

# 富山湾の海水温度・塩分の季節変動特性 - 第3報 - - 実習船「さざなみ」による海洋環境計測 -

千葉 元\*, 古山 彰一\*\*, 小杉 廣彦\*\*\*, 若林 信一\*\*\*\*

## Seasonal Variations of Sea Water Temperature and Salinity at Toyama Bay III - Oceanographic Observation by Training Ship "SAZANAMI" -

Hajime CHIBA, Shoichi FURUYAMA,  
Hirohiko KOSUGI and Shinichi WAKABAYASHI

### Abstract

Water pollution in Toyama Bay has become a big issue. It is mainly caused by the water from big rivers flowing into the bay. Our research was made on board a training ship, SAZANAMI' from May, 2004 to April, 2007. In the research water temperature and salinity in the bay were measured at 9 fixed points at intervals of one month. The result, at from April, 2006 to March, 2007, shows that the water temperature and the salinity are influenced by seasonal water circulation and the river water. And, the seasonal variation of Chlorophyll a in the water are shown. In this paper the data obtained from the research and its result are shown.

### 1. はじめに

富山湾は本州日本海側のほぼ中央、能登半島の東側に位置し、湾口が北東に開いている外洋性内湾である。湾奥域の海岸線は単調な弓状をなし、大陸棚の発達が乏しく岸深であり、海脚や海底谷が数多く存在する。この湾奥域に流入する河川は、西から小矢部川、庄川、神通川、常願寺川、黒部川の5つの1級河川の他、中小29河川を数える。

このように富山湾奥では陸からの淡水の流入量が多く、これらの河川を通じて、陸域から海域へ栄養塩類が多く供給されていると考えられ、また表層と深層とでは変化があると考えられる。

水温の季節変化は、約100m以浅では気温の季節変化や表層水の影響で大きく、約200m以深で小さい。これまでの若潮丸のCTD観測でも、こうした傾向が確認されている。水深約200~300mでは対馬暖流水の影響が大きく、より深い所は深層水領域となっている。

そこで、湾の表面水温は、平均的に3月はじめの10℃前後の低極から、8月後半の約27~28℃の高極の範囲で変化すると言われる。また、湾の流動は、密度の

水平分布や流入河川水の移動方向から、基本的に反時計回り方向の流動が存在し、春から夏にかけて強まり、秋から冬には弱まると考えられる。

平成16年度より(財)環日本海環境協力センターが行う「富山湾プロジェクト」に当校が参画することになり、本校の実習船「さざなみ」を用いた海洋環境計測を行うこととなった。ここでは海洋汚染の防止のため、富山湾における、海水温度、透明度、塩分等の物理系のデータ、クロロフィル、各種リン等の化学系のデータを海上の広い範囲で取る事を目的としている。前報告<sup>[1,2]</sup>では、2004~2005年度分の、CTD観測で得た水深約50mまでの海水温度、塩分の季節変動特性についての見解を示した。表1に2004年5月から、2007年3月までの観測航海の実施状況を示す。殆ど毎月の観測が実施できている。本論ではCTD観測で得た海水温度及び塩分の2006年度における調査結果について述べる。また、同時に測定した、クロロフィルa濃度の季節変動特性の、ほぼ3年に渡る観測結果からの考察を行う。

表1 2004年5月～2007年3月の観測概要

	月	日	天候	風向	風速(m/s)	気温	水温	雲量	採水Point	備考	
2004年	5月	25日	b~bc	-	-	18.0~19.7	17.5~18.8	-	1~8	2日で全点を観測	
	5月	28日	c	-	-	23.3~24.0	20.5~20.8	-	7~9		
	6月	11日	c	NE	1.5~5	21.5~22.6	20.1~22.2	-	1~9		
	7月	23日	b	NW-E	0.5~6	27.0~28.1	25.0~26.7	0	1~9		
	8月	25日	bc-c	N-NE	3~8	24.5~26.3	24.9~25.6	8~3	1~9		
	9月	29日	r	NW-E	1.5-6.5	22.5~24.5	22.0~22.8	10	1~9		
	10月	29日	bc-b	S-E	0~3	15.0~19.0	15.7~18.8	2~1	1~9		
	11月	26日	b-c	E-SW	Calm~4	12.5~18.0	14.5~16.8	0~7	1~9		
	12月	17日	c-b	NW-SE	1~4	7.4~8.8	12.7~15.5	9~1	1~9		
2005年	1月	24日	c	W-S	5~9	4.0~8.8	9.4~13.0	7~8	1~9	2月分と扱う	
	3月	2日	c~s	N-NE	Calm~6	2.0~3.8	7.3~9.5	0	1~9		
	3月	28日	r	SE-NE	3~7.5	8.6~10.6	9.2~10.0	0	1~9		
	4月	28日	bc	SE-SW	6~14	17.8~21.5	12.3~13.5	0	1~9		
		5月	31日	c	SW-W	3.5~10	16.1~17.0	16.0~16.9	0	1~9	6月分と扱う
		7月	4日	r~c	SW-SE	Calm~7	21.2~22.4	20.9~23.1	0	1~9	
		7月	28日	b	NE	0.5~5	22.6~28.8	24.5~27.2	1	1~6	2日で複数観測を実施
		7月	29日	c	W	4~9	28.4~29.8	21.4~26.2	10	6~9	
		8月	29日	b~bc	SW-NE	Calm~2.5	24.5~27.8	26.2~27.3	0~4	1~9	
		9月	29日	b	NE-NW	Calm~7	20.8~25.2	22.0~24.0	0	1~9	
		9月	30日	bc~o	NW-E	Calm~2	22.0~23.2	23.0~27.8	6~10	3~7	
		10月	31日	c~r	NW-NE	Calm~5	11.8~13.8	18.4~19.5	8~10	1~9	
	11月	25日	b~c	SE-SW	5~11	10.3~15.3	14.9~16.4	3~9	1~9		
	12月	-	-	-	-	-	-	-	-	未観測	
2006年	1月	16日	bc	S-W	1~4	3.6~9.6	7.3~11.9	4~6	1~9	未観測	
	2月	13日	b	SW-W	2.5~11	1.7~7.2	7.5~9.8	1~2	1~9		
	3月	-	-	-	-	-	-	-	-		
	4月	26日	bc	SW-SE	1~15	10.0~12.9	10.0~11.2	-	1~9		
		5月	31日	bc	SW-W	0.5~7	18.0~22.9	15.9~17.9	8~0	-	2日で複数観測を実施
		6月	28日	bc	NW-SW	2~11	24.9~28.0	22.2~23.0	1~3	1~9	
		7月	31日	c	-	calm~3.3	24.3~28.0	23.6~26.6	7~8	1~7	
		8月	1日	bc~c	SE	calm~2	27.6~29.3	24.8~27.7	7~9	6~9	
		8月	28日	bc~o	SW	4.5~7.5	26.2~31.1	27.9~28.6	8~10	1~6	
		8月	30日	r~o	SW-NE	1~7.5	23.6~25.8	27.0~28.5	10	6~9	
		9月	25日	bc	N-NE	0~7	18.6~22.5	21.0~22.5	3~5	1~9	
		10月	31日	b	S	0~2	14.2~17.7	17.6~20.5	0	1~9	
	12月	6日	c	SW-E	0~6	7.7~9.3	14.7~15.9	9	1~9	11月分と扱う	
	12月	14日	r~o	SW	1~6	9.3~10.8	14.0~15.7	10	6~9		
2007年	1月	24日	o	SW	1~3	4.0~7.6	9.3~13.2	10	1~9	2月分と扱う	
	3月	2日	c	SW-NE	0~6	5.5~9.2	8.6~10.7	8~10	1~9		
	3月	19日	bc~c	N-S	0~1.7	4.1~5.5	9.0~10.2	3~8	1,3,6~9		

## 2. 観測航海概要

観測ポイントとして図2の9箇所を設定した。各ポイントまでの船の誘導は船上のGPSを用いて、緯度、経度共に0.1'以内の範囲で行えた。

観測内容は、天候・雲量は目視、気温・風向風速は船内機器で、表面水温は棒状温度計、透明度は透明度板で、海色は水色計により観測した。またポンプにより水深0.5及び2mから海水試料を採り、溶存酸素濃度、各形態別リン濃度、栄養塩類分等の分析を行っている。表2に観測野帳を示す。

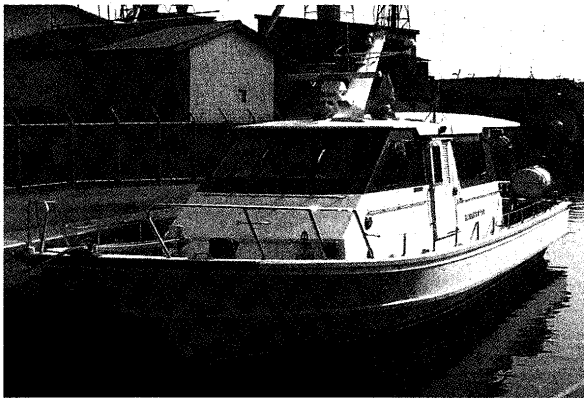
そして水中での下向き分光照度と上向き分光照度の鉛直分布を測定するために水中分光放射計(Biospherical社PRR600)により水深30mまでの観測を行った。この計測のため、停船時には船首を太陽方向に立たせるようにした。そして、CTD(アレック電子製AAQ1180)により海水温度、塩分濃度、濁

度、クロロフィルa濃度の水深50mまでの観測を行った。ここで停船時に風が強い場合には船が横流れし、センサーを吊るすケーブルも横に流され、100mを有するケーブルが水深約30m程度にしか到達しない場合があった。

尚、毎回の観測航海は8時30分過ぎには出航し、最初のポイントであるSt.6には9時頃到着し観測が始まる。ポイントの順番は図1に示す、6, 3, 1, 2, 5, 4, 7, 9, 8と半時計廻りで行った。各ポイントにおける観測時間は10分程度である。そして、おおよそ12時30頃には観測完了、着岸は13時前後となるのが通例であった。また、衛星データとの比較が望まれるため、各回とも2~3日の候補日を設けて、その内の気象・海象条件がマッチする日を選定した。観測船として使用した「さざなみ」の外観及び仕様を図2に示す。

表2 2004年7月の観測航海における観測野帳(観測項目一覧)

調査名		富山湾プロジェクト			採水者	千葉, 富大(中嶋他1) 幾島, 西, 内山				
採水年月日		20040723	20040723	20040723	20040723	20040723	20040723	20040723	20040723	20040723
採水地点		6	3	1	2	5	4	7	9	8
緯度(N)	deg	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	min	47.58	47.57	47.53	49.92	52.23	49.92	49.94	52.13	49.85
経度(E)	deg	137	137	137	137	137	137	137	137	137
	min	9.82	15.16	19.86	19.9	15.27	15.14	9.37	2.26	5.35
採水時間		9:07	9:30	9:51	10:07	10:32	10:48	11:27	11:56	12:17
天候	前日	c								
	当日	b	b	b	b	b	b	b	b	b
気温(°C)		27.3	27.1	27	27.4	27.5	27.9	27.9	27.8	28.1
水温(°C)		25.5	25	25	25	26.7	26.2	26.5	26.5	26
pH		8.21	8.3	8.09	7.97	8.22	8	7.94	7.88	8.04
SS(mg)		1	2	2	<1	1	1	<1	<1	<1
DO		7.1	7.8	7.8	7.3	6.9	7.1	6.7	6.7	6.7
chl-a(μg/l)		4.7	7.7	5.1	2.2	3.3	3.4	0.4	0.3	0.5
透明度(m)		8.6	3.9	3.2	6.2	12.4	7.1	19.1	15.1	17.8
海色		4-6	5-6	5-7	3-4	3-5	3-4	2-3	1-3	3-5
風向風速		NW1m	NE1	N1	NW1.5	N0.5	NE1.5	E5.2	NW6	NE1
雲量		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CDOM(m <sup>-1</sup> )		0.09	0.06	0.14	0.04	0.11	0.09	0.02	0.02	0.02
備考		P040723A	P040723B	P040723C	P040723D	P040723E	P040723F	P040723G	P040723H	P040723I



主要寸法	全長:11.99m, 幅:3.69m, 深さ:1.25m
総トン数	15吨
常用速力	19.5ノット
最大搭載人員	職員・教官: 5名, 学生: 20名 合計25名
竣工年月日	平成3年3月3日

図1 観測船「さざなみ」の外観及び仕様

### 3. 海水温度の季節変動特性(2006年度)

海水の一般的特性として、太陽放射の加熱による水温影響が直接的に及ぶ範囲は水深約10m程度とされている。これに対流運動等が加わることになる。また、外洋の表面塩分濃度は大部分が33~37%の間にあり、全海洋の平均塩分は34.7%である。そして、沿岸海域では流入河川水の量の増減に伴って表面塩分が変化していく。この密度の小さい河川水は表面に薄く広がり、また海潮流により影響されることになる<sup>[3]</sup>。

富山湾の表面水温は、平均的に3月始めの10°C前後の低極から、8月後半の約27~28°Cの高極の範囲で変化すると言われる。また、湾の流動は、密度の水平分布や河川流入水の移動方向から、基本的に反時計回り方向の流動が存在し、春から夏にかけて強まり、秋から冬には弱まると考えられる。また、冬季においては、表層海水が冷やされ、これが沈降する事により対流現象が起こり、結果として表層からある深度までは水温がほぼ一定になるという鉛直循環現象が起こる<sup>[4]</sup>。図3には2006年4月から2007年3月までの、一年分の各月のデータを、各観測点毎に示している。ここで海水温度データを見ると、やはり12, 1, 2, 3, 4月の冬季においては鉛直循環により海水温度が一定となる傾

向が見えている。ここで、各点で共通して特に2, 3, 4月において、一番温度が低くなる。ここで、1月におけるSt.1, St.3, St.6では、水深が約10mまでは、海水温度が低くなる傾向が見られる。これらより、沖合いとなる、St.2, St.4, St.5, St.7では、この傾向は水深約2~3m以内と弱くなる。こうした現象は、陸から海へ流入するか河川水の影響であると思える。そして、St.8, St.9では、こうした影響が見られず、表層から鉛直循環が起こっている。これは、小矢部川、庄川、神通川等の河川水が、西側には流れず、東側に流れているためであると思える。図4には、この観測時の透明度を示している。この1月の透明度に着目すると、St.9, St.5, St.2が高い値である。

#### 4. 海水塩分の季節変動特性(2006年度)

図5には、図3と同様に一年分の各月のデータを、各観測点毎に示している。ここで塩分は特に、表層においては全体的な平均塩分濃度より低めであり、水深が深く成るにつれて上がってくる傾向がある。これより、この観測範囲では河川流入水の影響が大きい事が伺える。そして、これらの値は水深が約200~300mに存在する対馬暖流水の値に収束していくものと推測できる。ここで、7, 8月のデータに着目すると、全観測点において、水深が約20mにおいて、塩分が約32.5%で、表層に行くにつれて、30%以下になっていく傾向が見られる。ところが、1月では、この表層に向けて塩分が下がる傾向が、沖合いのSt.2, St.4, St.5, St.7より、沿岸部のSt.1, St.3, St.6で弱い傾向が見られる。そして、St.8, St.9では、この傾向がさらに弱くなる。これは、海水温度の場合と同様で、湾内の半時計廻りの海流の影響と思える。

#### 5. クロロフィルa分布特性(2004-2006年度)

図6は、各観測ステーションのクロロフィルa分布を示したもので、縦軸は水深、横軸は観測月をあらわしている。この結果を見ると、3~4月頃に中層にかけてクロロフィルa濃度が高い様子がわかり、なんらかの季節的な要因があることが見て取れる。また、表層とはクロロフィルa量に大きな違いが見られる場合も多くある。2006年4, 5月のST6, 8の結果では、表層でのクロロフィルa分布は比較的低いものであるが、その下層のほうで高い値をとっていることがわかる。また逆に、表層では高い値をとっているが下層ではかなり低い値をとっていることもある。そのため、富山湾でのクロロフィルa濃度を考察する場合には表

層のみではなく下層の分布も把握する必要があると考える。特に衛星画像からわかるクロロフィルa分布は表層に近い部分のみであるため、このような表層と下層での分布の違いに対する対策は今後必要である。衛星画像から得られるクロロフィルa分布を見ると、かなり激しく日変動が起こるような場合があるが、これらの層による分布の違いと海水の流動場の影響でこのようなことも起こると考えられるため、流動場の解析と共の検討が必要であると考えられる。

#### 6. 今後の展望

今年度の観測においても、沿岸に近い海域ほど、河川水の影響を受けることが分かった。また、この観測海域では半時計廻りの大きな流れが存在する時期があり、この時には河川水が多く滞留する地域で、透明度が低くなり、塩分濃度も低く、また海水温度の鉛直循環が弱くなることが推測された。今後、同プロジェクト参加諸氏の成果<sup>[5]</sup>との連携を検討しつつ、観測航海を続けていきたい。

本稿のデータ整理及び図表作成には、山下恵技術補佐員、商船学科4学年の岩本悠佳学生にご尽力を頂きました。また、研究の一部は、平成18年度笹川科学研究助成「河川水による海洋環境変化の現地調査と予測シミュレーション-富山湾沿岸を対象として-」で行われております。観測航海でお世話になった皆様に併せて、ここに謝意を表させていただきます。

#### 文献

- (1) 千葉 他：「富山湾の海水温度・塩分濃度の季節変動特性」-実習船「さざなみ」による海洋環境計測 一、富山商船高等専門学校研究集録第38号、平成17年7月
- (2) 千葉 他：「富山湾の海水温度・塩分濃度の季節変動特性 -第2報-」-実習船「さざなみ」による海洋環境計測一、富山商船高等専門学校研究集録第39号、平成18年7月
- (3) 能沢源右衛門：「新しい海洋科学」、成山堂、平成11年12月
- (4) 松永勝彦、久万健志、鈴木祥広：「海と海洋汚染」、三共出版、平成14年10月
- (5) 財団法人環日本海環境協力センター：「平成16年度環境省委託業務 北西太平洋地域海行動計画活動推進事業報告書」、平成17年3月

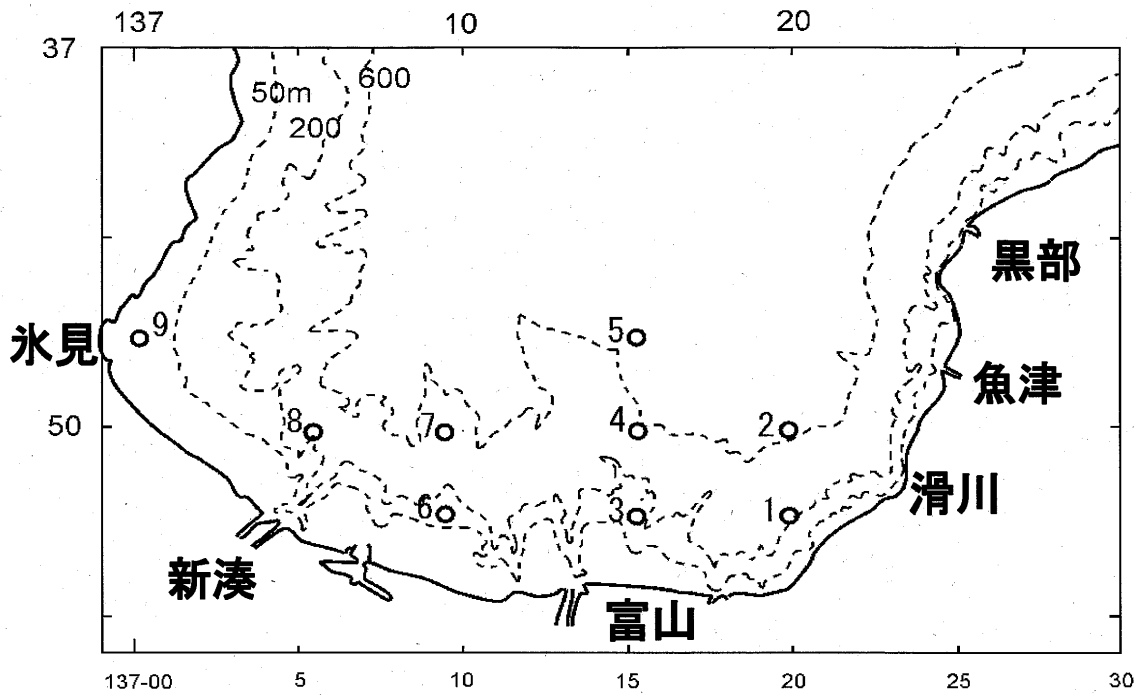


図2 計測ポイント St.1 ~ St.9

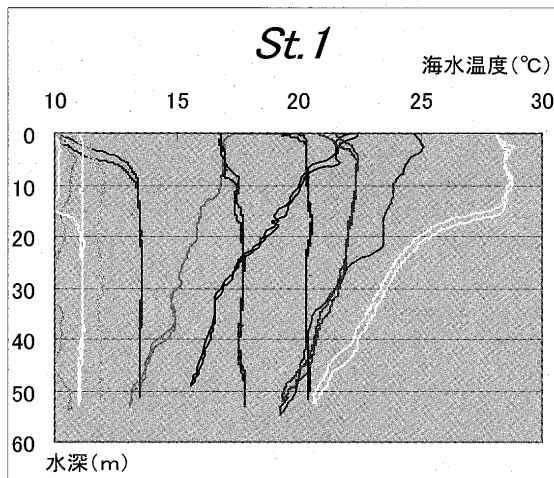
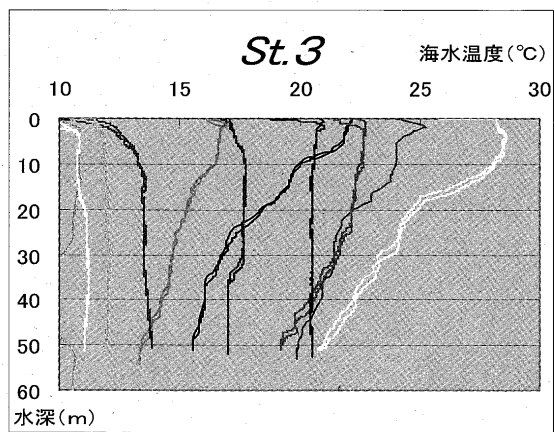
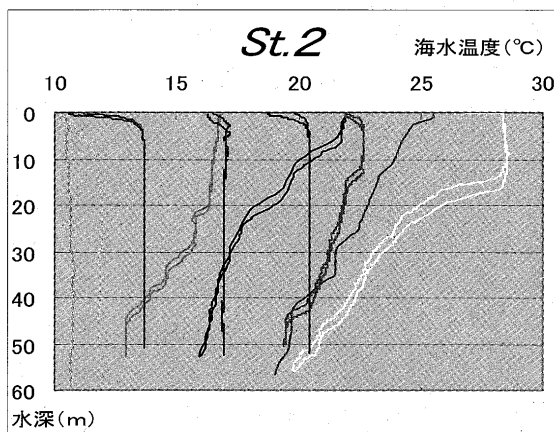
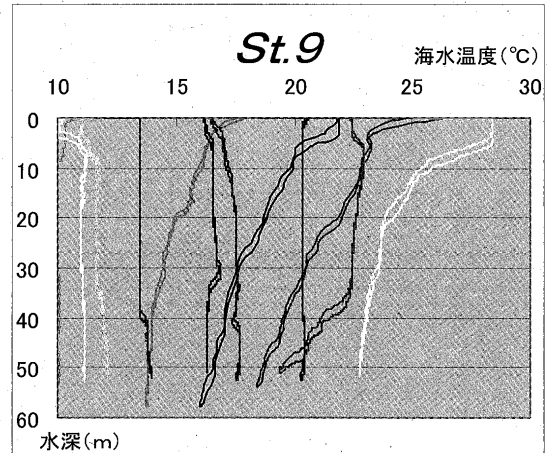
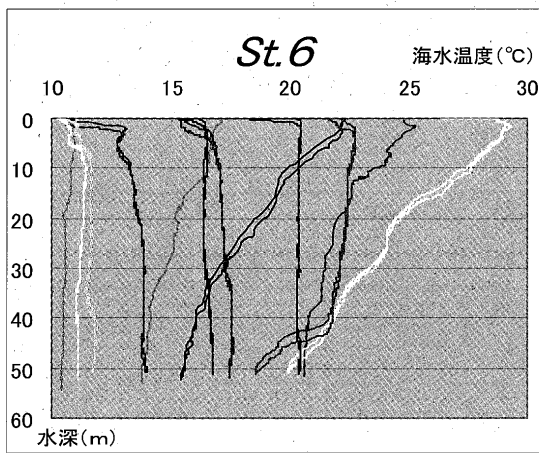
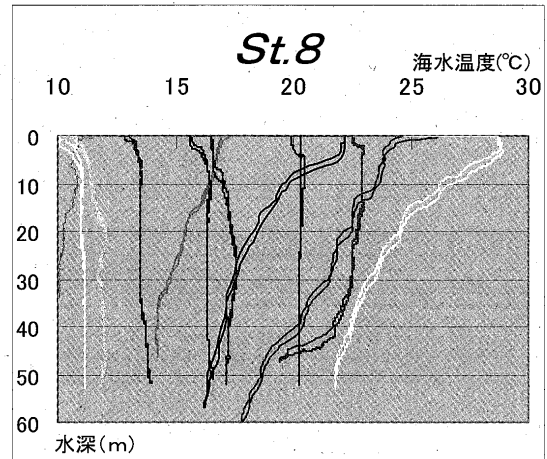
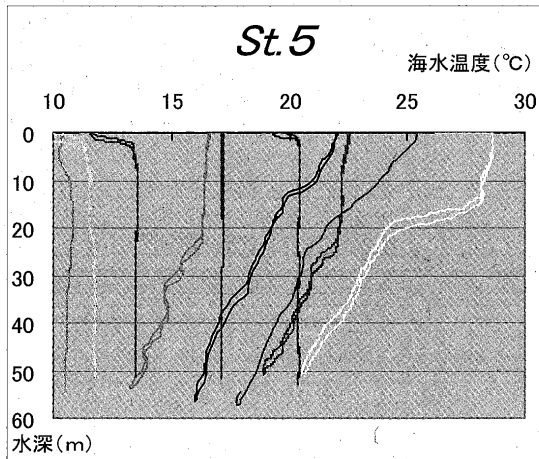
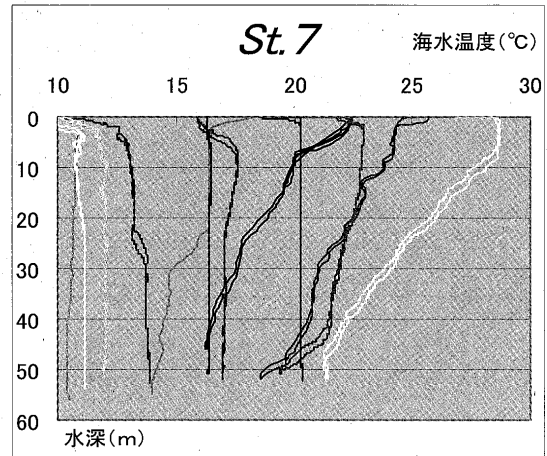
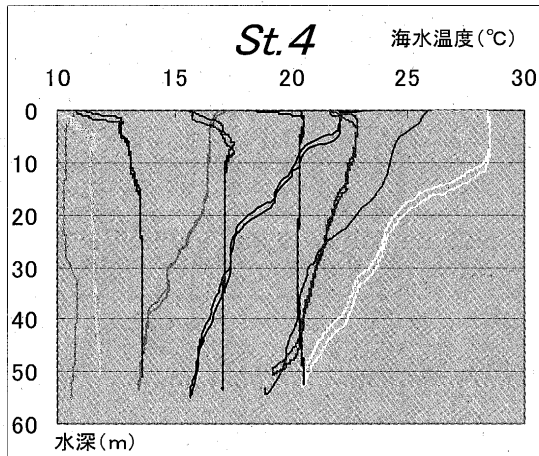


図3 海水温度の鉛直分布の季節変動特性  
[2006年4月~2007年3月]  
(本ページに St.1~3, 次ページに St.4~9 のデータを示す。)

06' 4月	06' 5月	06' 6月	06' 7月
06' 8月	06' 9月	06' 10月	06' 11月
06' 12月	07' 1月	07' 2月	07' 3月





透明度(m)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9
06'4月	4.0	6.0	4.5	5.0	6.5	-	4.0	4.5	5.0
06'5月	8.0	16.0	8.0	19.0	20.0	9.0	20.0	9.0	18.0
06'6月	6.5	17.0	7.5	11.0	16.0	8.0	10.5	11.0	10.5
06'7月	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	3.0	4.0
06'8月	6.0	13.0	9.0	12.0	16.0	9.0	11.0	15.0	18.0
06'9月	7.5	13.0	14.0	13.0	20.0	4.0	11.0	7	8.0
06'10月	11.0	9.0	8.0	7.0	12.0	8.0	16.0	14	18.0
06'11月	11.0	12.0	11.0	10.0	16.0	9.5	10.0	10	11.0
06'12月	-	-	-	-	-	14.0	20.0	15.0	21.0
07'1月	9.0	18.0	10.0	11.0	19.0	11.0	12.0	12	18.0
07'2月	11.0	7.5	13.0	9.0	11.0	8.0	9.0	11	14.0
07'3月	4.5	-	4.5	-	-	4.0	4.5	4.5	5.5

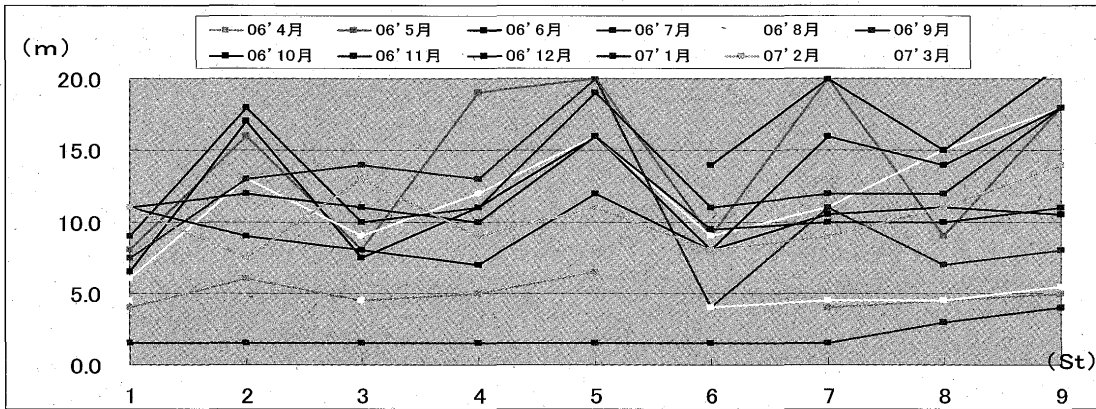


図4 各 St. における透明度の観測値の変化

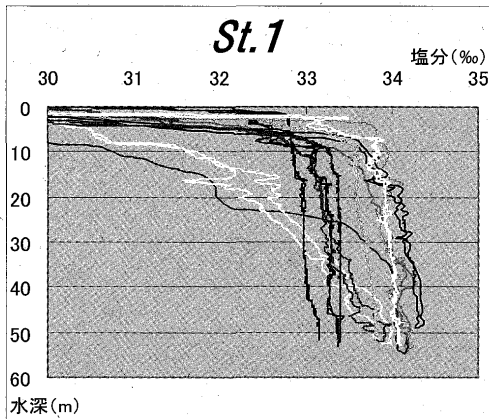
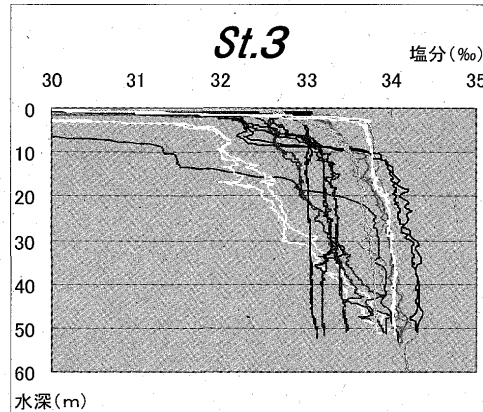
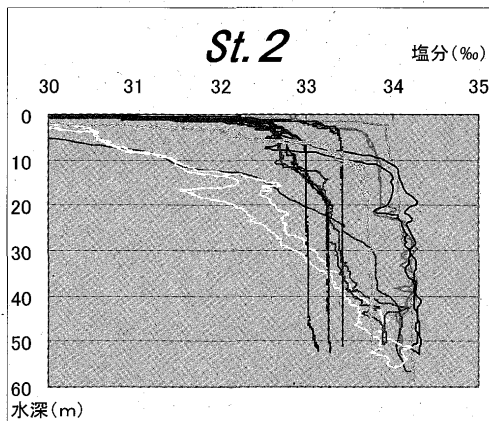
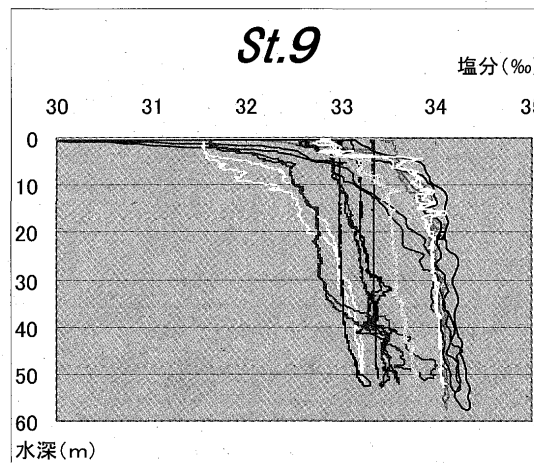
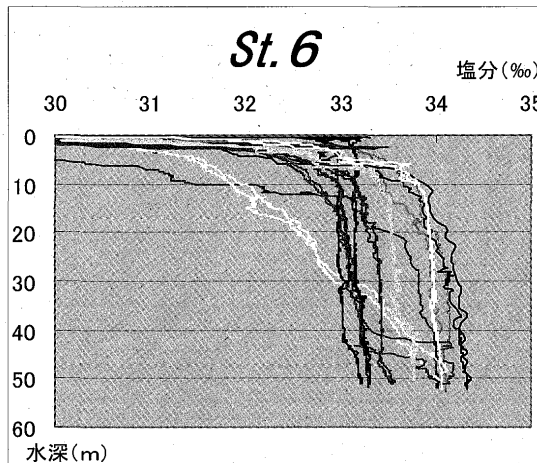
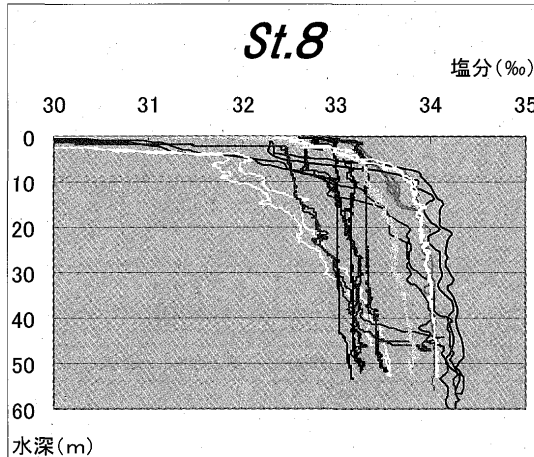
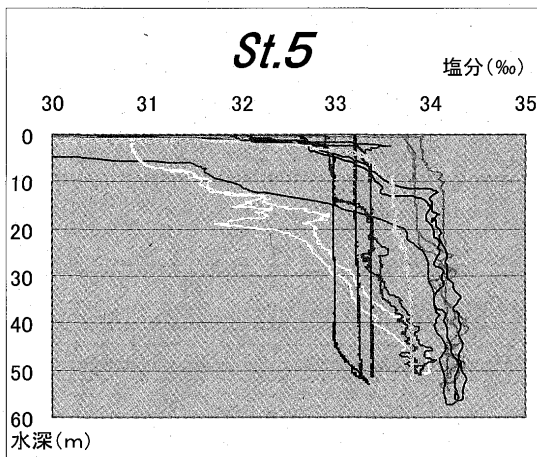
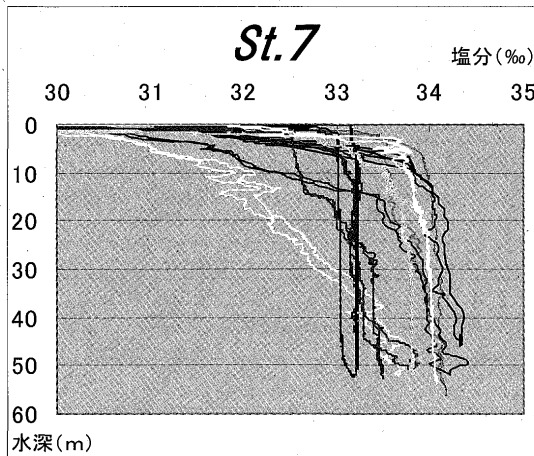
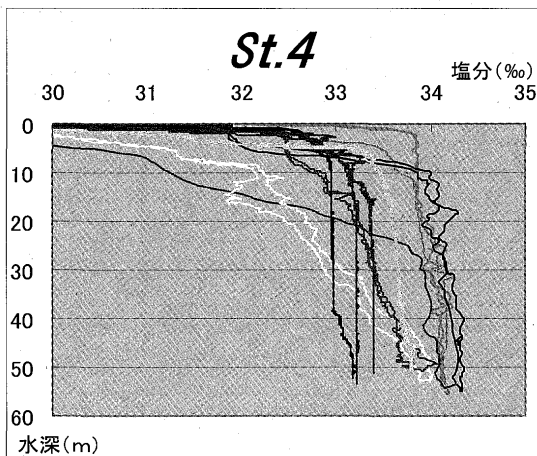


図5 塩分濃度の鉛直分布の季節変動特性図  
[2006年4月~2007年3月]  
(本ページに St.1~3, 次ページに St.4~9 のデータを示す。)

06'4月	06'5月	06'6月	06'7月
06'8月	06'9月	06'10月	06'11月
06'12月	07'1月	07'2月	07'3月







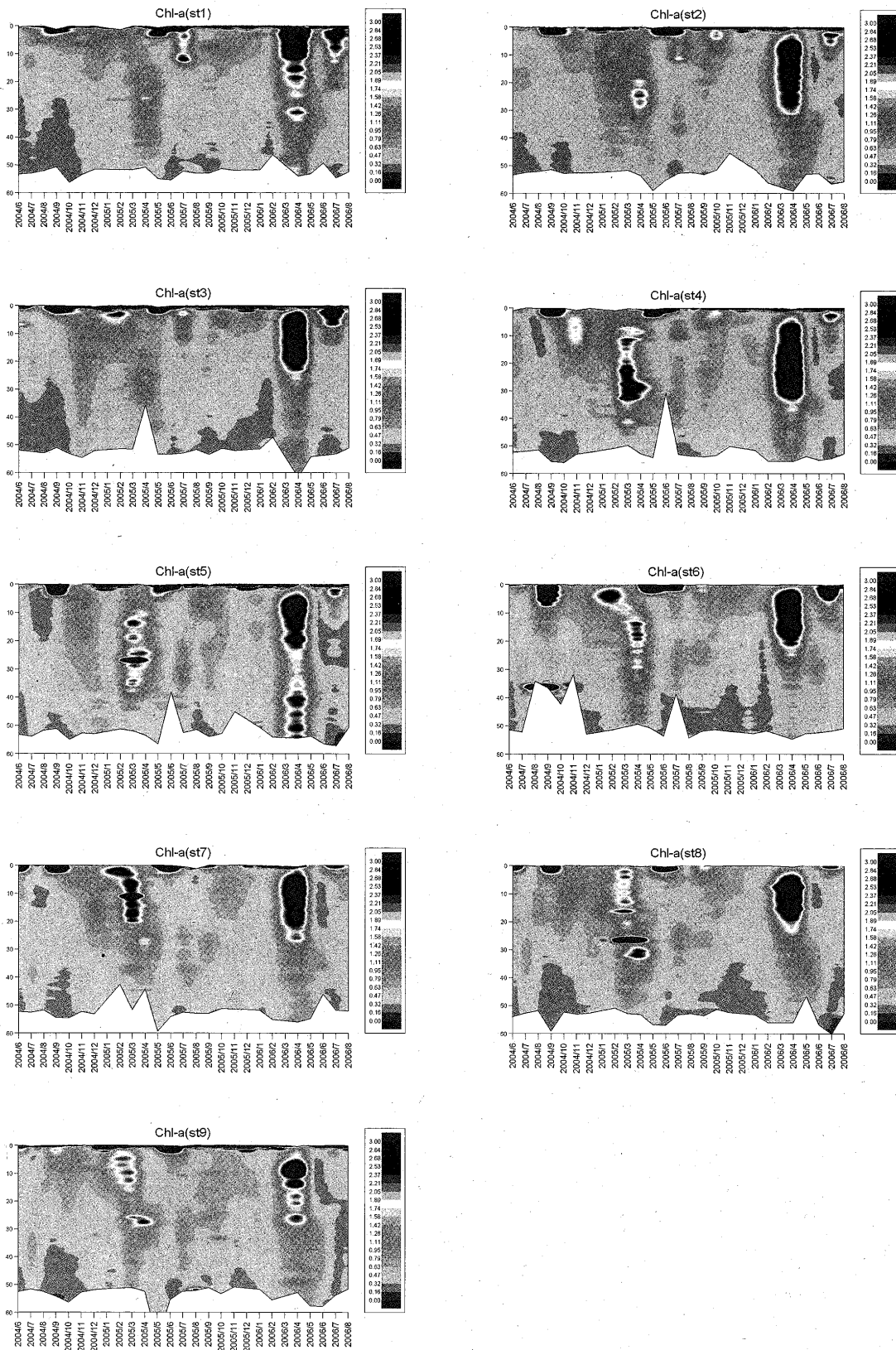
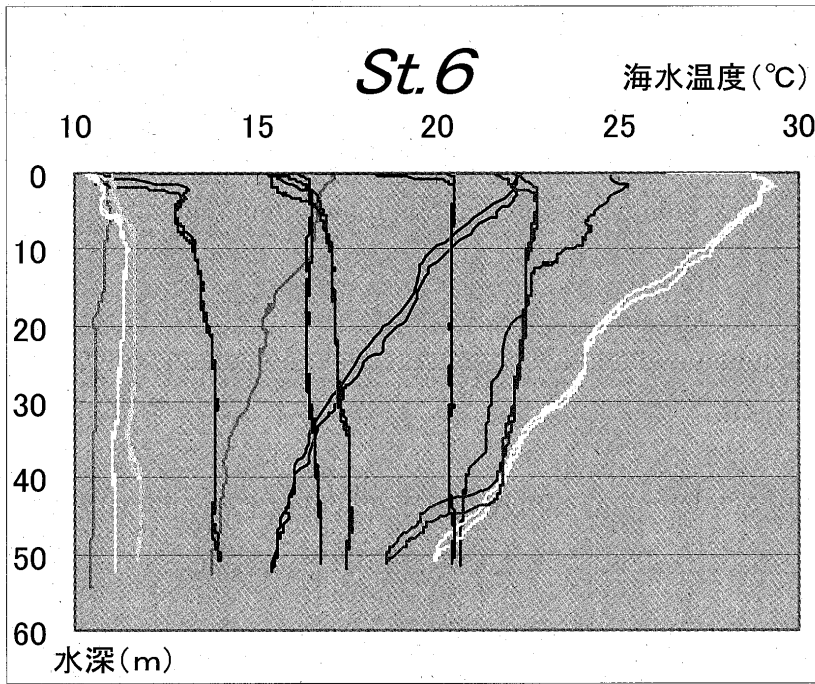
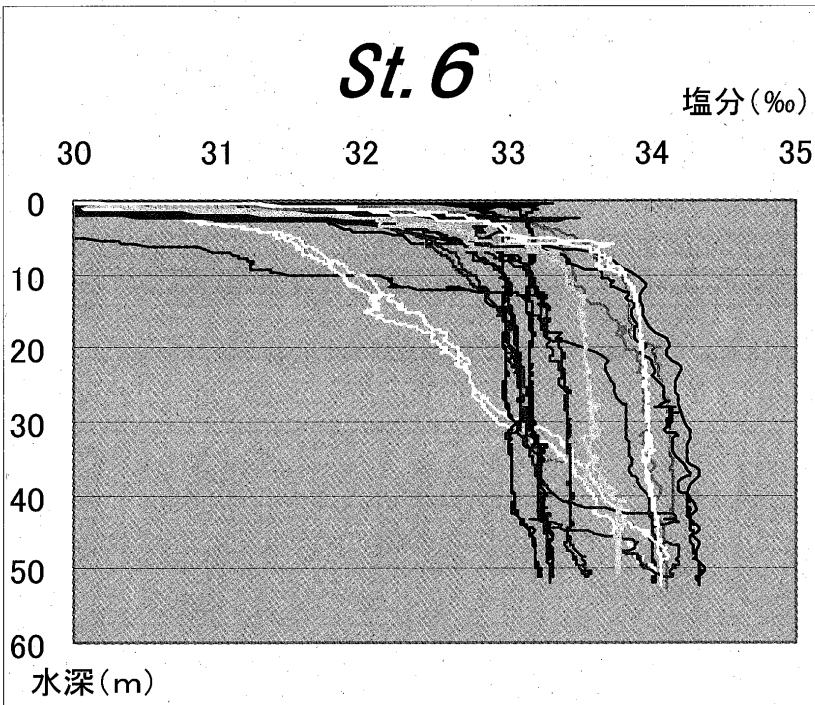


図6 クロロフィルア [ $\mu\text{g/l}$ ] の分布 (縦軸は水深, 横軸は観測年月)



-06' 4月	-06' 5月
06' 8月	-06' 9月
-06' 12月	-07' 1月



-06' 6月	-06' 7月
-06' 10月	-06' 11月
07' 2月	07' 3月

付録：図3, 5, 6より,  
St.6 のデータを拡大表示

