sub>-Si)の分析を行った。

図9に窒素の分析結果, 図10にリンの分析結果, 図11に珪素の分析結果を示し、図12に分析結果から求めたN/P比およびSi/P比を示す。

#### (1) 窒素

全窒素の分布は、水深が大きい下層で濃度が高く、上層で濃度が低い傾向が認められる。また、底層付近では有機態窒素が減少して、無機態窒素が多くなる傾向が顕著であり、有機物がバクテリア等によって分解されていることが考えられる。8月, 10月の底層の窒素は、St. 2に比べてSt. 1の濃度が高い傾向にある。

St. 1では、全窒素は混合層の表層付近ではやや高く、混合層の下端(躍層の上端)付近では減少する。特に、クロロフィルa濃度がやや高い水深帯(水深40～50m)では全窒素が少なくなる傾向が見られ、躍層付近からクロロフィルaの大きい水深帯では、無機態窒素が植物プランクトンに消費されて枯渇状態となっていることが考えられる。なお、光合成が困難な水深帯(水深60m程度以深)では、無機態窒素は消費されない。St. 1の8月の表層付近では全窒素が多くなっているが、陸水起源の栄養塩濃度の高い海水(底層分水)による影響が考えられる。

St. 1でも、St. 1と同様に全窒素は混合層の下端でやや減少する。特に、無機態窒素は混合層の下端からクロロフィルaの濃度が高い水深帯においては、植物プランクトンに消費されて枯渇状態にあると考えられる。

#### (2) リン

全リンの分布は、窒素と同様に水深が深い下層で濃度が高く、上層では濃度が低い傾向が認められる。底層付近では、有機態リンが減少してリン酸態リンが多くなっており、バクテリア等によって有機物が分解されていることが考えられる。8月, 10月では、底層の全リンは、窒素と同様にSt. 1の濃度が高い傾向にある。

St. 1, St. 2ともに、上部躍層からクロロフィルaの高濃度水深帯ではリン酸態リンが減少しており、特に8月の水温が高い時期では、躍層直下の水深帯でリン酸態リンが枯渇している。

#### (3) 珪素

珪素(珪酸態珪素)の濃度は、窒素およびリンの分布傾向と同様であり、表層部で少なく、底層部では多い。また、8月, 10月の珪素はSt. 1の底層の濃度がSt. 2に比べて大きい傾向にある。

#### (4) N/P比

N/P比の計算結果を見ると、N/P比がレッドフィールド比の16を超えることは少なく、リン酸態リンも8月以外には枯渇していないことから、St. 1およびSt. 2ともに窒素が不足していることが分かる。

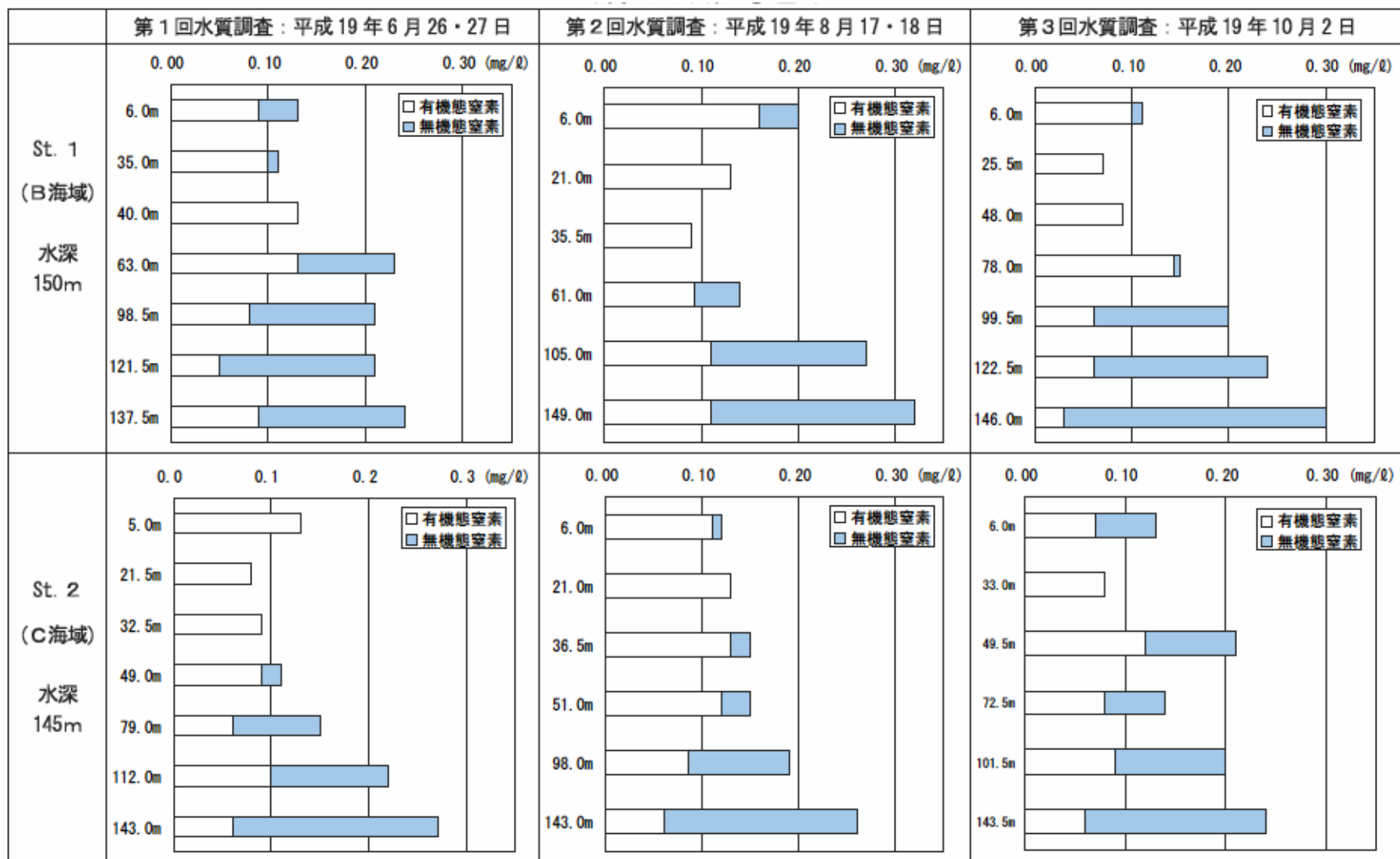


図9 窒素の鉛直分布

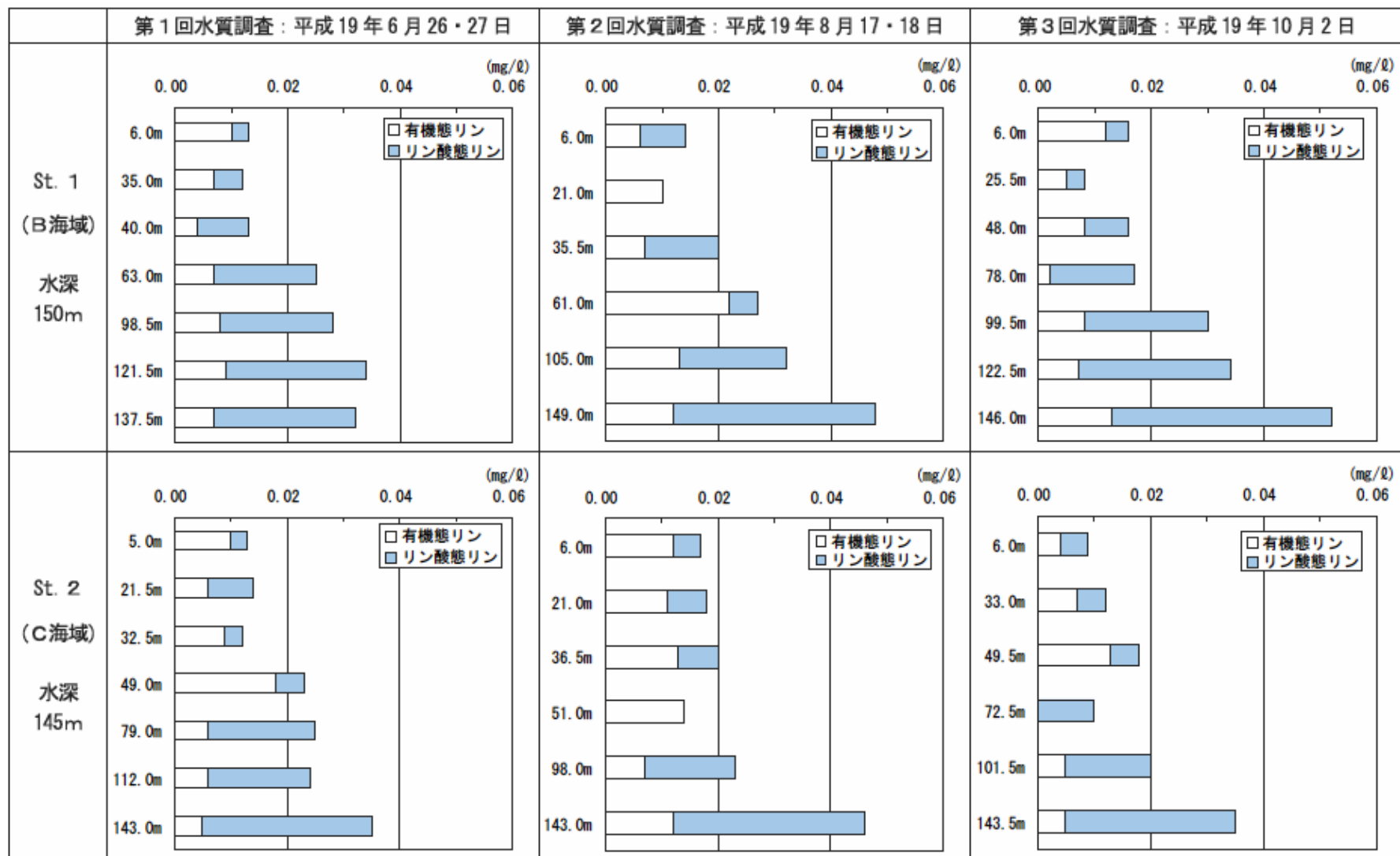


図10 リンの鉛直分布

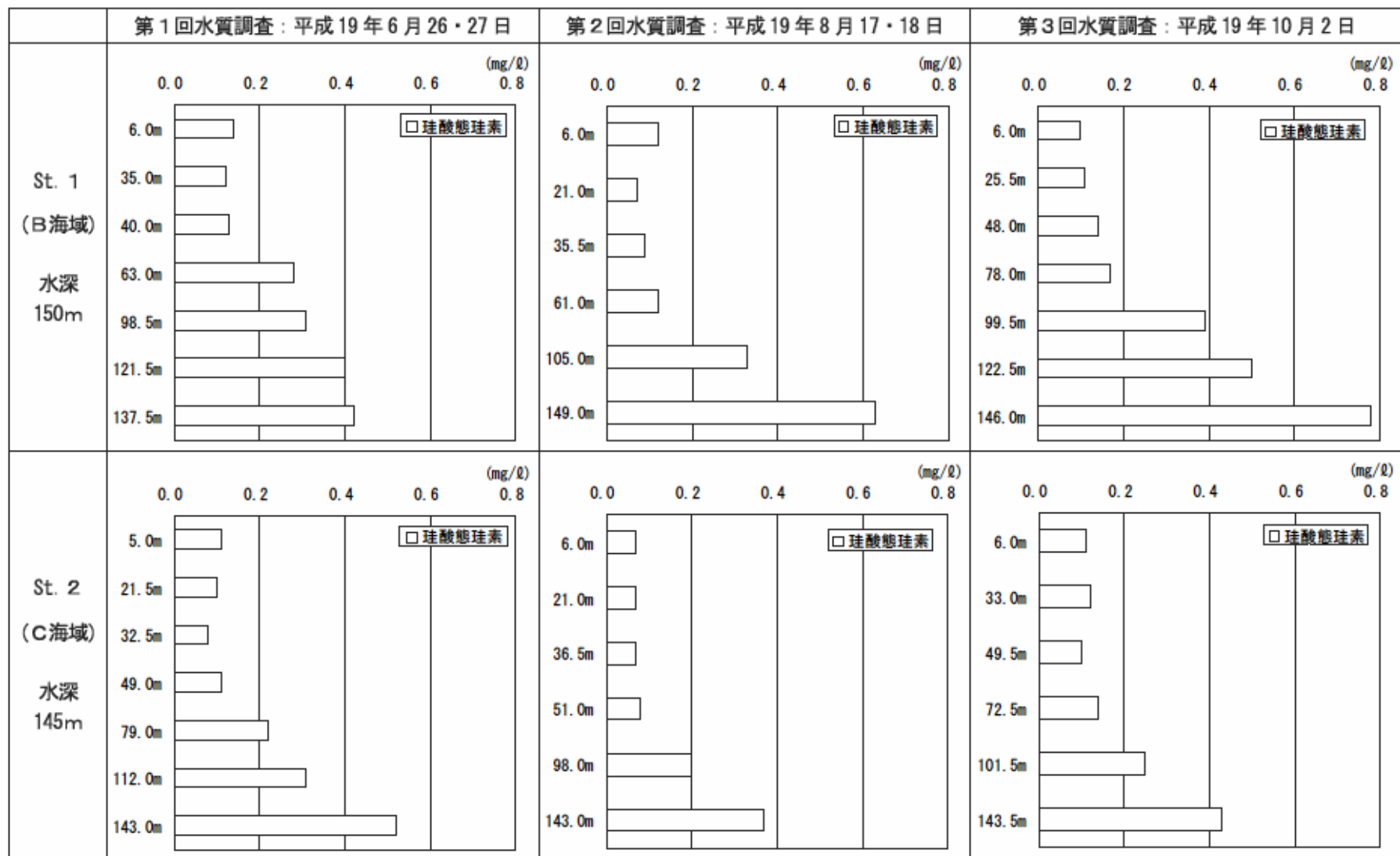


図 11 珪素の鉛直分布



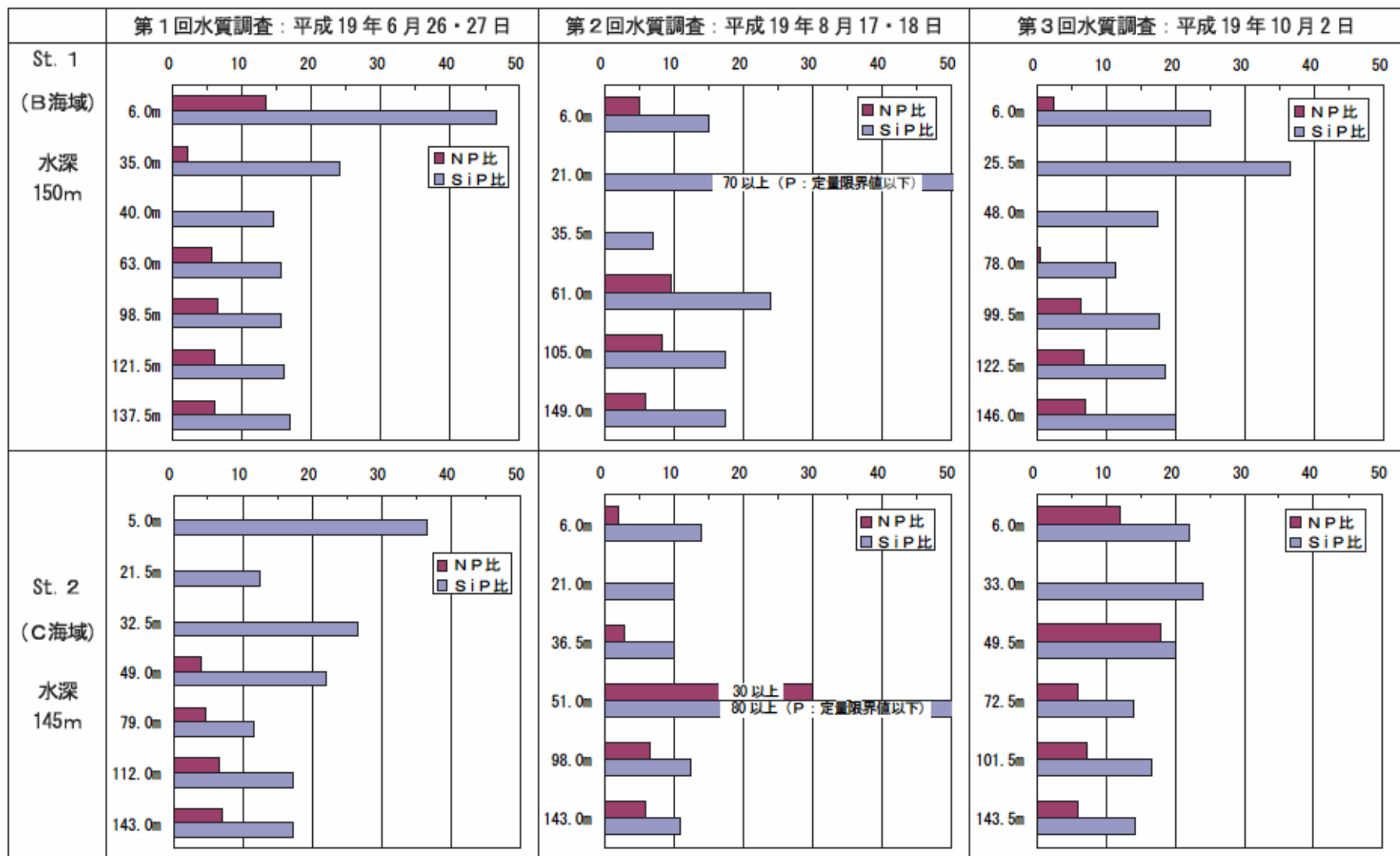


図12 N/P比・ $S_i/P$ 比の鉛直分布

表5 第1回水質調査の分析結果

単位：mg/

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン PO4-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St. 1 (B海域)	6.0	0.13	0.020	< 0.005	0.02	0.013	0.003	0.14
	35.0	0.11	0.010	< 0.005	< 0.01	0.012	0.005	0.12
	40.0	0.13	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.013	0.009	0.13
	63.0	0.23	< 0.01	< 0.005	0.10	0.025	0.018	0.28
	98.5	0.21	< 0.01	< 0.005	0.13	0.028	0.020	0.31
	121.5	0.21	< 0.01	< 0.005	0.15	0.034	0.025	0.40
	137.5	0.24	< 0.01	< 0.005	0.15	0.032	0.025	0.42
St. 2 (C海域)	5.0	0.13	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.013	0.003	0.11
	21.5	0.08	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.014	0.008	0.10
	32.5	0.09	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.012	0.003	0.08
	49.0	0.11	0.020	< 0.005	< 0.01	0.023	0.005	0.11
	79.0	0.15	< 0.01	< 0.005	0.09	0.025	0.019	0.22
	112.0	0.22	< 0.01	< 0.005	0.12	0.024	0.018	0.31
	143.0	0.27	< 0.01	< 0.005	0.21	0.035	0.030	0.52
定量下限値 報告下限値		0.01	0.010	0.005	0.01	0.003	0.003	0.02

表6 第2回水質調査の分析結果

単位：mg/

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン P04-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St. 1 ( B 海域 )	6.0	0.20	0.02	< 0.005	0.02	0.014	0.008	0.12
	21.0	0.13	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.010	< 0.003	0.07
	35.5	0.09	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.020	0.013	0.09
	61.0	0.14	0.01	0.008	0.03	0.027	0.005	0.12
	105.0	0.27	0.01	< 0.005	0.15	0.032	0.019	0.33
	149.0	0.32	< 0.01	< 0.005	0.21	0.048	0.036	0.63
St. 2 ( C 海域 )	6.0	0.12	< 0.01	< 0.005	0.01	0.017	0.005	0.07
	21.0	0.13	< 0.01	< 0.005	< 0.01	0.018	0.007	0.07
	36.5	0.15	0.02	< 0.005	< 0.01	0.020	0.007	0.07
	51.0	0.15	0.03	< 0.005	< 0.01	0.014	< 0.003	0.08
	98.0	0.19	< 0.01	0.005	0.10	0.023	0.016	0.20
	143.0	0.26	0.04	< 0.005	0.16	0.046	0.034	0.37
定量下限値 報告下限値		0.01	0.01	0.005	0.01	0.003	0.003	0.02

表7 第3回水質調査の分析結果

単位：mg/

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン PO4-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St. 1 (B海域)	6.0	0.11	0.01	<0.005	<0.01	0.016	0.004	0.10
	25.5	0.07	<0.01	<0.005	<0.01	0.008	0.003	0.11
	48.0	0.09	<0.01	<0.005	<0.01	0.016	0.008	0.14
	78.0	0.15	<0.01	<0.005	0.07	0.017	0.015	0.17
	99.5	0.20	<0.01	<0.005	0.14	0.030	0.022	0.39
	122.5	0.24	<0.01	<0.005	0.18	0.034	0.027	0.50
	146.0	0.30	0.02	<0.005	0.25	0.052	0.039	0.78
St. 2 (C海域)	6.0	0.13	0.05	<0.005	0.01	0.009	0.005	0.11
	33.0	0.08	<0.01	<0.005	<0.01	0.012	0.005	0.12
	49.5	0.21	0.09	<0.005	<0.01	0.018	0.005	0.10
	72.5	0.14	<0.01	0.01	0.05	0.010	0.010	0.14
	101.5	0.20	<0.01	<0.005	0.11	0.020	0.015	0.25
	143.5	0.24	0.01	<0.005	0.17	0.035	0.030	0.43
定量下限値 報告下限値		0.01	0.01	0.01	0.01	0.003	0.003	0.02

表 8 第 2 回水質調査時の植物プランクトンの分析結果

平成19年8月17・18日 採水

	門	綱	目	科	種名	St. 1 (35.5m)	St. 2 (36.5m)
1	クリプト植物門	クリプト藻綱	-	-	Cryptophyceae		1,200
2	渦鞭毛植物門	渦鞭毛藻綱	ギムノディニウム目	ギムノディニウム科	Gymnodinium sp.		100
3					Gymnodiniales	2,400	3,600
4			ペリディニウム目	プロトペリディニウム科	Protoperidinium sp.	100	
5					Peridinales	1,200	2,400
6	不等毛植物門	黄金色藻綱	ディクチオカ目	ディクチオカ科	Dictyocha fibula	100	
7		珪藻綱	円心目	タラシオシーラ科	Thalassiosira spp.	100	100
8					Thalassiosiraceae		1,200
9	ハプト植物門	ハプト藻綱	-	-	Haptophyceae	3,600	1,200
10	緑色植物門	プラシノ藻綱	-	-	Prasinophyceae		200
11	不明	不明	不明	不明	不明(微小鞭毛藻)	1,200	4,800
種類数						7	9
細胞数(細胞/全量)						8,700	14,800
沈殿量(m/全量)						< 0.1	< 0.1

表9 第3回水質調査時の植物プランクトンの分析結果

平成19年10月2日 採水

	門	綱	目	科	種名	St. 1 (48.0m)	St. 2 (49.5m)
1	クリプト植物門	クリプト藻綱	-	-	Cryptophyceae	1,200	
2	渦鞭毛植物門	渦鞭毛藻綱	ギムノディニウム目	-	Gymnodiniales	12,600	3,000
3			ゴニオラックス目	ケラチウム科	Ceratium kofoidii	100	
4			ペリディニウム目	-	Peridinales	100	50
5	不等毛植物門	黄金色藻綱	ディクチオカ目	ディクチオカ科	Dictyocha fibula		50
6		珪藻綱	円心目	タラシオシーラ科	Thalassiosira spp.	600	
7					Thalassiosiraceae	1,800	
8				メロシーラ科	Leptocylindrus mediterraneus		100
9				キートケロス科	Chaetoceros atlanticum	250	
10					Chaetoceros pervianum	50	
11	羽状目	ニッチア科	Nitzschia spp.	100	200		
12	ハプト植物門	ハプト藻綱	-	-	Haptophyceae	600	600
13	不明	不明	不明	不明	不明(微小鞭毛藻)	3,000	500
種類数						11	7
細胞数(細胞/全量)						20,400	4,500
沈殿量(m/全量)						< 0.1	< 0.1

#### 1.1.4 現地調査結果の解析

##### (1) 流向・流速の頻度分布

図 13 は、ADCP の観測結果から代表的な水深（海底上 90m , 50m , 30m , 10m）における流向を流速ランク（10 cm/s 毎）別に集計した結果である。

St. 1 および St. 2 とともに、黒潮の分岐流による北向きの流れが卓越している。St. 1 では、NW ~ NNE 方向の流れの出現頻度が大きく、海底に近くなるほど卓越方向が明確（NW ~ NNW）となるが、流速値は、上層で大きく底層で小さくなる傾向が見られる。

St. 2 では、St. 1 に比べてやや東寄りの NNW ~ ENE 方向の出現頻度が大きく、St. 1 と同様に海底に近くなるほど卓越方向が明確（NNW ~ NNE）となるが、流速値は、表層で大きく底層で小さくなる傾向が見られる。

図 14 は、代表的な水深（海底上 90m , 50m , 30m , 10m）における流速ランク（10 cm/s 毎）別の出現頻度である。

St. 1 では、流速の大きい上層（海底上 90m）の流速ランク別の出現頻度は、20 cm/s 未満が 38% , 30 cm/s 未満が 66% , 40 cm/s 未満が 86% , 50 cm/s 未満が 98% となっている。海底近く（海底上 10m）では、20 cm/s 未満が 64% を占め、30 cm/s 未満が 85% , 40 cm/s 未満が 94% となっている。

St. 2 では、St. 1 に比べて全体的に流速が大きくなっており、上層（海底上 90m）の出現頻度は、20 cm/s 未満が 19% , 30 cm/s 未満が 41% , 40 cm/s 未満が 65% となっており、50 cm/s 以上の出現頻度も 14% ある。。海底近く（海底上 10m）では、20 cm/s 未満が 45% , 30 cm/s 未満が 80% , 40 cm/s 未満が 92% となっており、50 cm/s 以上の出現頻度は 1% である。

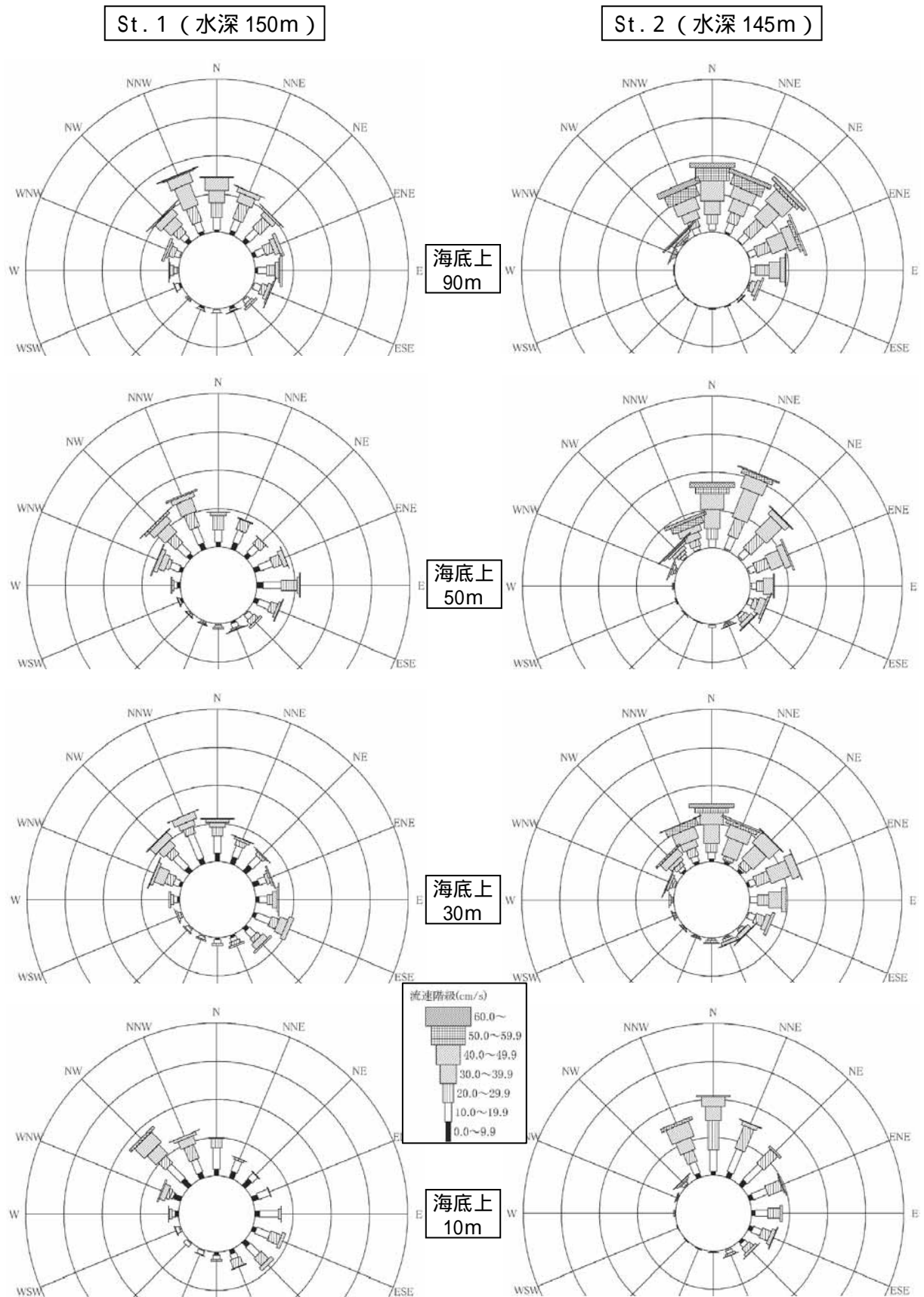


図 13 代表水深の流速ランク別流向の出現頻度



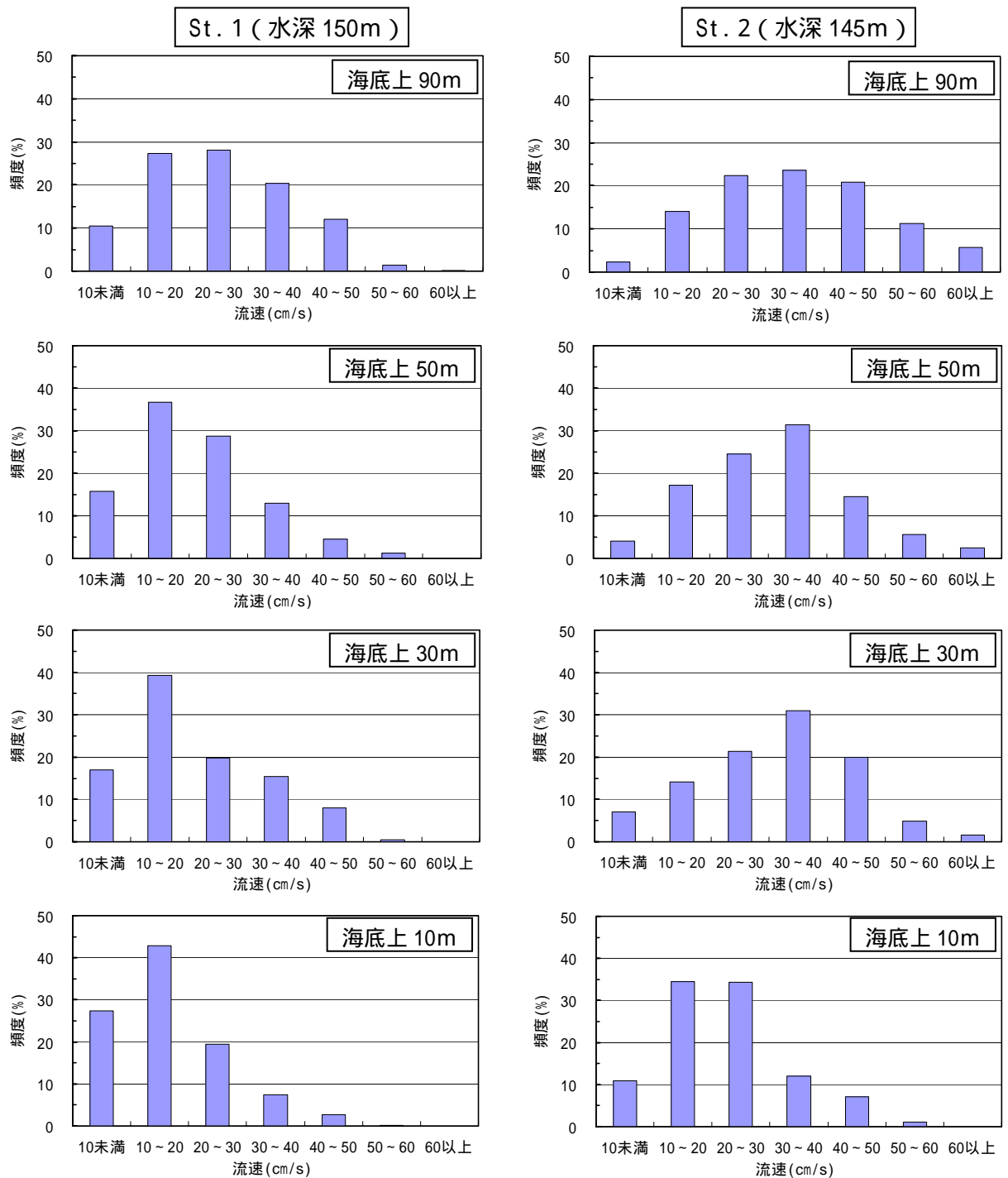


図 14 代表水深の流速ランク別の出現頻度

St. 1 ( B 海域 ): 水深 150m

St. 2 ( C 海域 ): 水深 145m

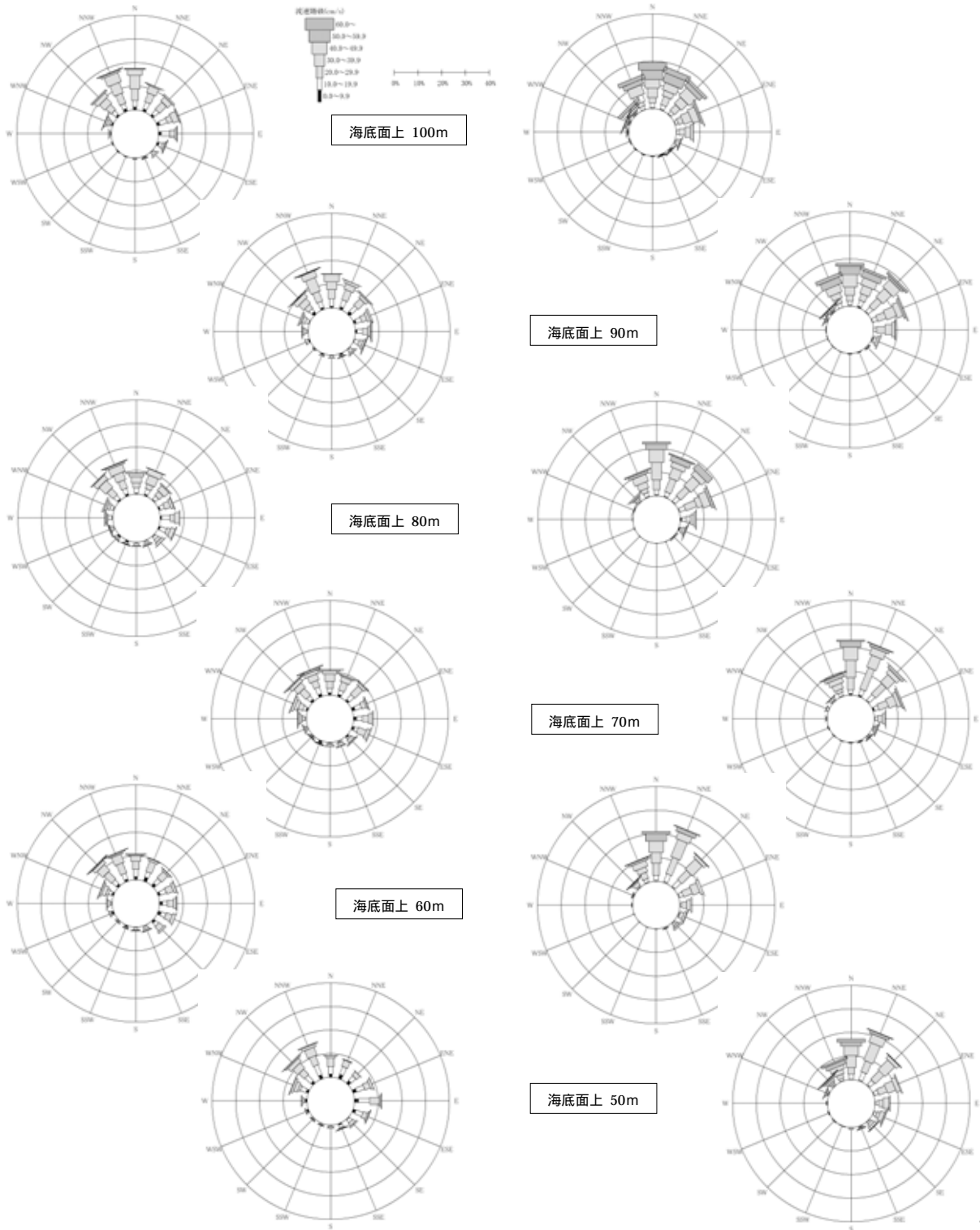


図 15(1) 各水深の流速ランク別流向の出現頻度 ( 海底上 100m ~ 50m )

St. 1 ( B 海域 ): 水深 150m

St. 2 ( C 海域 ): 水深 145m

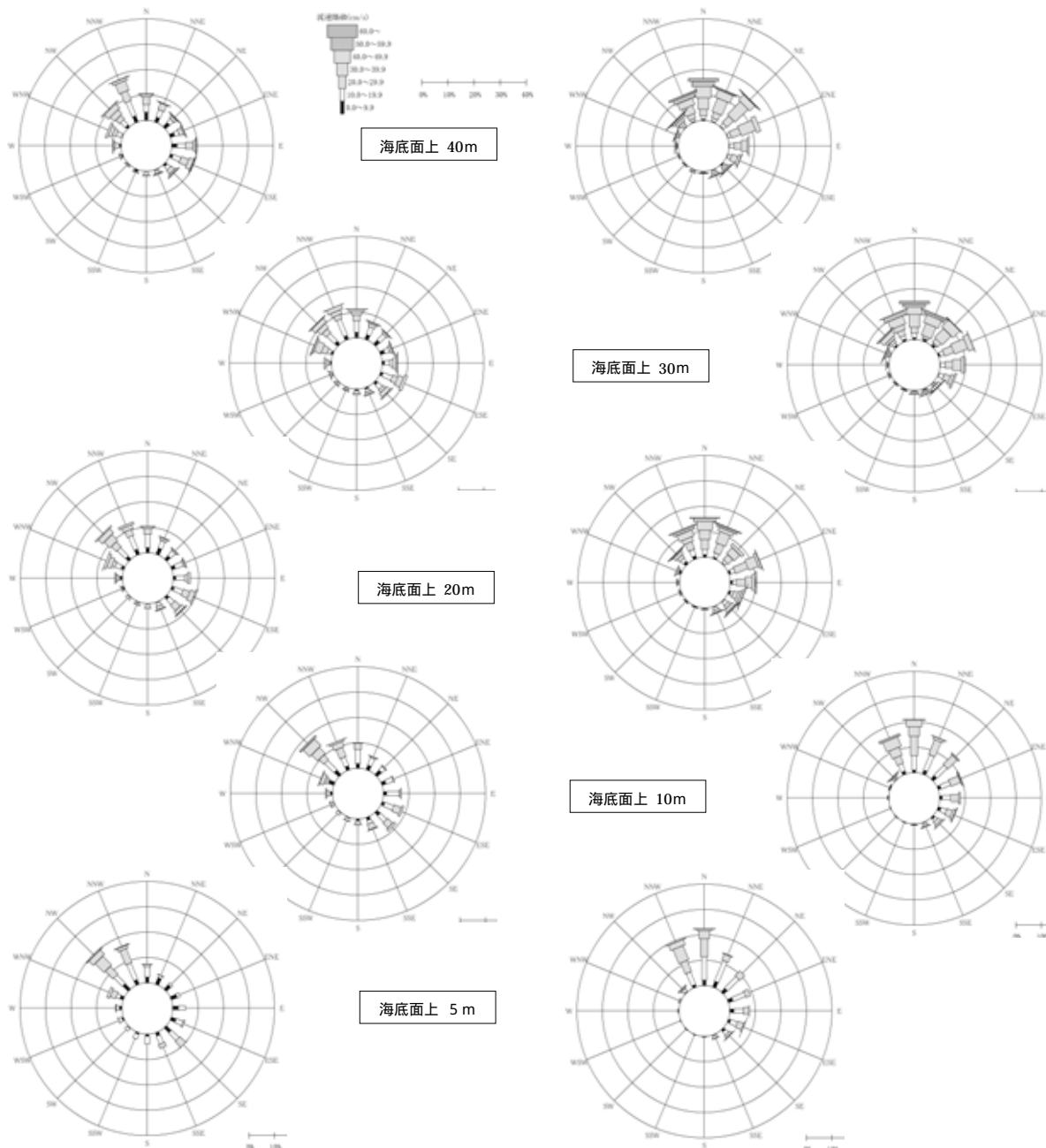


図 15(2) 各水深の流速ランク別流向の出現頻度 (海底上 40m ~ 5m)

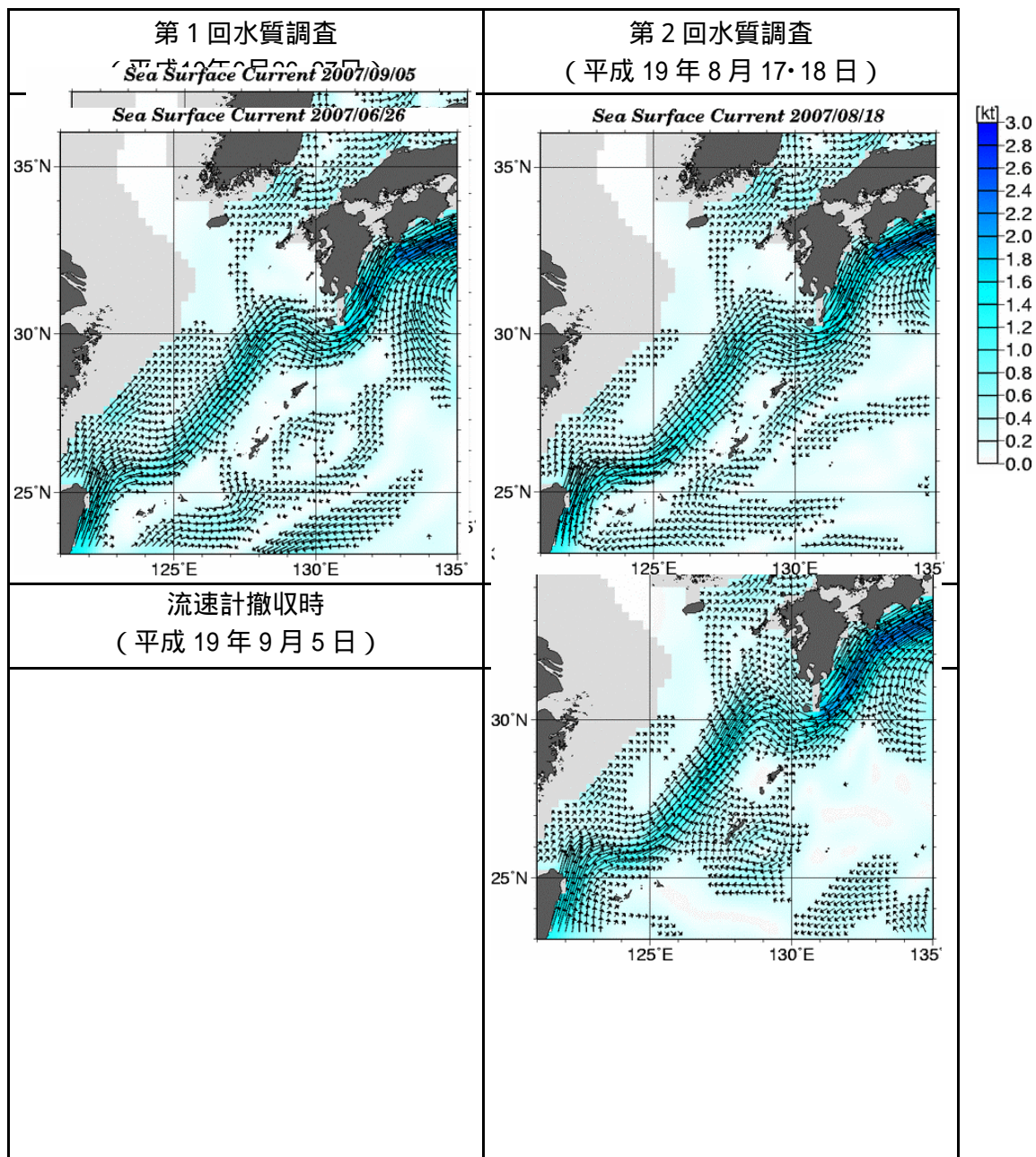


図16 九州・沖縄海域の日別海流（表層，気象庁）

表 10(1) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 100m, 90m)

St. 1 海底上 100m

流速階級 (cm/s) 流向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	1.0	3.1	3.9	3.1	0.5	0.0	0.0	11.6	
NE	0.8	2.6	4.1	2.4	0.7	0.0	0.0	10.6	
ENE	1.1	3.3	2.2	2.6	0.3	0.0	0.0	9.5	
E	1.1	3.6	2.1	0.8	0.2	0.0	0.0	7.8	
ESE	0.8	1.4	0.9	0.6	0.2	0.0	0.0	3.9	
SE	0.5	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	
SSE	0.3	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
S	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	
SSW	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
SW	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	
WSW	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	
W	0.3	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
WNW	0.7	0.8	1.1	0.9	0.1	0.1	0.0	3.6	
NW	0.7	2.2	3.1	3.1	2.1	0.7	0.0	11.9	
NNW	1.1	2.3	4.5	4.7	4.1	1.0	0.2	17.8	
N	1.2	2.8	4.8	5.9	2.4	0.5	0.0	17.5	
合 計	10.3	24.4	28.2	24.1	10.6	2.3	0.2	100.0	
累 計	10.3	34.7	62.9	86.9	97.6	99.8	100.0	(%)	

測得回数 2613 回

St. 1 海底上 90m

流速階級 (cm/s) 流向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	1.0	3.1	4.5	2.5	1.2	0.0	0.0	12.3	
NE	1.3	3.2	3.7	1.3	0.6	0.0	0.0	10.2	
ENE	0.9	2.4	2.3	1.3	0.8	0.0	0.0	7.7	
E	0.7	2.3	2.2	1.0	0.4	0.4	0.0	7.0	
ESE	0.4	1.9	1.5	0.9	0.3	0.0	0.0	5.0	
SE	0.4	1.1	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	2.7	
SSE	0.7	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	
S	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	
SSW	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	
SW	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	
WSW	0.5	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	
W	0.4	0.8	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.5	
WNW	0.4	1.3	1.4	0.6	0.6	0.0	0.0	4.3	
NW	1.1	1.5	2.2	2.8	2.1	0.4	0.0	10.2	
NNW	0.8	2.7	4.3	6.0	2.7	0.3	0.2	17.0	
N	0.6	3.2	3.8	3.3	3.2	0.2	0.0	14.4	
合 計	10.5	27.3	28.1	20.4	12.0	1.4	0.2	100.0	
累 計	10.5	37.8	65.9	86.3	98.4	99.8	100.0	(%)	

測得回数 2598 回

表 10(2) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 80m, 70m)

St. 1 海底上 80m

流 向	流速階級 (cm/s)	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
	NNE		0.6	2.4	2.0	3.8	2.5	0.1	0.0
NE		0.3	1.9	2.3	2.6	0.6	0.0	0.0	7.7
ENE		0.6	1.9	2.6	1.2	0.2	0.0	0.0	6.4
E		0.5	3.6	2.0	2.1	0.1	0.0	0.0	8.2
ESE		0.6	2.7	1.5	1.9	0.3	0.0	0.0	7.1
SE		0.4	1.4	1.4	1.2	0.0	0.0	0.0	4.5
SSE		0.3	0.9	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2
S		0.5	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
SSW		0.7	0.7	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	1.9
SW		0.8	0.8	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2
WSW		0.5	0.8	0.6	0.2	0.3	0.0	0.0	2.4
W		0.3	1.6	0.5	0.7	0.3	0.0	0.0	3.3
WNW		0.4	1.4	1.2	0.9	0.7	0.0	0.0	4.6
NW		0.6	2.1	3.6	4.0	2.3	0.3	0.0	12.8
NNW		0.7	2.4	3.6	3.3	3.2	0.9	0.2	14.4
N		0.5	2.2	2.1	2.7	1.3	0.3	0.0	9.0
合 計		8.3	27.4	25.7	25.2	11.6	1.7	0.2	100.0
累 計		8.3	35.6	61.3	86.5	98.1	99.8	100.0	(%)

測得回数 2584 回

St. 1 海底上 70m

流 向	流速階級 (cm/s)	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
	NNE		0.9	1.9	3.6	2.1	0.6	0.1	0.0
NE		0.8	2.7	4.7	1.3	0.5	0.0	0.0	10.0
ENE		1.3	2.8	1.9	0.8	0.2	0.0	0.0	6.9
E		1.3	2.4	2.6	1.7	0.5	0.0	0.0	8.5
ESE		0.9	1.6	3.5	1.4	0.5	0.0	0.0	8.0
SE		0.6	0.8	1.4	0.5	0.1	0.0	0.0	3.5
SSE		0.5	0.5	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	2.6
S		0.4	0.3	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	1.7
SSW		0.8	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.6
SW		0.3	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	1.3
WSW		0.5	0.7	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	1.9
W		0.4	1.0	0.7	1.1	0.3	0.0	0.0	3.6
WNW		0.6	1.4	2.0	1.6	1.1	0.3	0.0	6.9
NW		0.9	2.0	3.9	2.6	1.5	0.3	0.3	11.5
NNW		1.1	3.0	2.9	2.7	1.4	0.8	0.4	12.3
N		0.9	1.7	3.1	3.0	1.3	0.5	0.0	10.7
合 計		12.2	23.8	33.4	20.0	7.8	2.0	0.7	100.0
累 計		12.2	35.9	69.4	89.4	97.3	99.3	100.0	(%)

測得回数 2637 回

表 10(3) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 60m, 50m)

St. 1 海底上 60m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	1.7	2.5	4.5	1.0	0.0	0.0	0.0	9.7
NE	1.2	2.8	3.6	0.8	0.1	0.0	0.0	8.5
ENE	0.9	2.6	3.0	1.3	0.1	0.0	0.0	7.9
E	1.2	2.0	2.7	1.3	0.2	0.0	0.0	7.3
ESE	1.3	2.1	2.6	1.4	0.0	0.0	0.0	7.5
SE	0.9	1.7	2.5	0.8	0.0	0.0	0.0	5.9
SSE	0.5	0.9	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	2.4
S	0.4	0.8	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.6
SSW	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
SW	0.5	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
WSW	0.9	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
W	0.4	0.6	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.2
WNW	0.8	1.3	1.1	1.7	0.8	0.3	0.0	5.9
NW	0.9	2.4	4.3	3.4	1.6	0.4	0.2	13.2
NNW	0.8	2.6	4.5	3.7	0.6	0.5	0.1	12.8
N	1.3	3.0	3.3	2.3	0.6	0.2	0.0	10.8
合 計	14.3	27.1	34.8	18.2	4.0	1.3	0.3	100.0
累 計	14.3	41.4	76.2	94.4	98.4	99.7	100.0	(%)

測得回数 2646 回

St. 1 海底上 50m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	1.8	3.5	2.9	0.2	0.0	0.0	0.0	8.4
NE	1.3	2.7	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	6.2
ENE	1.5	3.5	2.5	1.2	0.0	0.0	0.0	8.8
E	1.7	4.7	4.2	0.6	0.2	0.0	0.0	11.4
ESE	1.2	3.2	1.9	0.7	0.2	0.0	0.0	7.1
SE	0.3	1.5	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	3.9
SSE	0.5	1.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	2.5
S	0.4	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
SSW	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
SW	0.3	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
WSW	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
W	0.7	0.8	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	2.3
WNW	0.9	2.6	1.0	1.7	1.0	0.2	0.0	7.4
NW	1.1	3.4	3.1	3.0	1.9	0.7	0.0	13.2
NNW	1.7	4.5	4.0	3.6	1.2	0.3	0.0	15.3
N	1.2	3.2	3.7	1.0	0.0	0.0	0.0	9.1
合 計	15.7	36.8	28.7	13.0	4.5	1.3	0.0	100.0
累 計	15.7	52.5	81.2	94.2	98.7	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回

表 10(4) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 40m, 30m)

St. 1 海底上 40m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合計
NNE	1.9	3.1	2.6	0.3	0.0	0.0	0.0	8.0
NE	2.2	1.9	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	5.8
ENE	1.8	1.9	1.7	0.5	0.1	0.0	0.0	5.9
E	2.1	3.3	3.2	0.9	0.3	0.0	0.0	9.7
ESE	1.1	3.3	3.1	2.0	0.2	0.0	0.0	9.6
SE	0.8	1.7	1.8	0.8	0.1	0.0	0.0	5.2
SSE	0.4	0.9	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	2.0
S	0.5	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
SSW	0.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
SW	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
WSW	0.5	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
W	0.6	1.1	1.1	0.2	0.0	0.0	0.0	3.1
WNW	0.5	2.0	1.5	1.4	0.9	0.0	0.0	6.3
NW	0.9	2.6	2.1	2.3	2.3	0.4	0.0	10.7
NNW	2.5	6.3	4.1	4.0	1.1	0.1	0.0	18.1
N	3.2	3.1	2.9	1.0	0.2	0.0	0.0	10.4
合計	19.9	33.9	26.4	13.9	5.4	0.5	0.0	100.0
累計	19.9	53.8	80.2	94.1	99.5	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回

St. 1 海底上 30m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合計
NNE	1.9	3.2	1.4	0.6	0.1	0.0	0.0	7.2
NE	2.1	3.3	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	6.6
ENE	1.7	2.0	0.8	0.5	0.3	0.0	0.0	5.2
E	0.9	2.2	1.3	1.2	0.4	0.1	0.0	6.1
ESE	0.9	3.9	2.1	2.2	1.2	0.0	0.0	10.3
SE	1.0	2.4	1.3	1.8	0.5	0.0	0.0	7.0
SSE	0.6	1.1	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	3.1
S	0.6	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
SSW	0.3	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
SW	0.4	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
WSW	0.4	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
W	0.5	0.9	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	2.8
WNW	0.7	1.6	2.2	2.8	0.8	0.1	0.0	8.1
NW	1.5	4.2	2.0	2.2	2.0	0.2	0.0	12.1
NNW	1.5	6.9	1.9	1.6	1.8	0.0	0.0	13.7
N	2.1	4.5	2.3	1.2	0.9	0.1	0.0	11.2
合計	17.0	39.3	19.8	15.3	8.0	0.5	0.0	100.0
累計	17.0	56.3	76.1	91.5	99.5	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回



表 10(5) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 20m, 10m)

St. 1 海底上 20m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	2.5	3.1	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	7.1
NE	1.8	2.5	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	5.1
ENE	1.5	3.3	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	5.7
E	1.0	3.6	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	6.7
ESE	1.0	3.6	2.7	2.0	0.5	0.0	0.0	9.9
SE	1.2	2.7	2.9	1.5	0.2	0.0	0.0	8.5
SSE	0.3	1.3	1.4	0.3	0.0	0.0	0.0	3.3
S	0.5	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
SSW	0.3	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
SW	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
WSW	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
W	1.0	0.8	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	2.8
WNW	1.1	2.6	1.2	1.7	1.1	0.0	0.0	7.7
NW	1.5	4.6	2.8	3.3	2.2	0.5	0.0	14.9
NNW	2.1	5.7	2.5	1.5	0.9	0.0	0.0	12.7
N	1.9	5.3	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	10.3
合 計	18.7	42.3	20.3	13.3	4.9	0.5	0.0	100.0
累 計	18.7	61.0	81.3	94.6	99.5	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回

St. 1 海底上 10m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	1.8	3.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
NE	2.3	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
ENE	1.6	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
E	1.2	4.9	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	7.0
ESE	1.1	3.7	3.0	0.9	0.0	0.0	0.0	8.7
SE	1.6	3.6	2.7	1.1	0.0	0.0	0.0	9.0
SSE	1.2	1.4	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	5.1
S	0.8	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
SSW	0.3	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
SW	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
WSW	0.5	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
W	0.9	0.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
WNW	2.2	0.8	0.9	1.5	0.3	0.0	0.0	5.7
NW	2.5	5.2	2.6	3.4	3.7	0.8	0.0	18.1
NNW	1.5	3.7	3.9	2.2	0.8	0.0	0.0	12.1
N	1.8	5.6	2.3	0.2	0.0	0.0	0.0	9.9
合 計	21.6	42.2	21.0	9.6	4.8	0.8	0.0	100.0
累 計	21.6	63.8	84.8	94.4	99.2	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回

表 10(6) St. 1 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 5m)

St. 1

海底上 5m

流 向	流速階級 (cm/s)	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
	NNE		2.7	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
NE		2.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
ENE		2.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
E		2.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
ESE		2.0	2.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
SE		2.6	4.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1
SSE		1.2	3.4	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
S		0.9	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
SSW		0.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
SW		0.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
WSW		0.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
W		0.9	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
WNW		1.4	1.5	2.2	1.2	0.0	0.0	0.0	6.3
NW		2.9	4.7	4.3	5.0	2.5	0.1	0.0	19.5
NNW		1.9	7.0	5.9	1.2	0.2	0.0	0.0	16.3
N		2.2	4.2	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	7.3
合 計		27.3	42.9	19.5	7.5	2.7	0.1	0.0	100.0
累 計		27.3	70.2	89.7	97.2	99.9	100.0	100.0	(%)

測得回数 2646 回

表 11(1) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 100m, 90m)

St. 2 海底上 100m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合計
NNE	0.3	1.9	3.7	2.3	3.2	3.8	2.3	17.6
NE	0.2	1.6	3.3	3.7	4.6	2.0	1.2	16.6
ENE	0.2	1.3	2.1	3.6	3.1	0.8	0.4	11.4
E	0.1	1.1	2.4	2.3	1.3	0.1	0.0	7.3
ESE	0.3	0.6	1.1	0.4	0.2	0.0	0.0	2.6
SE	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	1.1
SSE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7
S	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
SSW	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
SW	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
WSW	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
W	0.3	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8
WNW	0.2	0.4	0.2	0.4	0.6	0.2	0.1	2.1
NW	0.1	0.4	0.5	0.4	1.0	1.1	1.2	4.7
NNW	0.1	1.4	1.8	3.0	4.0	2.1	1.7	14.1
N	0.2	2.1	2.2	4.1	3.6	4.1	3.2	19.5
合計	2.9	12.1	18.1	20.8	21.9	14.2	10.1	100.0
累計	2.9	15.0	33.1	53.9	75.7	89.9	100.0	(%)

測得回数 2473 回

St. 2 海底上 90m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合計
NNE	0.6	2.6	2.8	3.5	3.1	2.7	1.1	16.4
NE	0.2	2.6	4.8	5.1	4.1	1.0	1.0	18.8
ENE	0.2	2.1	3.8	4.4	2.5	0.9	0.5	14.4
E	0.1	1.1	3.6	3.0	1.3	0.1	0.0	9.2
ESE	0.2	0.4	1.3	0.9	0.4	0.0	0.0	3.3
SE	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
SSE	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
S	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
SSW	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SW	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
WSW	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
W	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
WNW	0.2	0.4	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4
NW	0.0	0.3	0.5	0.5	0.7	0.3	0.3	2.5
NNW	0.0	1.8	2.0	2.4	3.3	2.9	1.5	14.0
N	0.4	1.7	2.5	3.5	5.3	3.4	1.3	18.1
合計	2.3	14.0	22.3	23.6	20.9	11.2	5.7	100.0
累計	2.3	16.4	38.7	62.2	83.1	94.3	100.0	(%)

測得回数 2709 回

表 11(2) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 80m, 70m)

St. 2 海底上 80m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
NNE	0.3	2.0	6.0	4.5	2.3	2.3	0.6	18.0
NE	0.2	2.8	5.3	5.4	2.4	2.9	0.0	19.0
ENE	0.4	2.5	4.9	2.3	3.3	1.2	0.1	14.7
E	0.6	1.7	2.0	1.4	0.8	0.1	0.0	6.7
ESE	0.6	1.0	1.0	0.5	0.1	0.0	0.0	3.2
SE	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.6
SSE	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
S	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SSW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
WSW	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
W	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
WNW	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
NW	0.2	0.8	0.9	0.5	0.7	0.0	0.0	3.1
NNW	0.3	1.7	1.8	2.7	3.1	1.1	0.6	11.2
N	0.5	2.0	4.2	7.4	5.4	2.5	0.7	22.7
合 計	3.8	14.6	26.3	25.1	18.1	10.1	1.9	100.0
累 計	3.8	18.4	44.7	69.8	87.9	98.1	100.0	(%)

測得回数 2711 回

St. 2 海底上 70m

流向	流速階級 (cm/s)							
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
NNE	0.6	2.6	9.7	5.4	3.1	1.1	0.3	22.9
NE	0.4	3.2	6.2	4.5	2.1	1.3	0.0	17.7
ENE	0.7	1.8	4.2	3.5	1.5	0.9	0.0	12.7
E	0.3	1.1	2.0	1.1	0.3	0.1	0.0	4.9
ESE	0.2	0.6	0.6	0.6	0.1	0.0	0.0	2.1
SE	0.3	0.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4
SSE	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
S	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
SSW	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
SW	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
WSW	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
W	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
WNW	0.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
NW	0.1	0.5	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	2.0
NNW	0.3	1.4	1.4	2.4	2.1	1.4	0.5	9.5
N	0.5	1.6	5.2	7.4	5.4	2.5	0.6	23.3
合 計	4.3	15.6	31.1	25.5	14.7	7.3	1.5	100.0
累 計	4.3	19.9	51.0	76.5	91.2	98.5	100.0	(%)

測得回数 2712 回

表 11(3) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 60m, 50m)

St. 2 海底上 60m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	0.5	3.4	7.4	7.8	3.0	1.7	0.3	24.2
NE	0.4	3.5	5.4	6.0	1.5	0.1	0.0	17.0
ENE	0.4	1.6	3.9	3.1	1.4	0.0	0.0	10.4
E	0.2	0.8	1.9	1.7	0.5	0.0	0.0	5.0
ESE	0.1	0.5	1.6	1.0	0.2	0.0	0.0	3.4
SE	0.4	0.9	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0	3.1
SSE	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
S	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
SSW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
WSW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
W	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
WNW	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
NW	0.2	0.6	1.6	0.6	0.3	0.1	0.0	3.4
NNW	0.2	1.5	2.7	2.2	2.5	1.0	0.1	10.3
N	0.3	2.1	5.1	4.6	4.7	3.2	0.9	20.9
合 計	4.2	15.6	30.9	27.8	14.1	6.2	1.3	100.0
累 計	4.2	19.7	50.6	78.4	92.5	98.7	100.0	(%)

測得回数 2716 回

St. 2 海底上 50m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)							合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	
NNE	0.4	3.6	5.0	8.0	3.6	1.2	0.3	22.0
NE	0.4	2.5	5.1	5.8	1.6	0.2	0.0	15.7
ENE	0.4	1.8	3.7	3.6	1.8	0.4	0.0	11.6
E	0.4	1.3	1.7	2.7	0.3	0.0	0.0	6.4
ESE	0.2	1.2	1.3	1.8	0.6	0.1	0.0	5.1
SE	0.2	0.8	1.3	1.1	0.3	0.0	0.0	3.6
SSE	0.3	0.4	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	1.4
S	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
SSW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
SW	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
WSW	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
W	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
WNW	0.4	0.4	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	1.8
NW	0.3	0.8	0.9	1.0	0.7	0.4	0.2	4.1
NNW	0.1	1.0	1.7	1.8	1.7	1.7	0.8	9.0
N	0.1	2.1	2.8	5.1	4.0	1.7	1.3	17.1
合 計	4.1	17.1	24.6	31.4	14.6	5.6	2.5	100.0
累 計	4.1	21.3	45.9	77.2	91.8	97.5	100.0	(%)

測得回数 2715 回

表 11(4) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 40m, 30m)

St. 2 海底上 40m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	0.3	1.2	2.3	5.7	3.2	0.5	0.1	13.3	
NE	0.2	1.5	3.6	7.2	2.8	0.2	0.1	15.7	
ENE	0.1	1.3	3.8	6.0	1.8	0.0	0.0	13.1	
E	0.3	1.8	2.8	2.3	0.6	0.0	0.0	7.9	
ESE	0.3	1.3	2.5	1.1	0.1	0.0	0.0	5.3	
SE	0.6	0.8	1.0	0.6	0.1	0.1	0.0	3.2	
SSE	0.3	0.8	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0	2.6	
S	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	
SSW	0.3	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	
SW	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	
WSW	0.1	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	
W	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	
WNW	0.3	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	1.8	
NW	0.4	0.8	1.2	1.3	0.8	0.2	0.1	4.9	
NNW	0.3	1.0	1.9	3.2	2.7	1.7	0.6	11.4	
N	0.5	1.4	2.5	4.6	4.2	2.2	1.1	16.5	
合 計	4.7	14.5	24.2	32.9	16.7	5.0	2.0	100.0	
累 計	4.7	19.2	43.4	76.3	93.0	98.0	100.0	(%)	

測得回数 2713 回

St. 2 海底上 30m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	0.6	0.4	1.0	4.9	3.3	1.0	0.4	11.6	
NE	0.8	0.6	2.0	4.9	3.9	0.2	0.0	12.3	
ENE	0.7	1.7	3.9	5.6	2.2	0.0	0.0	14.0	
E	0.2	1.9	2.9	3.4	1.1	0.0	0.0	9.6	
ESE	0.4	1.8	2.5	1.3	0.7	0.0	0.0	6.7	
SE	0.4	0.7	0.2	1.2	0.1	0.0	0.0	2.7	
SSE	0.3	0.4	0.7	0.8	0.1	0.0	0.0	2.4	
S	0.2	0.4	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	1.5	
SSW	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	
SW	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	
WSW	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
W	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	
WNW	0.3	0.6	0.6	0.6	0.3	0.0	0.0	2.4	
NW	0.6	1.0	1.2	1.1	2.1	0.5	0.0	6.5	
NNW	0.7	1.5	2.2	2.0	3.2	1.8	0.1	11.5	
N	0.6	1.8	2.4	5.0	2.9	1.4	1.0	15.0	
合 計	7.0	14.1	21.4	31.0	20.0	4.9	1.5	100.0	
累 計	7.0	21.1	42.5	73.5	93.5	98.5	100.0	(%)	

測得回数 2712 回

表 11(5) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 20m, 10m)

St. 2 海底上 20m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	0.5	1.8	3.9	4.7	1.4	1.0	0.1	13.4	
NE	0.4	1.1	2.6	3.2	1.3	0.0	0.0	8.6	
ENE	0.7	1.8	5.3	4.1	1.1	0.1	0.0	13.1	
E	1.0	1.4	3.5	2.7	1.3	0.4	0.0	10.2	
ESE	0.8	1.1	1.7	1.1	0.9	0.3	0.0	6.0	
SE	0.3	1.5	1.3	1.4	0.5	0.1	0.0	5.2	
SSE	0.4	1.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	2.8	
S	0.2	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	
SSW	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	
SW	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	
WSW	0.2	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	
W	0.4	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	
WNW	0.7	0.4	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	2.2	
NW	1.1	1.6	1.4	1.4	0.4	0.2	0.0	6.1	
NNW	1.1	2.7	3.1	1.7	2.5	1.2	0.4	12.7	
N	1.0	2.0	3.9	3.8	3.2	1.4	0.3	15.7	
合 計	9.4	17.8	29.7	24.7	12.7	4.9	0.8	100.0	
累 計	9.4	27.1	56.8	81.5	94.3	99.2	100.0	(%)	

測得回数 2714 回

St. 2 海底上 10m

流速階級 (cm/s) 流 向	流速階級 (cm/s)								合 計
	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~		
NNE	1.5	6.6	6.2	1.1	0.1	0.0	0.0	15.5	
NE	1.7	5.7	5.2	0.6	0.0	0.0	0.0	13.1	
ENE	1.1	4.1	4.1	0.3	0.1	0.0	0.0	9.6	
E	1.0	3.3	3.2	0.7	0.0	0.0	0.0	8.1	
ESE	1.1	2.4	2.4	1.0	0.2	0.0	0.0	7.1	
SE	0.8	1.2	1.4	0.7	0.1	0.0	0.0	4.2	
SSE	0.5	0.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	
S	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	
SSW	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
SW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
WSW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
W	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	
WNW	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	
NW	0.3	0.6	0.4	0.4	0.1	0.0	0.0	1.8	
NNW	1.2	3.2	3.1	3.4	4.0	0.8	0.0	15.7	
N	0.9	5.7	7.7	3.8	2.6	0.2	0.0	20.9	
合 計	10.9	34.5	34.4	12.0	7.1	1.0	0.0	100.0	
累 計	10.9	45.4	79.8	91.8	99.0	100.0	100.0	(%)	

測得回数 2714 回

表 11(6) St. 2 の流速・流向の複合出現頻度 (海底上 5m)

St. 2 海底上 5m

流 向	流速階級 (cm/s)	0.0 ~ 9.9	10.0 ~ 19.9	20.0 ~ 29.9	30.0 ~ 39.9	40.0 ~ 49.9	50.0 ~ 59.9	60.0~	合 計
	NNE		2.4	8.8	2.6	0.2	0.0	0.0	0.0
NE		2.0	6.3	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1
ENE		1.9	5.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
E		1.6	3.6	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	7.6
ESE		0.9	2.8	2.4	0.4	0.0	0.0	0.0	6.6
SE		1.0	1.7	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	3.8
SSE		0.3	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
S		0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
SSW		0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
SW		0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
WSW		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
W		0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
WNW		0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
NW		0.4	1.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	2.5
NNW		1.0	5.3	4.7	6.0	2.2	0.1	0.0	19.4
N		2.1	9.2	7.1	3.2	0.7	0.0	0.0	22.4
合 計		14.9	45.8	25.7	10.4	3.0	0.1	0.0	100.0
累 計		14.9	60.7	86.4	96.9	99.9	100.0	100.0	(%)

測得回数 2712 回



## (2) 調和解析結果と潮流楕円

St. 1 の海底面上 100m では、半日周期の M2 分潮が最も大きく、長軸流速は 20 cm/s である。次いで日周期の K1 分潮の長軸流速が 8 cm/s となっている。海底面上 10m では、半日周期の M2 分潮が最も大きく、長軸流速は 25 cm/s である。次いで半日周期の S2 分潮の長軸流速が 10 cm/s となっており、他の分潮の長軸流速は 10 cm/s 未満である。St. 1 では、半日周期の M2 分潮が占める割合がいずれの水深でも大きくなっている。

St. 2 の海底面上 100m では、半日周期の M2 分潮が最も大きく、長軸流速は 17 cm/s である。次いで日周期の K1 分潮の長軸流速が 11 cm/s となっており、他の分潮の長軸流速は 10 cm/s 未満である。海底面上 10m では、半日周期の M2 分潮が最も大きく、長軸流速は 20 cm/s である。次いで半日周期の S2 分潮の長軸流速が 13 cm/s となっており、他の分潮の長軸流速は 10 cm/s 未満である。海底面近くでは、半日周期の M2 分潮が占める割合が大きくなっている。水深方向の変化については、海底面上 100m から海底面上 10m に徐々に変化していく傾向にある。

## 1.2 平成 20 年度調査結果

### 1.2.1 対馬海峡周辺海域

#### (1) 流況調査

St.1 (水深約 140m) において、海底設置型超音波式流速計 (TRBM-ADCP) を用いて、平成 20 年 8 月 6 日～9 月 11 日の約 36 日間にわたり連続観測を実施した (海象不良につき、流速計の回収が遅れたため、30 昼夜以上となった)。観測の仕様は、観測層厚：2m，観測間隔：10 分，観測時間：2 分，サンプリング間隔：0.5 秒である。また、6～10 月の各月に実施した水質調査時には、GPS フロートによる海面 (海面下 5m) の流向・流速の観測を行った。

#### 1) 流速の経時変化

図 17～図 19 に、代表層の流速絶対値、流速ベクトル、成分流速の経時変化をそれぞれ示す。図 20 には流速の経時変化のコンタ図を示す。

また、調査地点近傍に位置する測候所・観測所 (図 21) における調査期間中の気象・海象状況の経時変化を図 22 に示す。

各結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・調査期間中、NE 系の一様流が卓越していた。これは対馬暖流の影響と考えられる。
- ・流速は、大潮時に相対的に大きくなる傾向 (小潮時はその逆の傾向) が確認できた。
- ・調査期間中、表層付近で 90cm/s を超えたのが 3 回ほどあった。なお、流速が表層で 90cm/s を超えたときでも、底層では 40cm/s 程度に半減する傾向が見られた。当該時刻の気象・海象を見ると、波高が 1～1.5m、あるいは 5～10m/s の強い南風が吹いていたなど、ほぼ共通の条件下であったことが分かった。
- ・流速コンタ図より、海底上 30～40m (水深 90～100m) を境に、上層と下層で流れの傾向が異なることが分かった。
- ・気象・海象状況の経時変化より、調査期間中は有義波高が 2m、また風速が 10m/s を越える日が数回あったものの、台風などの大きな擾乱はなく、そのため流速には大きな変動が見られなかった。

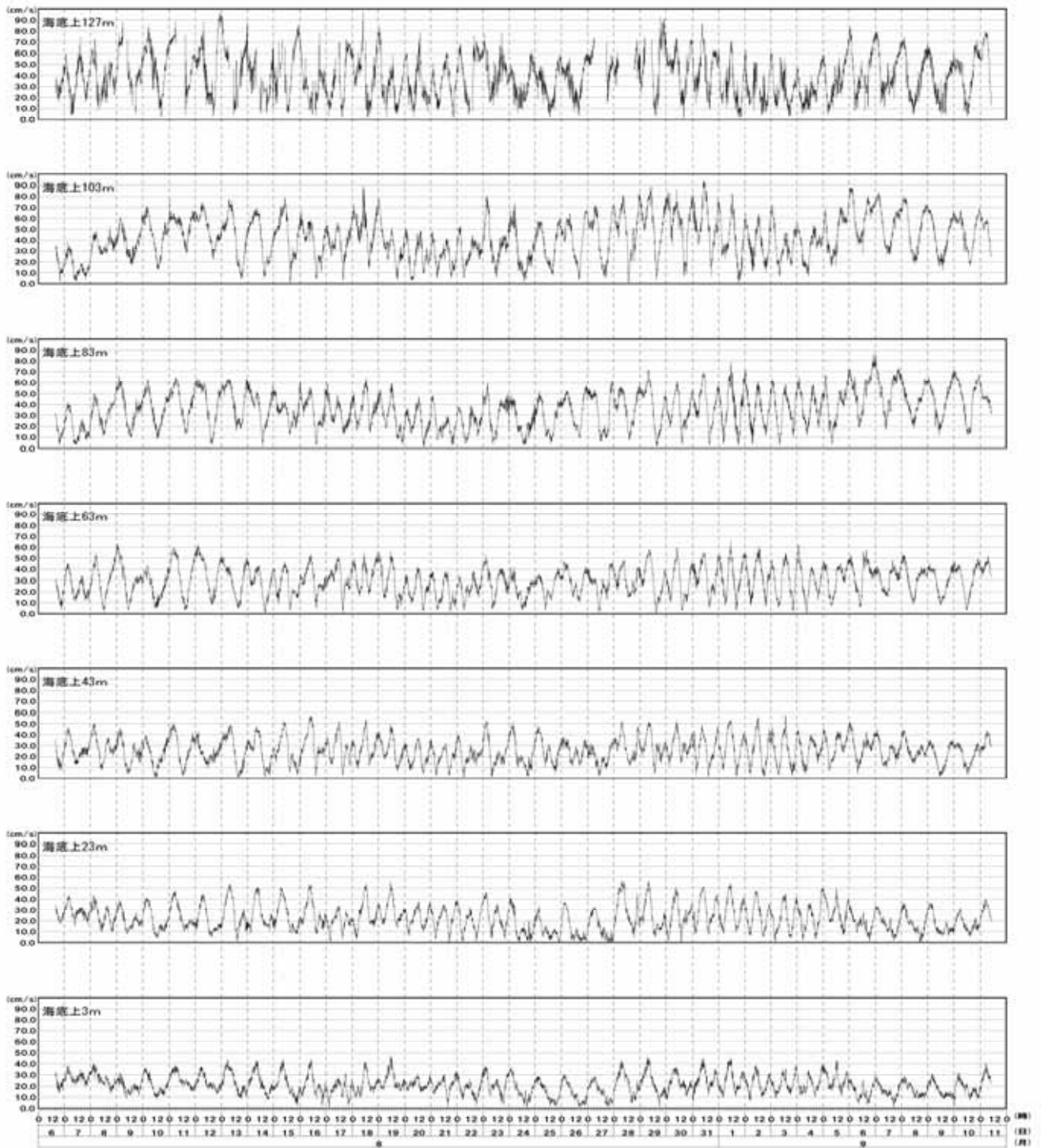


図 17 流速絶対値の経時変化

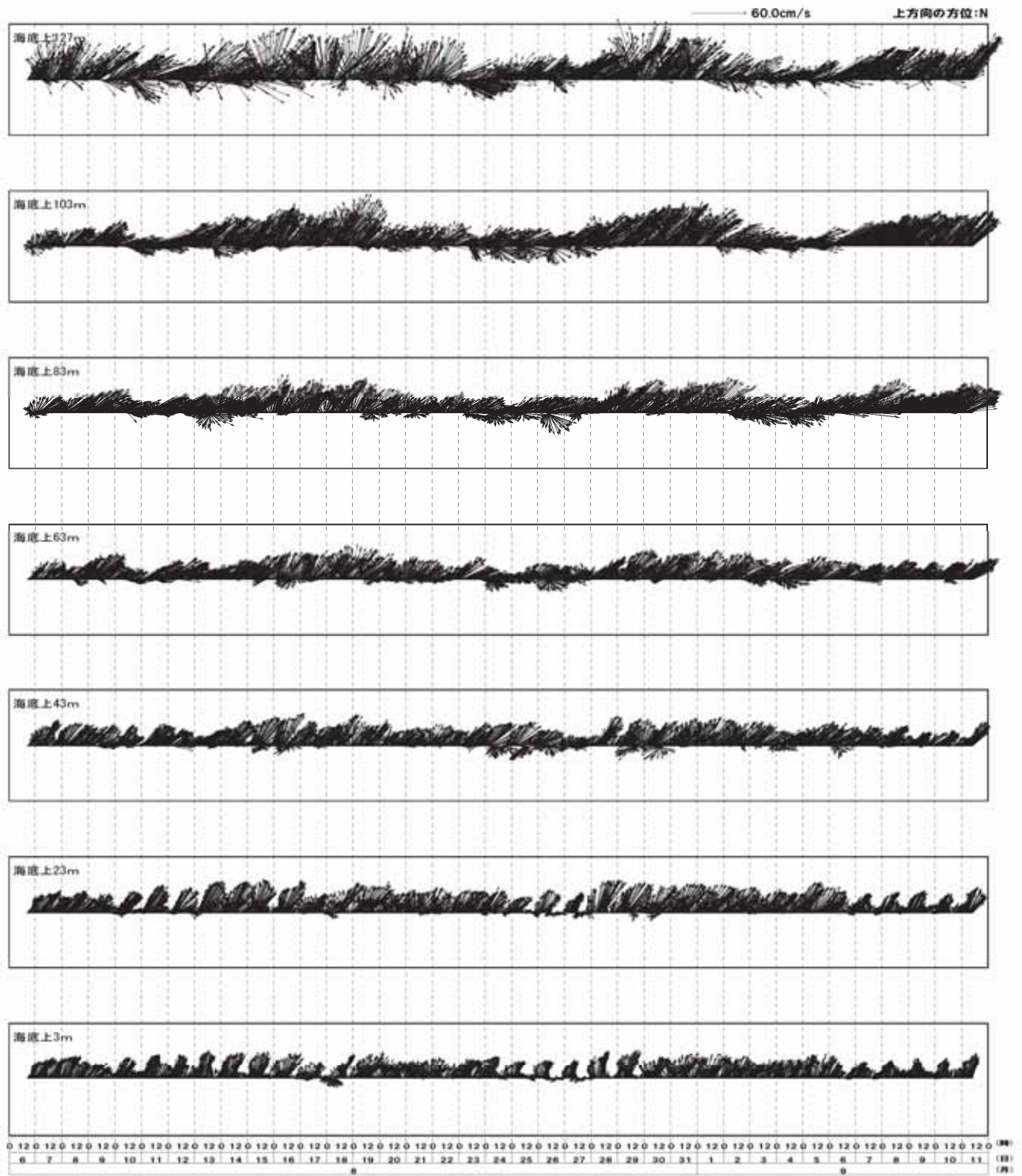


図 18 流速ベクトルの経時変化

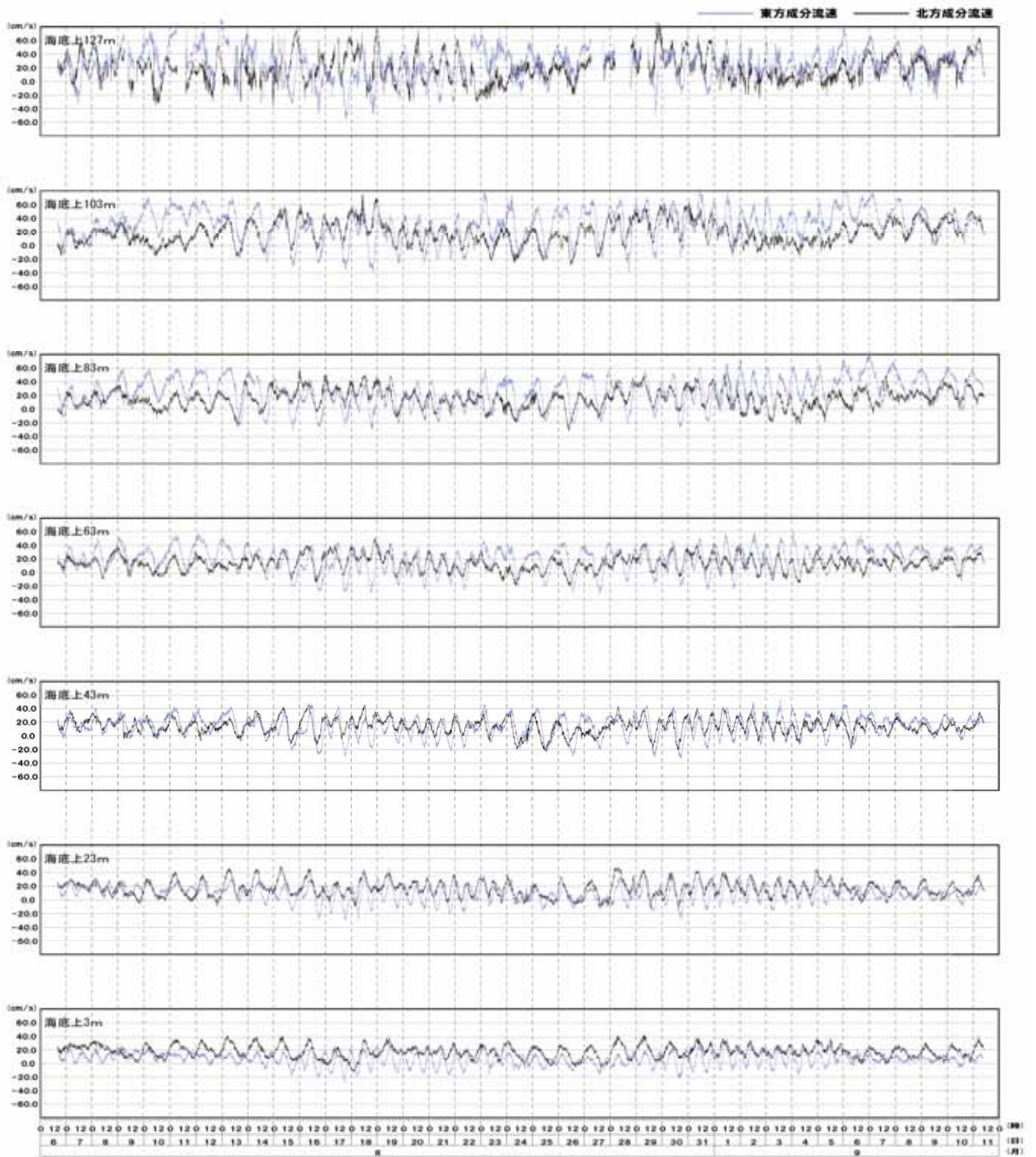


図 19 東方・北方成分流速の経時変化

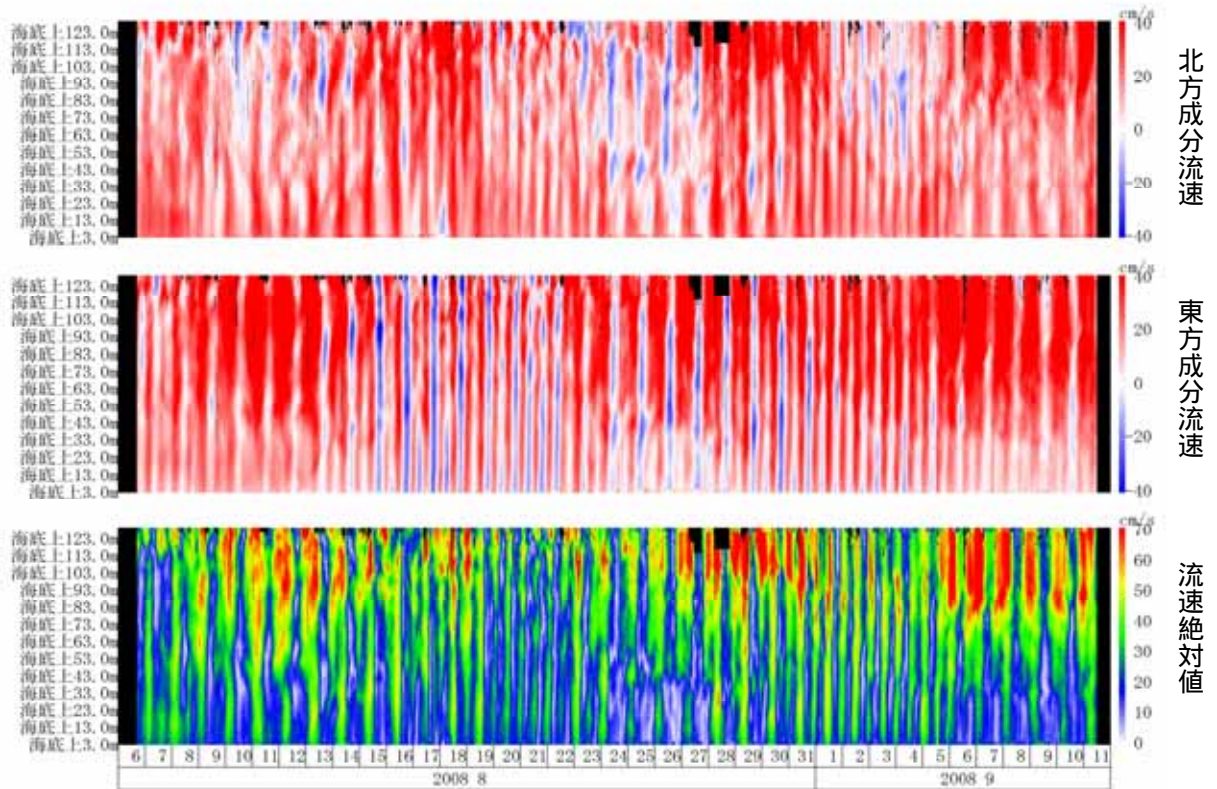


図 20 流速の経時変化のコンタ図（黒い部分は欠測）

測候所・観測所	観測データ	位置
厳原	気温・降水量・風向風速	34° 11' 48" N 129° 17' 30" E
福江島(水深50m)	波浪	32° 45' 25" N 128° 37' 38" E
対馬	潮位	34° 16' 00" N 129° 19' 00" E

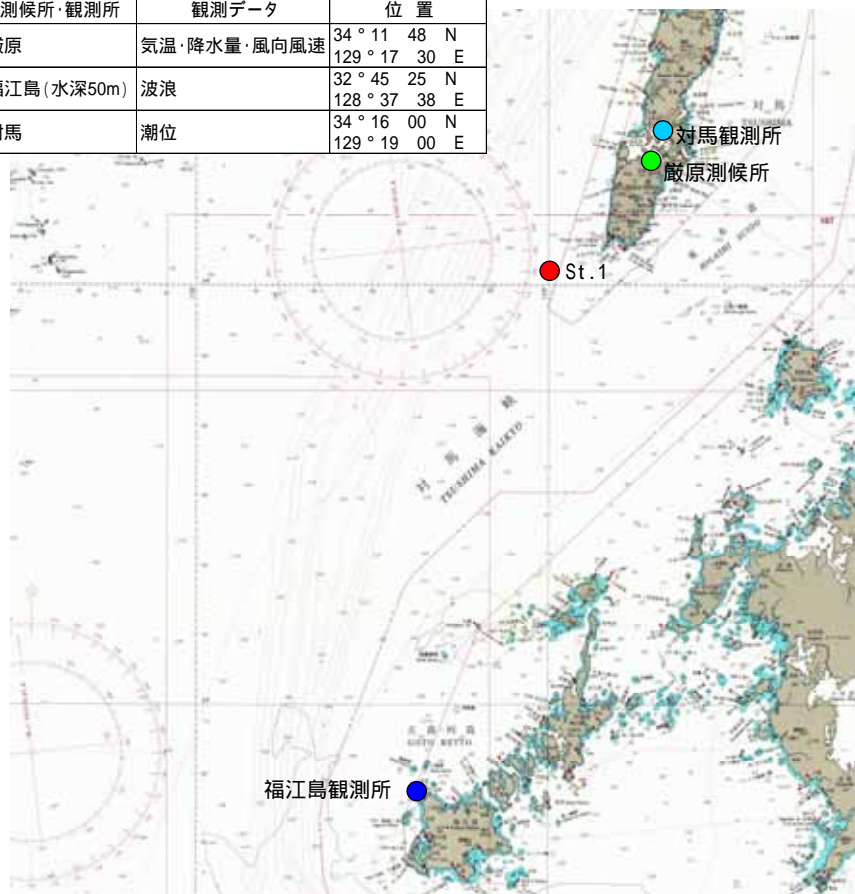


図 21 測候所・観測所の位置図

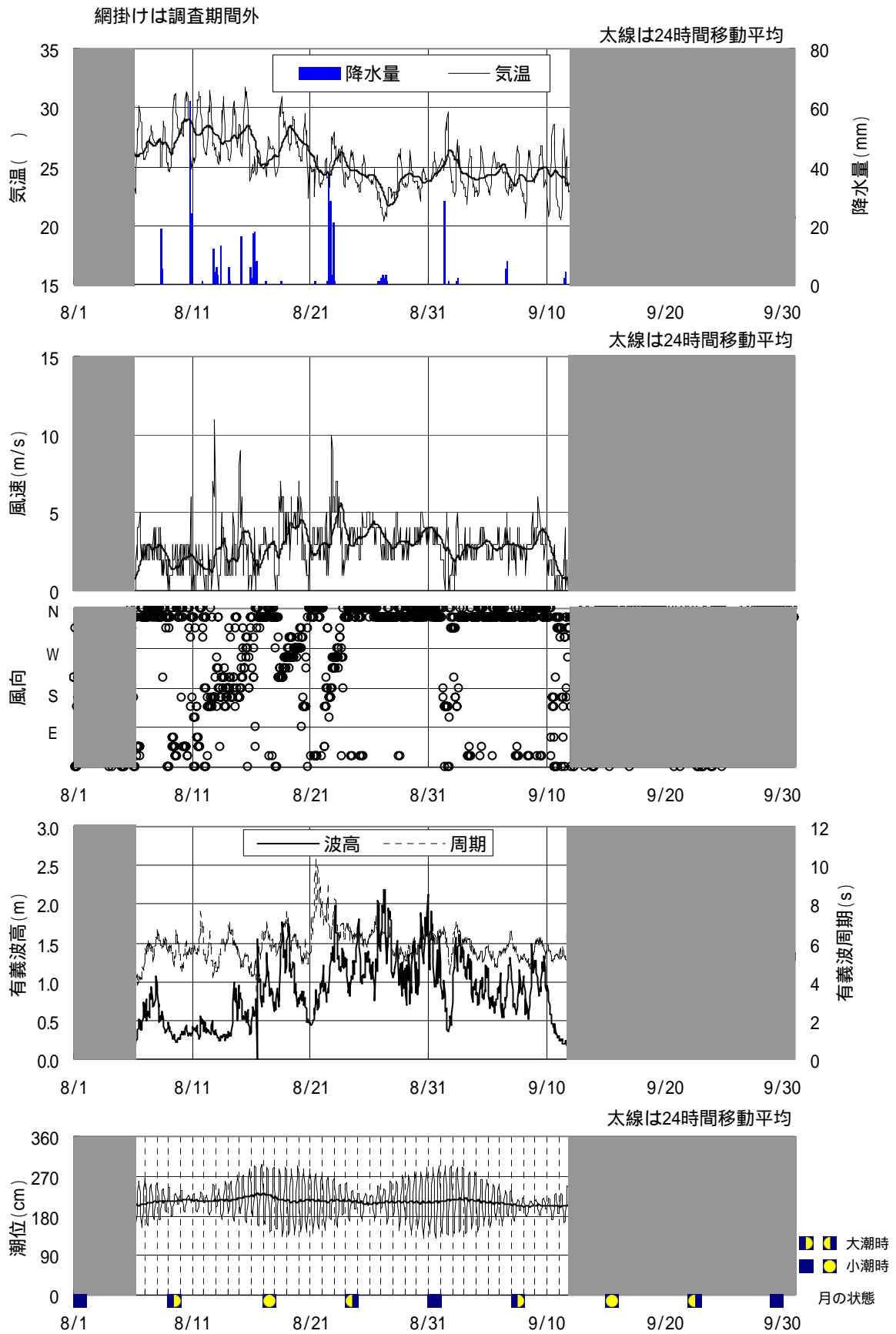


図 22 気象・海象の経時変化

(出典：気温・降水量・風 気象庁 アメダス，波浪・潮位 気象庁 海洋の健康診断表)

## 2) 平均流速

調査期間中の各水深帯における平均流速ならびに流向を図 23 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・平均流速は、表層（海底上 100m～海面：水深 0～40m）で約 30～35cm/s、底層（海底～海底上 40m：水深 100～140m）で約 20cm/s 前後、中層は 30～20cm/s で底層に向かって緩やかに減少傾向であった。
- ・平均流の流向は、水深 100m 以浅は概ね NE 方向で、それ以深ではやや N 寄りに変化していた。

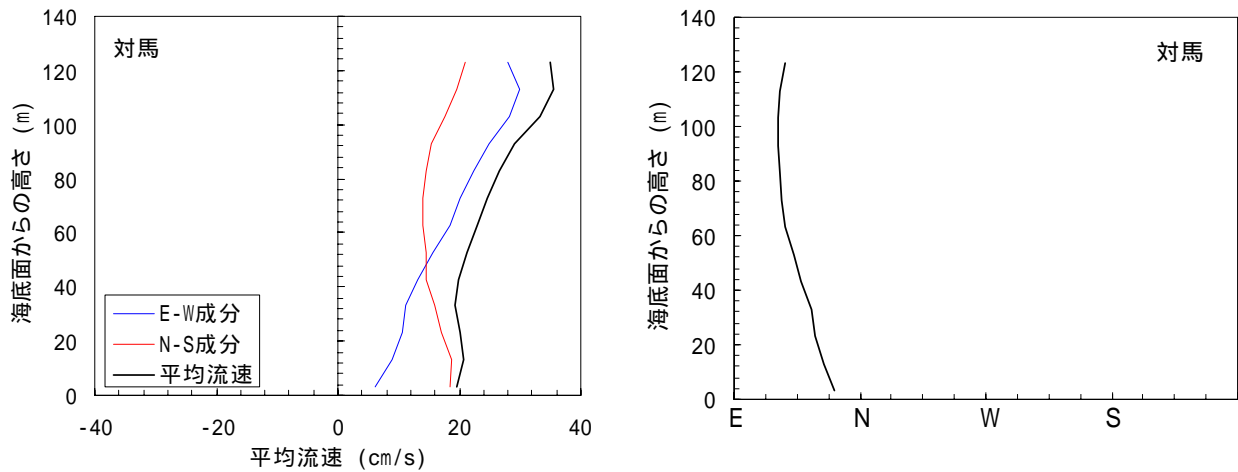


図 23 平均流速ならびに流向



### 3) 流向・流速頻度分布

代表層の流向・流速頻度分布を図 24 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・海面から海底上 63m (水深 0 ~ 80m) 付近までは、最も卓越している流向が ENE、次いで NE なのに対し、海底上 43 ~ 23m (水深 100 ~ 120m) では卓越流向が NE、さらに海底上 3m (水深 140m) では卓越流向が NNE と、底層に向かうにつれて北偏傾向であった。
- ・流速の出現頻度に注目すると、海面から海底上 63m (水深 0 ~ 80m) までは、流速 40cm/s 以上の出現頻度が大半を占める結果となった。一方で、海底上 43m (水深 100m) 以深は、20 ~ 30cm/s の出現頻度が大きいことが分かった。

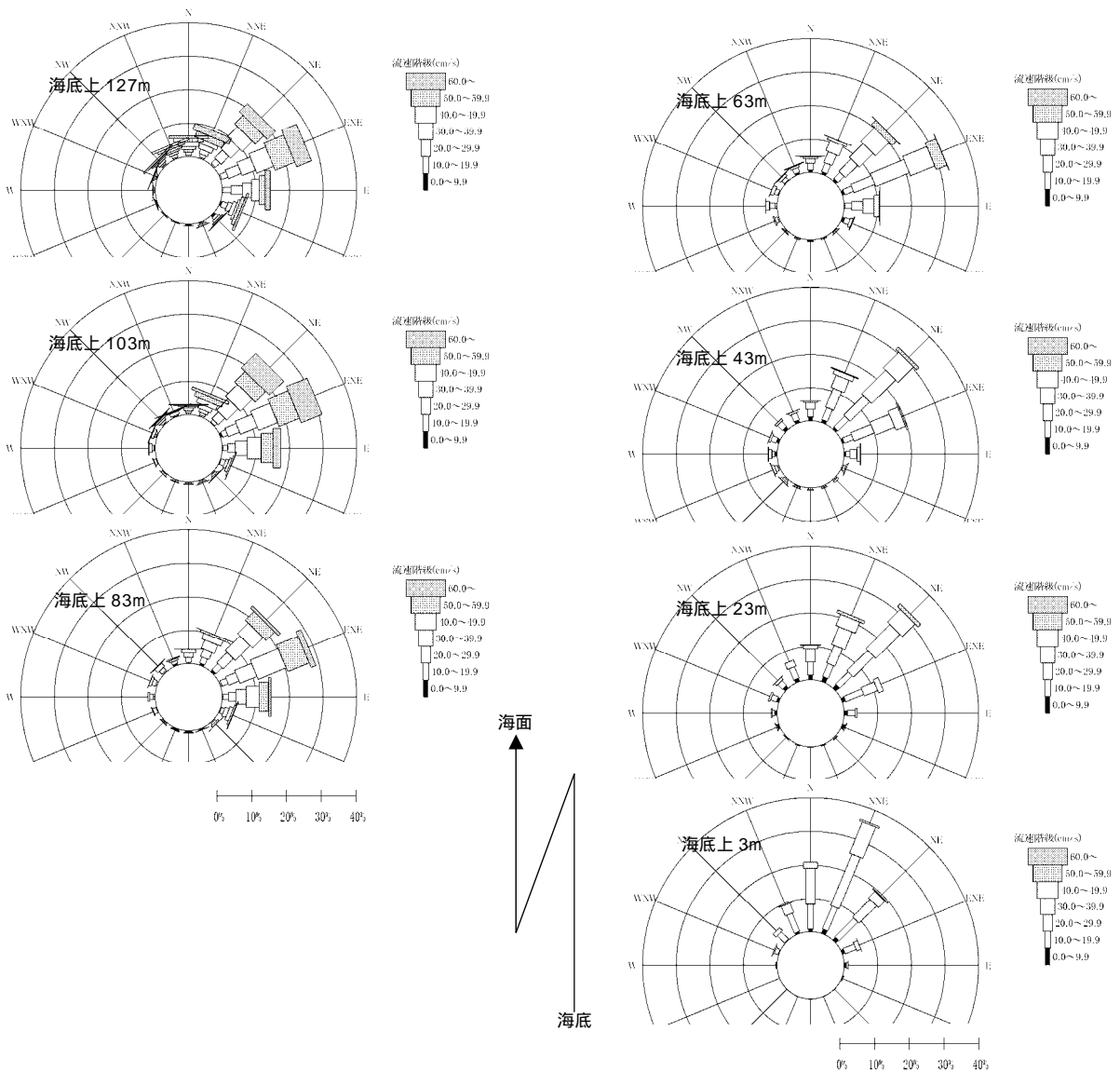


図 24 流向・流速頻度分布図

#### 4) スペクトル解析

代表層のスペクトル解析を行った結果を図 25 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・各水深の結果では、周期帯 24 時間、12 時間でのスペクトルに明瞭なピークが見られた。これは日周潮、半日周潮に該当するもので、2 つの周期のスペクトル量は同程度であった。
- ・周波数 0.02 未満（周期 50 時間以上）の長周期成分に比べ、日周潮、半日周潮のスペクトル量は同程度かやや上回るので、流速変動は日周期・半日周期の周期性が卓越していると判断できる。
- ・前述のとおり、流向は表～中層にかけては ENE が卓越するのに対し、底層は NNE に傾いている。同様に、日周期のスペクトルにおいても、表～中層は東方成分が強く、一方で底層は北方成分が強い結果となった。

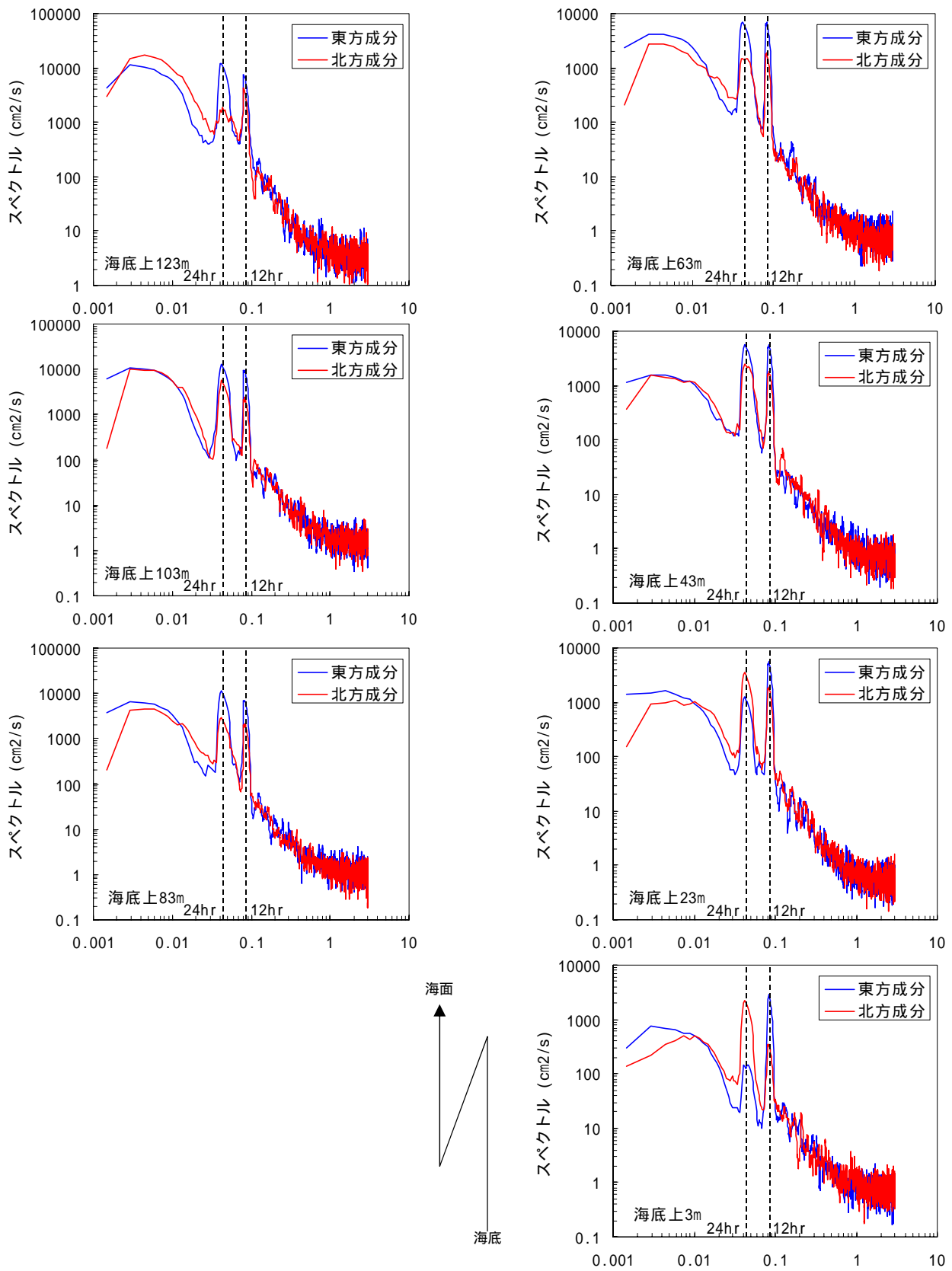


図 25 スペクトル解析結果

5) 調和分解

各層の潮流調和分解を行った。主要 4 分潮 (K1, O1, M2, S2) の調和定数 (楕円長軸) を表 12 に示す。また、最も卓越した M2 分潮の代表層の潮流楕円を図 26 に示す。

結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・いずれの水深も、最も卓越する分潮は主太陰半日周潮 M2(周期 12.42 時間)であった。
- ・M2 分潮の長軸流速は、表～中層では 16cm/s 前後に対し、底層では 10cm/s 前後に漸減傾向であった。方向は、表～中層では ENE-WSW 方向に対し、底層ではやや傾き E-W 方向となった。
- ・M2 の次に卓越する分潮は、日月合成日周潮 K1(周期 23.93 時間)と主太陰日周潮 O1(周期 25.82 時間)であった。
- ・K1, O1 とともに、表層では ENE-WSW 方向、流速が 13cm/s 前後に対し、底層では NNE-SSW 方向、流速が 7cm/s 前後であった。
- ・恒流成分は、表～中層では NE 方向、流速が 30cm/s 前後に対し、底層では NNE 方向、流速が 20cm/s 前後であった。
- ・半日周潮 (M2, S2) は、底層付近で E-W 方向の振幅を示すが、当該海域では、前述のとおり海流 (対馬暖流) の影響が大きく、海底付近では NNE-SSW 方向の振幅が卓越する。このため、半日分潮の E-W 方向の振幅が消されているものと推察される (図 27)。

表 12 主要 4 分潮の調和定数 (楕円長軸)

解析期間 2008年8月7日 ~ 2008年9月6日 (30日)

観測層 (海底上) (m)	K1分潮			O1分潮			M2分潮			S2分潮			恒流 (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 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)
127	72.3	12.8	286.6	270.4	12.8	69.5	43.4	14.2	330.1	49.5	5.8	340.5	54.7	29.7
123	77.3	13.8	296.4	80.7	12.9	253.0	62.6	15.9	2.2	58.2	6.5	10.7	55.0	34.0
113	65.9	12.9	308.6	68.4	13.1	266.7	65.7	15.9	0.0	68.6	7.5	15.5	58.0	36.0
103	56.9	14.8	306.3	65.6	12.6	264.8	72.4	16.4	359.6	69.0	7.9	19.0	59.6	33.8
93	66.3	14.4	307.7	63.8	13.5	265.7	74.1	14.9	355.8	74.3	7.5	18.1	60.0	29.7
83	71.9	13.1	299.4	67.1	12.4	260.8	71.3	15.5	352.5	66.2	7.1	17.9	58.9	27.3
73	71.0	10.6	298.8	69.3	11.6	257.6	70.8	15.1	348.8	61.8	7.1	16.1	57.2	24.9
63	65.9	9.8	299.7	70.8	10.1	256.8	72.3	15.0	347.4	66.1	7.6	22.8	53.9	23.2
53	60.6	9.3	300.3	64.3	9.8	257.9	71.6	14.6	340.7	67.6	6.7	16.1	48.2	21.4
43	56.7	9.7	304.2	58.4	10.0	263.8	70.2	13.6	336.2	65.9	7.7	14.9	42.7	20.0
33	42.3	8.4	319.4	47.7	8.6	273.7	68.9	13.6	327.2	67.8	7.4	9.1	35.3	19.6
23	26.7	7.8	340.6	32.0	7.6	292.3	72.5	13.3	318.8	69.8	7.2	4.0	32.1	20.2
13	15.3	7.7	348.1	20.4	7.7	300.0	83.5	12.1	316.9	74.4	6.8	5.5	25.6	20.9
3	5.0	5.4	3.9	8.3	5.4	306.9	86.5	8.8	310.4	74.7	5.8	359.9	18.0	19.5

方向は 0° が N

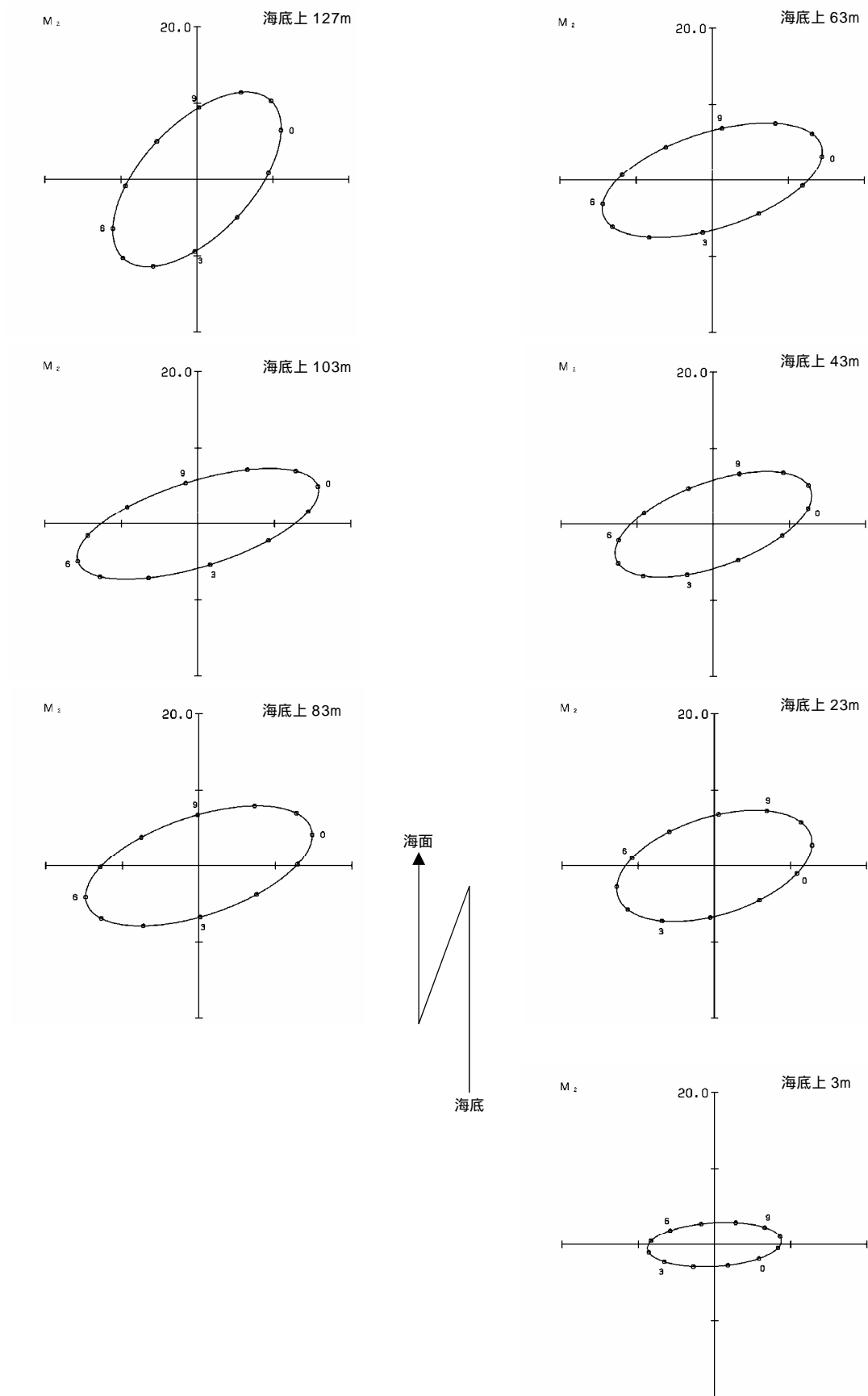


图 26 潮流椭圆 (M<sub>2</sub> 分潮)

観測場所：対馬海域 S t . 1  
 観測層：海底上 13 m

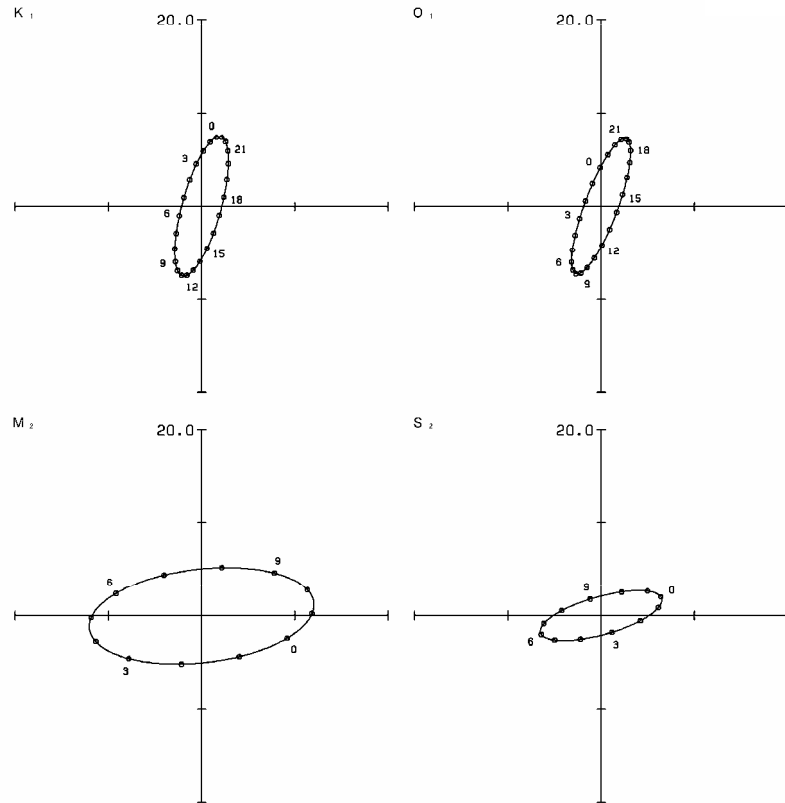


図 27(1) 海底付近の主要 4 分潮の潮流楕円 (海底上 13m)

観測場所：対馬海域 S t . 1  
 観測層：海底上 3 m

観測期

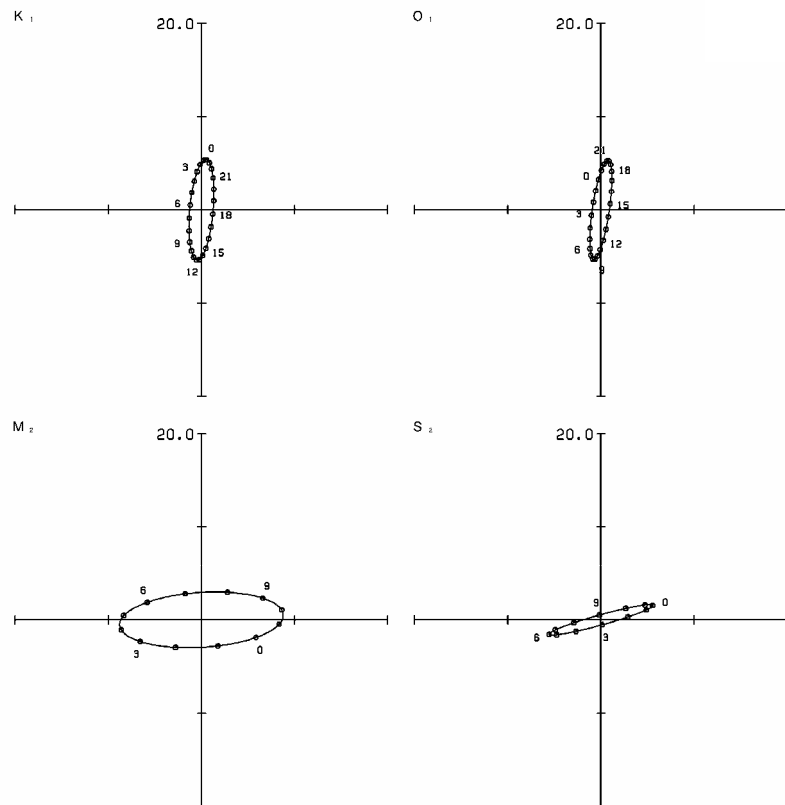


図 27(2) 海底付近の主要 4 分潮の潮流楕円 (海底上 3m)

## 6) 海面の流況

6～10月の水質調査時に実施したGPSフロートによる海面(海面下5m)の流況観測結果を図28に示す。また、図29には各調査日の潮位グラフ(対馬観測所)を示す。

ここで、既往資料<sup>\*</sup>によると、当該海域では満潮の1～2時間後から干潮の1～2時間後までが下げ潮(北東流)、干潮の1～2時間後から満潮の1～2時間後までが上げ潮(南西流)とされている。

### 6月調査(6/1 14:33～14:43)

- ・フロートは最大0.40m/s、平均0.11m/sでSW方向に流れ、10分間の観測終了間際には若干W方向へ進路を変更した。
- ・調査当日は、12:39に干潮を記録していることから、上記知見を踏まえると、調査時刻は上げ潮に転じた頃と考えられる。

### 7月調査(7/1 12:34～12:44)

- ・フロートは最大0.67m/s、平均0.37m/sでNE方向に流れた。
- ・調査当日は、13:12に干潮を記録していることから、上記知見を踏まえると、調査時刻は下げ潮の最中と考えられる。

### 8月調査(8/6 13:20～13:30)

- ・フロートは最大0.67m/s、平均0.46m/sでNNE方向に流れた。
- ・調査当日は、11:58に満潮を記録していることから、上記知見を踏まえると、調査時刻は下げ潮に転じた頃と考えられる。

### 9月調査(9/11 13:17～13:27)

- ・フロートは最大0.67m/s、平均0.10m/sでS方向に流れた。
- ・調査当日は、12:15に干潮を記録していることから、上記知見を踏まえると、調査時刻は上げ潮に転じた頃と考えられる。

### 10月調査(10/7 12:12～12:22)

- ・フロートは最大0.62m/s、平均0.30m/sでSSE方向に流れた。
- ・調査当日は、14:50に満潮を記録していることから、上記知見を踏まえると、調査時刻は上げ潮の最中と考えられる。

<sup>\*</sup> 続・日本全国沿岸海洋誌(総説編・増補編)、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

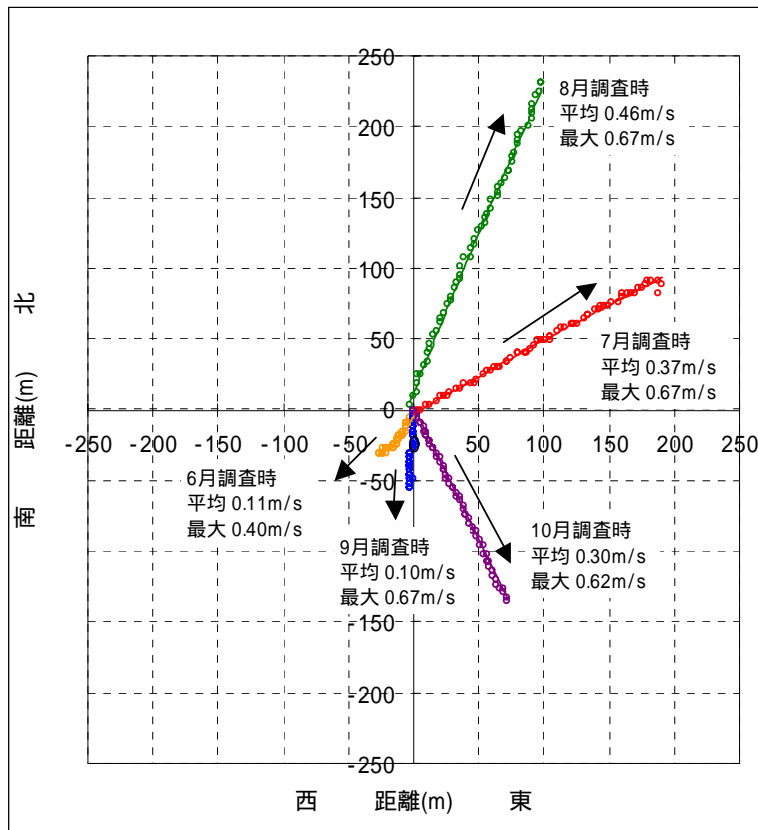


図 28 GPS フロートによる海面の流向・流速

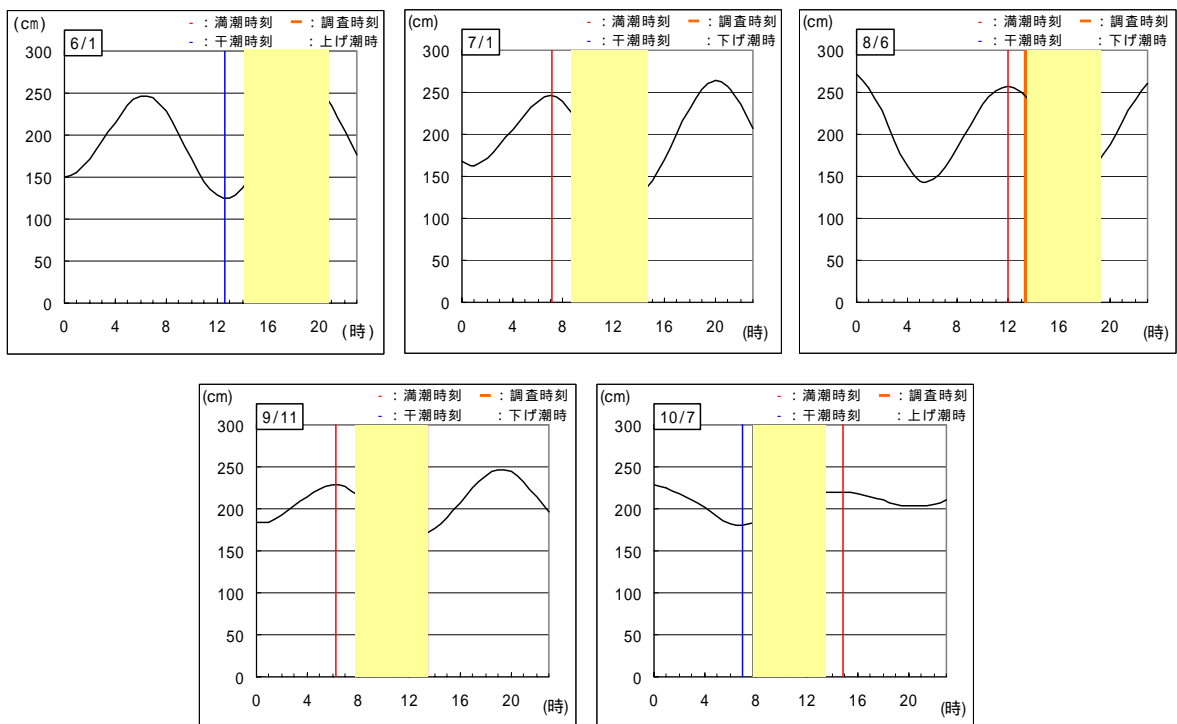


図 29 各調査日の潮位グラフ (対馬)



## 7) 流況調査のまとめ

前述の各解析結果より、当該海域における調査期間の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- 当該海域では、NE系の一様流が卓越する。これは対馬暖流の影響と考えられる。
- 流速は、大潮時に大きくなる（小潮時は小さくなる）。
- 水深90～100mを境に、上層と下層で流れの傾向が異なる。
- 平均流の流速は、表層（水深0～40m）で約30～35cm/sで、底層に向かって緩やかに減少し、底層（水深100～140m）で約20cm/s前後である。流向は、水深100m以浅は概ねNE方向で、それ以深ではややN寄りに変化する。
- 卓越流向は、水深0～80m付近までがENE、次いでNEなのに対し、水深100～120mではNE、さらに水深140mではNNEと、底層に向かうにつれて北偏する。
- 流速変動は、日周期・半日周期の周期性が卓越している。
- 最も卓越する分潮は、主太陰半日周潮M2(周期12.42時間)であり、その長軸流速は表～中層では16cm/s前後に対し、底層では10cm/s前後に漸減傾向であった。方向は、表～中層ではENE-WSW方向に対し、底層ではやや傾きE-W方向となった。これは、他の分潮や恒流が底層に向かうにつれて北偏傾向であることを考えると、特徴的な傾向である。
- M2の次に卓越する分潮は、日月合成日周潮K1(周期23.93時間)と主太陰日周潮O1(周期25.82時間)で、いずれも表層ではENE-WSW方向、流速13cm/s前後に対し、底層ではNNE-SSW方向、流速7cm/s前後であった。

湧昇マウンドなどの構造物を想定したとき、構造物の法線は主流向に対して直角方向とするのが効果的と考えられる。今回の現地調査結果を踏まえると、調査地点の底層では卓越流向がNNEであることから、構造物の法線はESE-WNW方向とするのが望ましい。

## (2) 水温・塩分鉛直観測

St.1 (水深約 140m) において、6～10月の各月に多項目水質計(CSTD)を用いて、海面から海底面までの水温，塩分，クロロフィル a，密度(SigmaT)を 0.5m 間隔で測定した。

図 30 に各項目の鉛直分布を示す。なお、クロロフィル a については、採水分析結果(図中の 印)を用いてキャリブレーションを行い、CSTD にて得られた結果を補正している。

### 1) 各月の調査結果

#### 6月調査(6/1 10:00)

- ・水温躍層が水深 30～50m 付近に見られ、躍層上は約 20、躍層以深は約 15 で一様であった。
- ・塩分は水深 60m まで 34.2 前後、水深 80m 以深は 34.6 で安定しており、上下層の差はほとんどなかった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 56m 付近にあり、ピーク値は約 1.09  $\mu\text{g/l}$  であった。

#### 7月調査(7/1 10:22)

- ・水温躍層が水深 20～40m 付近に見られ、躍層上は約 22、水深 80m 以深は約 15 で一様であった。
- ・塩分は海面から水深 20m まで 33.0 前後、水深 80m 以深は一様に 34.5 前後であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 30m 付近で、ピーク値は約 1.85  $\mu\text{g/l}$  であった。

#### 8月調査(8/6 12:52)

- ・水温躍層が水深 20～40m 付近に見られ、躍層上は約 29、水深 100m 以深は約 15 で一様であった。
- ・塩分は海面から水深 20m まで 32.5～33.0、水深 80m 以深は一様に 34.4 前後であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 35m 付近にあり、ピーク値は約 1.60  $\mu\text{g/l}$  であった。

#### 9月調査(9/11 13:06)

- ・水温躍層が水深 40～75m 付近に見られ、躍層上は 25～27、水深 120m 以深は約 15 で一様であった。
- ・塩分は海面から水深 30m まで 33.5 前後、水深 100m 以深は一様に 34.4 前後であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 40m 付近にあり、ピーク値は約 2.19  $\mu\text{g/l}$  であった。

#### 10月調査(10/7 9:28)

- ・水温躍層が水深 55～75m 付近に見られ、躍層上は水温約 26 で一様であった。また水深 100m 付近にも躍層が存在し、躍層以深では水温約 15 で安定していた。
- ・塩分は海面から水深 55m まで一様に 33.5 前後で、水深 75m 以深では 34.5 前後であった。
- ・クロロフィル a はピークが不明瞭であるため、参考値としてピーク値約 0.84  $\mu\text{g/l}$  を示す水深 50m 付近を極大層とした。

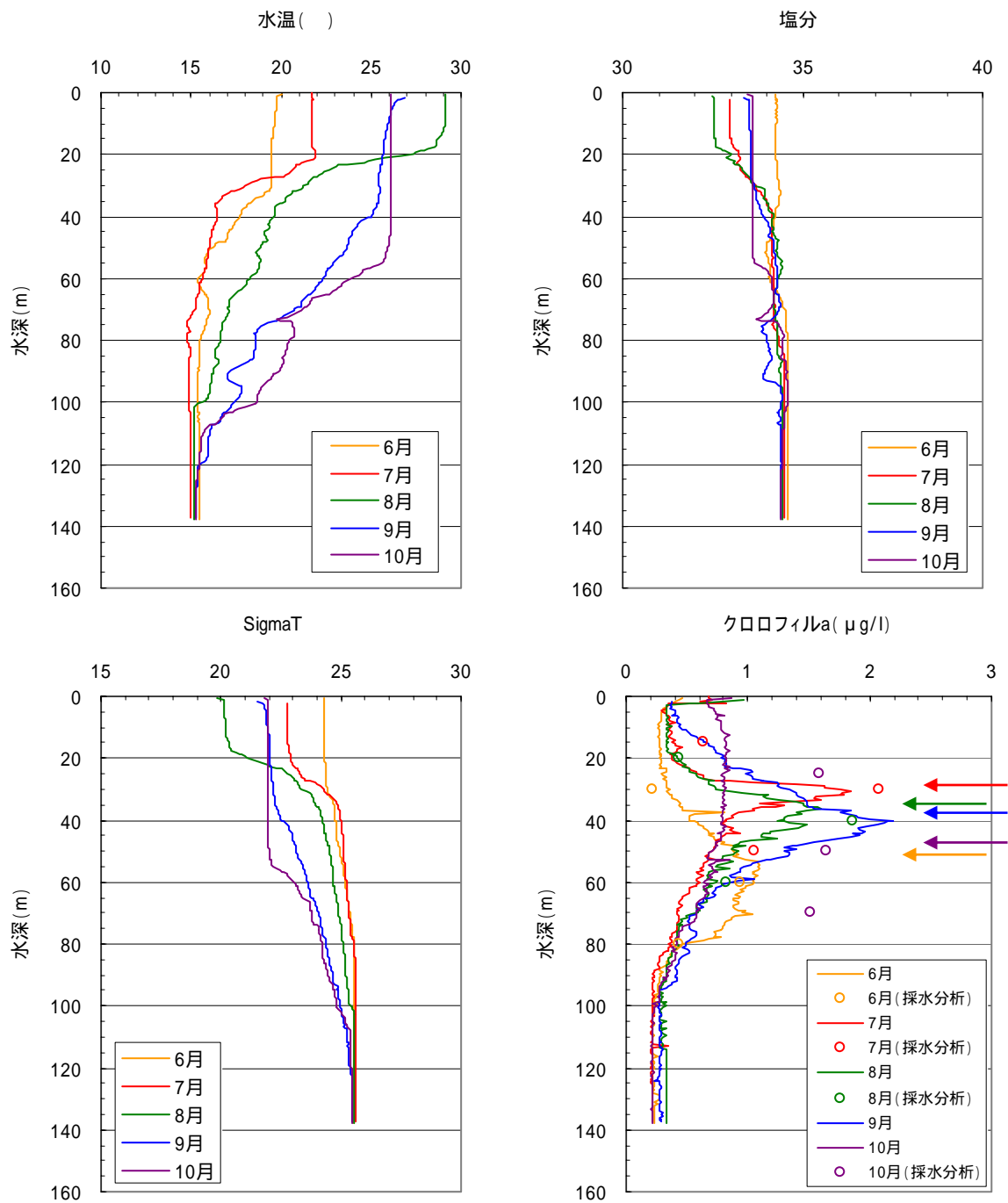


図 30 水温・塩分・SigmaT・Chl-a の鉛直分布

## 2) 既往の知見との比較

本調査結果で7~8月の上層が低塩分(32.5~33.0)となっている。既往資料\*によると、対馬暖流が北流過程で東シナ海大陸棚上の水塊、即ち中国大陸沿岸水の強力な希釈を受けるためとされており、上記結果は当該海域の特徴であることが分かる。

また、同資料によると、調査地点は離れているがクロロフィル a 量は、東シナ海薩南海域では水深30~60m層で極大値を示し、おおよそ1.0 $\mu\text{g/l}$ 程度とある。本調査結果と照らし合わせると極大層は概ね一致しており、当該海域の特徴であることが分かる。

## 3) 昨年度調査との比較

参考として、昨年度に東シナ海(五島沖)で実施した現地観測と本調査結果との比較を行った。

- ・2007.6.26~27は水温躍層が水深20m付近に見られ、今回(7月)の結果(水深20~40m)とさほど変わらない。クロロフィル a の極大層は水深45m付近に確認されており、今回の結果(水深30m付近)より15mほど深い。
- ・2007.8.17~18は水温躍層が水深45m付近に見られ、今回の結果(水深20~40m)より若干深い。クロロフィル a の極大層はピークが明瞭でなく、水深60m付近で数値が高い(今回は水深35m付近)。
- ・2007.9.5は水温躍層が水深30m付近に見られ、今回の結果(水深40~75m付近)より若干浅い。クロロフィル a の極大層は水深45m付近に確認されており、今回の結果(水深40m付近)とほぼ同等である。
- ・2007.10.2は水温躍層が水深30m付近に見られ、今回の結果(水深55~75mおよび100m付近)より浅い。クロロフィル a の極大層は水深50m付近に確認されており、今回の結果(水深50m付近)とほぼ同等である。

以上より、調査地点は離れているものの、水温躍層とクロロフィル a 極大層いずれも今回の調査結果と概ね同等であると言える。

---

\* 続・日本全国沿岸海洋誌(総説編・増補編)、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

#### 4) 水温・塩分鉛直観測のまとめ

当該海域における水温・塩分・クロロフィル a の鉛直分布に関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 躍層上の水温は、6～8月にかけて上昇し、8月をピークに10月にかけて下降する。一方で、躍層下（特に底層付近）は 15 で季節変動はほとんど見られなかった。
- 海面～水深 40m の塩分は、6月が最も高く、7～8月にかけて低くなり、9～10月は再び高くなる。これは夏場に躍層上の水塊が大陸沿岸水の強力な希釈を受ける当該海域の特徴であって、その年の大陸沿岸水の勢力によって傾向が異なることが想定される。一方で、水深 80m 以深では 34.5 前後で季節変動はほとんど見られなかった。
- 今回の結果から得られた、クロロフィル a の極大層（30-60m）ならびにピーク値は、概ね当該海域の特徴と言える。
- 当該海域の海底付近の水塊は、水温 15～16、塩分 34.5 前後で安定している。また、中層に塩分極小層が見られることが特徴的である。塩分極小層はその上下層と比べ、低温・低塩の特徴がある。これは、外部陸棚水と呼ばれる黒潮と比して若干低塩分あるいは低酸素の水塊が等密度面に貫入したものと推察され、近隣海域で実施された既往の調査\*で同様の結果が得られている（図 31 参照）。

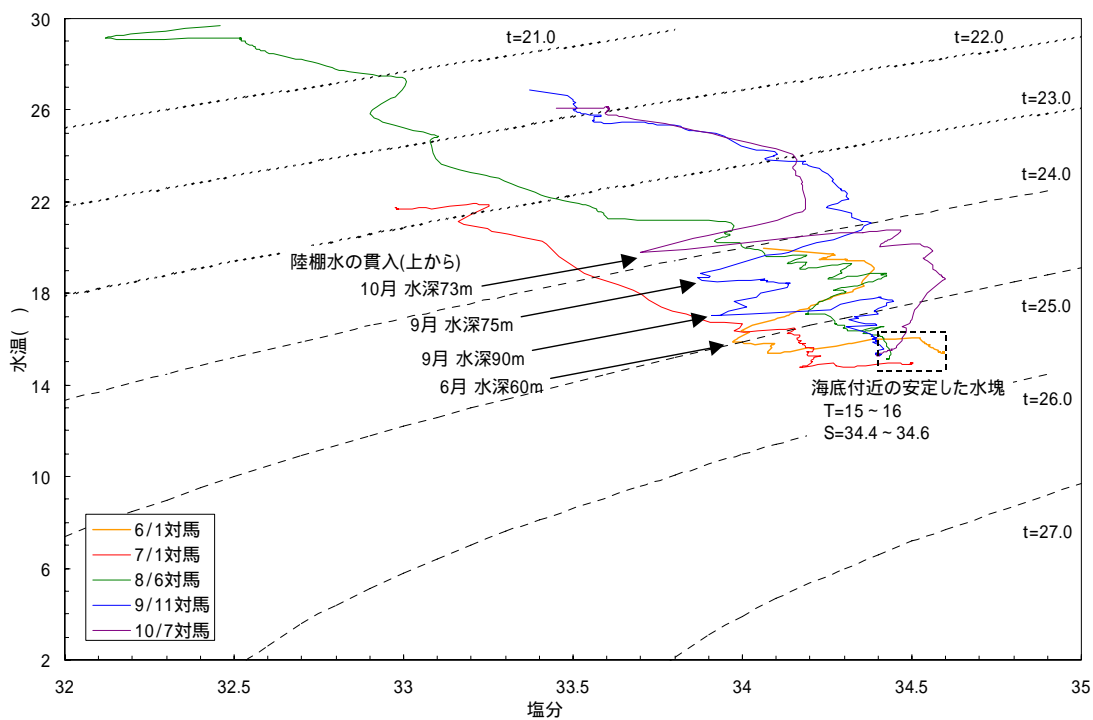


図 31 T-S ダイアグラム

\* 計画研究 3 東シナ海の海況モニタリングの研究、研究代表者 市川 洋

### (3) 水質調査

St.1 (水深約 140m) において、6～10月の各月(9月除く)にバンドン採水器を用いて計6層で採水を行い、栄養塩濃度(計7項目)の分析を行った。

#### 1) 各月の調査結果

表13に各月の水質分析結果を示す。図32には窒素、リン、珪素の分析結果、そしてN/PとSi/P(後述参照)についてそれぞれ示す。

##### 6月調査(6/1 10:00～10:52)

- ・クロロフィル a の極大層(水深 56m)以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・植物プランクトンの補償深度(水深 70m 後述参照)以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

##### 7月調査(7/1 10:22～11:09)

- ・窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く(リンは定量下限値未満)、中～底層にかけて濃度が高かった。
- ・クロロフィル a の極大層(水深 30m)以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・植物プランクトンの補償深度(水深 35m)以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

##### 8月調査(8/6 12:52～14:11)

- ・窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く(リンは定量下限値未満)、中～底層にかけて濃度が高い。
- ・クロロフィル a の極大層(水深 35m)以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・植物プランクトンの補償深度(水深 40m)以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

##### 10月調査(10/7 9:28～10:06)

- ・窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く、中～底層にかけて濃度が高い。
- ・クロロフィル a の極大層(水深 50m 参考値)以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・植物プランクトンの補償深度(水深 34m)以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

表 13(1) 水質分析結果 (6月調査)

単位: mg/l

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.1	5.0	0.10	0.02	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.25
	30.0	0.08	0.02	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.27
	50.0	0.08	0.02	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.24
	75.0	0.13	0.02	0.004	0.05	0.011	0.009	0.32
	100.0	0.17	0.01	<0.001	0.09	0.017	0.014	0.36
	135.0	0.15	0.01	<0.001	0.09	0.017	0.015	0.44
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

表 13(2) 水質分析結果 (7月調査)

単位: mg/l

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.1	5.0	0.09	0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.23
	30.0	0.10	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.16
	50.0	0.20	0.02	<0.001	0.05	0.010	0.009	0.30
	75.0	0.21	<0.01	<0.001	0.06	0.013	0.012	0.32
	100.0	0.20	0.02	<0.001	0.09	0.017	0.016	0.40
	125.0	0.23	<0.01	<0.001	0.10	0.021	0.019	0.48
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

表 13(3) 水質分析結果 (8月調査)

単位: mg/l

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.1	5.0	0.09	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.14
	20.0	0.03	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.14
	50.0	0.18	<0.01	0.005	0.07	0.011	0.011	0.27
	75.0	0.17	<0.01	<0.001	0.12	0.019	0.019	0.31
	100.0	0.17	<0.01	<0.001	0.14	0.022	0.021	0.39
	135.0	0.22	<0.01	<0.001	0.14	0.022	0.021	0.43
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

表 13(4) 水質分析結果 (10月調査)

単位: mg/l

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.1	5.0	0.01	<0.01	0.006	<0.01	0.003	<0.002	0.03
	25.0	0.14	<0.01	0.055	<0.01	0.003	<0.002	0.05
	60.0	0.22	<0.01	0.072	0.06	0.016	0.014	0.20
	75.0	0.21	<0.01	0.017	0.10	0.021	0.019	0.31
	100.0	0.16	<0.01	0.034	0.09	0.023	0.021	0.32
	135.0	0.34	<0.01	0.127	0.15	0.030	0.027	0.50
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

塗りは定量下限値未滿

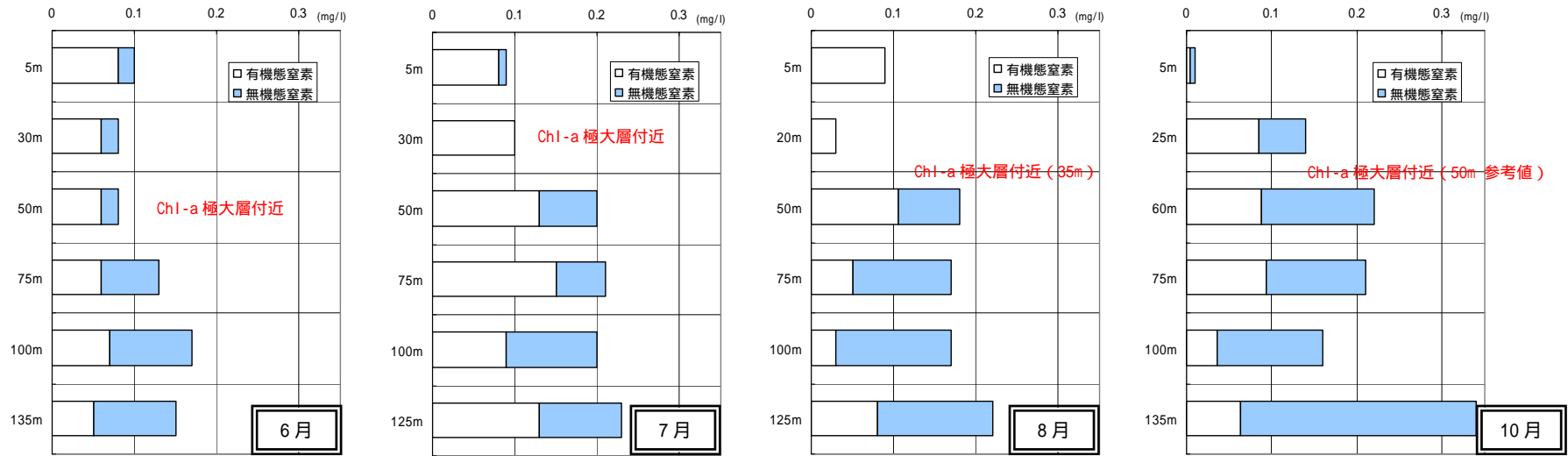


図 32(1) 窒素の鉛直分布

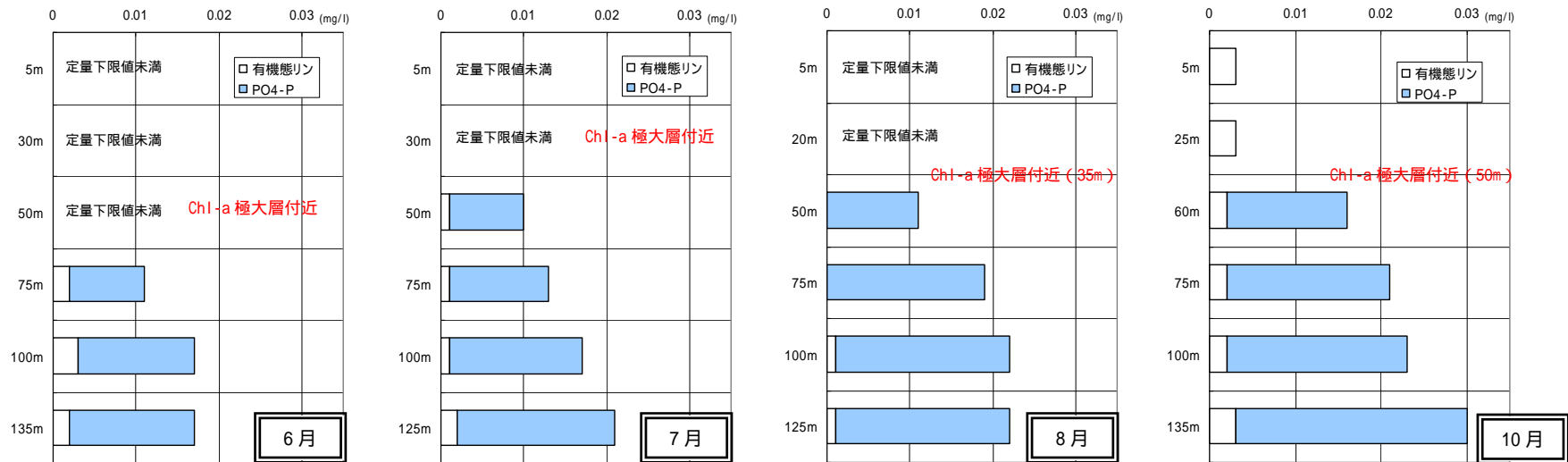


図 32(2) リンの鉛直分布

定量下限値未満は、ゼロとしている  
 無機態窒素は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  (DIN) の総和としている  
 有機態窒素は、便宜的に T-N から DIN を差し引いた数値としている  
 有機態リンは、便宜的に T-P から  $\text{PO}_4\text{-P}$  を差し引いた数値としている



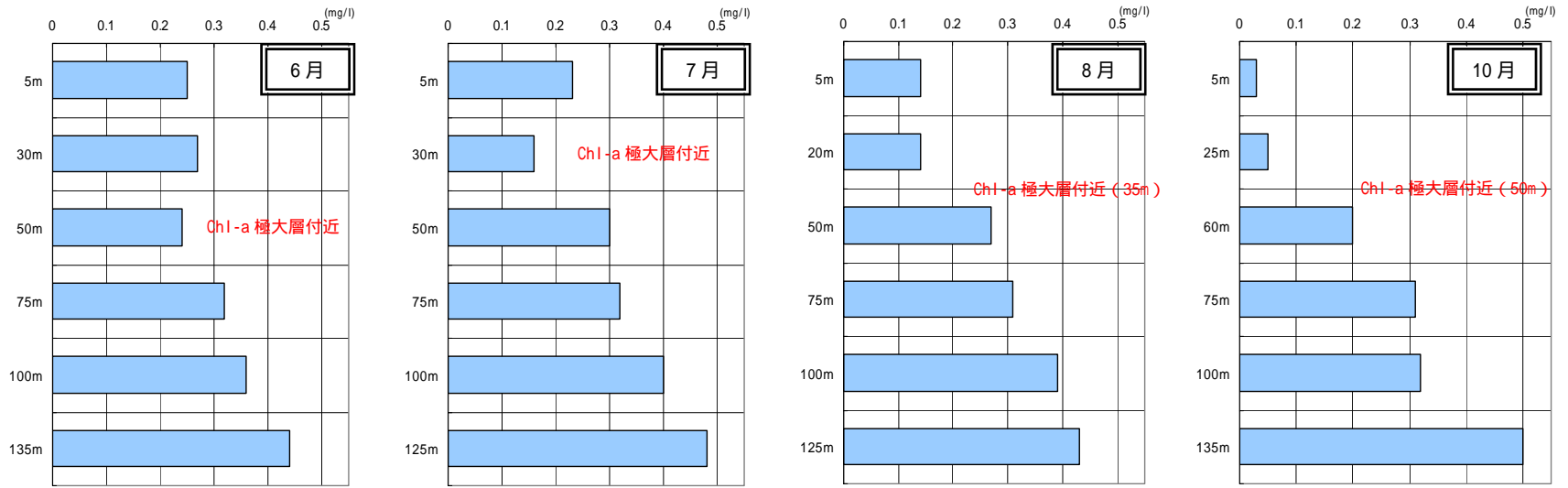
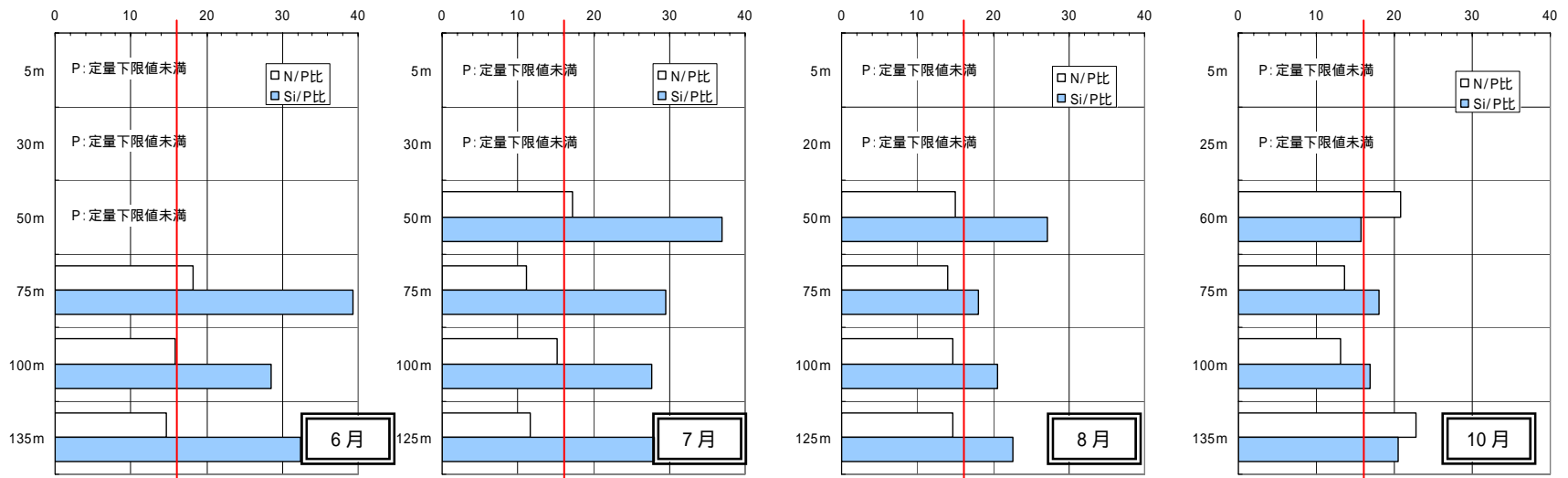


図 32(3) 珪素 (SiO<sub>2</sub>-Si) の鉛直分布



赤線はレッドフィールド比

図 32(4) N/P と Si/P の鉛直分布

## 2) N/P と Si/P

植物プランクトンは太陽光を受け、二酸化炭素と栄養塩を使って光合成を行うが、このとき、植物プランクトンが取り込む炭素と窒素とリンの比率は、モル比で概ね C:N:P = 106:16:1 の一定の比率（レッドフィールド比）になる。これに珪藻類に必要な珪素を加えて、C:N:P:Si = 106:16:1:16 ~ 50 の値が一般に提唱されている。

図 33 に、今回の全調査結果をもとに作成したN/P図（モル換算比）を示す。ここで、図中のNはDIN（無機態窒素）、Pは $\text{PO}_4\text{-P}$ （リン酸態リン）である。参考として、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の比についても図示している。

結果より、N/Pは平均的には 15.835 とレッドフィールド比(16)に近い値を示した。ただし、前述の各月のN/Pを見ると、時期によっては16を下回ることがあり、窒素律則となることがある（図 32(4)参照）。なお、参考として示した $\text{NO}_3\text{-N}/\text{PO}_4\text{-P}$ はおよそ13となった。また、Si/Pについては、上記の提唱されている数値（16~50）内に概ねおさまる結果となった。

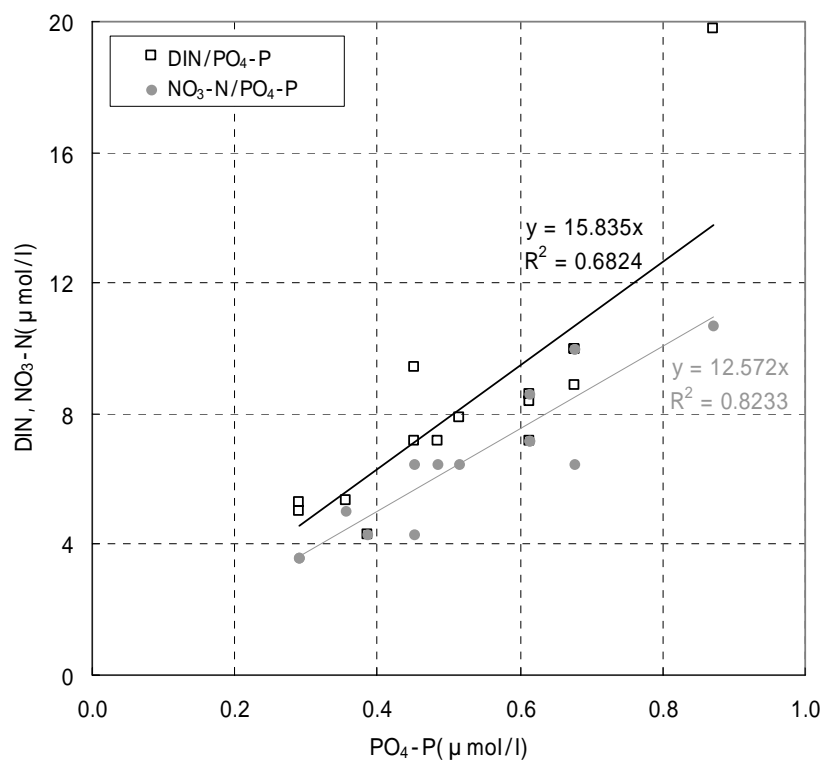


図 33 N/P 図

### 3) 既往の知見との比較

既往資料<sup>\*</sup>では、対馬暖流の特性としてDINとPO<sub>4</sub>-Pの間には、特に底層において高い相関関係（DIN/PO<sub>4</sub>-P 8）が見られることが報告されている。本調査結果は、前述のとおり中～底層のN/Pが16程度であり、既往の知見とは倍近い差異が生じた。この要因として、本調査結果が夏季の数値であるのに対し、既往の知見は春季と冬季の結果に基づいていること、また調査海域の相違などが挙げられる。

### 4) 昨年度調査との比較

参考として、昨年度に東シナ海（五島沖）で実施した現地観測と本調査結果との比較を行った。

- ・6月(2007.6.26～27)は窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く、クロロフィルaの極大層付近を境に中層から底層にかけて濃度が高くなる傾向が見られ、今回(7月)の結果と同傾向であることが確認できた。
- ・8月(2007.8.17～18)および10月(2007.10.2)についても、窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く、中層から底層にかけて濃度が高くなる傾向が見られ、今回の結果と同傾向であることが確認できた。

以上より、調査地点は離れているものの、6～8月の水質（栄養塩濃度）は今回の調査結果と概ね同傾向であると言える。

---

<sup>\*</sup> 続・日本全国沿岸海洋誌(総説編・増補編)、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

#### 5) 水質調査のまとめ

当該海域における調査期間中の水質（栄養塩濃度）に関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く、中～底層にかけて濃度が高い。
- クロロフィル a の極大層以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されて枯渇状態である。
- 植物プランクトンの補償深度以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。
- 当該海域の N/P はレッドフィールド比（16）とほぼ同等であるが、時期によっては 16 を下回ることがあり、窒素律則となることがある。Si/P は、提唱されている数値（16～50）内に概ねおさまる結果となった

#### (4) 植物プランクトン調査

St.1 (水深約 140m) において、6~10月の各月(9月除く)にバンドン採水器を用いてクロロフィル a 極大層を含む計 3 層にて採水を行い、ホルマリン固定して実験室に搬入し、分析に供した。

表 14 および図 34 に各月の植物プランクトン調査結果の概要を示す。

##### 1) 各月の調査結果

6月調査(6/1 11:02~11:23)

- ・渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* が水深 30、60m で多く見られた。この種は、沿岸域で貝毒の発生などを引き起こす有害赤潮を形成する仲間で、大きさは約 50 μm と比較的大型である。
- ・珪藻類のメロシーラ科 *Leptocylindrus danicus* が水深 30m で優占していた。
- ・クリプト藻 *Cryptophyceae* が全層において多く見られた。

7月調査(7/1 11:14~11:27)

- ・6月にはさほど出現しなかった珪藻類のキートケロス科(*Chaetoceros distans*、*Chaetoceros affine*、*Chaetoceros compressum* ほか) が水深 15、30m で優占していた。
- ・渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* が全層において多く見られた。

8月調査(8/6 14:24~14:37)

- ・渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* と *Peridinales* が水深 20、40m で優占していた。
- ・珪藻類のニッチア科 *Pseudo-nitzschia spp.* が水深 40、60m で多く見られた。
- ・ハプト藻の *Haptophyceae* が全層において多く見られた。

10月調査(10/7 10:12~10:26)

- ・渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* が全層にて優占していた。
- ・クリプト藻 *Cryptophyceae* が全層において多く見られ、優占種が6月と比較的類似した傾向となった。

以上の結果より、6~7月は躍層上の Si/P が大きく、珪素が豊富にあったために珪藻類が優占したと推察される。一方で、8~10月は躍層上の Si/P が相対的に小さく、珪素が不足していたために、N や P で増殖する渦鞭毛藻類が優占したと推察される。

表 14 植物プランクトン調査結果の概要表

調査方法：バンドン採水器による採水  
 単位：細胞数（細胞/全量(2L)）、沈殿量（ml/全量(2L)）

採水層	6月調査(2008.6.1)			7月調査(2008.7.1)			8月調査(2008.8.6)			10月調査(2008.10.7)		
	極大層上中央 (水深30m)	極大層 (水深60m)	極大層下20m (水深80m)	極大層上中央 (水深15m)	極大層 (水深30m)	極大層下20m (水深50m)	極大層上中央 (水深20m)	極大層 (水深40m)	極大層下20m (水深60m)	極大層上中央 (水深25m)	極大層 (水深50m)	極大層下20m (水深70m)
種類数	22	22	17	32	32	24	25	43	37	14	21	9
細胞数	9,540	5,940	2,940	22,560	26,280	3,390	24,300	42,480	13,260	4,020	9,060	2,640
沈殿量	0.1	0.1	<0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1
優占種 (%)	極大層上			極大層			極大層			極大層		
	<i>Leptocylindrus danicus</i> (25.2)			<i>Chaetoceros distans</i> (10.6)			<i>Peridinales</i> (29.6)			<i>Gymnodinales</i> (11.9)		
	<i>Gymnodinales</i> (22.6)			<i>Bacteriastrium varians</i> (8.5)			<i>Haptophyceae</i> (24.7)			<i>Oxytoxum variabile</i> (11.9)		
	<i>Cryptophyceae</i> (20.1)			<i>Gymnodinales</i> 他5種 (6.4)			<i>Gymnodinales</i> (20.7)			<i>Cryptophyceae</i> 他3種 (6.0)		
	<i>Gymnodinales</i> (34.3)			<i>Chaetoceros affine</i> (14.6)			<i>Gymnodinales</i> (19.8)			<i>Gymnodinales</i> (42.4)		
	<i>Cryptophyceae</i> (18.2)			<i>Chaetoceros compressum</i> (9.1)			<i>Pseudo-nitzschia spp.</i> (18.6)			<i>Cryptophyceae</i> (18.5)		
	<i>Leptocylindrus danicus</i> 他1種 (6.1)			<i>Gymnodinales</i> 他2種 (7.3)			<i>Prorocentrum dentatum</i> 他1種 (5.6)			<i>Thalassionema nitzschioides</i> (7.9)		
	<i>Cryptophyceae</i> (20.4)			<i>Neodelphineis pelagica</i> (21.2)			<i>Haptophyceae</i> (16.3)			<i>Gymnodinales</i> (36.4)		
	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i> (20.4)			<i>Gymnodinales</i> (7.1)			<i>Pseudo-nitzschia spp.</i> (12.7)			<i>Cryptophyceae</i> (18.2)		
	<i>Skeletonema costatum</i> 他3種 (8.2)			<i>Peridinales</i> 他4種 (7.1)			<i>Bacteriastrium comosum</i> (6.3)			<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (9.1)		

- 1 優占種は各層の細胞数の上位3種を示している  
 2 優占種の( )内の数値は、各層の合計細胞数に対する比率を示している  
 : クリプト藻 : 渦鞭毛藻  
 : 珪藻 : ハプト藻

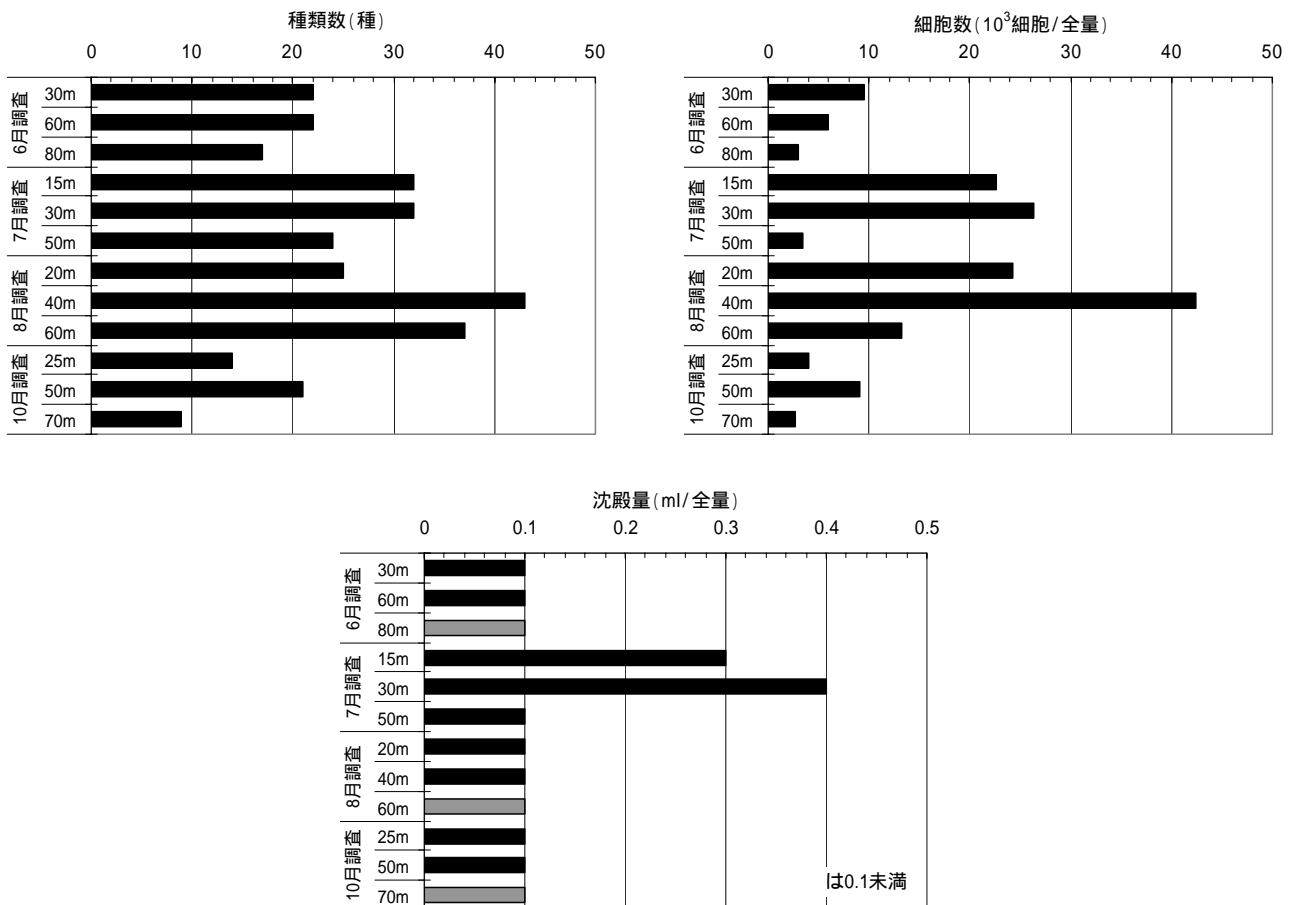


図 34 植物プランクトン調査結果の概要図

## 2) 昨年度調査との比較

参考として、平成 19 年度に東シナ海（五島沖）で実施した現地観測と本調査結果との比較を行った。

- ・ 8 月(2007.8.17~18)は、渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* やハプト藻 *Haptophyceae* が多く出現するなど、本調査と比較的類似した傾向であった。ただし、対馬海域で優占していたキートケロス科が確認されなかった。
- ・ 10 月(2007.10.2)は、渦鞭毛藻類のギムノディニウム目 *Gymnodiales* やクリプト藻 *Cryptophyceae* が多く出現し、本調査結果と類似した傾向であった。

以上より、調査地点は離れているものの、8~10 月に躍層上で渦鞭毛藻類が優占するという今回の調査結果と概ね同傾向であると言える。

## 3) 植物プランクトン調査のまとめ

当該海域における調査期間中の植物プランクトンに関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 6~10 月では、種・細胞数ともに 8 月 > 7 月 > 6 月 > 10 月の順であった。
- 全ての調査を通じて、渦鞭毛藻類のギムノディニウム目が多く見られた。昨年度の結果も同様の傾向であったことから、当該海域の特徴と推察される。
- 珪藻類は、夏場（7、8 月）に多く確認された一方で、6 月および 10 月は少なかった。
- 本調査結果より、クロロフィル極大層から上の層で渦鞭毛藻類が多く見られたのに対し、クロロフィル極大層から下の層で珪藻類が比較的多く見られた点から、人為的に底層水を湧昇させて、表層に珪素の供給を図ることが重要と考えられる。

#### (5) 動物プランクトン調査

St.1 (水深約 140m) において、6~10月の各月(9月除く)にプランクトンネットを用いて海面から海底面までを3層に分けて鉛直曳きによる試料採取を行い、ホルマリン固定して実験室に搬入し、分析に供した。

表 15 および図 35 に各月の動物プランクトン調査結果の概要を示す。

##### 1) 各月の調査結果

6月調査(6/1 12:23~12:47)

- ・表層(0~50m)にて原索動物門の *Ritterrella sp.* が優占していた。同種は樽の形をしたゼラチン質の生物で、マアジの餌料であるという知見は得られていない。
- ・中~底層(50m~海底)では、マアジ仔魚の主要な餌料である節足動物門のカイアシ類のパラカラヌス科(*P. parvus* や *P. spp.* のコベポダイト)などが優占していた。

7月調査(7/1 11:38~12:06)

- ・表層(0~50m)にて種、個体数ともに多数の出現が確認された一方、中~底層(50m~海底)における個体数は極めて少なかった。
- ・表層(0~50m)では刺胞動物門の *Hydroida* が優占していた。同種はクラゲに類似した形状を呈しており、マアジの餌料であるという知見は得られていない。
- ・中~底層(50m~海底)では、マアジ仔魚の餌料である節足動物門のカイアシ類のオイトナ科(*O. plumifera*, *O. longispina*)が確認されたが、前述のとおり個体数は極めて少なかった。

8月調査(8/6 14:53~15:32)

- ・全層にわたり多くの個体数が確認された。
- ・表層(0~50m)では肉質鞭毛虫門の *Radiolaria* が優占していた。同種はいわゆる放射虫のことで、珪酸質からなる骨格を持っている。マアジの餌料であるという知見は得られていない
- ・中~底層(50m~海底)ではマアジ仔魚の餌料である節足動物門のカイアシ類のオイトナ科(*O. plumifera*, *O. longispina*)が優占していた。

10月調査(10/7 11:13~11:48)

- ・夏場(8月)と比べて個体数が大幅に減少した。
- ・表~中層(0~100m)では、肉質鞭毛虫門の *Radiolaria* が優占しており、マアジ仔魚の主要な餌料である節足動物門のカイアシ類のオンケア科(*O. venusta*)も確認された。



表 15 動物プランクトン調査結果の概要表

調査方法: 北太平洋標準ネット(閉鎖型)による鉛直曳き  
 単位: 個体数(個体/m<sup>3</sup>)、沈殿量(ml/m<sup>3</sup>)

採水層	6月調査(2008.6.1)			7月調査(2008.7.1)			8月調査(2008.8.6)			10月調査(2008.10.7)			
	0-50m	50-100m	100m-海底	0-50m	50-100m	100m-海底	0-50m	50-100m	100m-海底	0-50m	50-100m	100m-海底	
種類数	17	22	20	41	11	20	26	26	37	21	20	4	
個体数	106	82	77	152	1	8	1,770	70	190	124	48	4	
沈殿量	0.88	0.34	0.20	0.99	0.02	0.38	2.88	0.25	0.89	0.11	0.14	0.04	
優占種 (%)	0-50m	<i>Ritteriella</i> sp. (66.0)			<i>Hydroida</i> (17.1)			<i>Radiolaria</i> (45.2)			<i>Radiolaria</i> (68.5)		
		<i>Oncaea venusta</i> (4.7)			<i>Oikopleura longicauda</i> (12.5)			<i>Doliolum denticulatum</i> (15.3)			<i>Oncaea venusta</i> (5.6)		
		Paracalanus parvus 他2種 (3.8)			Euchaetidae (copepodite) (8.6)			<i>Oikopleura</i> spp. (5.1)			Calanidae (copepodite) 他2種 (2.4)		
	50-100m	Paracalanus parvus (23.2)			<i>Oithona plumifera</i> (100.0)			Ostracoda (14.3)			<i>Radiolaria</i> (37.5)		
		<i>Ctenocalanus vanus</i> (13.4)			-			<i>Oithona longispina</i> (14.3)			<i>Oncaea venusta</i> (14.6)		
		Paracalanus spp. (copepodite) (9.8)			-			<i>Oithona plumifera</i> (10.0)			<i>Hydroida</i> 他4種 (4.2)		
	100m-海底	Paracalanus spp. (copepodite) (32.5)			<i>Oithona longispina</i> (12.5)			<i>Oithona plumifera</i> (7.4)			<i>Clausocalanus</i> spp. (copepodite) (25.0)		
		Paracalanus parvus (16.9)			Euchaetidae (copepodite) (12.5)			Siphonophora (6.3)			<i>Haloptilus longicornis</i> (25.0)		
		Euchaetidae (copepodite) (15.6)			<i>Oncaea mediterranea</i> 他5種 (12.5)			Calanidae (copepodite) 他2種 (6.3)			Ostracoda 他1種 (25.0)		

- 1 優占種は各層の個体数の上位3種を示している  
 2 優占種の( )内の数値は、各層の合計個体数に対する比率を示している
- : 刺胞動物門                   : 肉質鞭毛虫門  
 : 節足動物門                   : 原索動物門

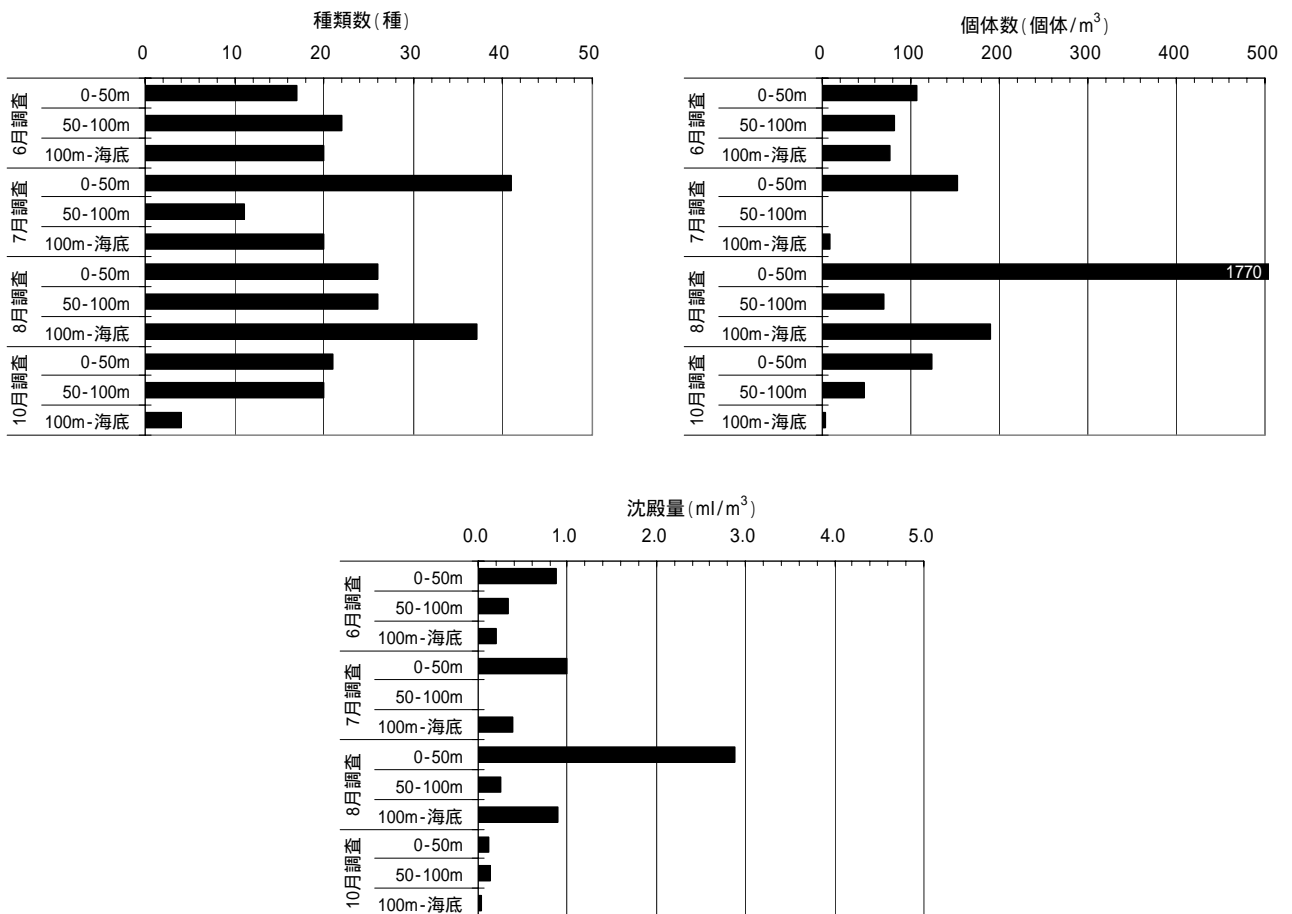


図 35 動物プランクトン調査結果の概要図

## 2) 既往の知見との比較

既往資料\*によると、生物量（プランクトン沈殿量）について、山口県北東部沖で8～9月に1ml/m<sup>3</sup>（小川・中原 1971）また同海域で8月に0.8～1.41ml/m<sup>3</sup>（小川ら 1971）そして対馬周辺海域で7～8月に0.5～8.2ml/m<sup>3</sup>（森田・山路 1970）という値が得られている。海域や調査方法等の違いはあるが、今回の結果は上記数値と同程度であることから、当該海域の特徴であると推察される。

生物相に関しては、対馬海峡海域における動物プランクトンの優占群はカイアシ類である、季節によっては鞭毛虫類、放散虫類などがカイアシ類を凌駕するといった既往の知見と、今回の結果は概ね一致している。一方で、夏を特徴づけるのは枝角類 *Penilia schmackeri* とされているが、今回の夏の結果から同種は確認されなかった。

## 3) 動物プランクトン調査のまとめ

当該海域における調査期間中の動物プランクトンに関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 6～10月では、種・個体数ともに8月が最も多く、他の月と比して10倍程度の個体数であった。
- マアジ仔魚の餌料生物であるカイアシ類では、パラカラヌス科（*P. parvus*、*P. spp.*のコペポダイト）、オイトナ科（*O. plumifera*、*O. longispina*）が比較的多く確認された。
- 本調査結果は、対馬海峡海域における動物プランクトンの優占群はカイアシ類で、季節によっては鞭毛虫類、放散虫類などがカイアシ類を凌駕するという既往の知見と概ね一致した。
- 7～10月に、水深0～50mにおいて動物プランクトンの出現が多く見られたことは、クロロフィル極大層が30～50mであったことを勘案すると、餌料となる植物プランクトンの分布と密接に関連していると推察される。

\* 続・日本全国沿岸海洋誌（総説編・増補編）、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

## (6) 有光層の設定

St.1 (水深約 140m) において、6~10月の各月(9月除く)に光量子計を用いて海中ならびに船上の光量子を測定した。また、双方の測定結果より、相対光量子(海中光量子/船上光量子であり、光量子の減衰率を示す)を算出した。なお、光量子の測定時には透明度板を用いて海水の透明度の測定も行った。

図 36 に相対光量子の鉛直分布を示す。

### 1) 各月の調査結果

#### 6月調査(6/1 14:11)

- ・相対光量子より、水深 45m で 5%程度となり、水深 70m 付近で 1%程度であった。
- ・植物プランクトンの光合成に関する補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 70m となる。
- ・補償深度を透明度から求める考え方もあり、透明度の 2.7 倍とされている。透明度の計測結果は 19m であることから、これを踏まえると補償深度は約 50m となる。
- ・クロロフィル a の極大層が水深 56m 付近であることを踏まえ、6月調査時の補償深度は水深 50~70m 程度と推察できる。

#### 7月調査(7/1 12:16)

- ・相対光量子より、水深 2m で 10%程度、水深 35m 付近で 1%程度であった。
- ・補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 35m となる。
- ・補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は 23m であることから、約 60m となる。
- ・クロロフィル a の極大層が水深 30m 付近であることを踏まえ、7月調査時の補償深度は水深 30~60m 程度と推察される。

#### 8月調査(8/6 15:40)

- ・相対光量子より、水深 25m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 40m となる。
- ・補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は 17m であることから、約 46m となる。
- ・クロロフィル a の極大層が水深 35m 付近であることを踏まえ、8月調査時の補償深度は水深 35~45m 程度と推察される。

#### 10月調査(10/7 12:00)

- ・相対光量子より、水深 10m で 5%程度、水深 34m 付近で 1%程度であった。
- ・補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 34m となる。
- ・補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は 17m であることから約 46m となる。
- ・クロロフィル a の極大層が水深 50m 付近(参考値)であることを踏まえ、10月

調査時の補償深度は、水深 35 ~ 50m 程度と推察される。

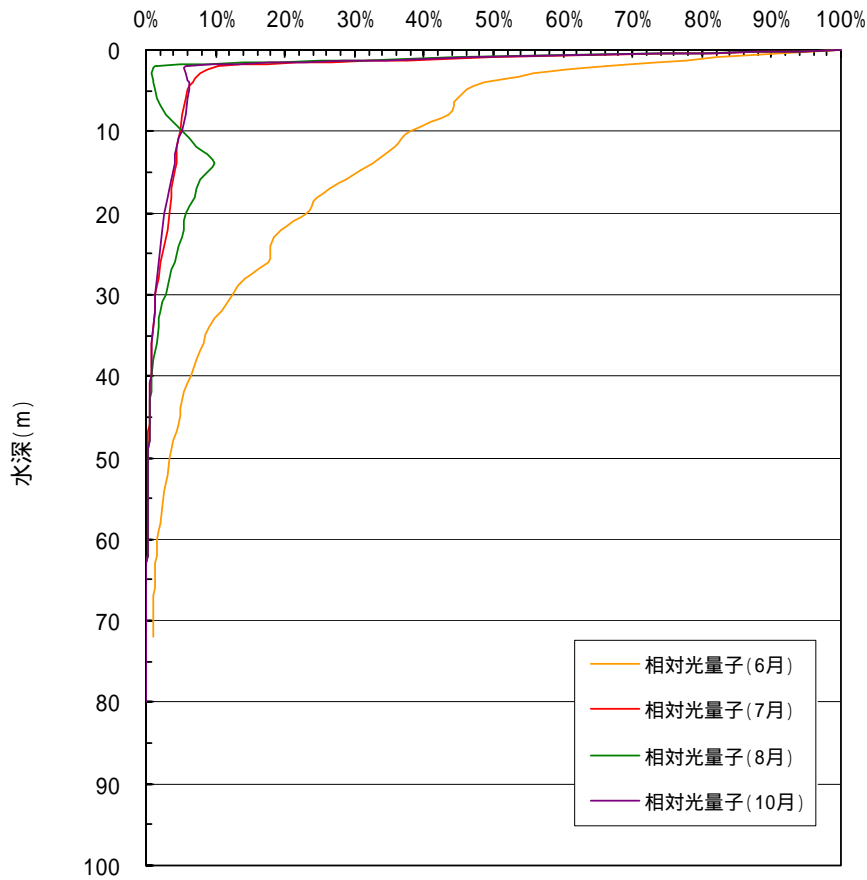


図 36 相対光量子の鉛直分布

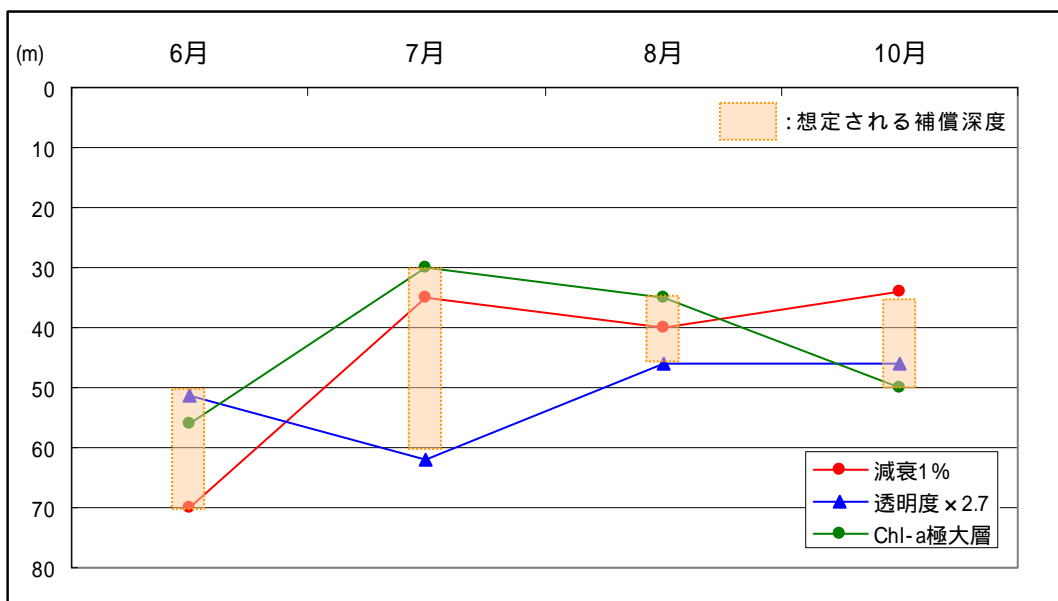


図 37 想定される補償深度帯  
(相対光量子減衰 1%・透明度×2.7・Chl-a 極大層)

## 2) 有光層の設定のまとめ

各月調査時の補償深度を相対光量子と透明度から推定した。ここで、有光層については、生物が光を感じる限界（海面の  $1/10^9$  程度の光強度）までの層を指す広義の定義もあるが、ここでは前述の光合成生物の補償深度（海面の  $1/10^2$  程度の光強度）以浅の層を指す狭義の定義とする。

相対光量子と透明度の結果より、当該海域における有光層は季節変動はあるものの、概ね海面から水深 40～50m までの層と考えられる。

(7) 栄養階級区分との比較

本調査結果をもとに、当該海域が表 16 に示す海域の栄養階級区分(岡市 1987)のどの区分に属するか検討を行った。本調査で実施した項目(水深 100m 以浅)のみを用いて比較したところ、基本的に貧栄養域に属する結果となった(表 17)。

表 16 海域の栄養階級区分(7~9月の成層期)

特徴	腐水域	過栄養域		富栄養域	貧栄養域
		数m以深域	数m以浅域		
透明度[m]		3以下		3~10	10以上
水色	黒みをおびる	黄色,黄緑,赤褐色など着色		短期間,局部分に着色の見られる場合がある	着色は見られない
COD[O <sub>2</sub> mg/L]	10以上	3~10		1~3	1以下
BOD[O <sub>2</sub> mg/L]	10以上	3~10		1~3	1以下
無機態窒素化合物[μgat.N/L]	100以上	10~100		2~10	2以下
溶存酸素	表層近くまで低または無酸素状態(0~30%)	表層は過飽和,底層は無(低)酸素状態(0~30%)	表層は過飽和状態(100~200%)	表層,中層は飽和状態数m以深の底層は不飽和状態(30~80%)	表・中・底層とも飽和状態(80~100%)
硫化水素	表層近くまで認められる	底層に認められる	認められない	認められない	認められない
植物プランクトン極大層	-	3m以浅,時には0.5m以浅になる。中層または低酸素域に形成される場合もある		数m~数十m層に形成	数十m層に形成
クロロフィル[mg/m <sup>3</sup> ]	-	10~200		1~10	1>
〃 [g/m <sup>2</sup> ]	-	0.1~1		0.05~0.1	0.05>
基礎生産量[mgC/m <sup>3</sup> /日]	-	10~200		1~10	1>
〃 [gC/m <sup>2</sup> /日]	-	1~10		0.3~1.0	0.3>
底質	泥色	黒色,酸化層なし	やや黒みをおび,酸化層あり	時に黒みをおび,酸化層あり	黒味なく,酸化層あり
硫化物[mg/g]	1.0<	0.3~3.0		0.03~0.3	0.03>
COD[mg/g]	-	30<		5~30	5>
微生物バクテリア* [細胞数/mL]	10 <sup>6</sup> 以上	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>6</sup>		10 <sup>2</sup> ~10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup> 以下
植物プランクトン [細胞数/mL]	10 <sup>5</sup> 以下,少種	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>6</sup> ,少種		10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup> ,多種	10 <sup>1</sup> 以上,多種
原生動物	多数	やや多数		少数	少数
動物プランクトン(甲殻類)	-	少数,少種(多数見られる場合もある)		多数,多種	多数,多種
底生生物	多毛類	少数,少種	もっとも多数,多種	多数,多種	多数,多種
甲殻類	-	少数,少種		多数,多種	多数,多種
例	河口,汚水流入域	内湾奥部,汽水湖,湾口の非常に狭い内湾		内湾,水深30m以浅の沿岸海域,沖合の湧昇域	水深が30m以上ある沿岸海域,沖合海域**

注) \* 生菌計数法による。 \*\* 水深が100m以深の層を除く(吉田陽一<1973>から)。  
[出典:岡市:海洋大事典,p.420,東京堂 1987]

表 17 本調査結果(水深 100m 以浅)と栄養階級区分との比較

	透明度(m)	無機態窒素(μg-at/l)	極大層(m)	クロロフィル(mg/m <sup>3</sup> )	植物プランクトン(細胞数/ml)	動物プランクトン(甲殻類)
7月	23.0	0.00~5.00	30.0	0.20~1.85	2~13	少数,多種
8月	17.0	0.00~8.57	35.0	0.27~1.60	7~21	多数,多種
富栄養域	3~10	2~10	数m~数十m層に形成	1~10	10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup> ,多種	多数,多種
貧栄養域	10以上	2以下	数十m層に形成	1>	10 <sup>1</sup> 以上,多種	多数,多種

## 1.2.2 隠岐周辺海域

### (1) 流況調査

St.1 (水深約 80m) において、海底設置型超音波式流速計 (TRBM-ADCP) を用いて、平成 20 年 8 月 9 日～8 月 28 日の約 20 日間にわたり連続観測を実施した(海象不良につき、流速計の回収が遅れたため、15 昼夜以上となった)。観測の仕様は、観測層厚：2m・観測間隔 10 分・観測時間：2 分・サンプリング間隔：0.5 秒である。

また、7～10 月のほぼ各月にて実施した水質調査時には、GPS フロートによる海面(海面下 5m)の流向・流速の観測を行った。

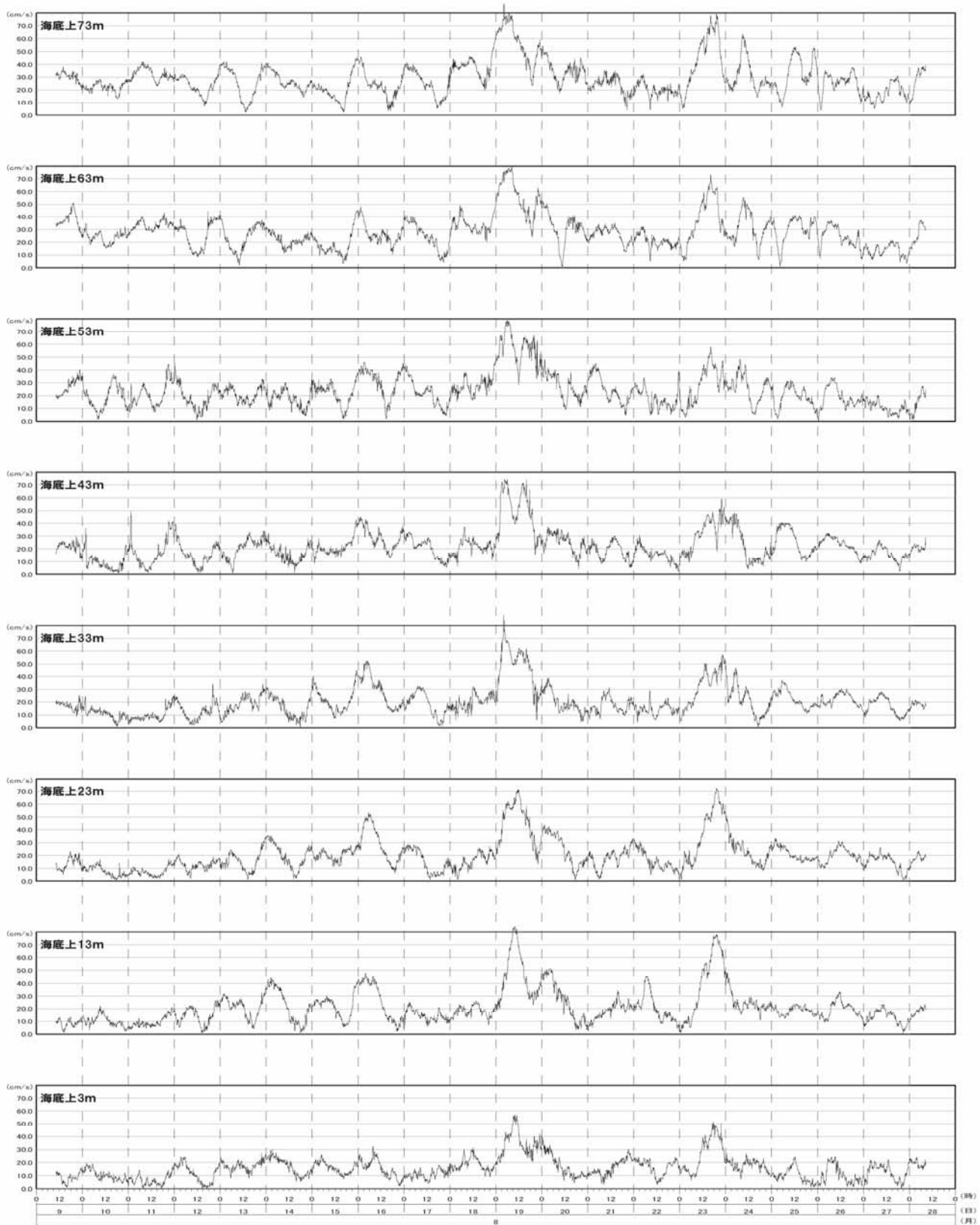
#### 1) 経時変化

図 38～図 40 に、流速絶対値、流速ベクトル、成分流速の経時変化をそれぞれ示す。図 41 には流速の経時変化のコンタ図を示す。

また、調査地点近傍に位置する測候所・観測所(図 42)における調査期間中の気象・海象状況の経時変化を図 43 に示す。

各結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

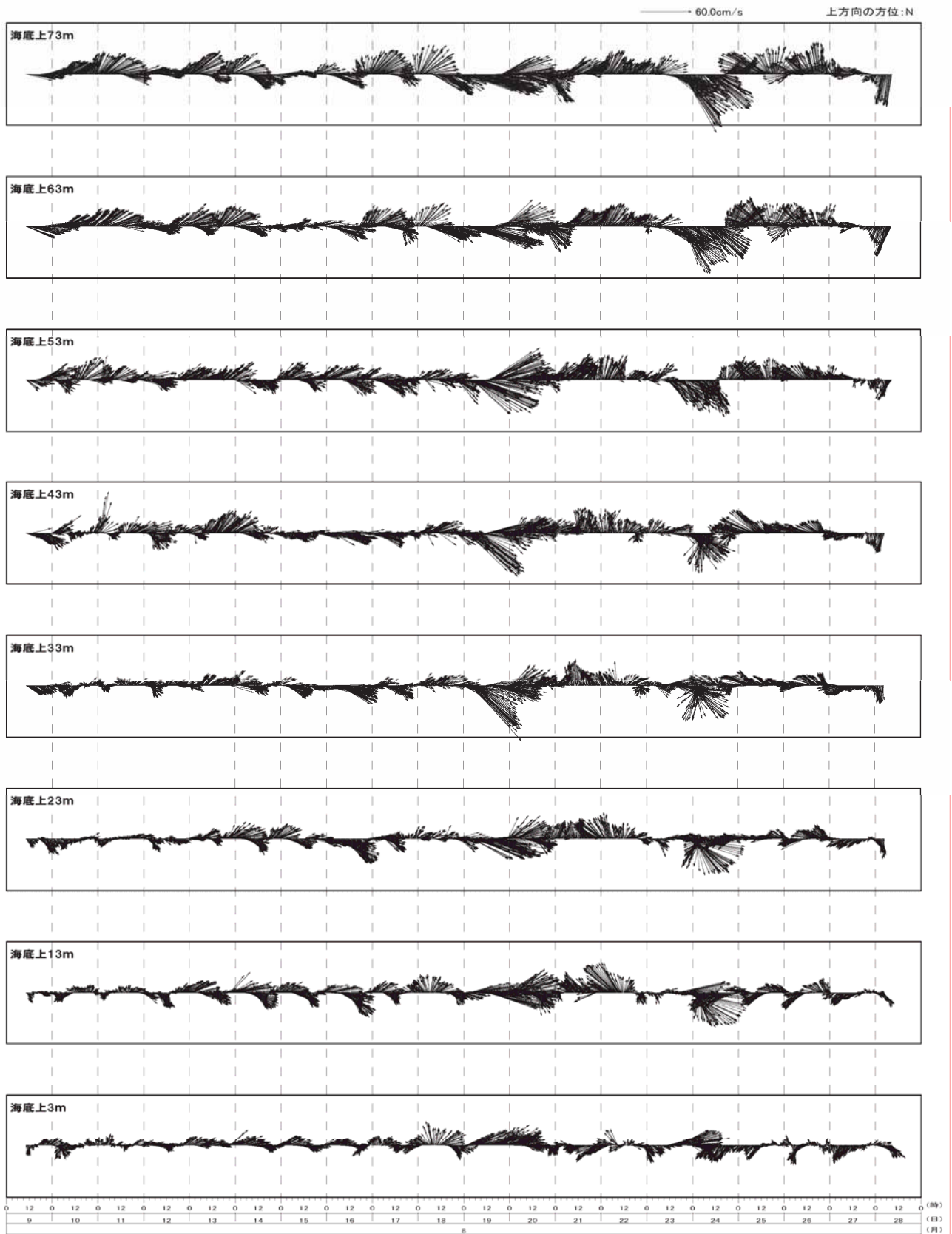
- ・調査期間中、E 系 (ENE～ESE) の流れが卓越していた。これは日本海沿岸を流れる対馬暖流の第一分枝流の影響と考えられる。
- ・当該海域は潮位差がほとんどないため、対馬海域のような大潮時に流速が大きくなる傾向は確認されなかった。
- ・調査期間中、表層付近で 80cm/s 程度の流速を記録したのが 2 回ほどあった。当該時刻の気象・海象を見ると、波高が 1～1.5m かつ 6m/s 以上の比較的強い西風が吹いており、ほぼ共通の条件下であったことが分かった。
- ・表層で比較的大きい流速を記録したとき、底層では流速はほとんど減衰せずに表層と同等であった。
- ・全般的に、流速の東方成分が北方成分より卓越した流動場であった。この傾向は、表層で大きい流速を記録したときに顕著となった。



水深は約 80m

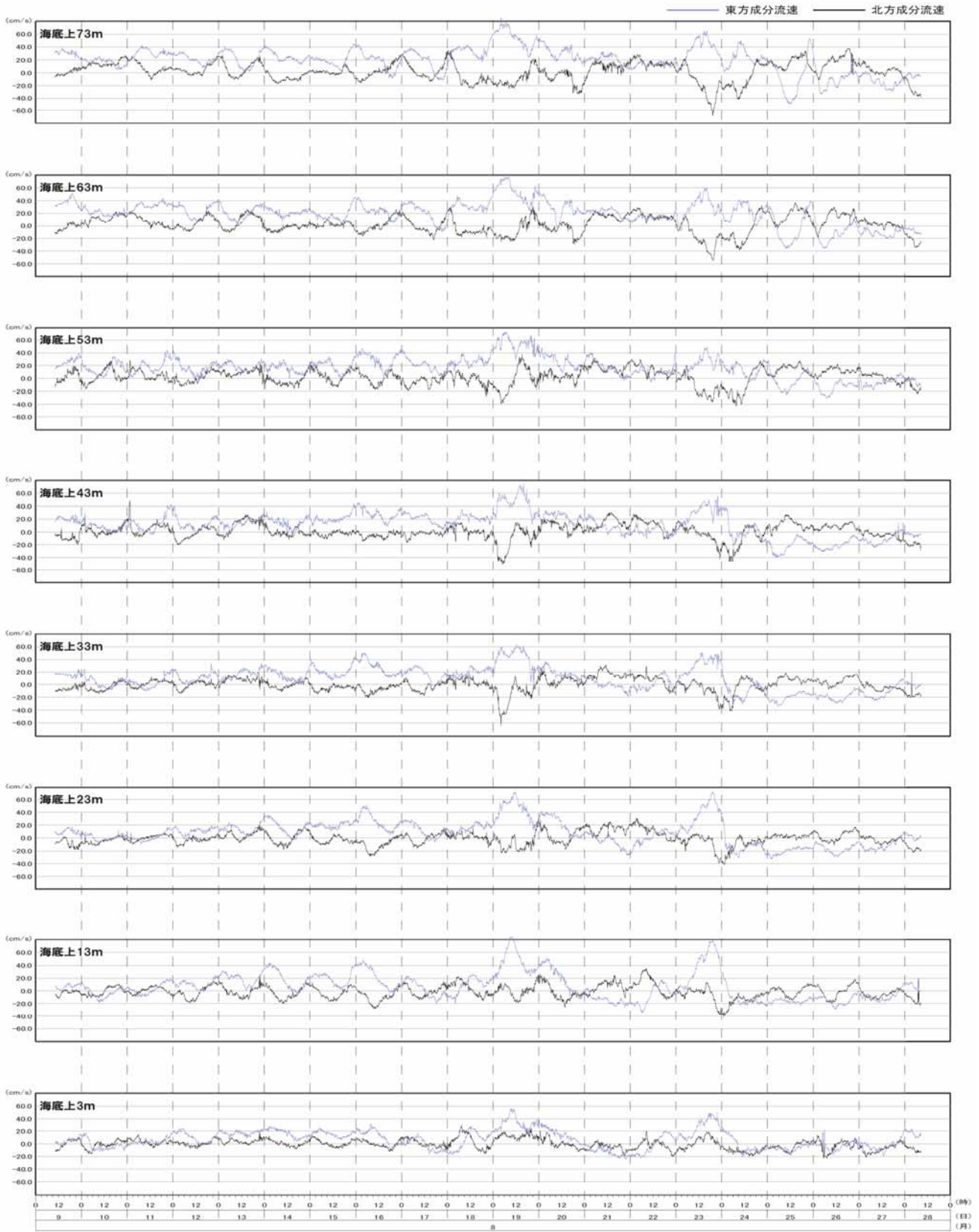
図 38 流速絶対値の経時変化





水深は約 80m

図 39 流速ベクトルの経時変化



水深は約 80m

図 40 東方・北方成分流速の経時変化

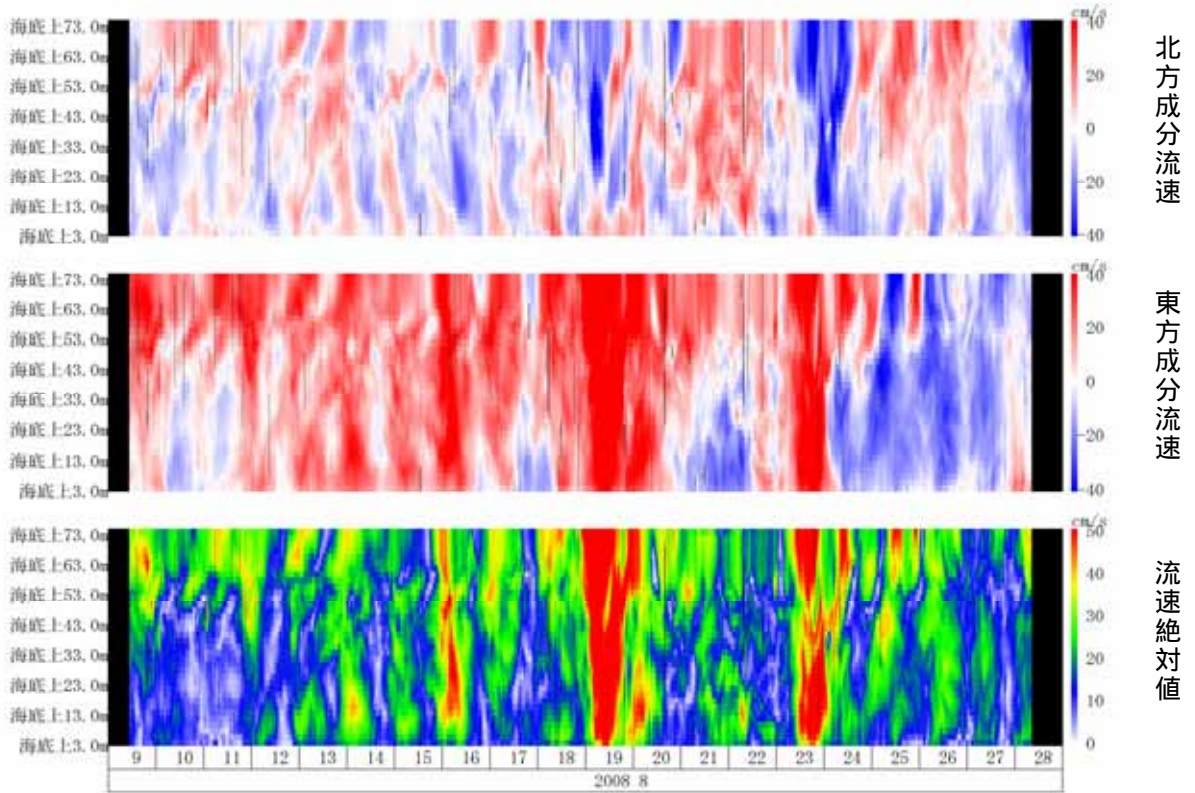


図 41 流速の経時変化のコンタ図（黒い部分は欠測）



図 42 測候所・観測所の位置図

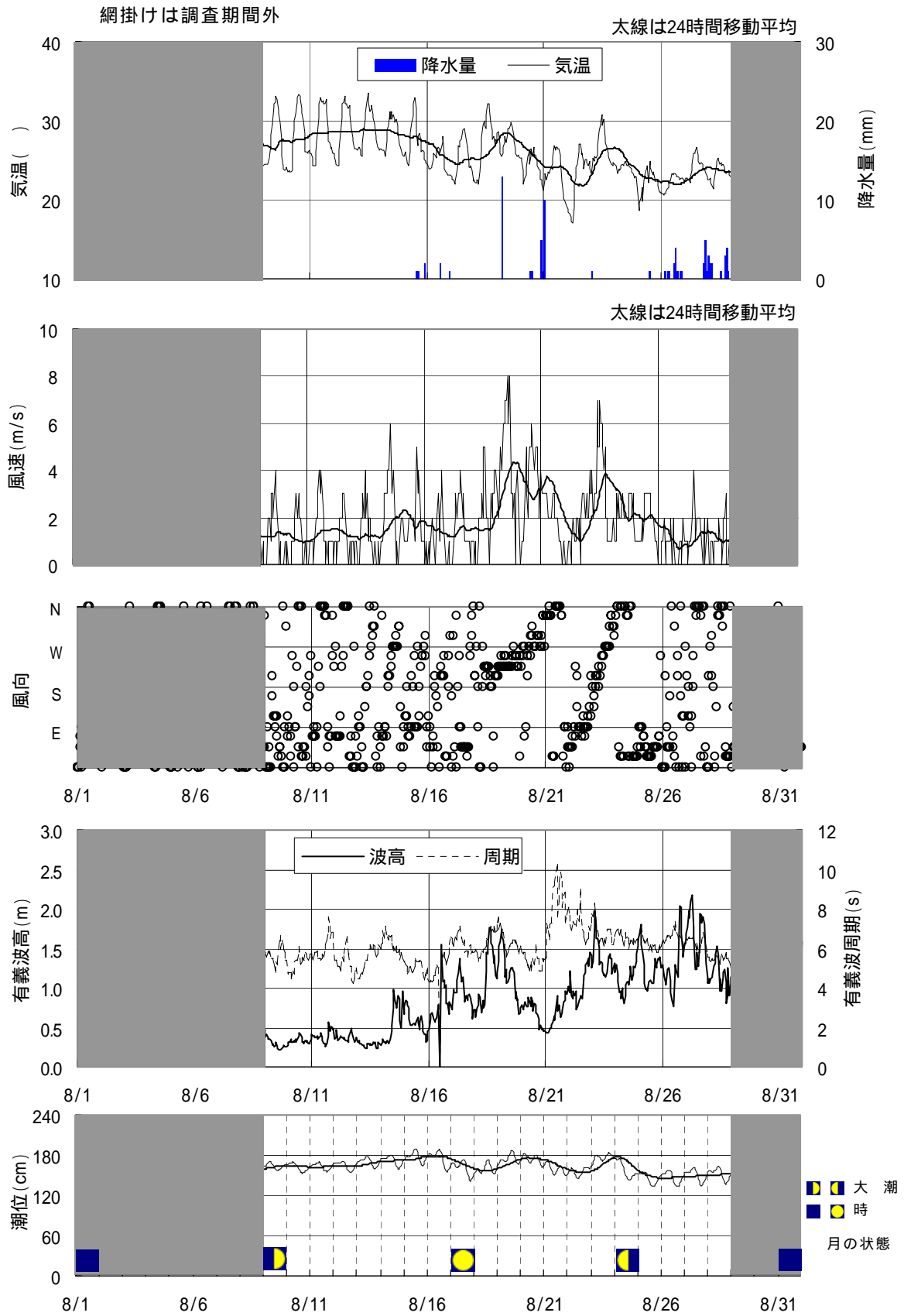


図 43 気象・海象の経時変化  
 (出典：気温・降水量・風 気象庁 アメダス，波浪・潮位 気象庁 海洋の健康診断表)

## 2) 平均流速

調査期間中の各水深帯における平均流速ならびに流向を図 44 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・平均流速は、表層(海底上 50m ~ 海面: 水深 0 ~ 30m)では約 20 ~ 25cm/s 程度で、底層に向かって緩やかに減少傾向であった。
- ・当該海域では東方成分流速が支配的で、北方成分流速は限りなく 0 に近いことが分かった。
- ・平均流の流向は、海面から海底付近まで、一様に E 方向であった。

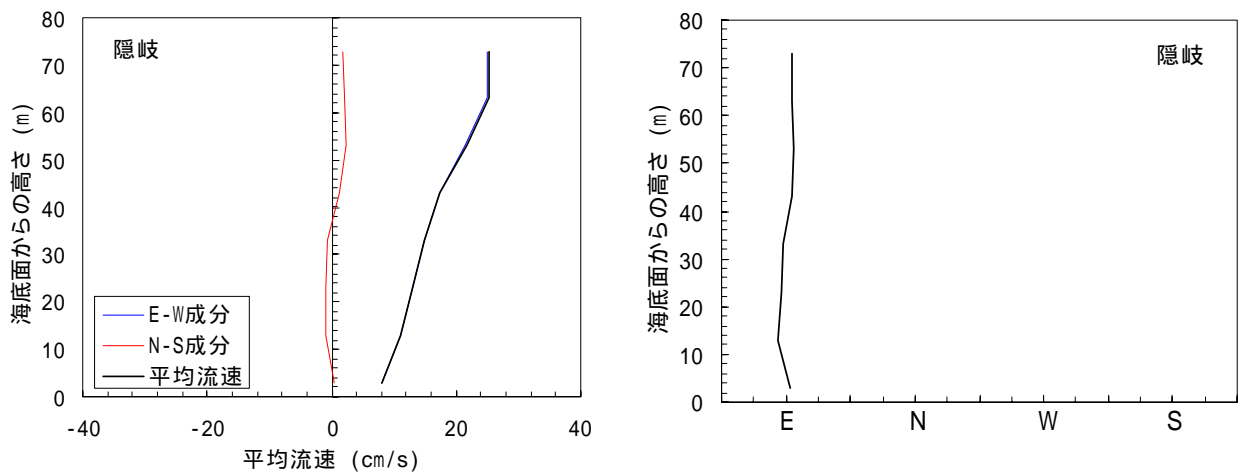


図 44 平均流速ならびに流向

### 3) 流向・流速頻度分布

流向・流速頻度分布を図 45 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・海面から海底付近まで、最も卓越している流向が E、次いで ESE もしくは ENE で鉛直方向にほぼ一様の流向であった。
- ・流速の出現頻度に着目すると、海面から海底上 43m (水深 0~40m) までは、流速 20~40cm/s の出現頻度が大半を占め、海底上 33m (水深 50m) 以深は、20cm/s 未満の出現頻度が大きいことが分かった。

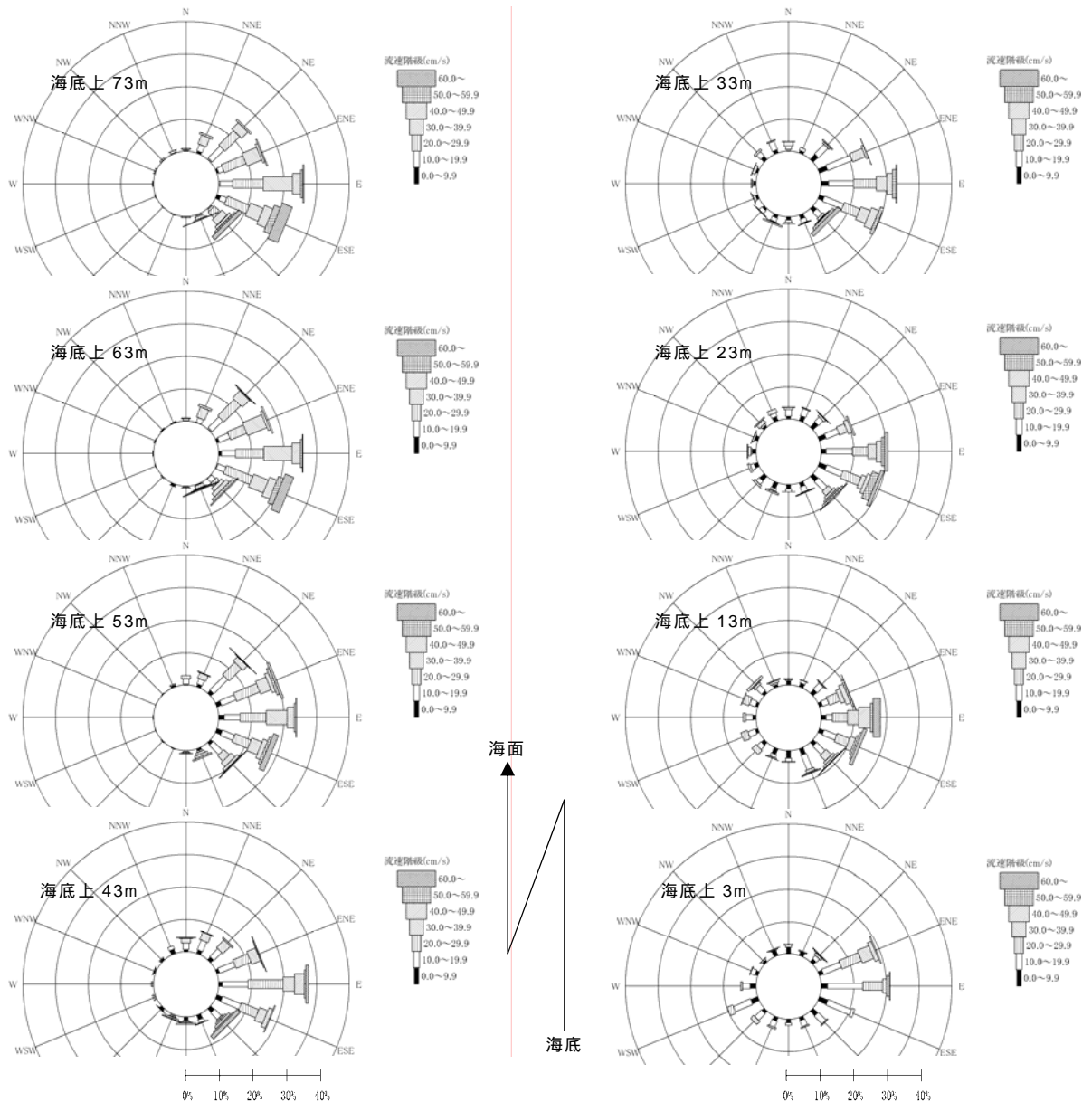


図 45 流向・流速頻度分布図

#### 4) スペクトル解析

スペクトル解析を行った結果を図 46 に示す。結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・全水深で、スペクトルに明瞭なピークは見られず、周波数 0.01 (周期 100 時間) 程度にピークが存在した。
- ・周期帯 24 時間でわずかなピークが見られた一方で、12 時間のエネルギーピークはほとんど見られず、日周潮の方が卓越していることが分かった。

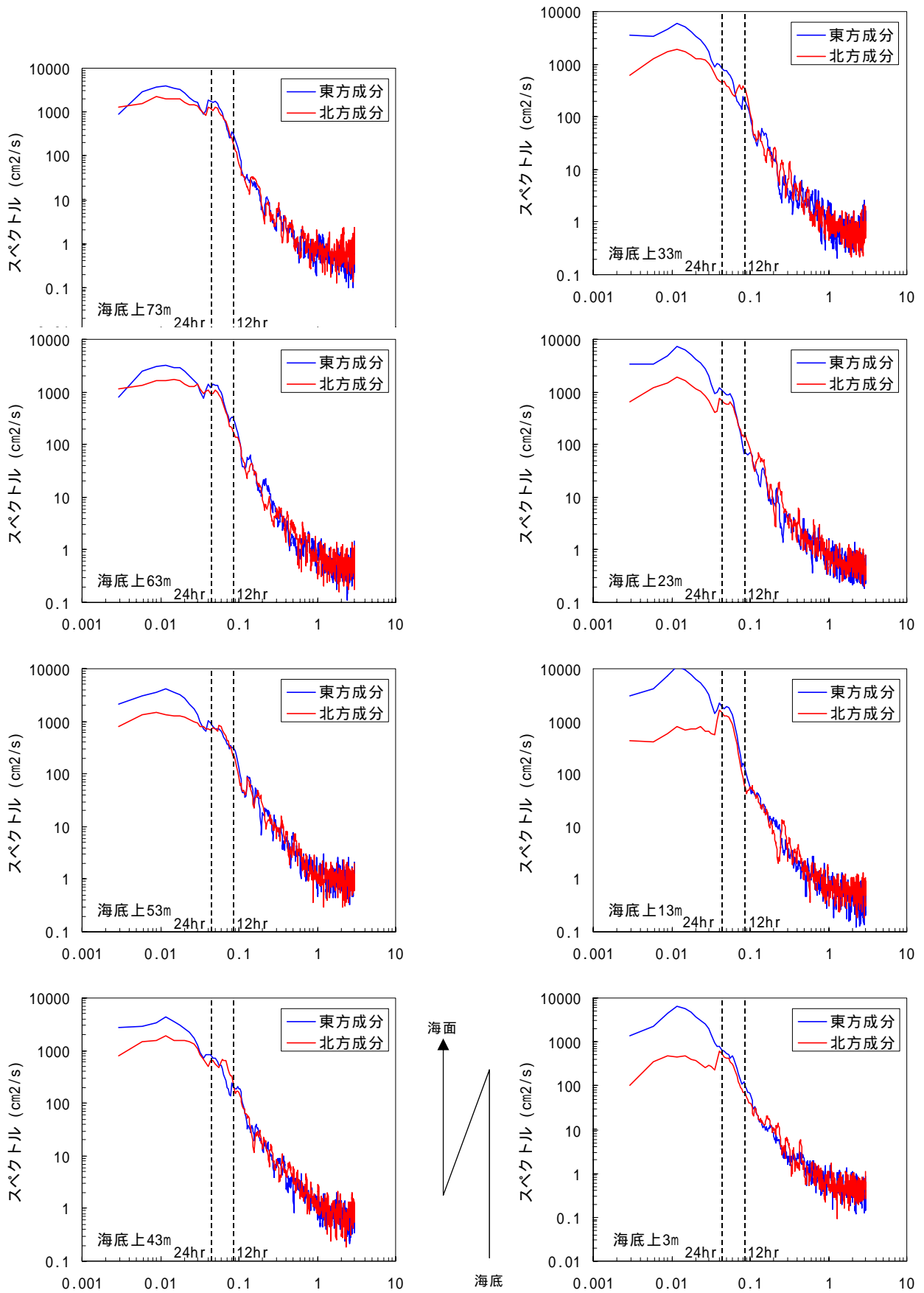


図 46 スペクトル解析結果



### 5) 調和分解

各層の潮流調和分解を行った。主要4分潮(K1, O1, M2, S2)の調和定数(楕円長軸)を表18に示す。また、最も卓越したO1分潮の潮流楕円を図47に示す。

結果より、調査期間中の主な特徴は概ね以下のとおりである。

- ・いずれの水深も、最も卓越する分潮は主太陰日周潮O1(周期25.82時間)であり、半日周潮成分は小さかった。
- ・O1分潮の長軸流速は表層から底層まで6cm/s前後、方向はE-W方向で、水深方向での流速・流向の変化はあまり見られなかった。
- ・O1の次に卓越する分潮は、日月合成日周潮K1(周期23.93時間)だが、いずれの水深も長軸流速は4cm/s前後と小さかった。
- ・恒流成分は、表層では20~25cm/sに対し、底層付近では10cm/s前後であった。流向は水深にかかわらず、概ねE方向であった。

表18 主要4分潮の調和定数(楕円長軸)

観測層 (海底上) (m)	K1分潮			O1分潮			M2分潮			S2分潮			恒流(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 (°)	流向 (°)	流速 (cm/s)
73	320.8	6.6	193.3	79.4	6.8	187.0	41.8	2.2	26.2	75.1	2.1	12.5	89.9	24.9
63	352.1	4.3	194.1	281.5	6.8	356.3	4.8	1.8	6.6	87.4	2.0	47.0	88.6	24.5
53	82.4	4.2	271.5	85.1	4.8	195.2	56.3	2.2	22.0	330.5	1.1	77.3	87.7	21.0
43	339.6	4.0	107.5	70.8	5.4	201.3	63.5	2.9	326.6	39.6	3.0	32.7	89.2	16.8
33	333.8	3.9	105.4	80.8	6.5	216.3	72.5	2.5	24.3	13.9	2.4	1.4	95.6	13.7
23	337.3	3.9	162.4	275.9	8.3	41.6	34.4	2.2	11.8	324.5	1.0	308.2	97.6	12.4
13	66.3	4.3	287.6	76.0	10.8	215.6	289.8	2.4	138.0	306.6	1.3	170.3	101.5	11.0
3	44.6	3.3	317.4	64.6	6.5	245.6	22.3	1.5	28.5	285.1	1.0	164.0	92.1	8.1

方向は0°がN

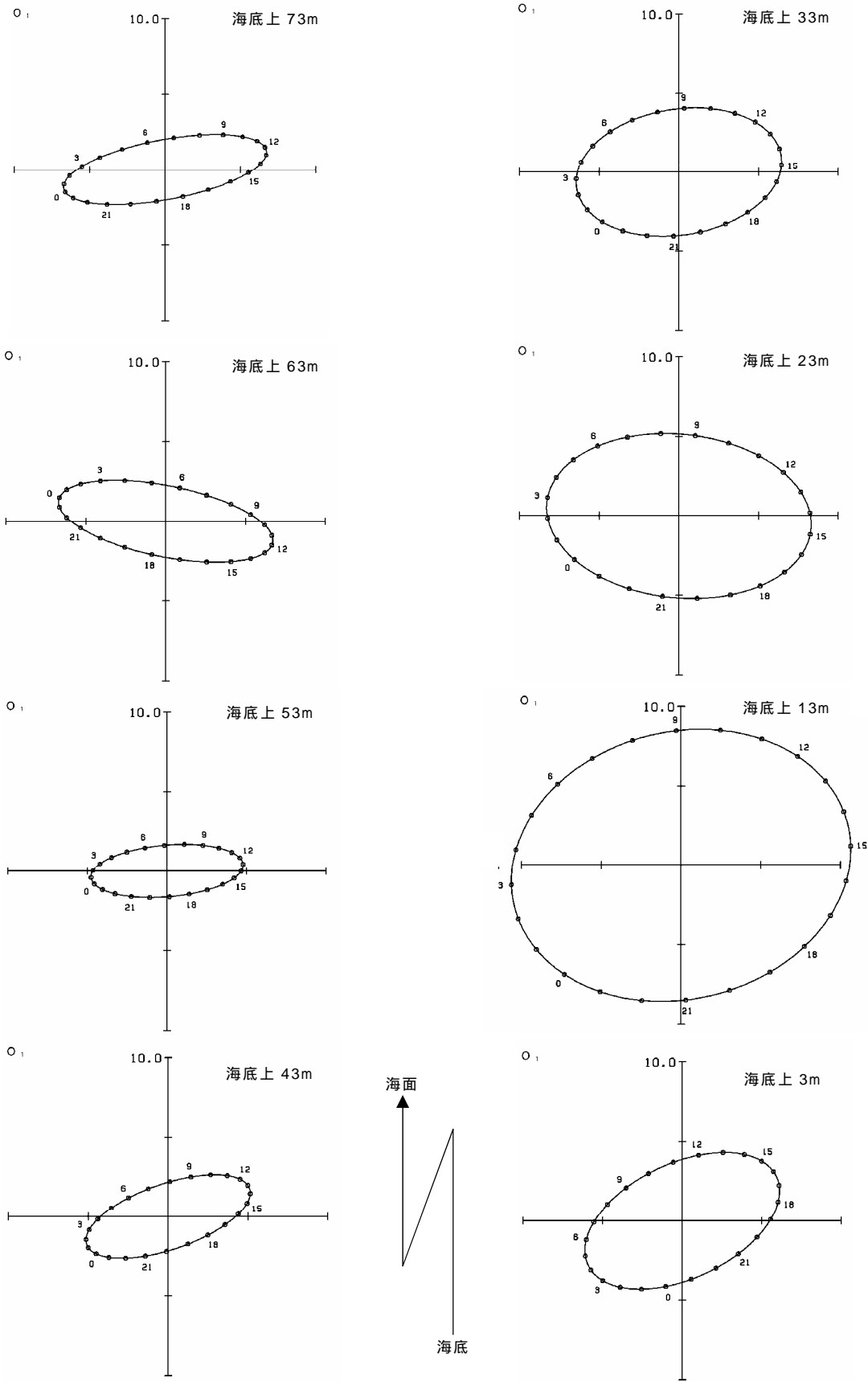


图 47 潮流橢圓 (01 分潮)

## 6) 海面の流況

7～10月の水質調査時にSt.1とSt.2で実施したGPSフロートによる海面(海面下5m)の流況観測結果を図48に示す。また、図49には各調査日の潮位グラフ(境と西郷観測所)を示す。

7月調査(7/10 St.1 9:08～9:18, St.2 12:15～12:25)

- ・St.1では、フロートは最大0.67m/s、平均0.44m/sでSE方向に流れた。
- ・St.2では、フロートは最大0.40m/s、平均0.11m/sでNW方向に流れた。
- ・調査当日は8～9時に満潮、14:40くらいに干潮を記録していることから、調査時刻は満潮から干潮の時刻内(下げ潮)であった。

8月調査(8/9 St.1 9:40～9:50, St.2 13:20～13:30)

- ・St.1では、フロートは最大0.81m/s、平均0.34m/sでESE方向に流れた。
- ・St.2では、フロートは最大0.67m/s、平均0.29m/sでN方向に流れた。
- ・調査当日は7時前後に満潮、15:00～15:30に干潮を記録していることから、調査時刻は満潮から干潮の時刻内(下げ潮)であった。

8月回収調査(8/28 St.1 9:54～10:04, St.2 12:25～12:35)

- ・St.1では、フロートは最大0.67m/s、平均0.46m/sでSSW方向に流れた。
- ・St.2では、フロートは最大0.79m/s、平均0.40m/sでNNE方向に流れた。
- ・調査当日は11:00～11:30に満潮、19:00～19:30に干潮を記録していることから、St.1の調査時刻は干潮から満潮の時刻内(上げ潮)、St.2は満潮から干潮の時刻内(下げ潮)であった。

10月調査(10/4 St.1 10:28～10:38, St.2 13:46～13:56)

- ・St.1では、フロートは最大0.40m/s、平均0.26m/sでSE方向に流れた。
- ・St.2では、フロートは最大0.67m/s、平均0.39m/sでNNE方向に流れた。
- ・調査当日は3:30～4:00に満潮、11～12時に干潮を記録していることから、St.1の調査時刻はほぼ干潮、St.2は干潮から満潮の時刻内(上げ潮)であった。

以上の結果より、上げ潮時と下げ潮時を比較すると流向に大きな変化はなく、潮流よりも恒流(対馬暖流の第一分枝流)が支配的であると推察される。また、St.1と2の両地点における流向の違いは、St.2では対馬暖流が隠岐諸島の西岸を北上して迂回する経路に相当し、St.1は隠岐諸島通過後に東岸を南東へ流れる経路もしくは隠岐海峡を東進する経路に相当するためと考えられる(後述の「7)海況予測図との比較」を参照)。

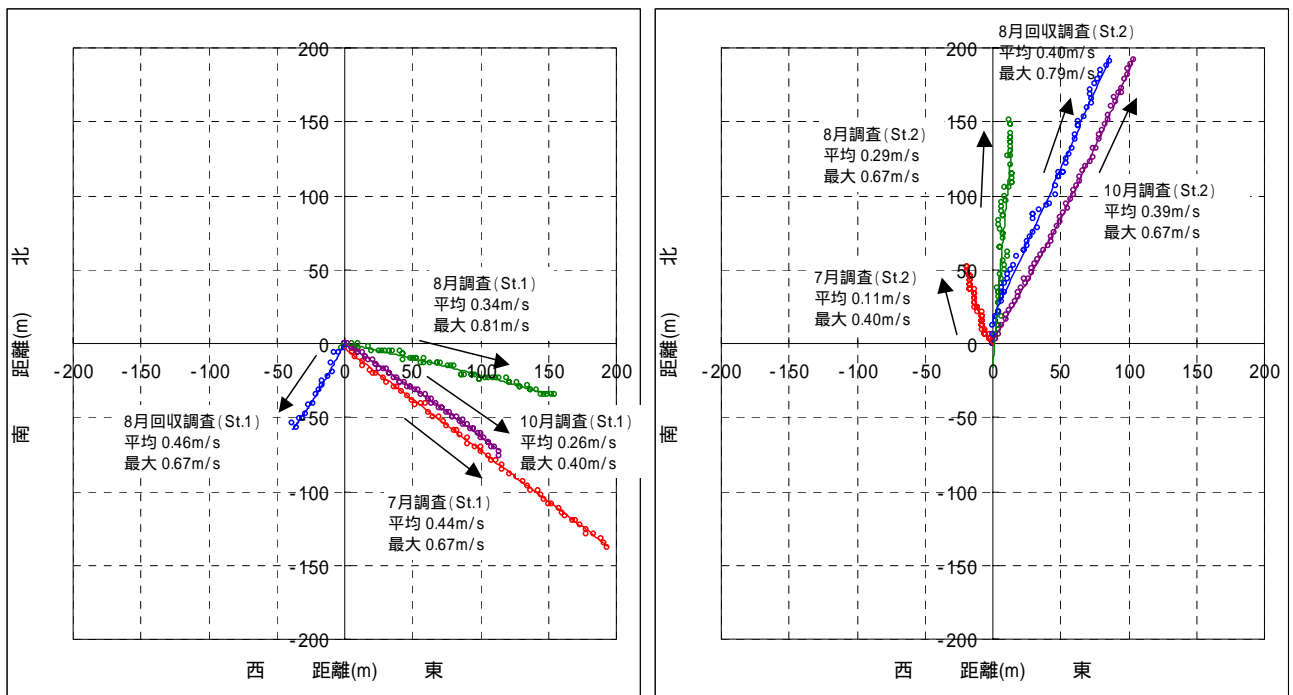


図 48 GPS フロートによる海面の流向・流速 (左 : St.1 , 右 : St.2)

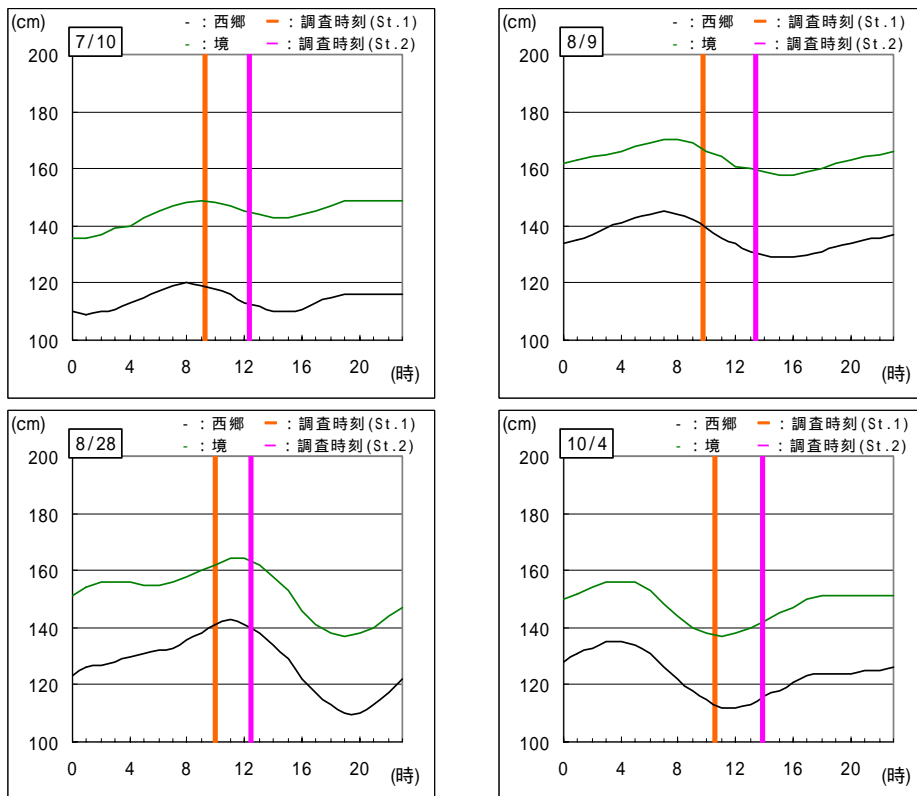


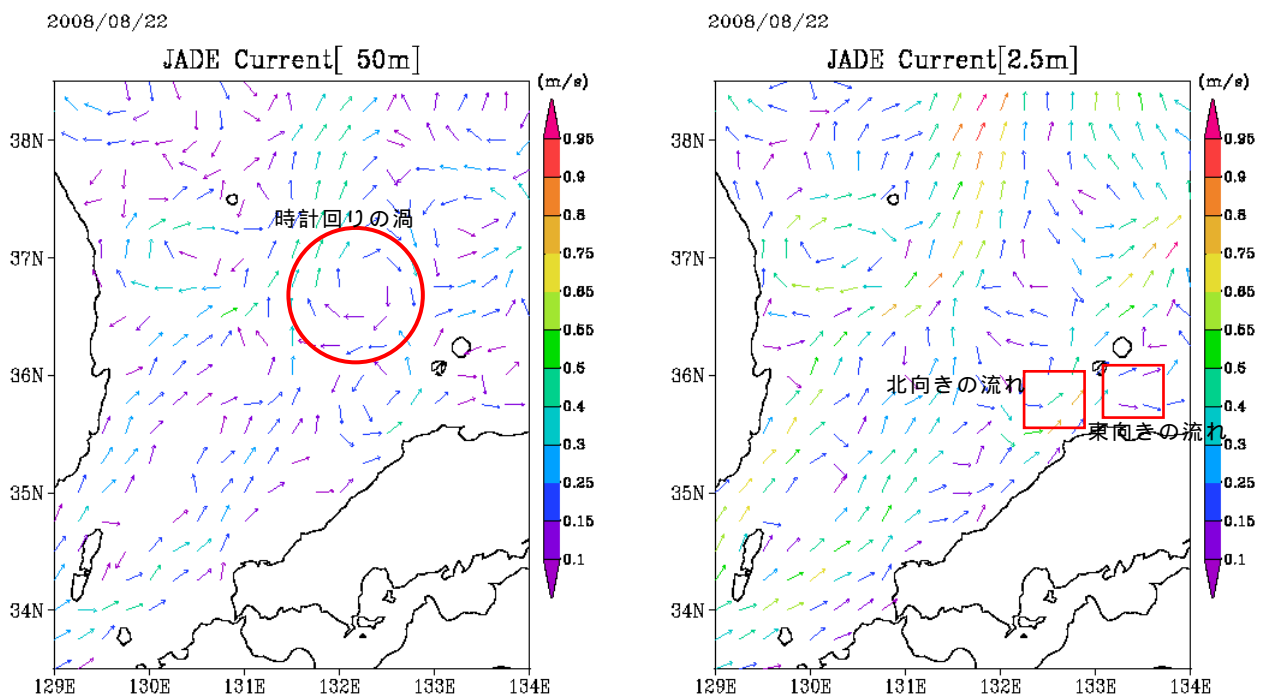
図 49 各調査日の潮位グラフ (境・西郷)

### 7) 海況予測図との比較

流況調査期間中がどのような流動環境であったのか、水産総合研究センターが提供している日本海海況予測システムJADE\*による海況予測結果を用いて、調査期間中の流動環境について調べた。

参考図を見ると、調査期間中に隠岐諸島北西海域の水深 50~100m 帯において、恒常的な時計回りの渦が形成されており、暖水渦の存在が示唆される。

また、海面付近（水深 2.5m）では明確な渦の存在は確認されず、St.1 付近では概ね東向き、St.2 付近では北向きの流れが卓越しており、前述の海面流況観測の結果と概ね一致することが分かった。



参考図 海況予測結果（左：水深 50m、右：水深 2.5m）

\* 日本海海況予測システムJADE(Japan sea Data assimilation Experiment), 水産総合研究センター  
URL : <http://jade.dc.affrc.go.jp/jade/>

#### 8) 流況調査のまとめ

以上より、当該海域における調査期間の主な流況の特徴は以下のとおりである。

- 当該海域では、E系（ENE～ESE）の流れが卓越する。これは日本海沿岸を流れる対馬暖流の第一分枝流の影響と考えられる。
- 表層で比較的大きい流速を記録するとき、底層の流速はほとんど減衰せずに表層と同等である。
- 平均流速は、表層（海底上 50m～海面：水深 0～30m）で約 20～25cm/s で、底層に向かって緩やかに減少傾向である。また、平均流の流向は、海面から海底付近まで、一様に E 方向である。
- 最も卓越する分潮は、主太陰日周潮 01(周期 25.82 時間)であり、その長軸流速は表層から底層まで 6cm/s 前後、方向は E-W 方向で、水深方向に流速・流向の変化はあまり見られない。
- 01 の次に卓越する分潮は、日月合成日周潮 K1(周期 23.93 時間)だが、いずれの水深も長軸流速は 4cm/s 前後と小さい。
- 当該海域では、潮流よりも恒流（対馬暖流の第一分枝流）が支配的であると推察される。
- 海面流況観測を実施した St.1 と St.2 における流向の違いは、St.2 では対馬暖流が隠岐諸島の西岸を北上して迂回する経路、St.1 は隠岐諸島通過後に東岸を南東へ流れる経路もしくは隠岐海峡を東進する経路に相当すると考えられる。
- 流況調査期間中、隠岐諸島北西海域の水深 50～100m 帯に恒常的な時計回りの渦が形成されており、暖水渦の存在が示唆される。一方で、海面付近（水深 2.5m）では明確な渦の存在は確認されなかった。

湧昇マウンドなどの構造物を想定したとき、構造物の法線は主流向に対して直角方向とするのが効果的と考えられる。今回の現地調査結果を踏まえると、調査地点では表層から底層まで一様に卓越流向が E であることから、構造物の法線は N-S 方向とするのが望ましい。

## (2) 水温・塩分鉛直観測

St.1 (水深約 140m) と St.2 (水深約 80m) において、7～10月のほぼ各月に多項目水質計(CSTD)を用いて、海面から海底面までの水温，塩分，クロロフィル a，密度(SigmaT)を 0.5m 間隔で測定した。

図 50～図 51 に各項目の鉛直分布を示す。なお、クロロフィル a については、採水分析結果(図中の 印)を用いてキャリブレーションを行い、CSTD にて得られた結果を補正している。

### 1) 各月の調査結果

#### 7月調査

##### 【St.1】(7/10 6:50)

- ・明瞭な水温躍層が認められず、水温は海面下の 23 から海底 80m 付近の 16 まで比較的緩やかな勾配であった。
- ・塩分は水深 20m まで 33.9 前後だが、その下は緩やかに変化し、水深 70m 以深は 34.5 前後であった。
- ・クロロフィル a 極大層は水深 50m 付近にあり、ピーク値は約 2.6  $\mu\text{g/l}$  であった。

##### 【St.2】(7/10 11:30)

- ・明瞭な 3 層構造が見られ、水温躍層が水深 30m と 124m 付近に見られた。
- ・水温は、水深 30m までの上層では 23 ～ 20、水深 50m から 120m までの中層では 17 ～ 15 まで緩やかに変化し、水深 180m 以深の下層は、2 台で一定であった。
- ・塩分は、水深 30m までの上層では 33.8 前後、水深 50m から 120m までの中層では 34.5 前後、水深 160m 以深の下層は 34.1 前後でほぼ一様であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 50m 付近にあり、ピーク値は約 2.8  $\mu\text{g/l}$  であった。

#### 8月調査

##### 【St.1】(8/9 7:53)

- ・水深 30m 付近に水温躍層が認められ、躍層上は 28 前後で一定しており、躍層下の 25 から海底 80m 付近の 18 まで比較的緩やかな勾配であった。
- ・塩分は水深 30m まで 33.0 前後、その下は緩やかに変化し水深 70m 以深は 34.2 前後であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 52m 付近にあり、ピーク値は約 1.5  $\mu\text{g/l}$  であった。

##### 【St.2】(8/9 12:30)

- ・明瞭な 3 層構造が見られ、水温躍層が水深 16m と 185m 付近に見られた。
- ・水温は、水深 16m 以浅は 28 前後、水深 50m から 120m の中層では、17 から 15 まで緩やかに変化し、水深 185m 以深の下層は 3 前後で一様であった。
- ・塩分は、水深 16m 以浅は 32.7 前後、水深 50m から 120m の中層では 34.3 前後、水深 185m 以深の下層は 34.1 前後で一様であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 55m 付近にあり、ピーク値は約 3.6  $\mu\text{g/l}$  であった。

## 8月回収調査

【St.1】(8/28 9:30)

- ・水深 25m 付近に水温躍層が認められ、躍層上は 26 前後で一定しており、躍層下の 23 から海底 80m 付近の 19 まで比較的緩やかな勾配であった。
- ・塩分は水深 25m まで 32.5~33.0、その下は緩やかに変化し水深 70m 以深は 34.2 弱であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 27m 付近で、ピーク値は約 1.7  $\mu\text{g/l}$  であった。

【St.2】(8/28 12:43)

- ・明瞭な 3 層構造が見られ、水温躍層が水深 20m と 105m 付近に見られた。
- ・水温は、水深 20m 以浅は約 26 で比較的一様で、水深 30m から 105m の中層では 21 から 14.5 まで緩やかに変化し、水深 160m 以深の下層は 2~3 台であった。
- ・塩分は、水深 20m 以浅は 32.5 前後、水深 30m から 105m の中層では 34.3 前後、水深 160m 以深の下層は、34.1 前後で一様であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 35m 付近で、ピーク値は約 3.9  $\mu\text{g/l}$  であった。

## 10月調査

【St.1】(10/4 8:11)

- ・水深 40m 付近に水温躍層が認められ、躍層上は 24 前後、水深 65m 以深は 17 台で一定であった。
- ・塩分は水深 30m まで 33.2 前後となっており、その下は緩やかに変化し水深 60m 以深は 34.2 で一様であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 38m 付近で、ピーク値は約 2.3  $\mu\text{g/l}$  であった。

【St.2】(10/4 13:10)

- ・明瞭な 3 層構造が見られ、水温躍層が水深 35m と水深 130m 付近に見られた。
- ・水温は、水深 35m までの上層では 23.8 前後で比較的一様で、水深 40m から 120m までの中層では 20 から 15 まで緩やかに変化し、水深 130m 以深の下層は 7 から緩やかに減少して、水深 180m 以深は 3 前後であった。
- ・塩分は、水深 35m までの上層では 33.1 前後、水深 40m から 120m までの中層では 34.3 前後、水深 130m 以深の下層は 34.2 前後で比較的一様であった。
- ・クロロフィル a の極大層は水深 37m 付近にあり、ピーク値は約 2.7  $\mu\text{g/l}$  であった。



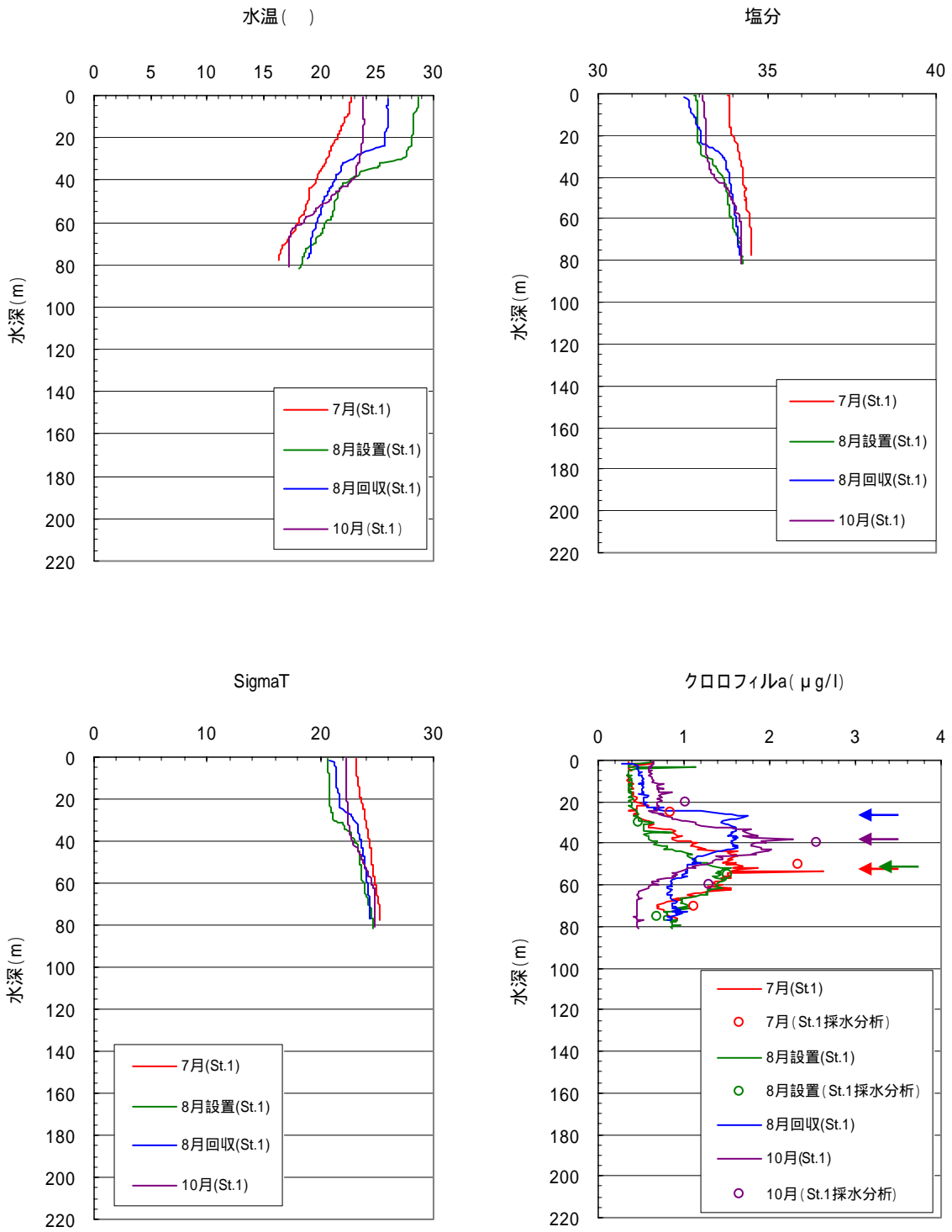


図 50 水温・塩分・SigmaT・Chl-a の鉛直分布 ( St.1 )

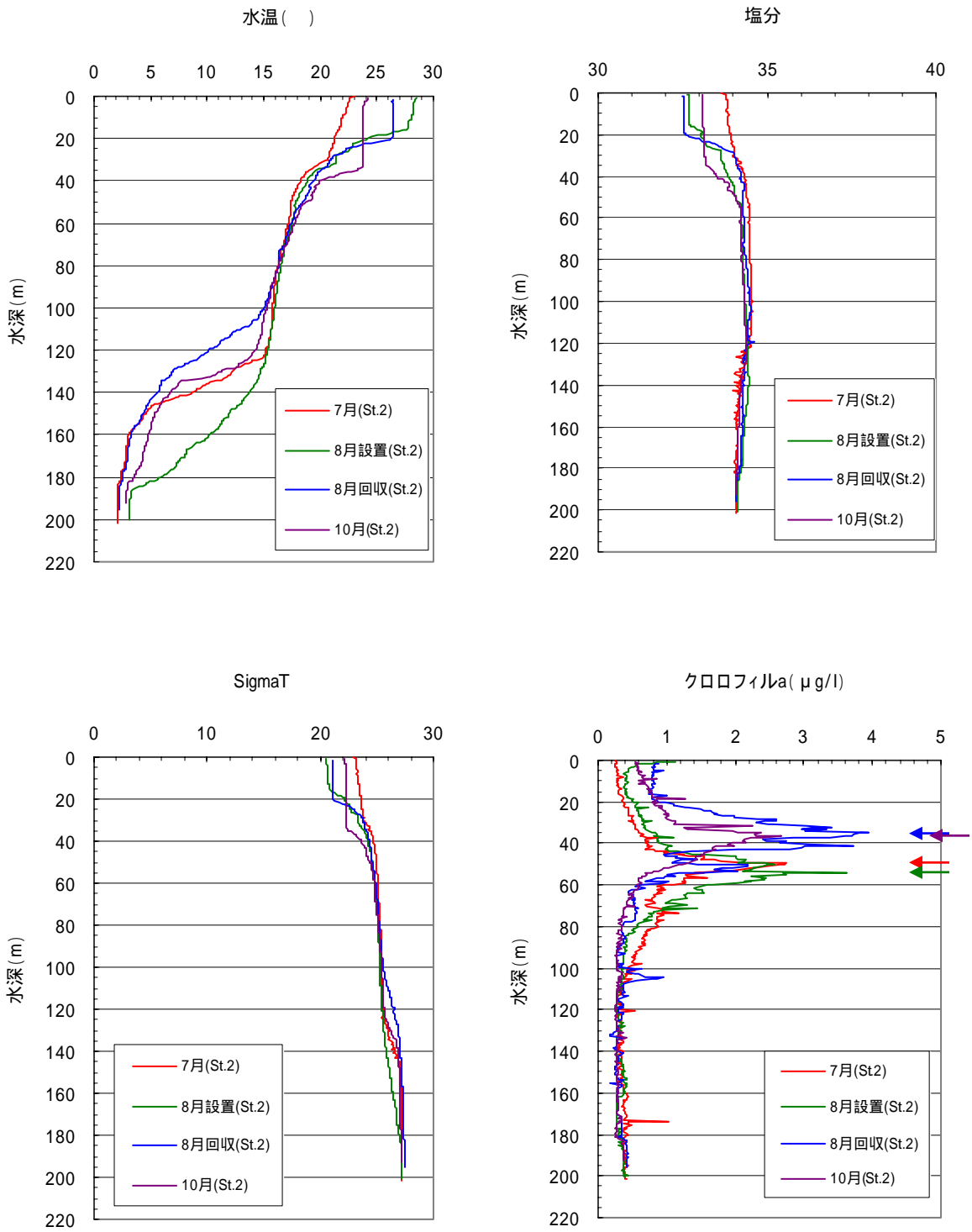


図 51 水温・塩分・SigmaT・Chl-a の鉛直分布 (St.2)

## 2) 既往の知見との比較

既往資料<sup>\*</sup>によると、浜田沖では夏に発達する季節躍層以外に年間を通して主温度躍層が存在し、主温度躍層より上層には対馬暖流水が分布、下層の水深 150～200m以深では水温 0～1℃、塩分 33.96～34.14 で示される日本海固有水が存在するとされている。

海域の違い等あるものの、本調査結果に照らし合わせると、比較的新しく形成された混合層である上層と対馬暖流起源の中層間の躍層が前述の季節躍層、対馬暖流起源の中層と日本海固有水系の水塊である下層との間の躍層が主温度躍層に相当し、この明瞭な 3 層構造は当該海域の特徴であると推察される。

## 3) 水温・塩分鉛直観測のまとめ

当該海域における水温・塩分・クロロフィル a の鉛直分布に関する主な特徴は、以下のとおりである。

- 季節躍層上の水温は、7～8月にかけて上昇し、8月（流速計設置時）の 29 度をピークに 10 月にかけて下降する。St.2 では、底層付近（水深 180m 以深）は 3 前後で季節変動はほとんど見られなかった。
- 塩分は 8 月に表層の淡水化が確認されたが、季節躍層（水深 40m）以深では季節変動はほとんど見られなかった。
- クロロフィル a の極大層は、7～8月上旬では 50m 付近、8月下旬では 25～35m、10 月では 40m 付近にあり、ピーク値は 8 月が 3.5～4 μg/l（St.2）で最大だった。
- 当該海域の水塊構造の特徴としては、表層が春季以降に形成された混合層、中層が冷却や擾乱によって冬季に形成された混合層、底層が日本海固有水系の水塊といった 3 層構造となっていることである。今回の調査結果からも、図 52 に示すように、水深 180m 以深では、水温 2～3℃、塩分 34.0～34.3 の冷水塊が安定して見られ、これは水温 0～1℃、塩分 33.96～34.14 で定義される日本海固有水の影響と考えられる。

<sup>\*</sup> 続・日本全国沿岸海洋誌（総説編・増補編）、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990 年 6 月

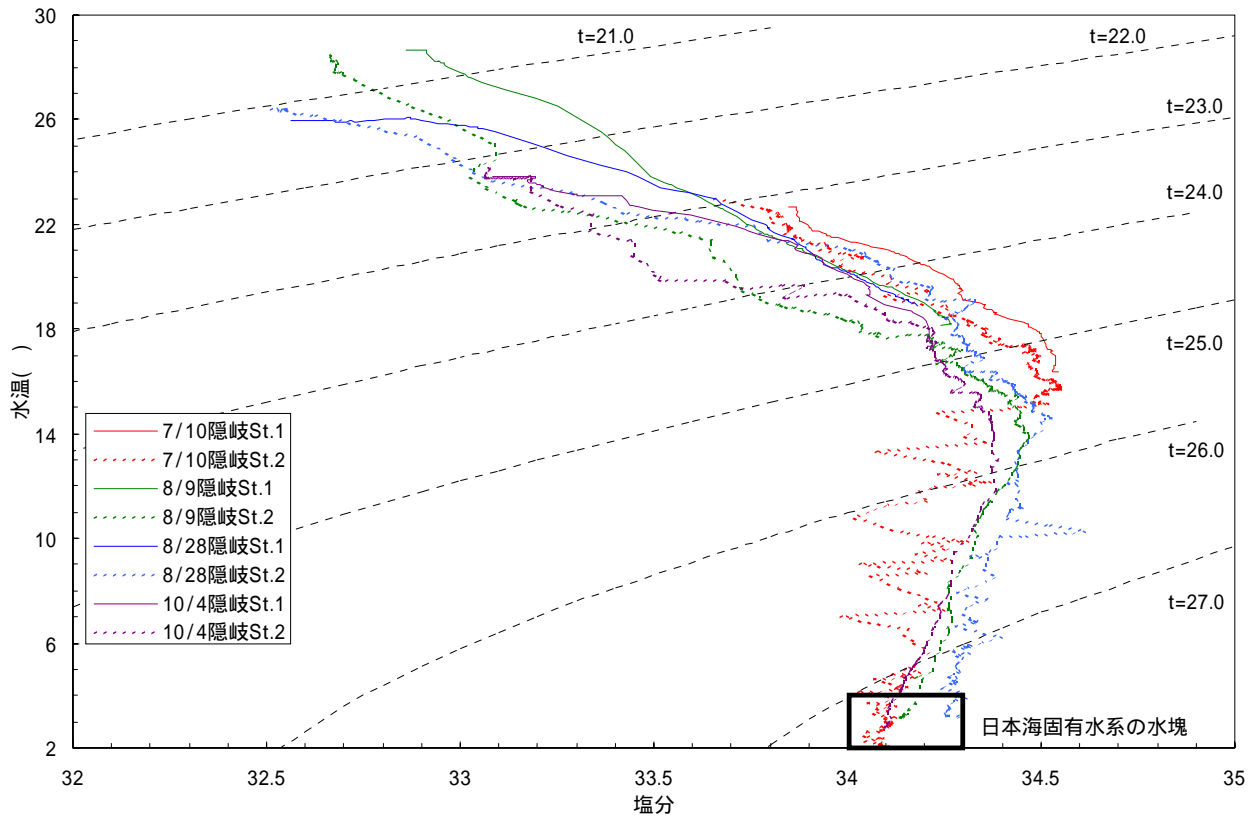


図 52 T-S ダイアグラム

### (3) 水質調査

St.1 (水深約 140m) と St.2 (水深約 80m) において、7~10月の各月(9月除く)にバンドン採水器を用いて計8層の採水を行い、栄養塩濃度(計7項目)の分析を行った。

#### 1) 各月の調査結果

表 18 に水質分析結果を示す。図 53 には窒素、リン、珪素の分析結果、そして N/P と Si/P (後述参照) についてそれぞれ示す。

7月調査 (7/10 St.1 6:50~7:17, St.2 11:30~11:49)

- ・ 窒素、リン、珪素いずれも表~中層で濃度が低く(リンは定量下限値未満)、底層で濃度が高かった。
- ・ 海面からクロロフィル a の極大層(水深 50m)付近では無機態窒素が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・ 海底付近は、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

8月調査 (8/9 St.1 7:53~8:23, St.2 12:30~12:57)

- ・ 窒素、リン、珪素いずれも表~中層で濃度が低く(リンは定量下限値未満)、底層で濃度が高かった。
- ・ 海面からクロロフィル a の極大層(水深 50m)付近では無機態窒素が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・ 海底付近は、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

10月調査 (10/4 St.1 8:11~8:41, St.2 13:10~13:34)

- ・ 窒素、リン、珪素いずれも表層で濃度が低く、中~底層で濃度が高かった。
- ・ 海面からクロロフィル a の極大層(水深 40m)付近では無機態窒素が植物プランクトンに消費されていることが示唆される。
- ・ 海底付近は、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。

表 18(1) 水質分析結果 (7月調査)

単位: mg/l

測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン P04-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St.1	5.0	0.13	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.07
	25.0	0.11	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.10
	50.0	0.12	<0.01	<0.001	<0.01	0.004	0.003	0.11
	78.0	0.15	<0.01	0.002	0.05	0.010	0.008	0.27
St.2	150.0	0.31	<0.01	<0.001	0.23	0.045	0.042	0.99
	200.0	0.43	<0.01	<0.001	0.14	0.027	0.024	0.61
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

表 18(2) 水質分析結果 (8月調査)

単位: mg/l

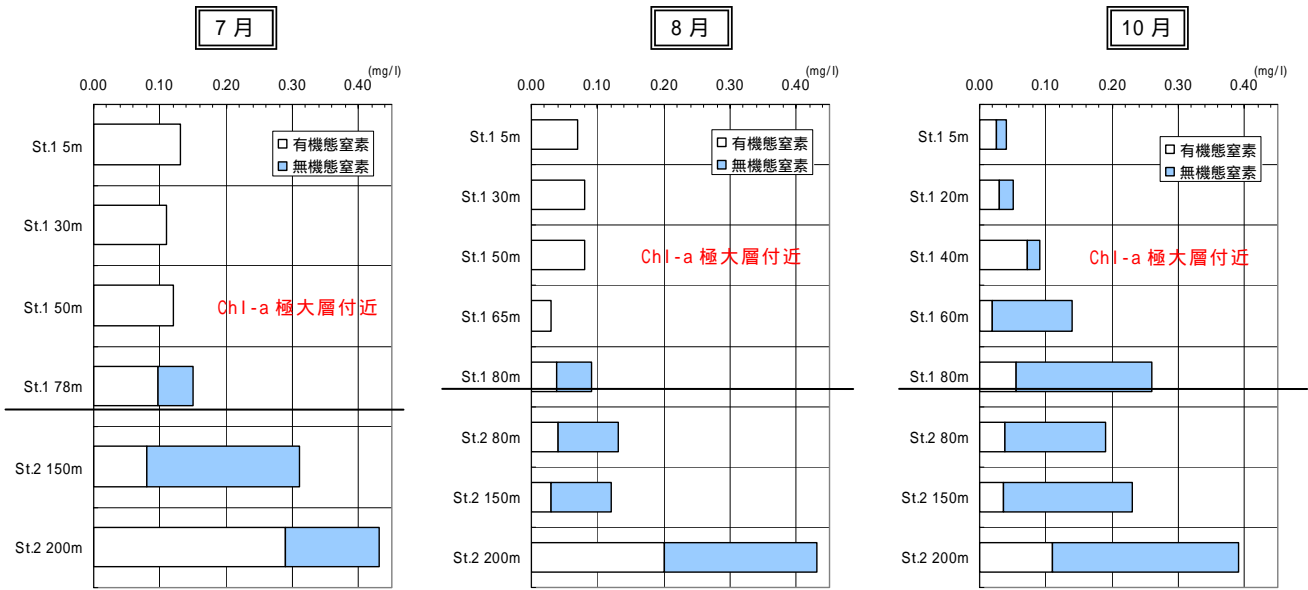
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン P04-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St.1	5.0	0.07	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.06
	30.0	0.08	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.05
	50.0	0.08	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.06
	65.0	0.03	<0.01	<0.001	<0.01	<0.003	<0.002	0.06
	80.0	0.09	<0.01	0.002	0.05	0.010	0.009	0.22
St.2	80.0	0.13	<0.01	<0.001	0.09	0.017	0.015	0.24
	150.0	0.12	<0.01	<0.001	0.09	0.017	0.015	0.28
	200.0	0.43	<0.01	<0.001	0.23	0.047	0.039	0.87
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

表 18(3) 水質分析結果 (10月調査)

単位: mg/l

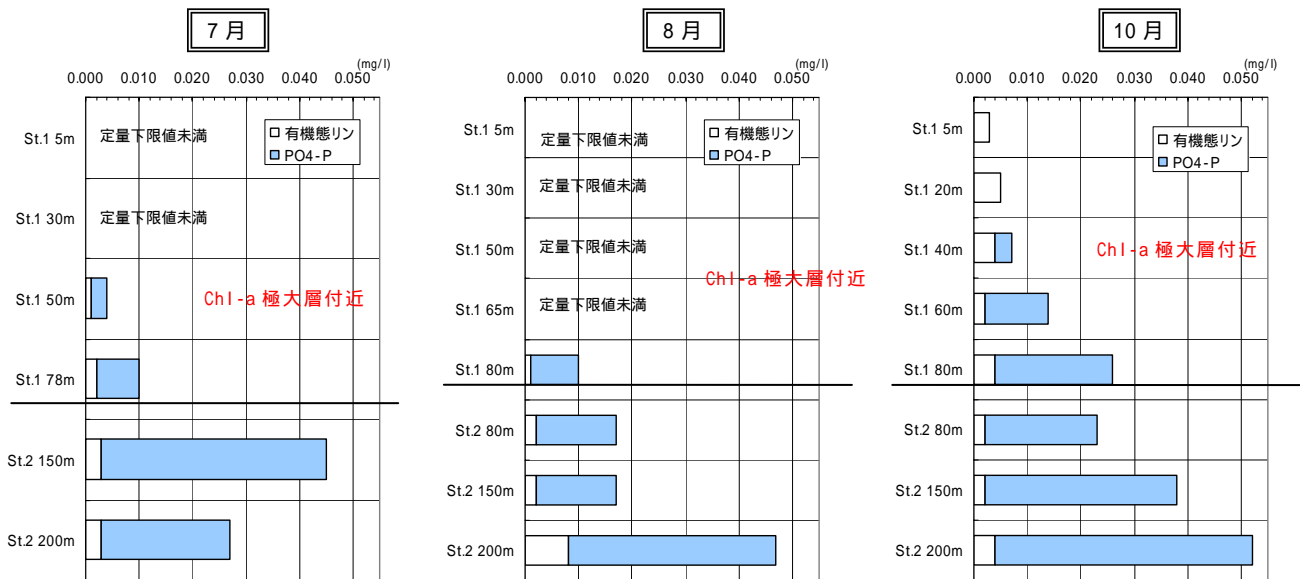
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH4-N	亜硝酸態窒素 NO2-N	硝酸態窒素 NO3-N	全リン T-P	リン酸態リン P04-P	珪酸態珪素 SiO2-Si
St.1	5.0	0.04	<0.01	0.015	<0.01	0.003	<0.002	0.02
	25.0	0.05	<0.01	0.021	<0.01	0.005	<0.002	0.02
	40.0	0.09	<0.01	0.019	<0.01	0.007	0.003	0.07
	60.0	0.14	<0.01	0.052	0.07	0.014	0.012	0.20
	80.0	0.26	<0.01	0.096	0.11	0.026	0.022	0.38
St.2	80.0	0.19	<0.01	0.041	0.11	0.023	0.021	0.36
	150.0	0.23	<0.01	0.025	0.17	0.038	0.036	0.63
	200.0	0.39	<0.01	0.091	0.19	0.052	0.048	0.94
定量下限値 報告下限値			0.01	0.001	0.01	0.003	0.002	

塗りは定量下限値未満



定量下限値未満は、ゼロとしている  
 無機態窒素は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  (DIN) の総和としている  
 有機態窒素は、便宜的に T-N から DIN を差し引いた数値としている

図 53(1) 窒素の鉛直分布



定量下限値未満は、ゼロとしている  
 有機態リンは、便宜的に T-P から  $\text{PO}_4\text{-P}$  を差し引いた数値としている

図 53(2) リンの鉛直分布

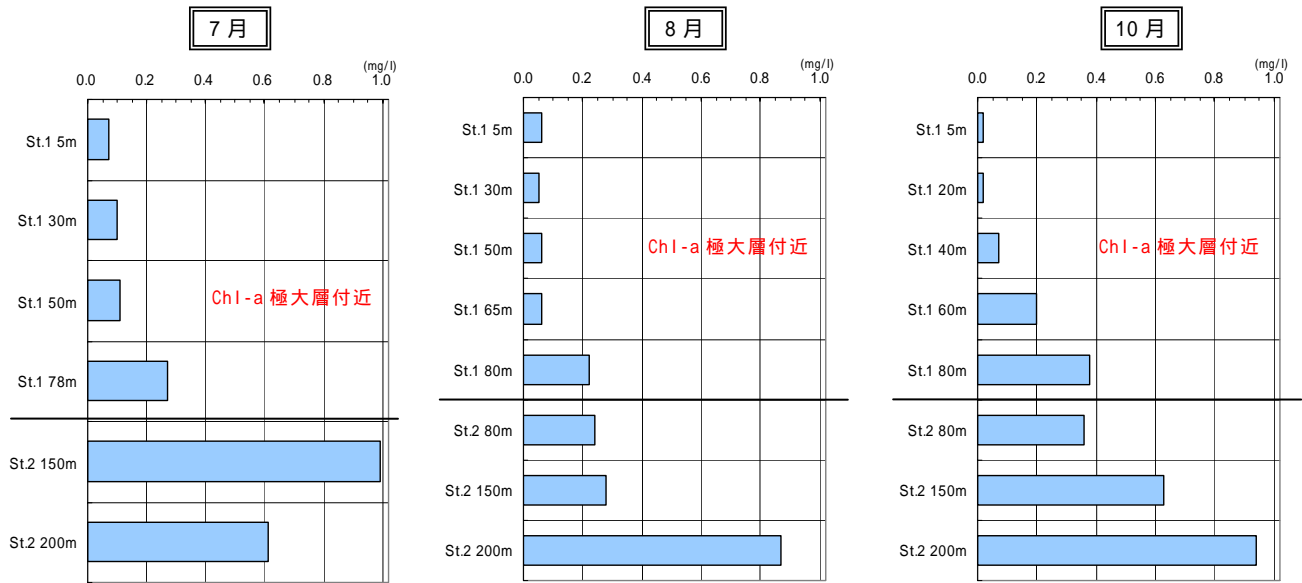


図 53(3) 珪素 ( $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ) の鉛直分布

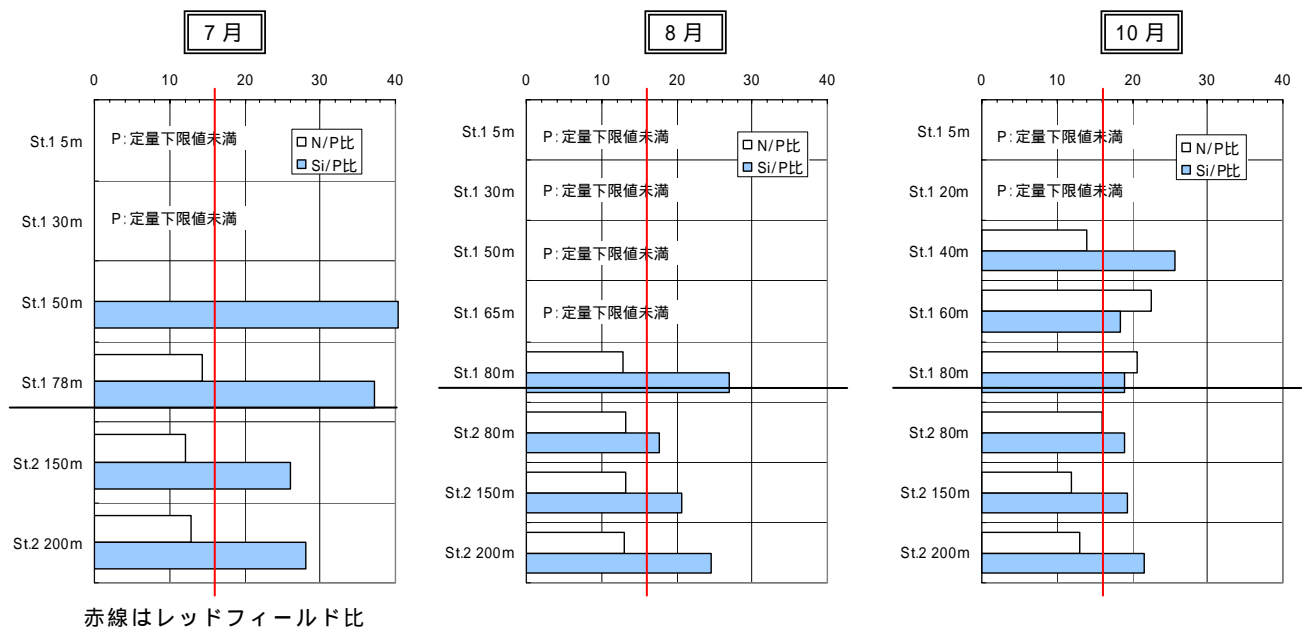


図 53(4) N/P と Si/P の鉛直分布



## 2) N/P と Si/P

植物プランクトンは太陽光を受け、二酸化炭素と栄養塩を使って光合成を行うが、このとき、植物プランクトンが取り込む炭素と窒素とリンの比率は、モル比で概ね C:N:P = 106:16:1 の一定の比率（レッドフィールド比）になる。これに珪藻類に必要な珪素を加えて、C:N:P:Si = 106:16:1:16 ~ 50 の値が一般に提唱されている。

図 54 に、今回の全調査結果をもとに作成したN/P図（モル換算比）を示す。ここで、図中のNはDIN（無機態窒素）、PはPO<sub>4</sub>-P（リン酸態リン）である。参考として、NO<sub>3</sub>-NとPO<sub>4</sub>-Pの比についても図示している。

結果より、N/Pは平均で 13.394 とレッドフィールド比（16）を下回り、当該海域がやや窒素律則であることが分かった。なお、参考として示したNO<sub>3</sub>-N/PO<sub>4</sub>-Pはおよそ 11 となった。また、Si/Pについては、上記の提唱されている数値（16 ~ 50）内におさまる結果となった（図 53(4)参照）。

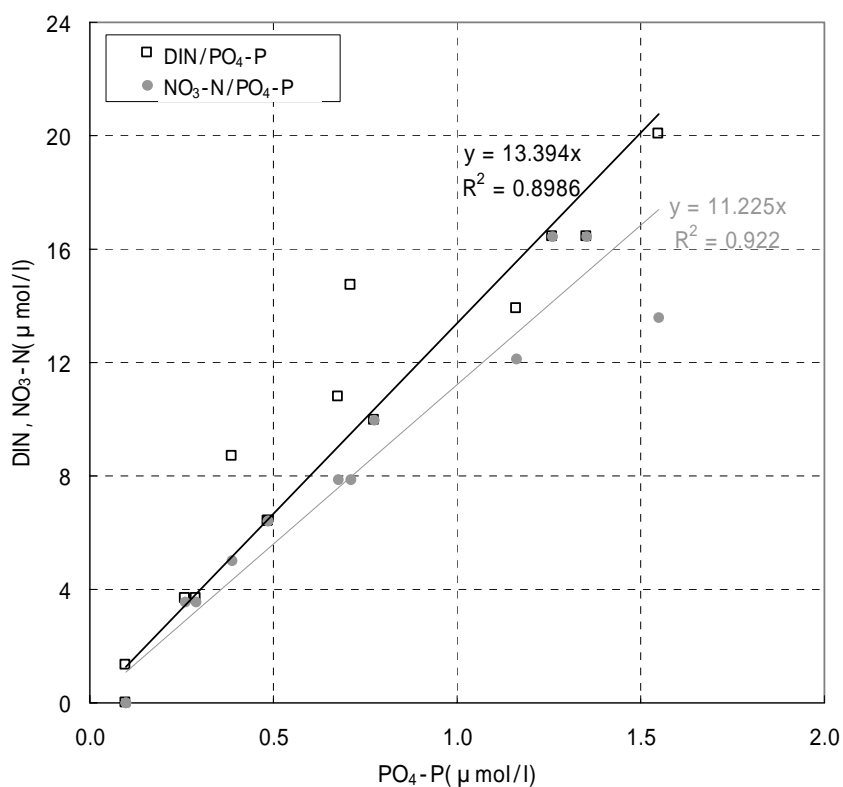


図 54 N/P 図

### 3) 既往の知見との比較

既往資料\*によると、山陰沿岸域における夏の海表面は成層化に伴って底層からの補給がほとんどないため、リン酸塩濃度は $0.1 \mu\text{g/l}$ 以下と極めて低い濃度となるとされる。

今回の結果で表層にてリンが少ないのは、植物プランクトンの消費による枯渇と底層からの供給が不足するという、当該海域の夏季の特徴であると推察される。

### 4) 水質調査のまとめ

当該海域における調査期間中の水質（栄養塩濃度）に関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 窒素、リン、珪素いずれも表～中層で濃度が低く、底層にかけて濃度が高い。
- クロロフィル a の極大層以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されて枯渇状態である。
- 植物プランクトンの補償深度以深では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。
- 当該海域の N/P はレッドフィールド比（16）を下回り、やや窒素律則であることが分かった。Si/P は、提唱されている数値（16～50）内におさまる結果となった

---

\* 続・日本全国沿岸海洋誌(総説編・増補編)、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

#### (4) 植物プランクトン調査

St.1 (水深約 140m) と St.2 (水深約 80m) において、7~10月の各月(9月除く)にバンドン採水器を用いてクロロフィル a 極大層を含む計 3 層にて採水を行い、ホルマリン固定して実験室に搬入し、分析に供した。

表 19 および図 55 に各月の植物プランクトン調査結果の概要を示す。

##### 1) 各月の調査結果

7月調査(7/10 7:27~7:42)

- ・珪藻類が圧倒的に多く、極大層以浅では、キートケロス科(*Chaetoceros distans*, *Chaetoceros compressum*)の優占が顕著であった。
- ・極大層下(水深 70m)では、珪藻類のニッチア科(*Pseudo-nitzschia spp.*)が優占していたほか、ハプト藻(*Haptophyceae*)が多く見られた。

8月調査(8/9 8:30~8:48)

- ・7月と比べて種・細胞数ともに減少した。
- ・極大層以浅では、優占種が珪藻類から渦鞭毛藻類の *Gymnodiales* とハプト藻(*Calciosolenia murrayi*, *Haptophyceae*)に変わった。
- ・極大層下(水深 75m)では、珪藻類のニッチア科(*Pseudo-nitzschia spp.*, *Cylindrotheca closterium*)が多く見られた。

10月調査(10/4 8:48~9:00)

- ・夏季の調査結果と比べて、中層を除いて種・細胞数ともに減少した。
- ・極大層上(水深 20m)では、渦鞭毛藻類の *Gymnodiales* が優占していたほか、ハプト藻(*Haptophyceae*)が多く見られ、8月と優占種の傾向が類似していた。
- ・極大層以深では珪藻類が優占し、中でもニッチア科(*Pseudo-nitzschia spp.*, *Cylindrotheca closterium*)が多く見られた。
- ・極大層では、クリプト藻(*Cryptophyceae*)が比較的多く見られた。

以上の結果より、7月では豊富な珪素が珪藻の増殖を促進したが、やがて珪藻が海域の珪素を消費し尽くして、8月には珪素が不足し、窒素とリンのみで増殖する渦鞭毛藻類が優占したと推察される。

表 19 植物プランクトン調査結果の概要表

調査方法：バンドン採水器による採水  
 単位：細胞数（細胞/全量(2L)、沈殿量（ml/全量(2L)）

採水層	7月調査(2008.7.10)			8月調査(2008.8.9)			10月調査(2008.10.4)		
	極大層上中央 (水深25m)	極大層 (水深50m)	極大層下20m (水深70m)	極大層上中央 (水深30m)	極大層 (水深55m)	極大層下20m (水深75m)	極大層上中央 (水深20m)	極大層 (水深40m)	極大層下20m (水深60m)
種類数	32	37	29	26	19	29	23	19	12
細胞数	157,080	78,600	20,100	29,040	15,540	8,640	18,960	17,880	2,700
沈殿量	0.6	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5	0.2
優占種 (%)	極大層上	<i>Chaetoceros distans</i>	(47.4)	<i>Gymnodiniales</i>	(13.2)	<i>Gymnodiniales</i>	(15.2)		
		<i>Chaetoceros compressum</i>	(13.4)	<i>Haptophyceae</i>	(11.6)	<i>Haptophyceae</i>	(12.7)		
		<i>Chaetoceros spp.</i>	(7.6)	<i>Chaetoceros compressum</i>	(9.9)	<i>Peridinales</i> 他1種	(10.1)		
	極大層	<i>Chaetoceros distans</i>	(15.9)	<i>Calciosolenia murrayi</i>	(34.0)	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(13.4)		
		<i>Chaetoceros compressum</i>	(11.6)	<i>Haptophyceae</i>	(18.5)	<i>Cryptophyceae</i>	(10.7)		
		<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	(11.6)	<i>Gymnodiniales</i>	(10.8)	<i>Gymnodiniales</i> 他1種	(10.7)		
	極大層下	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	(23.9)	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	(16.7)	<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	(26.7)		
		<i>Haptophyceae</i>	(19.1)	<i>Haptophyceae</i>	(13.9)	<i>Chaetoceros distans</i>	(17.8)		
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	(7.2)	<i>Cylindrotheca closterium</i>	(8.3)	<i>Gymnodiniales</i> 他2種	(8.9)		

- 1 優占種は各層の細胞数の上位3種を示している  
 2 優占種の( )内の数値は、各層の合計細胞数に対する比率を示している

: クリプト藻 : 渦鞭毛藻  
 : 珪藻 : ハプト藻

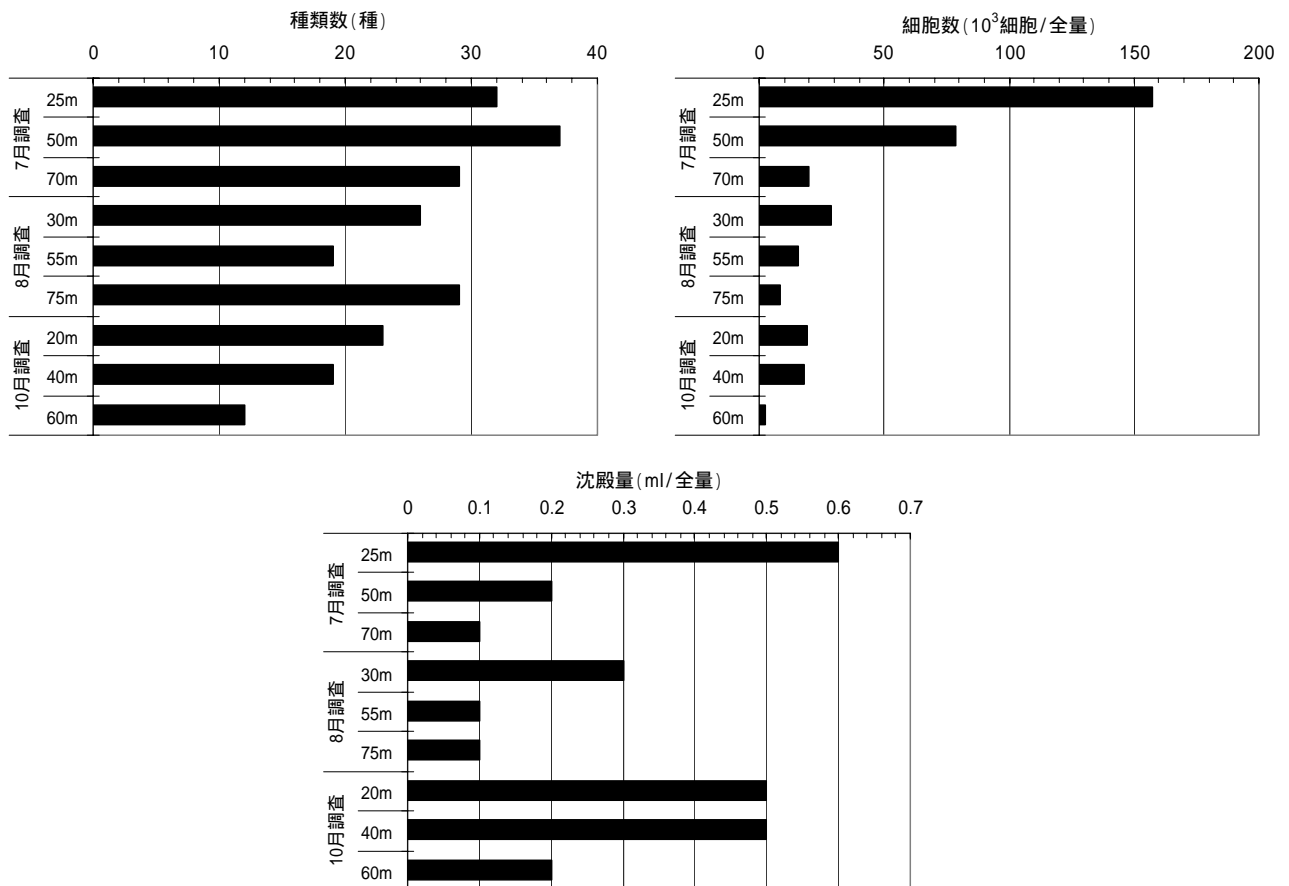


図 55 植物プランクトン調査結果の概要図

## 2) 植物プランクトン調査のまとめ

当該海域における調査期間中の植物プランクトンに関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 7～10月では、種・細胞数ともに7月>8月>10月の順で、季節の推移とともに減少傾向であった。
- 7月は珪藻類（特にキートケロス科）の優占が顕著であるが、8～10月になると、優占種が渦鞭毛藻類とハプト藻に推移する。
- クロロフィル a と植物プランクトン細胞数の間に関係が見られなかった（クロロフィル a 極大層が必ずしも細胞数最大とならない）。この要因として、今回の分析結果が、全ての植物プランクトンを対象としていないことが挙げられる。特に、今回の調査海域のように外海の傾向の強い海域では、クロロフィル濃度を構成するプランクトンがピコプランクトン(2μm以下)のような、小さい細胞のものが占める割合が大きいため、関係があまり見られなかったと推察される。
- 本調査結果より、クロロフィル極大層から下の層で珪藻類が比較的多く見られた点から、人為的に底層水を湧昇させて、表層に珪素の供給を図ることが重要と考えられる。

8月は動物プランクトンが多く、特に水深0～60mで多くなっている。植物プランクトンは、7月に比べて8月は非常に少なく、栄養塩（窒素・リン・珪素）も同様である。このことから、8月については、動物プランクトンの捕食圧に植物プランクトンの増殖が間に合わず、それを補償するための栄養塩も枯渇している状況と考えることができる。

#### (5) 動物プランクトン調査

St.1 (水深約 140m) と St.2 (水深約 80m) において、7~10月の各月(9月除く)にプランクトンネットを用いて海面から海底面までを3層に分けて鉛直曳きによる試料採取を行い、ホルマリン固定して実験室に搬入し、分析に供した。

表 20 および図 56 に各月の動物プランクトン調査結果の概要を示す。

##### 1) 各月の調査結果

7月調査(7/10 8:01~8:33)

- ・全層にわたり節足動物門が優占しており、特に表~中層(0~60m)では、マアジ仔魚の餌料であるウスカワミジンコ(*P. avirostris*)が優占していた。
- ・中層(30~60m)の種・個体数の出現が顕著であったのに対し、表層と底層(0~30m、60~80m)における個体数は極めて少なかった。

8月調査(8/9 8:58~9:19)

- ・全層にわたり多くの個体数が確認された。
- ・種類で見ると、原索動物門の *Doliolum denticulatum* が表~中層(0~60m)にかけて多く確認された。同種は樽の形をしたゼラチン質の生物で、マアジの餌料であるという知見は得られていない。
- ・マアジの仔魚の主要な餌料生物としては、節足動物門のウスカワミジンコ(*P. avirostris*)が特に中層(60~80m)にて多く確認された。
- ・そのほか、表~中層(0~60m)にて肉質鞭毛虫門の *Radiolaria* (いわゆる放射虫のことで、珪酸質からなる骨格を持っている)、刺胞動物門の *Hydroida* (クラゲに類似した形状) が確認されたが、これらはマアジの餌料であるという知見は得られていない。

10月調査(10/4 9:20~9:59)

- ・8月と比べ、種・個体数ともに減少傾向であった。
- ・マアジの仔魚の主要な餌料生物である節足動物門のカイアシ類のオンケア科(*O. venusta*、*O. conifera*)とパラカラヌス科(*P. aculeatus*ほか)が全層にわたり優占していた。
- ・そのほか、表層と底層(0~30m、60~80m)では、肉質鞭毛虫門の *Radiolaria* が多く確認された。

表 20 動物プランクトン調査結果の概要表

調査方法：北太平洋標準ネット(閉鎖型)による鉛直曳き  
 単位：個体数(個体/m<sup>3</sup>)、沈殿量(ml/m<sup>3</sup>)

採水層	7月調査(2008.7.10)			8月調査(2008.8.9)			10月調査(2008.10.4)		
	0-30m	30-60m	60m-海底	0-30m	30-60m	60m-海底	0-30m	30-60m	60m-海底
種類数	3	16	14	29	37	31	25	10	20
個体数	1	59	7	136	126	81	54	12	29
沈殿量	0.02	0.15	0.09	0.31	0.42	0.63	0.42	0.10	0.09
優占種 (%)	0-30m	<i>Penilia avirostris</i> (100.0)	<i>Doliolum denticulatum</i> (53.7)	<i>Oncaea venusta</i> (14.8)					
		-	<i>Radiolaria</i> (5.9)	<i>Paracalanus aculeatus</i> (13.0)					
		-	<i>Penilia avirostris</i> (5.1)	<i>Radiolaria</i> (9.3)					
	30-60m	<i>Penilia avirostris</i> (52.5)	<i>Penilia avirostris</i> (26.2)	<i>Oncaea venusta</i> (16.7)					
		<i>Calanidae (copepodite)</i> (8.5)	<i>Hydroida</i> (11.1)	<i>Paracalanus aculeatus</i> (16.7)					
		<i>Siphonophora</i> (8.5)	<i>Doliolum denticulatum</i> (11.1)	<i>Calanidae (copepodite)</i> 他7種 (8.3)					
	60m-海底	<i>Penilia avirostris</i> (14.3)	<i>Calanidae (copepodite)</i> (13.6)	<i>Oncaea conifera</i> (10.3)					
		<i>Ctenocalanus vanus (copepodite)</i> (14.3)	<i>Fritillaria spp.</i> (12.3)	<i>Radiolaria</i> (6.9)					
		<i>Oithona longispina</i> 他4種 (14.3)	<i>Penilia avirostris</i> 他1種 (7.4)	<i>Calanidae (copepodite)</i> 他5種 (6.9)					

- 1 優占種は各層の個体数の上位3種を示している  
 2 優占種の( )内の数値は、各層の合計個体数に対する比率を示している
- : 刺胞動物門      : 肉質鞭毛虫門  
 : 節足動物門      : 原索動物門

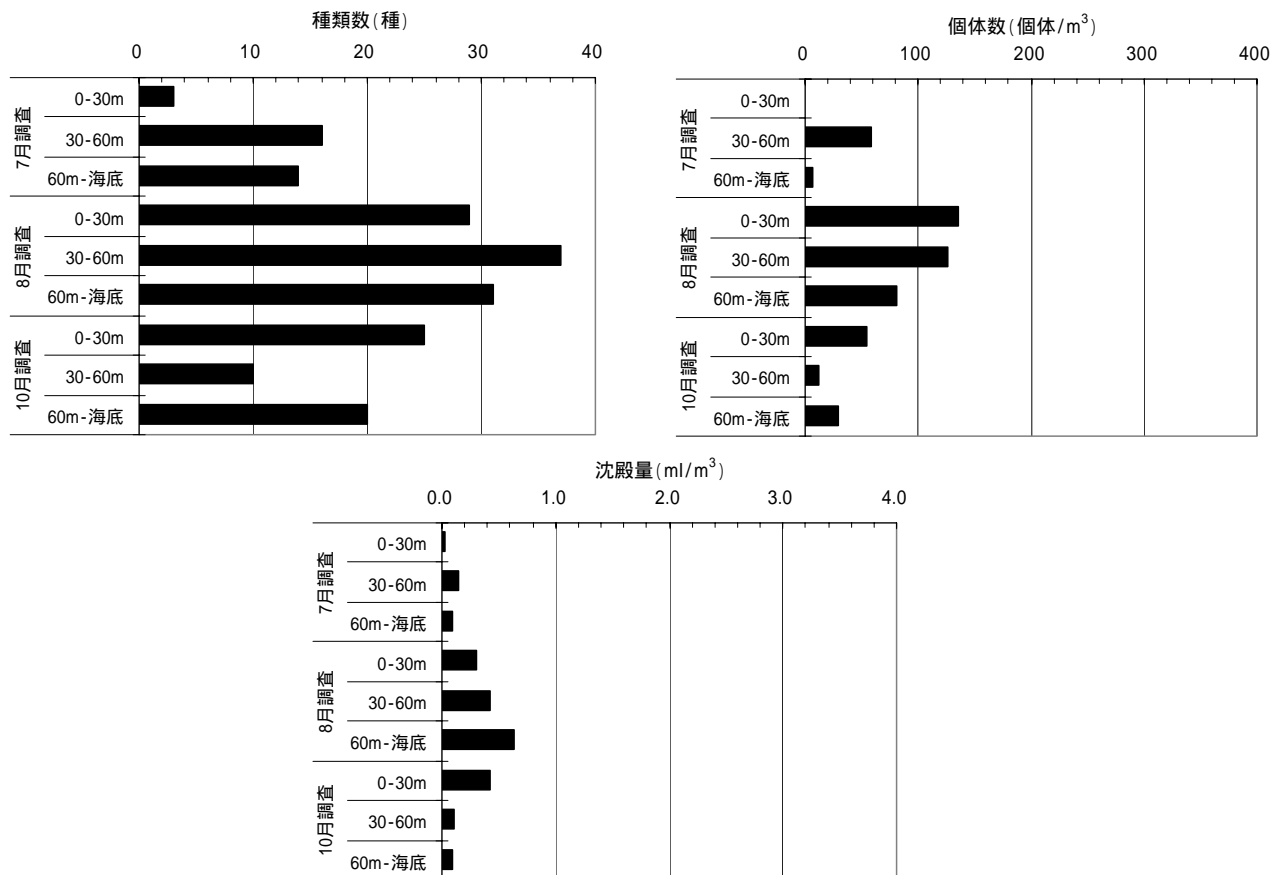


図 56 動物プランクトン調査結果の概要図

## 2) 動物プランクトン調査のまとめ

当該海域における調査期間中の動物プランクトンに関する主な特徴は、概ね以下のとおりである。

- 7～10月では、種・個体数ともに8月が最も多く確認された。
- マアジの仔魚の主要な餌料生物としては、夏場（7、8月）の表～中層におけるウスカワミジンコ（*P. avirostris*）の優占が顕著であった。また、10月では全層にわたりカイアシ類のオンケア科（*O. venusta*、*O. conifera*）とパラカラヌス科（*P. aculeatus* ほか）が優占していた。
- 夏場（7、8月）の表～中層におけるウスカワミジンコ（*P. avirostris*）の優占に関して、クロロフィル極大層が50m付近であったことを勘案すると、動物プランクトンの分布は餌となる植物プランクトンの分布と密接に関連していると考えられる。
- 10月に動物プランクトンの分布の偏りが表層に移ったのは、クロロフィル極大層が50mから40mに浅くなったことと密接に関連していると考えられる。



## (6) 有光層の設定

St.1 (水深約 140m) と St.2 (水深約 80m) において、7~10月の各月(9月除く)に光量子計を用いて海中ならびに船上の光量子を測定した。また、双方の測定結果より、相対光量子(海中光量子/船上光量子であり、光量子の減衰率を示す)を算出した。なお、光量子の測定時には透明度板を用いて海水の透明度の測定も行った。

図 57 に相対光量子の鉛直分布を示す。

### 1) 各月の調査結果

7月調査(7/10 St.1 8:57, St.2 12:03)

- ・ St.1 の相対光量子より、水深 20m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・ St.2 の相対光量子より、水深 30m で 5%程度、水深 50m 付近で 1%程度であった。
- ・ 補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 40~50m となる。
- ・ 補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は St.1 で 22m、St.2 で 28m であることから、約 60~75m となる。
- ・ クロロフィル a の極大層が水深 50m 付近であることを踏まえ、7月調査時の補償深度は水深 40~75m 程度と推察される。

8月調査(8/9 St.1 9:36, St.2 12:13)

- ・ St.1 の相対光量子より、水深 10m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・ St.2 の相対光量子より、水深 15m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・ 補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 40m となる。
- ・ 補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は St.1 で 23.5m、St.2 で 25.5m であることから、約 65~70m となる。
- ・ クロロフィル a の極大層が水深 50m 付近であることを踏まえ、8月調査時の補償深度は水深 40~70m 程度と推察できる。

10月調査(10/7 12:00)

- ・ St.1 の相対光量子より、水深 20m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・ St.2 の相対光量子より、水深 20m で 5%程度、水深 40m 付近で 1%程度であった。
- ・ 補償深度を海面の光量子量の 1%とする考え方によれば、補償深度は 40m となる。
- ・ 補償深度を透明度の 2.7 倍とする考え方によれば、透明度の計測結果は St.1 で 27.7m、St.2 で 23.3m であることから、約 60~75m となる。
- ・ クロロフィル a の極大層が水深 40m 付近であることを踏まえ、10月調査時の補償深度は水深 40~75m 程度と推察できる。

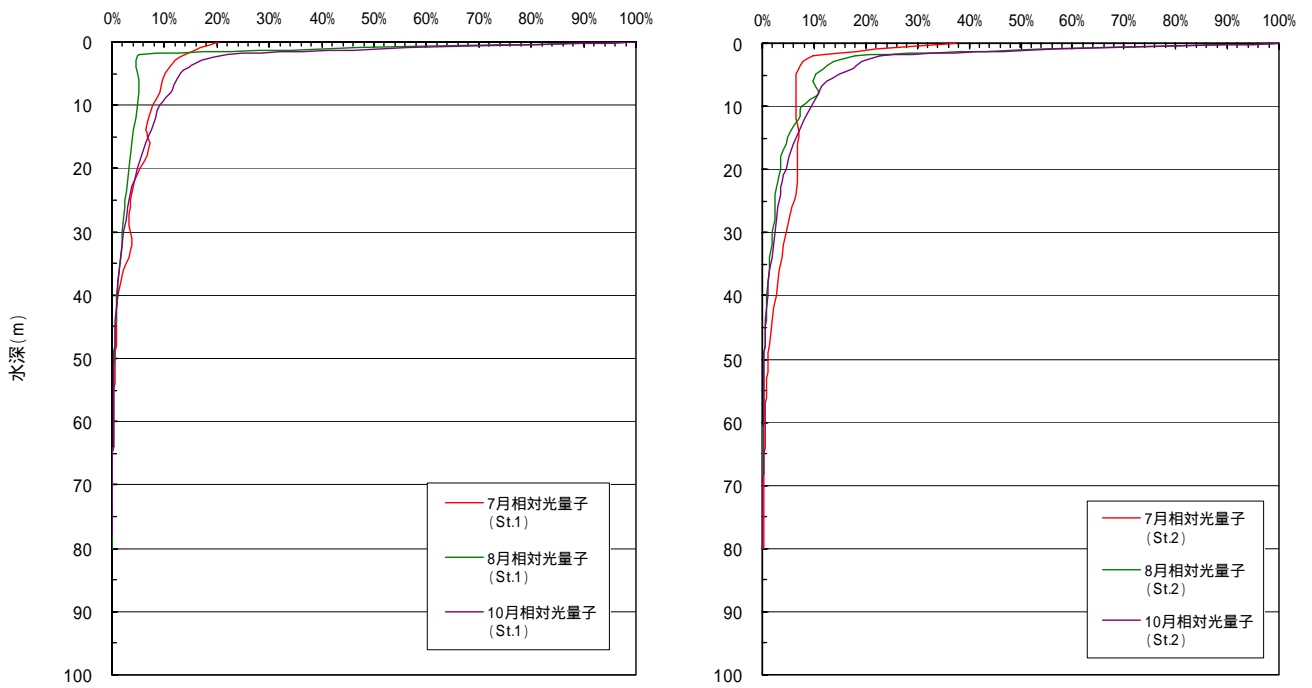


図 57 相対光量子の鉛直分布 (左 : St.1、右 : St.2)

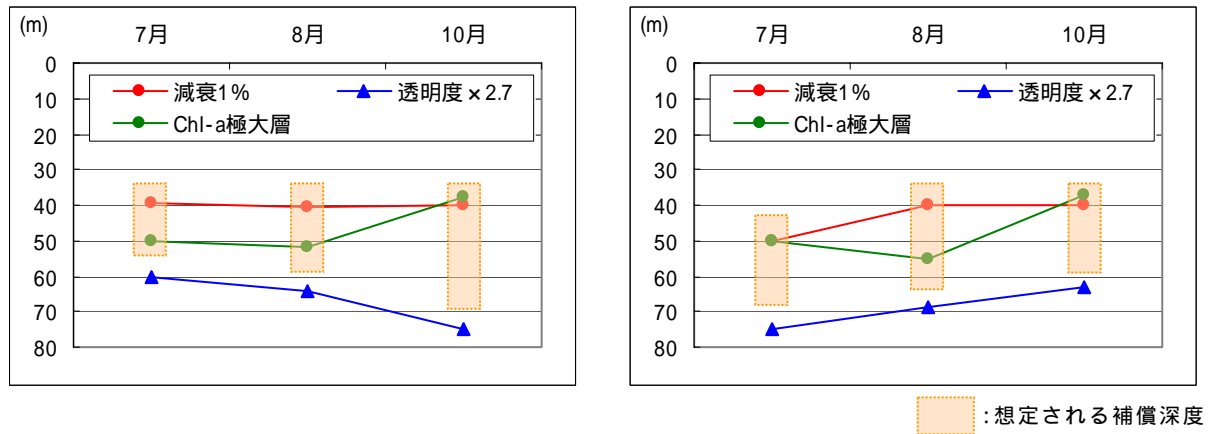


図 58 想定される補償深度帯 (左 : St.1、右 : St.2)  
(相対光量子減衰 1%・透明度 x 2.7・Chl-a 極大層)

2) 有光層の設定のまとめ

各月調査時の補償深度を相対光量子と透明度から推定した。ここで、有光層については、光合成生物の補償深度（海面の  $1/10^2$  程度の光強度）以浅の層を指す狭義の定義とする。

相対光量子と透明度の結果より、当該海域における有光層は季節変動はあるものの、概ね海面から水深 40～60m までの層と考えられる。

(7) 栄養階級区分との比較

本調査結果（St.1 水深 80m）をもとに、当該海域が海域の栄養階級区分のどの区分に属するか検討を行った。本調査で実施した項目のみを用いて比較したところ、基本的に貧栄養域に属する結果となった（表 21）。

表 21 本調査結果（St.1）と栄養階級区分との比較

	透明度 (m)	無機態窒素 ( $\mu\text{g-at/l}$ )	極大層 (m)	クロロフィル ( $\text{mg/m}^3$ )	植物プランクトン (細胞数/ml)	動物プランクトン (甲殻類)
7月	22.0	0.00～3.71	50.0	0.33～2.64	10～79	少数, 少種
8月	23.5	0.00～3.71	50.0	0.33～1.54	4～15	多数, 多種
富栄養域	3～10	2～10	数m～数十m 層に形成	1～10	$10^1 \sim 10^2$ , 多種	多数, 多種
貧栄養域	10以上	2以下	数十m層に 形成	1>	$10^1$ 以上, 多種	多数, 多種

### 1.3 平成 21 年度調査結果

#### 1.3.1 水温等鉛直調査

図 59 に、水温・塩分・密度・クロロフィル a の鉛直分布を示す。なお、St.6 の図には H20 年度に同地点でほぼ同時期に実施された調査の結果を併せて示す。

##### < 隠岐沖 ( St.1,2,5,6 ) >

- 水温は、概ね水深 20m 前後に水温躍層が確認でき、躍層下から海底付近の 18 前後までは比較的緩やかな勾配であった。
- 塩分はほぼ一様で、海面下の 33 から海底付近の 34.3 まで比較的緩やかな勾配であり、昨年度の結果と同様の傾向を示した。
- クロロフィル a の極大層は概ね水深 40 ~ 60m であり、ピーク値は St.1 で最も高く  $2.6 \mu\text{g/l}$  であった。

##### < 浜田沖 ( St.3,4,7,8 ) >

- 水温躍層が水深 20 ~ 60m と水深 120 ~ 140m 付近に見られ、水深 20m 以浅の表層は 26 前後で比較的一様で、水深 60 ~ 120m の中層では 19 から 16 まで緩やかに変化し、底層 ( 海底付近 ) では概ね 10 前後であった。
- 塩分はほぼ一様で、水深 20m 以浅の表層は 33 前後で、緩やかに変化しながら水深 70m 以深では 34.3 前後で一定であった。
- クロロフィル a の極大層は隠岐沖と同様に概ね水深 40 ~ 60m であり、ピーク値は St.7 で最も高く  $1.8 \mu\text{g/l}$  であった。

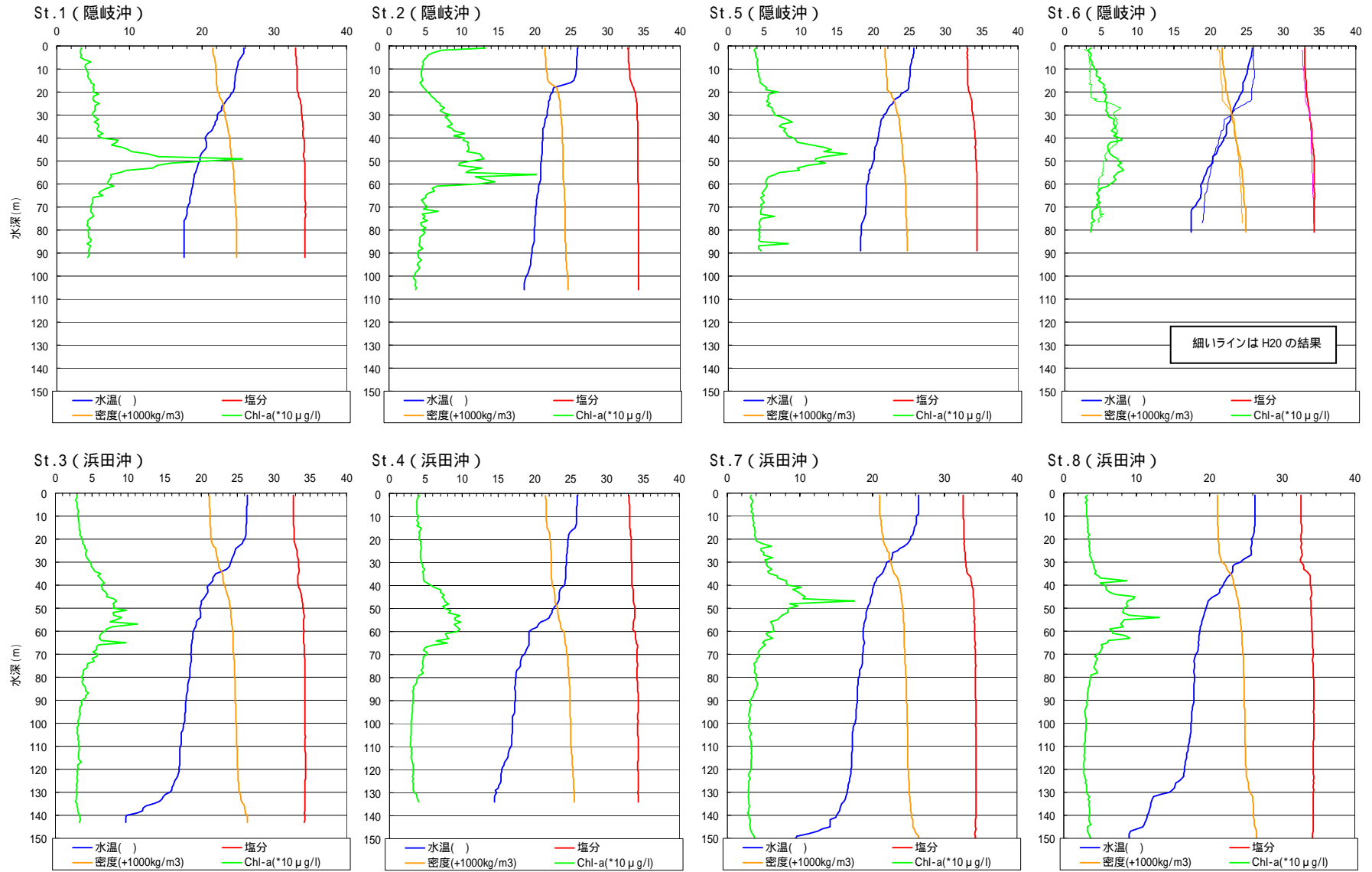


図 59 水温・塩分・密度・クロロフィル a の鉛直分布

## 2.2 水質調査

表 22 に St.1 ~ 4 の水質分析結果一覧を示す。図 60 に窒素、リンの分析結果、図 61 に珪素の分析結果ならびに N/P と Si/P についてそれぞれ示す。また、H20 に St.6 (H20 の St.1) で同じ成層期(2008.8.9)に実施した水質調査の結果との比較を図 62 に示す。

N/P と

植物プランクトンは太陽光を受け、二酸化炭素と栄養塩を使って光合成を行うが、このとき、植物プランクトンが取り込む炭素と窒素とリンの比率は、モル比で概ね C:N:P = 106:16:1 の一定の比率(レッドフィールド比)になる。これに珪藻類に必要な珪素を加えて、C:N:P:Si = 106:16:1:16 ~ 50 の値が一般に提唱されている。

### <今年度調査>

- 窒素、リン、珪素いずれも表 ~ 中層で濃度が低く、底層にかけて濃度が高かった。
- クロロフィル a の極大層以浅では、栄養塩が植物プランクトンに消費されて枯渇状態であることが推察される。
- 極大層より下の層では、光量不足で栄養塩が植物プランクトンに消費されていないと推察される。
- N/P は St.3 が相対的に小さく、全体的に見ると中 ~ 底層部でレッドフィールド比(16)を下回り、やや窒素律則であることが分かった。Si/P は、提唱されている数値(16 ~ 50)内にほぼおさまる結果となった。

### <H20 との比較>

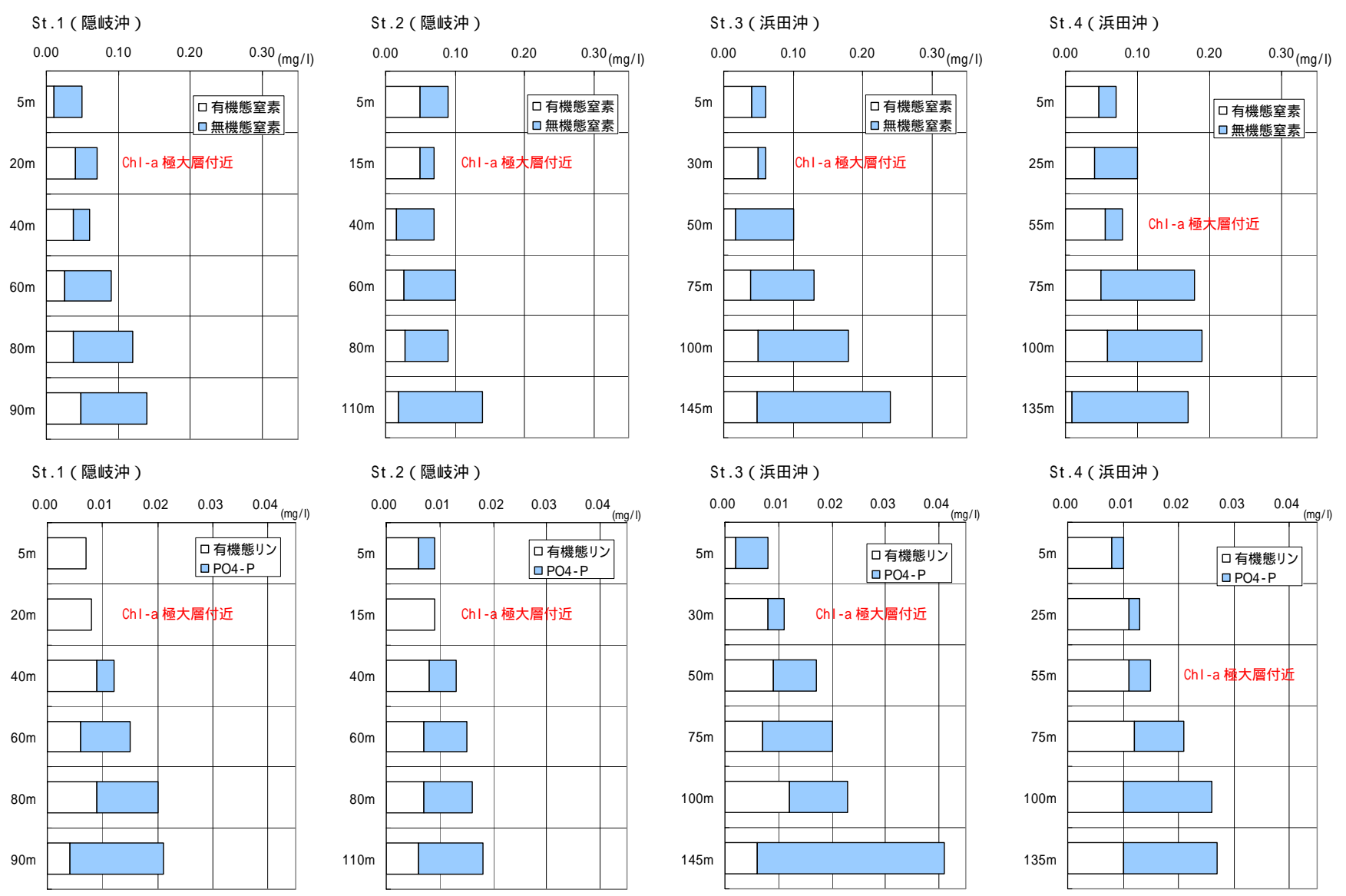
- 全窒素量はさほど変わらないが、H20 では無機態窒素が海底付近を除いて欠乏状態であったのに対し、今年度は全層にわたり分布していた。
- リンは、H20 では海底付近を除きほとんど検出されなかったのに対し、今年度は全層にわたり検出された。
- 珪素は、今年度と H20 ではほぼ同傾向の鉛直分布を示す結果となった。
- 既往の知見\*より、調査海域の夏季のリン酸塩は表層で 0.1 μM/l 未満、水深 50m 層で 0.4 μM/l 以下、水深 100m 層で 0.6 μM/l 前後である。これを踏まえると、表層で栄養塩が枯渇するという昨年度ならびに今年度の調査結果は当該海域の特徴であると言える(図 63 参照)。

\* 続・日本全国沿岸海洋誌(総説編・増補編)、日本海洋学会沿岸海洋研究部会編、1990年6月

表 22 水質分析結果

単位：mg/l

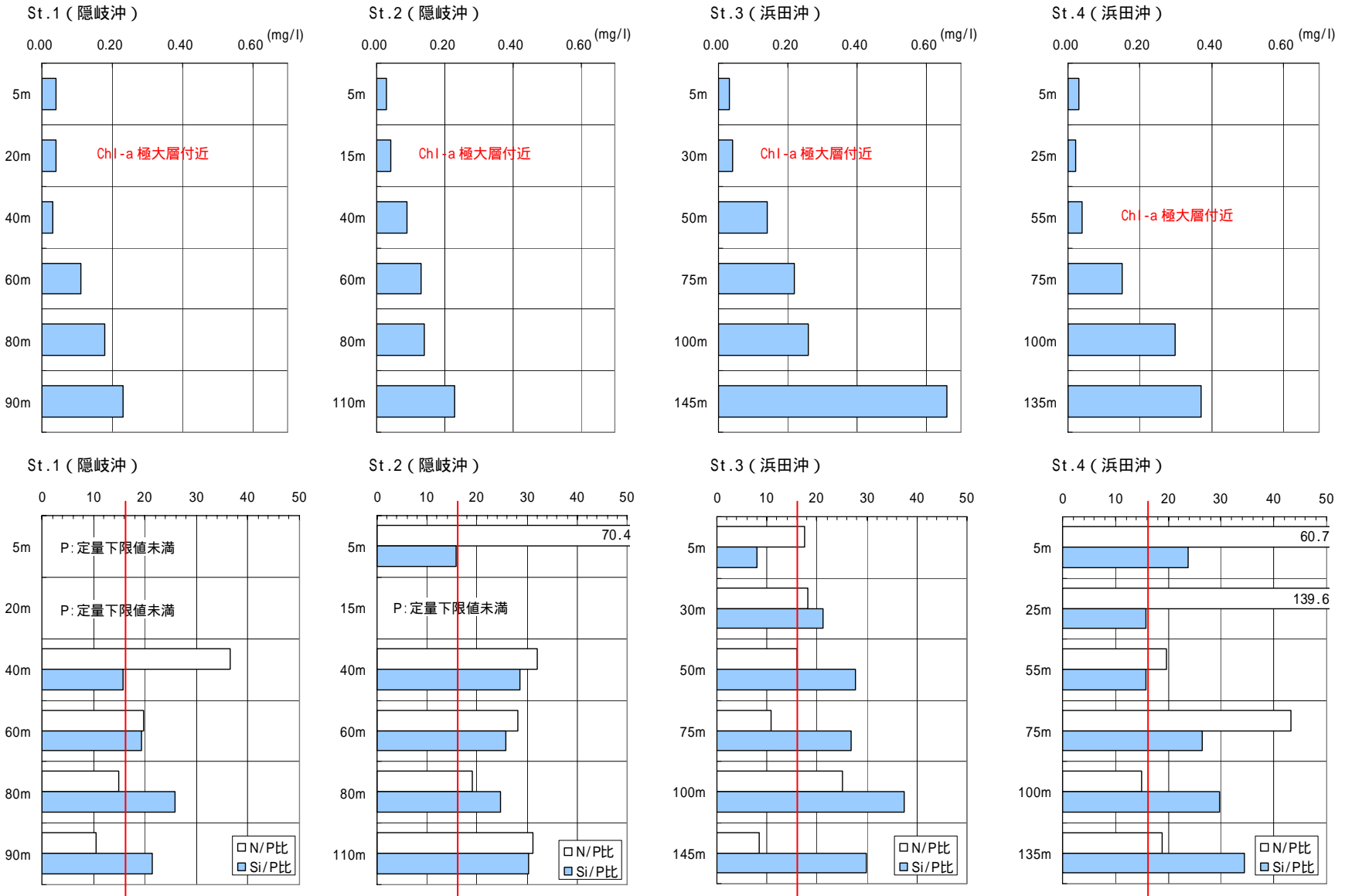
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.1	5.0	0.05	0.04	<0.001	<0.01	0.007	<0.003	0.04
	20.0	0.07	0.03	<0.001	<0.01	0.008	<0.003	0.04
	40.0	0.06	0.02	0.002	<0.01	0.012	0.003	0.03
	60.0	0.09	0.02	0.005	0.04	0.015	0.009	0.11
	80.0	0.12	0.01	0.002	0.07	0.020	0.011	0.18
	90.0	0.14	0.01	0.002	0.08	0.021	0.017	0.23
定量下限値		0.03	0.01	0.001	0.01	0.003	0.003	0.01 単位：mg/l
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.2	5.0	0.09	0.04	<0.001	<0.01	0.009	0.003	0.03
	15.0	0.07	0.02	0.001	<0.01	0.009	<0.003	0.04
	40.0	0.07	0.02	0.004	0.03	0.013	0.005	0.09
	60.0	0.10	0.03	0.003	0.04	0.015	0.008	0.13
	80.0	0.09	0.02	0.002	0.04	0.016	0.009	0.14
	110.0	0.14	0.05	0.002	0.07	0.018	0.012	0.23
定量下限値		0.03	0.01	0.001	0.01	0.003	0.003	0.01 単位：mg/l
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.3	5.0	0.06	0.02	<0.001	<0.01	0.008	0.006	0.03
	30.0	0.06	0.01	0.001	<0.01	0.011	0.003	0.04
	50.0	0.10	<0.01	0.003	0.08	0.017	0.008	0.14
	75.0	0.13	<0.01	0.002	0.09	0.020	0.013	0.22
	100.0	0.18	0.02	0.001	0.11	0.023	0.011	0.26
	145.0	0.24	<0.01	0.002	0.19	0.041	0.035	0.66
定量下限値		0.03	0.01	0.001	0.01	0.003	0.003	0.01 単位：mg/l
測点	水深 (m)	全窒素 T-N	アンモニア態窒素 NH <sub>4</sub> -N	亜硝酸態窒素 NO <sub>2</sub> -N	硝酸態窒素 NO <sub>3</sub> -N	全リン T-P	リン酸態リン PO <sub>4</sub> -P	珪酸態珪素 SiO <sub>2</sub> -Si
St.4	5.0	0.07	0.02	<0.001	<0.01	0.010	0.002	0.03
	25.0	0.10	0.05	<0.001	0.01	0.013	0.002	0.02
	55.0	0.08	0.01	0.005	0.01	0.015	0.004	0.04
	75.0	0.18	0.05	0.001	0.08	0.021	0.009	0.15
	100.0	0.19	0.01	0.001	0.12	0.026	0.016	0.30
	135.0	0.17	0.02	0.001	0.14	0.027	0.017	0.37
定量下限値		0.03	0.01	0.001	0.01	0.003	定量下限値未満	



無機態窒素は、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-Nの総和 (DIN) としている  
 有機態窒素は、便宜的に T-N から DIN を差し引いた数値としている  
 定量下限値未満は、ゼロとしている  
 有機態リンは、便宜的に T-P から PO<sub>4</sub>-P を差し引いた数値としている

図 60 窒素(上)およびリン(下)の鉛直分布





赤線はレッドフィールド比

図 61 珪素(上)および N/P・Si/P (下)の鉛直分布

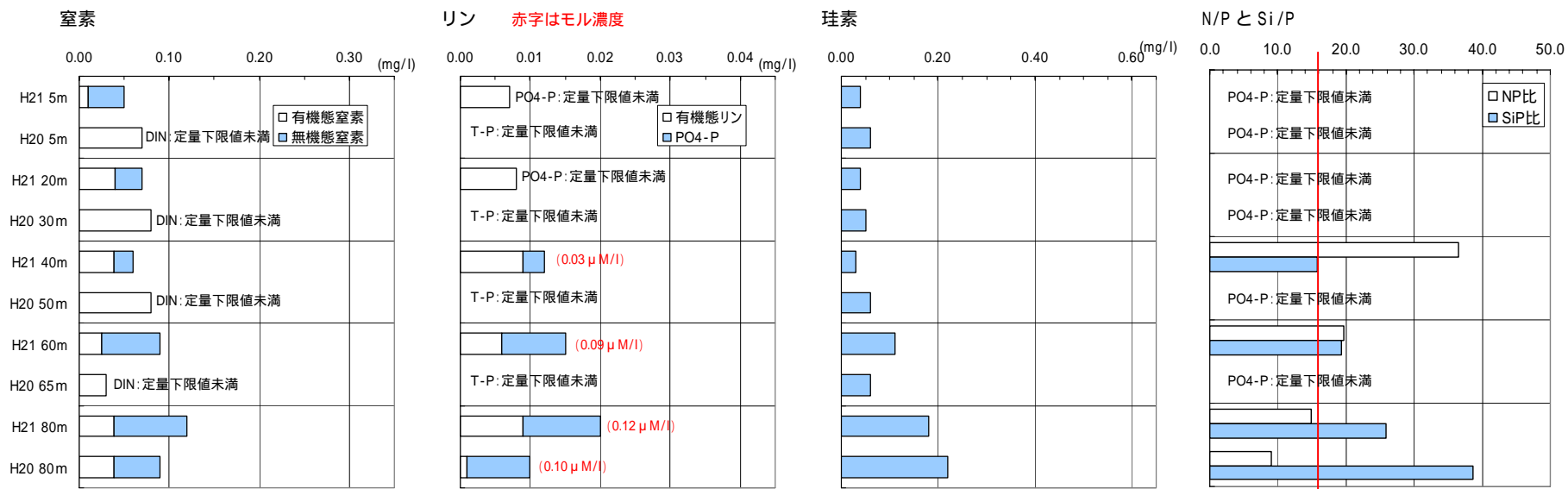


図 62 H21(St.1)とH20(St.6)との比較

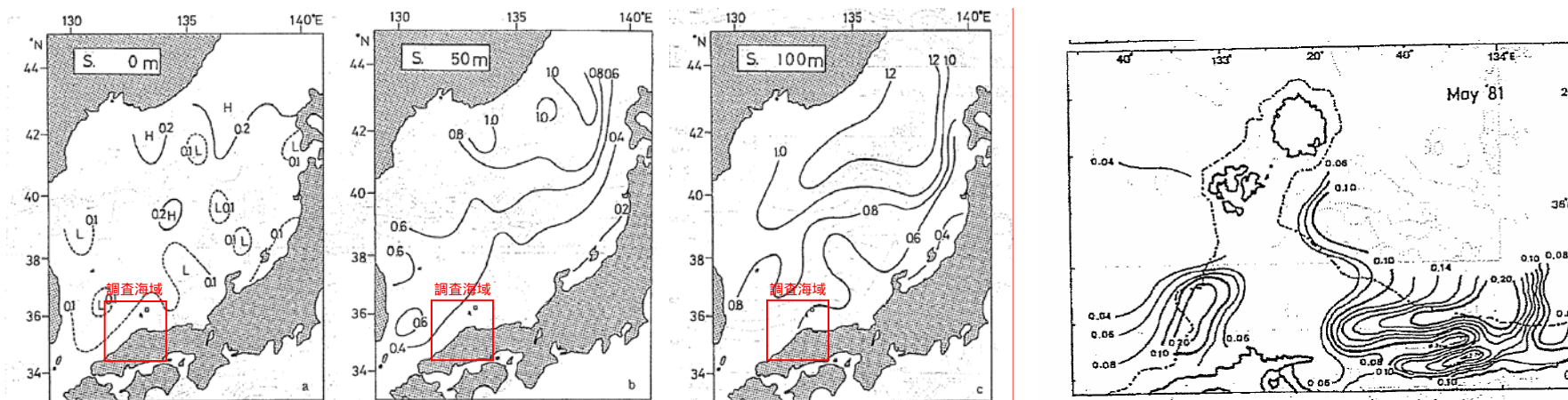


図 63 既往の知見による夏季のリン酸塩濃度の水平分布

### 2.3 栄養塩(硝酸塩)鉛直調査

図 64 に、海域毎の栄養塩（硝酸塩）の鉛直分布を示す（青線）。また、図中には参考としてクロロフィル a の鉛直分布（緑線）についても示す。なお、各図の鉛直分布は硝酸塩センサーから得られたデータを同じ箇所を実施した 6 層の採水分析結果（から得られる回帰式）を用いて補正した値である。同一箇所では採水分析を実施していない地点（St.5~8）については、近傍の地点の回帰式を用いて補正した。

#### < 隠岐沖（St.1,2,5,6） >

- いずれの地点も表層では  $0.5 \mu\text{M/l}$  前後、底層では  $1.5 \mu\text{M/l}$  前後で、相対的には St.6（H20 の St.1）の底層部で高い数値を示した。
- クロロフィル a の極大層付近（水深 40~60m）では、低い数値を示しており、水質分析結果で述べたとおり、植物プランクトンに消費されて枯渇状態であることが示唆される。
- クロロフィル a の極大層付近に、顕著ではないが栄養塩躍層が形成されている。

#### < 浜田沖（St.3,4,7,8） >

- 最も西側に位置する St.4 では表層で  $0.5 \mu\text{M/l}$  前後、底層では  $2 \mu\text{M/l}$  程度であるのに対し、St.3 ならびに St.7~8 は表層で  $0.5 \sim 1 \mu\text{M/l}$ 、底層では  $3 \sim 4 \mu\text{M/l}$  で、相対的に東側の等深線が密になっている海域で濃度が高い結果となった。
- 隠岐沖と同様、クロロフィル a の極大層付近（水深 40~60m）では、特に低い数値を示しており、水質分析結果で述べたとおり、植物プランクトンに消費されて枯渇状態であることが示唆される。
- クロロフィル a の極大層付近に栄養塩躍層が形成されている。

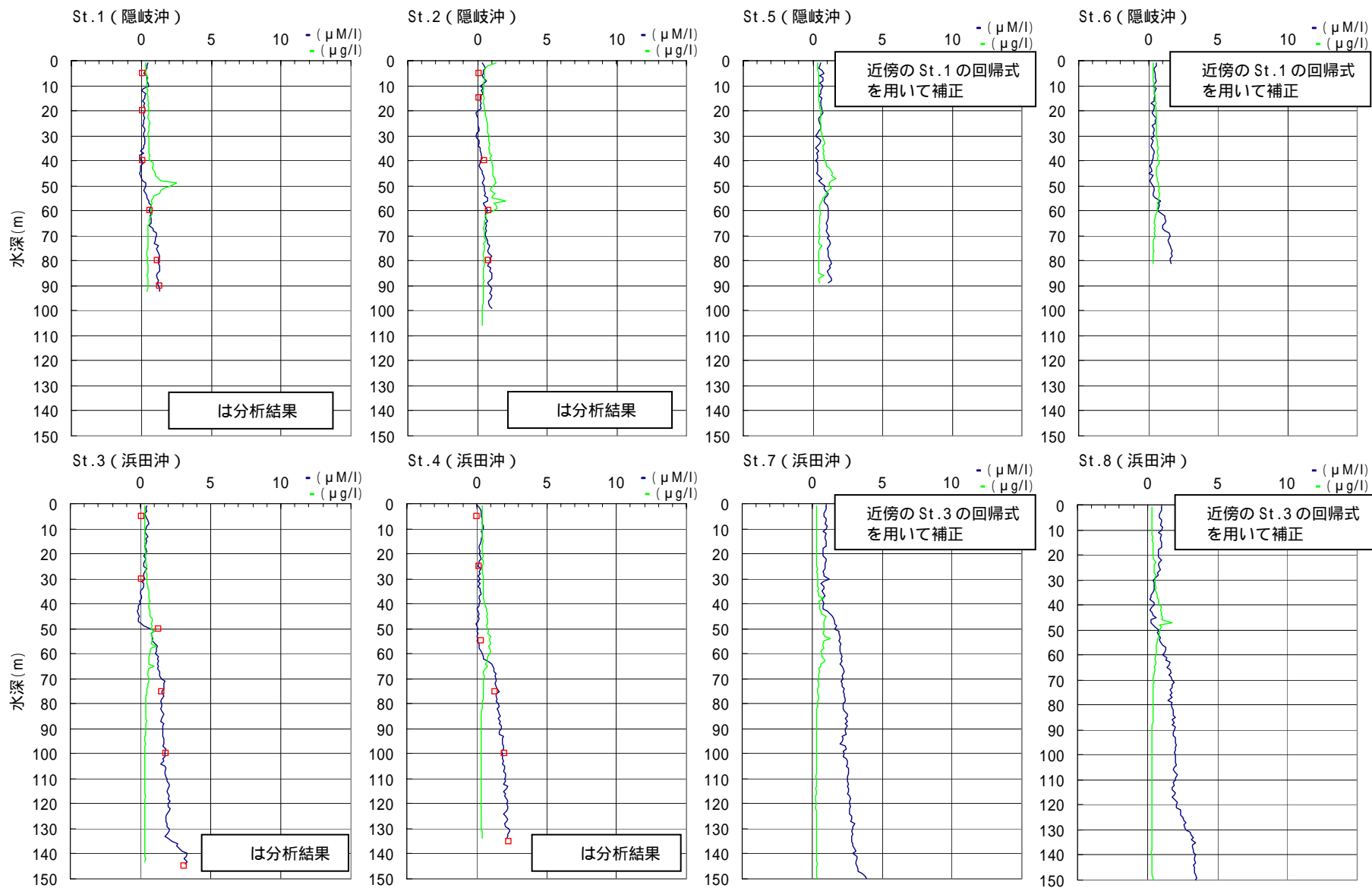


図 64 栄養塩（硝酸塩）の鉛直分布

## 2.4 光量子観測

海中ならびに船上の光量子を測定し、双方の測定結果より相対光量子(海中光量子/船上光量子であり、光量子の減衰率を示す)を算出した。図65に相対光量子の鉛直分布を示す。なお、St.1の図にはH2Oの結果を併せて示す(橙線)。

- St.1~2の相対光量子より、隠岐沖では光量子の減衰率1%の水深帯は35m前後である。
- 同様にSt.3~4の相対光量子より、浜田沖では光量子の減衰率1%の水深帯は30m前後である。

有光層については、生物が光を感じる限界(海面の $1/10^9$ 程度の光強度)までの層を指す広義の定義もあるが、ここでは前述の光合成生物の補償深度(海面の $1/10^2$ 程度の光強度)以浅の層を指す狭義の定義とする。

上記より、当該海域(隠岐~浜田)における有光層は、昨年度の調査結果も含めると概ね海面から水深35mまでの層と考えられる。

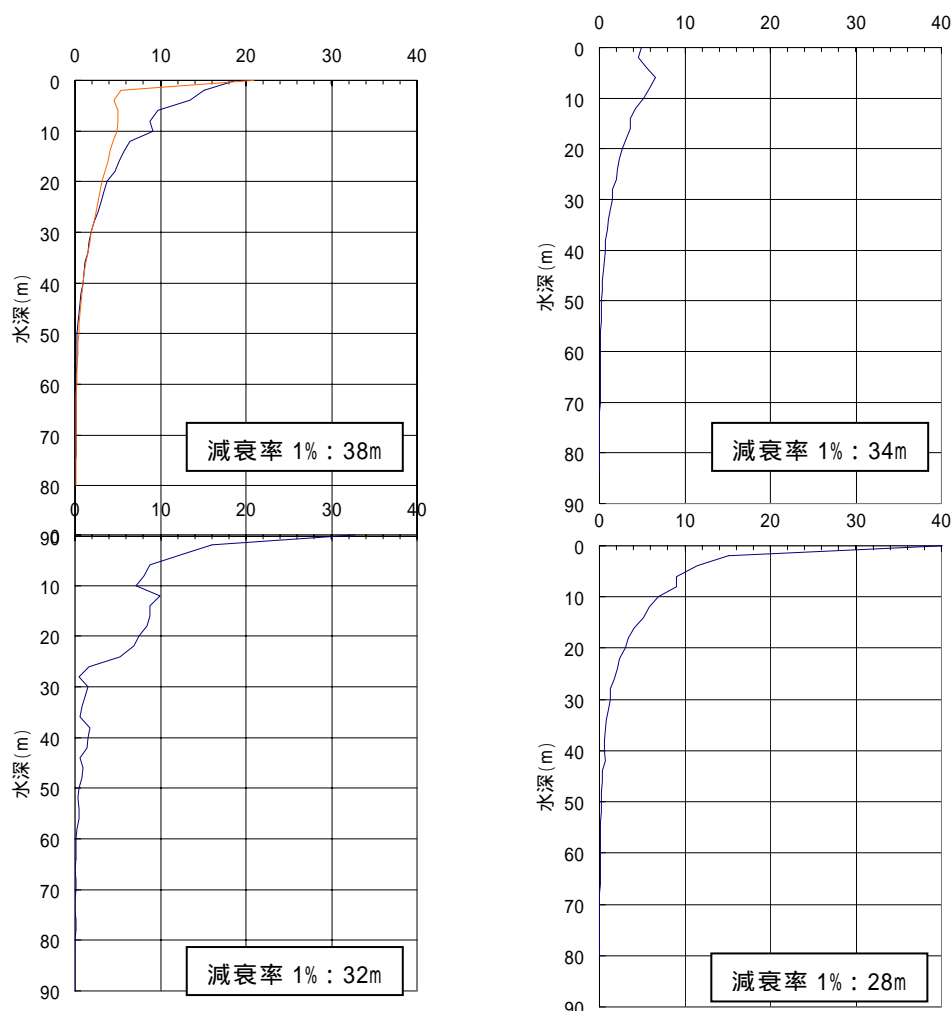


図 65 相対光量子の鉛直分布