

温排水影響調査事業

堀 恭子・吉田 幸史

玄海原子力発電所から放出される温排水が、周辺の環境及び海洋生物に及ぼす影響を把握するため夏季と冬季に調査を実施した。なお、令和5年度の夏季及び冬季調査時は3・4号機が稼働しており、1・2号機は廃炉措置のため停止していた。

なお、1・2号機は表層放水方式、3・4号機は水中放水方式であり、フル稼働した時には、それぞれ1機あたり37m³/s、82m³/sの温排水が放出される。

方 法

令和5年度の夏季および冬季の調査概要を表1に、調査点を図1に示した。

結 果

各調査項目の調査結果の概要は、以下のとおりであった。

また、調査実施時の原子炉出力および取放水口水温等の状況を表2に示した。

1. 拡散調査

夏季（8月28日）および冬季（3月10日）の下げ潮時と上げ潮時の水深1m層における水温分布を図2-1～4、鉛直分布を図3-1～4に示した。

水温の測定結果は、夏季は27.4～29.8℃、冬季は13.2～15.5℃の範囲であった。

2. 流動調査

夏季（8月18日）に実施した調査結果を表3、図4に示した。

St.36で主に北及び西南西～南西向きの10～40cm/sの流れがみられた。また、その他の調査点では、主に南～南西、西及び西北西～北向きの5～35cm/sの流れが確認されたが、過去の変動の範囲内であった。

3. 水質調査

夏季（8月28日）および冬季（3月11日）に実施した調査結果を表4-1～2に、水質の経年変化を図5-1～2に示した。

各項目の測定範囲は、夏季では、水温25.4～29.4℃、pH8.07～8.16、D05.89～7.16mg/L、濁度0.2～0.9mg/L、クロロフィル-a0.30～2.16μg/Lであった。

冬季では、水温13.9～14.2℃、pH8.17～8.20、D08.56～8.89mg/L、濁度0.2～0.8mg/L、クロロフィル-a0.25～1.96μg/Lであった。

4. 底質・底生生物調査

夏季（8月21日）に実施した底質調査結果を表5に、CODの経年変化を図6に、底生生物調査結果を図7に示した。

底質の中央粒径は0.1～0.5mm、CODは1.4～5.2mg/g乾泥の範囲であった。

底生生物は環形動物（多毛類）のゴカイ類、節足動物（甲殻類）のソコエビ類やヨコエビ類が多く、多くの地点で確認された。

5. 付着生物調査

夏季（7月31日、8月1日）および冬季（2月12日、3月10日、11日）に実施した調査結果を表6-1～2に、付着生物の出現頻度の経年変化を図8-1～2に示した。

その結果、動物では、巻貝類のカサガイ類やタマキビ類、甲殻類のフジツボ類が多く、多くの地点で確認された。また、植物では、褐藻類のヒジキ、紅藻類のサンゴモ類が多く、多くの地点で確認された。

表1 調査実施状況

項目	調査月日	内容	調査 点数	観測層	調査方法および使用機器	摘要
拡散調査	8月28日 3月10日	水温 塩分	74	水温:0.3(表層), 1,2,3,4,5,7,10, 15,20m 塩分:0.3(表層)m	・水温、塩分:多項目水質計による現場測定 (JFEアドバンテック社 ASTD102)	図2-1～4 図3-1～4
流動調査	8月18日	流向 流速	5	0.3(表層),5,10, B-1(底層)m	・流向・流速計による現場測定 (JFEアドバンテック社 AEM213-D型)	表3 図4
水質調査	8月22日 3月11日	水温 pH DO 濁度 クロロフィル-a	5	0.3(表層),5,10, B-1(底層)m	・ナンセン転倒採水器による採水 ・水温、DO、濁度:多項目水質計 による現場測定 (JFEアドバンテック社 ASTD102) ・pH:卓上測定器による測定 (HORIBA社 卓上pH計) ・クロロフィル-a:蛍光法	表4-1～2 図5-1～2
底質・底生 生物調査	8月21日	粒度組成 COD ベントス	10	海底土	・スミス・マッキンタイヤ採泥器による採泥 ・粒度組成:ふるい分け法 ・COD:アルカリ性法 ・ベントス:マクロベントスについて 定量・同定	表5 図6 図7
付着生物 調査	7月31日 8月1日 2月12日 3月10日 11日	動物 植物	10	潮間帯	・ベルトトランセクト法 岸側各点から海方向にメジャーを伸ばし、 1.5 m毎に50 cm枠の中の種類、数量(被度) を調査	表6-1～2 図8-1～2

表2 拡散調査時における出力および環境等の状況

[夏 季]			拡 散 調 査	
			下げ潮時	上げ潮時
調 査 年 月 日			令和5年8月28日	
調 査 時 間			11:15～12:43	14:30～15:36
出力	1号機	MW	-	-
	2号機	MW	-	-
	3号機	MW	1,198～1,199	1,200～1,201
	4号機	MW	1,117～1,150	1,192～1,197
取水口	1、2号機	℃	29.0～29.2	29.5～29.6
水温	3、4号機	℃	28.0	26.6～28.0
放水口	1、2号機	℃	27.8～28.0	28.1～28.2
水温	3、4号機	℃	34.4～35.0	33.5～34.9
取放水口	1、2号機	℃	-1.2	-1.4
水温差	3、4号機	℃	6.4～7.0	6.8～6.9
気象 海象等	風向・風速	m/s	SSW～SW・2.6～1.8	N～NNE・3.4～3.5
	月齢 ^{※1}	日	11.7	
	潮位 ^{※2}	m	0.6～0.9	0.5～0.6
	気温	℃	32.3～32.5	30.8～31.5
	塩分 ^{※3}		32.6～33.5	32.7～33.5

[冬 季]			拡 散 調 査	
			下げ潮時	上げ潮時
調 査 年 月 日			令和6年3月10日	
調 査 時 間			13:18～14:33	16:33～17:46
出力	1号機	MW	-	-
	2号機	MW	-	-
	3号機	MW	1,210～1,211	1,210
	4号機	MW	1,199	1,199
取水口	1、2号機	℃	13.8～13.9	13.9～14.0
水温	3、4号機	℃	13.7	13.8～13.9
放水口	1、2号機	℃	13.8～13.9	13.9～14.0
水温	3、4号機	℃	20.5～20.6	20.6～20.7
取放水口	1、2号機	℃	0.0	0.0
水温差	3、4号機	℃	6.8～6.9	6.8～6.9
気象 海象等	風向・風速	m/s	WNW～W・2.9～3.6	WNW・3.2～3.5
	月齢 ^{※1}	日	29.2	
	潮位 ^{※2}	m	0.5～1.0	0.1～0.4
	気温	℃	8.9～9.0	9.5～9.6
	塩分 ^{※3}		33.2～34.6	31.7～34.6

※1: 国立天文台天文情報センター

※2: 気象庁

※3: 玄海水産振興センター

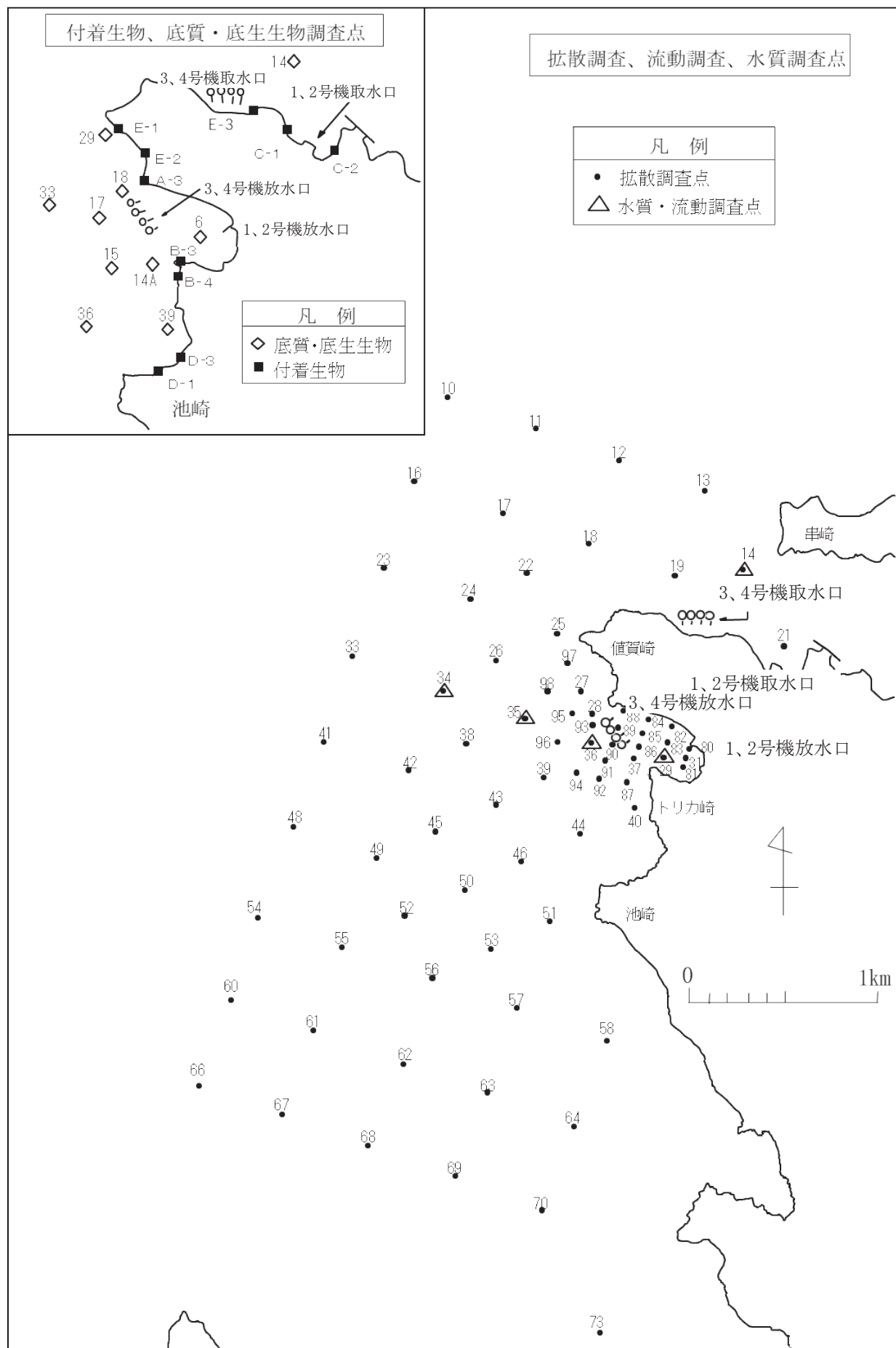
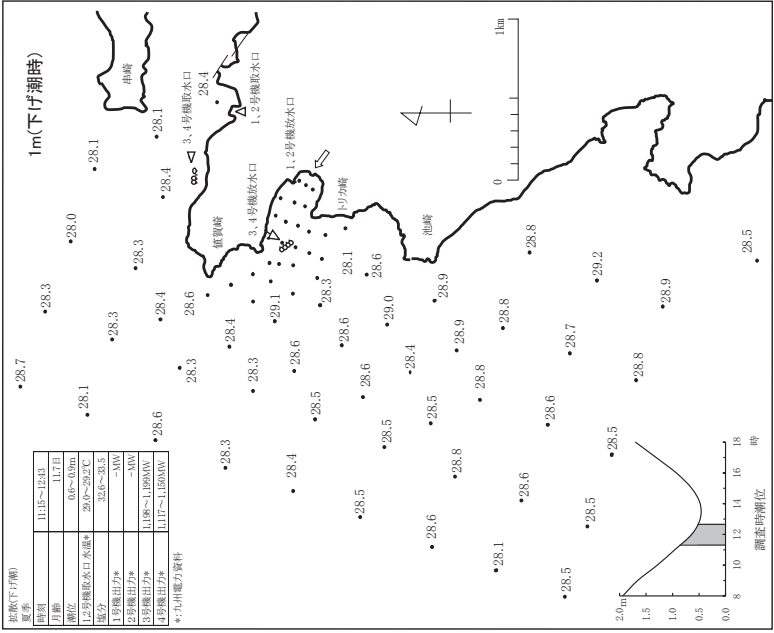
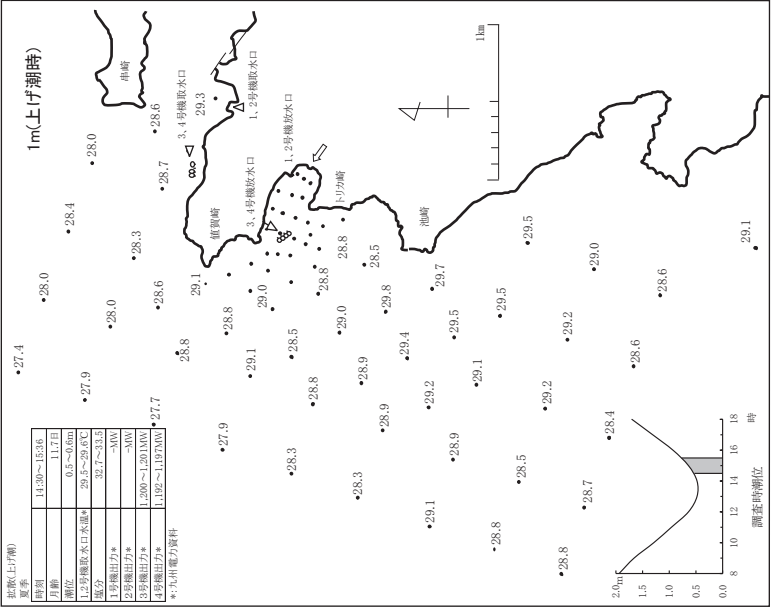


図1 調査点図



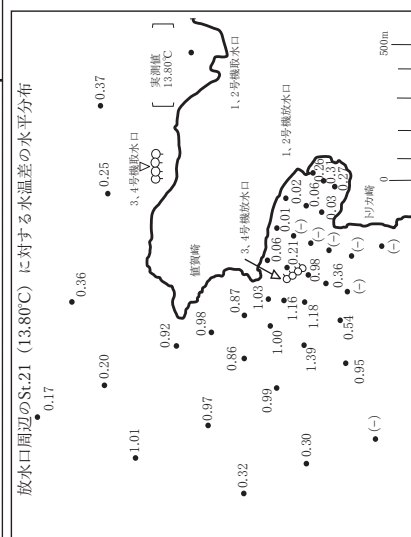
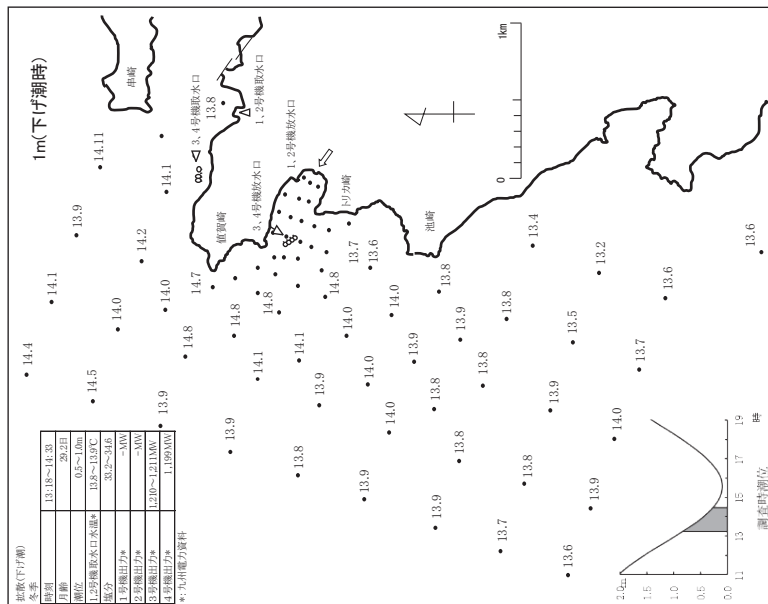
* 1. 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温28.36℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

図2-1 夏季拡散調査の下げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)



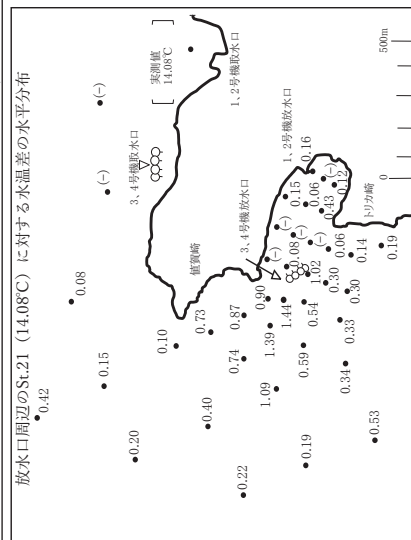
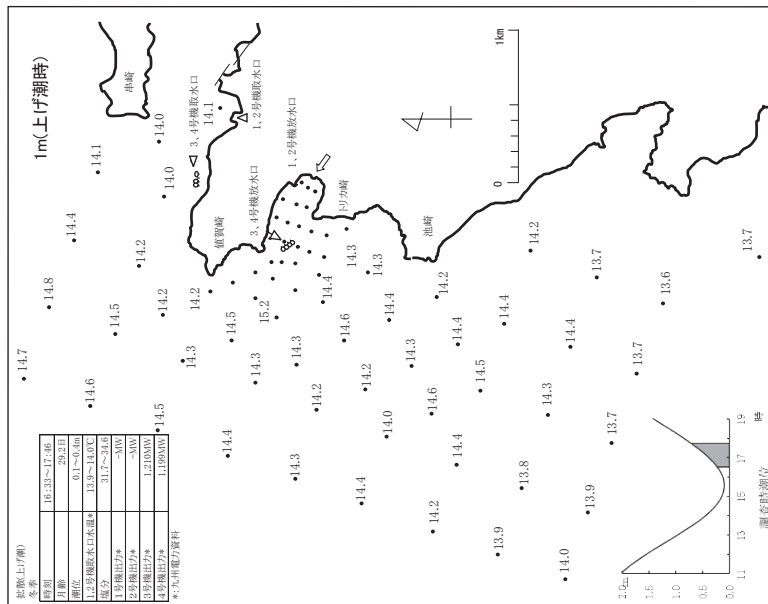
* 1. 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温29.34℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

図2-2 夏季拡散調査の上げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)



* 1, 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温13.80℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

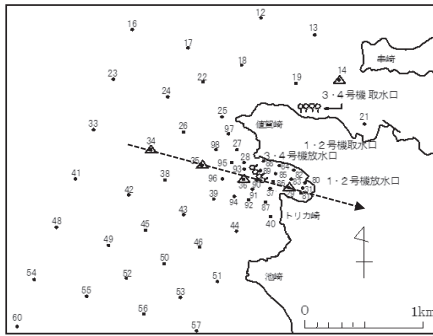
図2-3 冬季拡散調査の下げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)



* 1, 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温14.08℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

図2-4 冬季拡散調査の上げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)

水温鉛直分布調査ライン



取水水温からの昇温値による色分け

0.01未満	...	
0.01～0.50	...	
0.51～0.99	...	
1.00以上	...	

- :取水水温に対し、低い水温が観測された地点

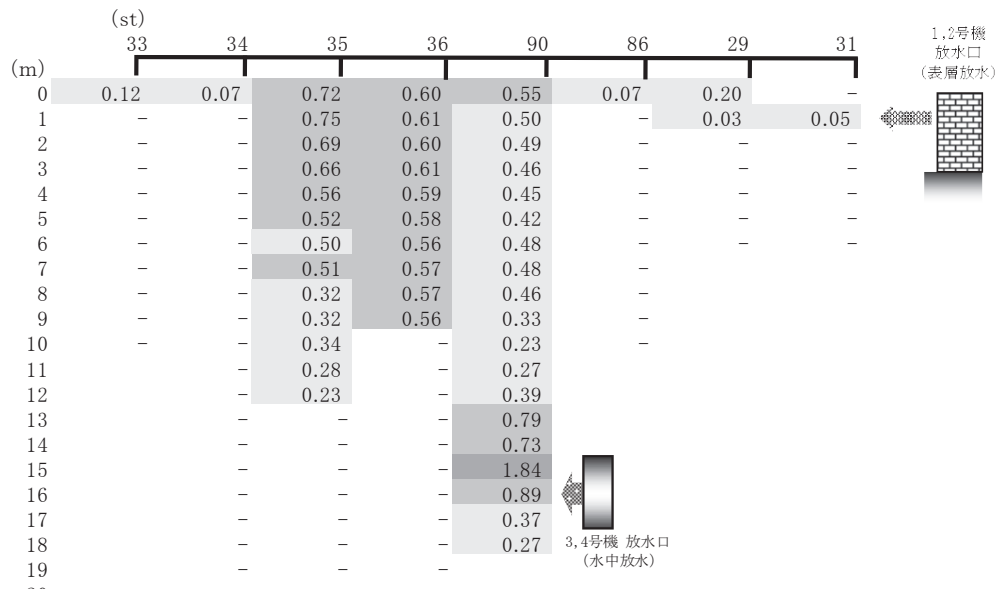


図3-1 夏季下げ潮時における水温鉛直分布

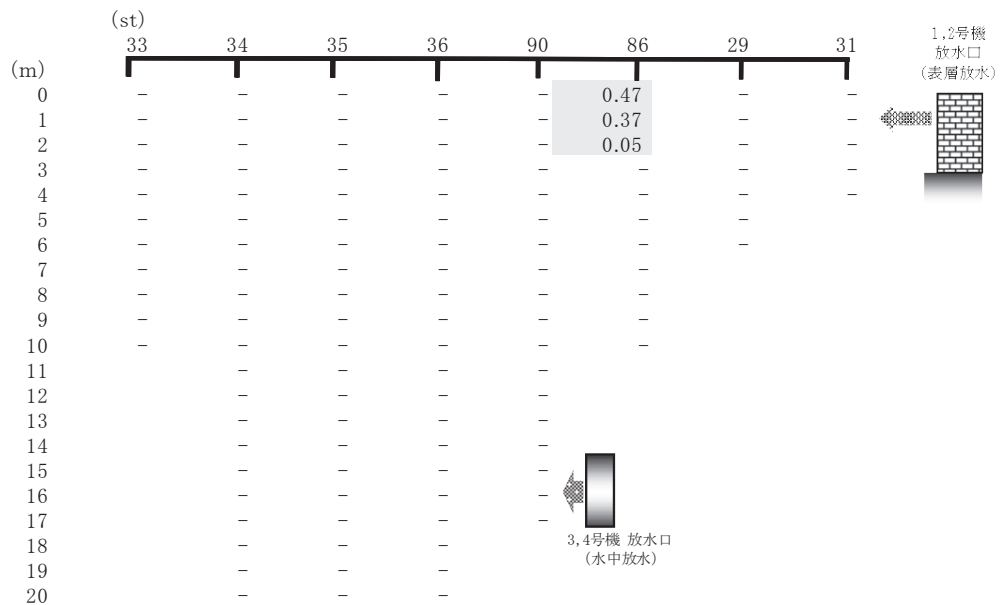
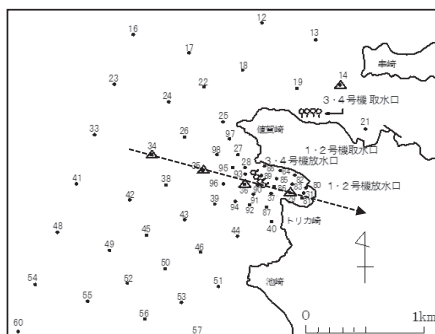


図3-2 夏季上げ潮時における水温鉛直分布

水温鉛直分布調査ライン



取水水温からの昇温値による色分け

0.01未満	...	
0.01～0.50	...	
0.51～0.99	...	
1.00以上	...	

－：取水水温に対し、低い水温が観測された地点

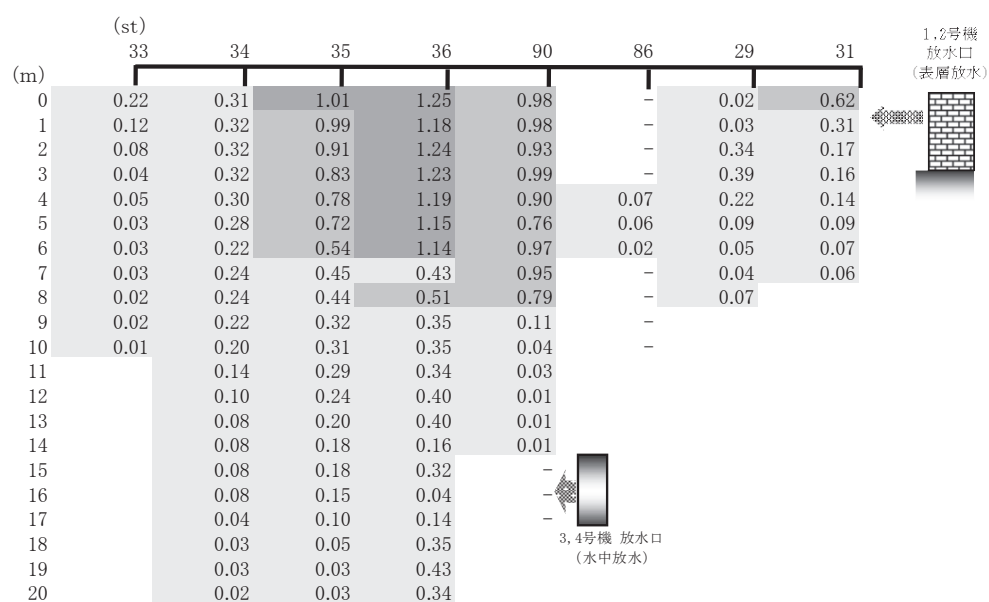


図3-3 冬季下げ潮時における水温鉛直分布

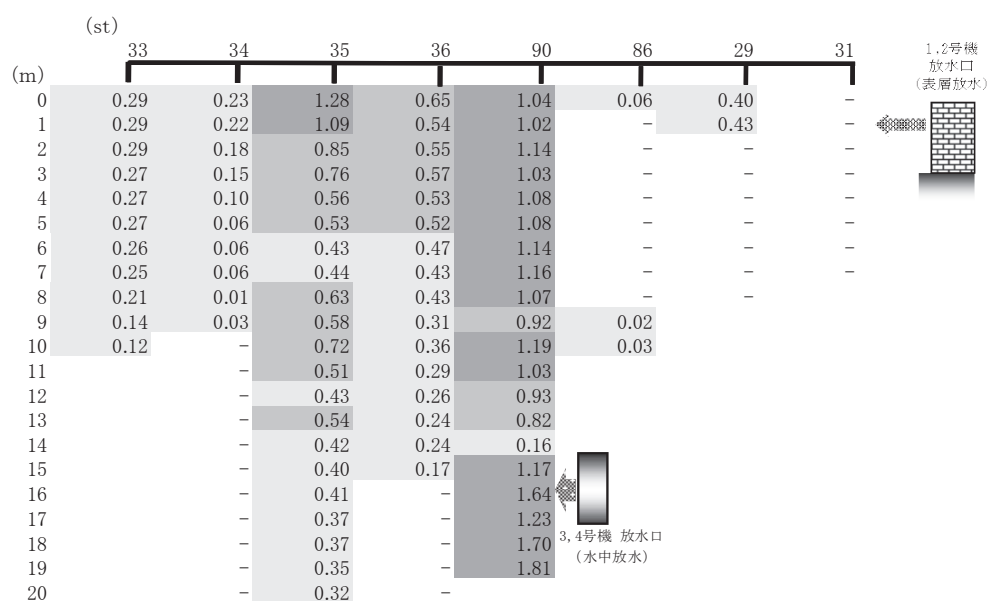


図3-4 冬季上げ潮時における水温鉛直分布

表3 夏季流動（流向・流速）調査結果

令和5年8月18日(月齢1.7日)

調査回次		1回目		2回目		3回目		4回目	
調査時間		10:19~11:09		11:49~12:31		13:19~14:02		14:49~15:34	
調査点	観測層	流速 (cm/s)	流向 (度)	流速 (cm/s)	流向 (度)	流速 (cm/s)	流向 (度)	流速 (cm/s)	流向 (度)
St.14	表層	25	250	20	240	30	210	25	210
	5m	15	190	10	170	25	180	20	210
	10m	10	260	15	190	15	190	5	220
	底層	15	320	10	340	20	300	15	310
St.34	表層	25	310	30	330	35	330	15	290
	5m	25	330	25	20	20	350	20	220
	10m	15	340	20	50	15	10	20	170
	底層	25	20	25	40	20	310	20	150
St.35	表層	35	300	25	310	20	330	25	340
	5m	25	300	25	290	20	350	10	290
	10m	25	320	15	320	15	350	20	170
	底層	25	40	15	360	10	250	15	160
St.36	表層	25	340	30	260	35	250	40	230
	5m	25	10	10	90	15	150	30	230
	10m	30	10	10	70	15	100	20	210
	底層	30	10	10	20	30	320	15	230
St.29	表層	15	280	20	210	10	290	15	350
	5m	15	280	35	210	5	220	10	20
	底層	5	270	10	290	10	120	10	350

九州電力資料		1回目	2回目	3回目	4回目
風向・風速(m/s)		NNE・2.4~2.7	NNE・2.7~2.8	N~NNE・2.5~3.5	NNE・2.9~3.5
出力 (MW)	1号機	-	-	-	-
	2号機	-	-	-	-
	3号機	1,205	1,204~1,205	1,204~1,205	1,204
	4号機	1198	1198	1,196~1,198	1,198
1~4号機の合計放水量(1時間あたり平均値)			165.4 m ³ /s		

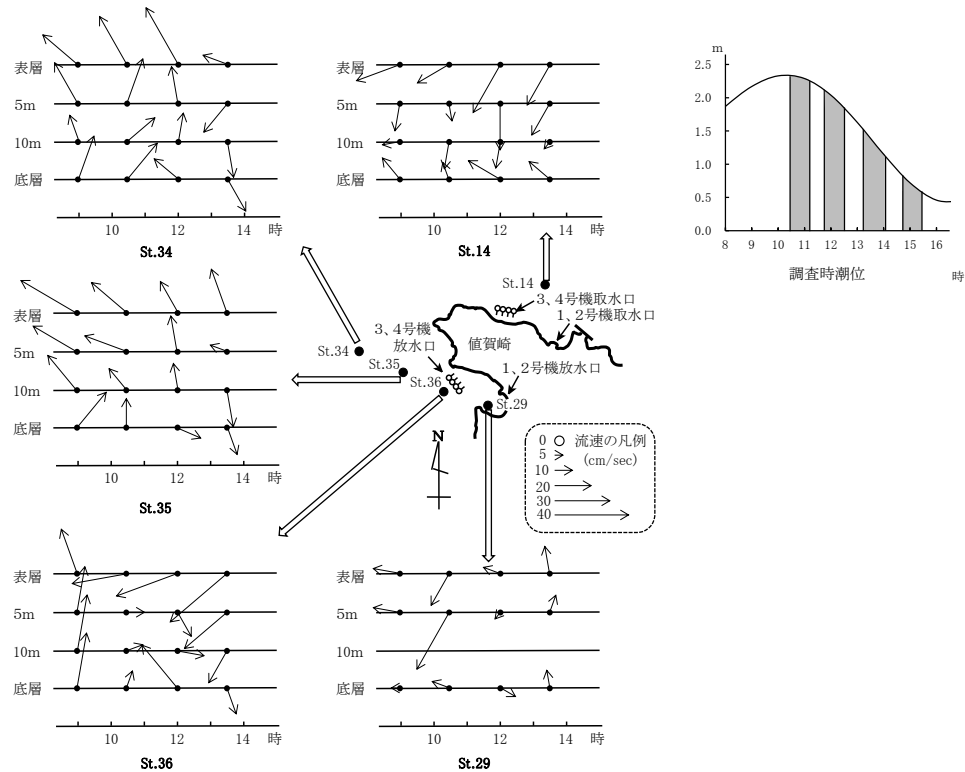


図4 夏季流動（流向・流速）調査結果

表4-1 夏季水質調査結果

調査点 項目		取水口側				放水口側			
		St.14 (1,2号機 取水口付近)	St.29 (1,2号機 放水口付近)	St.36 (3,4号機 放水口付近)	St.35 (3,4号機 放水口沖)	St.34 (3,4号機 放水口沖)			
水温 (℃)		26.1 ~ 28.9	28.0 ~ 29.3	25.6 ~ 29.4	25.7 ~ 28.8	25.4 ~ 28.8			
pH		8.09 ~ 8.16	8.13 ~ 8.15	8.08 ~ 8.16	8.07 ~ 8.14	8.07 ~ 8.14			
DO (mg/L)		6.11 ~ 6.97	6.83 ~ 6.96	6.01 ~ 7.16	5.89 ~ 6.69	5.90 ~ 7.02			
濁度 (mg/L)		0.2 ~ 0.6	0.2 ~ 0.3	0.2 ~ 0.6	0.2 ~ 0.9	0.3 ~ 0.8			
クロロフィル-a (μg/L)		0.42 ~ 1.31	1.65 ~ 2.16	0.75 ~ 0.97	0.30 ~ 1.13	0.39 ~ 1.01			
水深(m)		24	8	21	35	38			

表示は、0.3(表層),5,10,B-1(底層)mの測定値の範囲[最低～最高]を示す。

取水口側 St.14

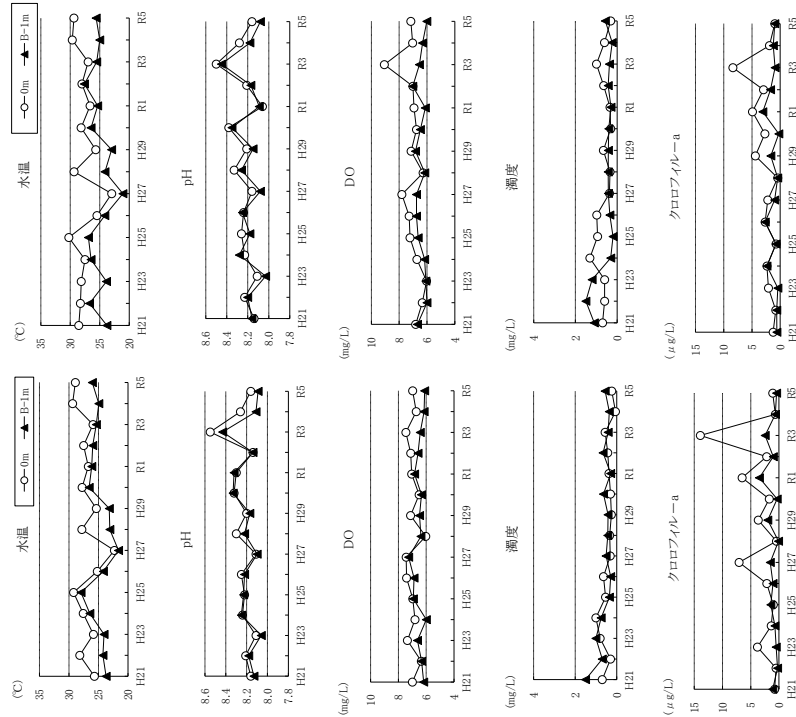


図5-1 夏季水質調査の経年変化

表4-2 冬季水質調査結果

調査点 項目		取水口側				放水口側			
		St.14 (1,2号機 取水口付近)	St.29 (1,2号機 放水口付近)	St.36 (3,4号機 放水口付近)	St.35 (3,4号機 放水口沖)	St.34 (3,4号機 放水口沖)			
水温 (℃)		14.5 ~ 14.6	14.6 ~ 14.7	15.2 ~ 15.8	14.5 ~ 14.8	14.5 ~ 14.8			
pH		8.19 ~ 8.20	8.19 ~ 8.21	8.21 ~ 8.22	8.21 ~ 8.22	8.21 ~ 8.21			
DO (mg/L)		8.75 ~ 8.80	8.73 ~ 8.86	8.76 ~ 9.16	8.77 ~ 8.89	8.76 ~ 9.17			
濁度 (mg/L)		0.2 ~ 0.6	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.2 ~ 0.4	0.3 ~ 2.9			
クロロフィル-a (μg/L)		0.4 ~ 1.1	0.7 ~ 1.2	1.1 ~ 1.6	0.9 ~ 1.2	0.9 ~ 1.1			
水深(m)		27	13	23	35	41			

表示は、0.3(表層),5,10,B-1(底層)mの測定値の範囲[最低～最高]を示す。

取水口側 St.14

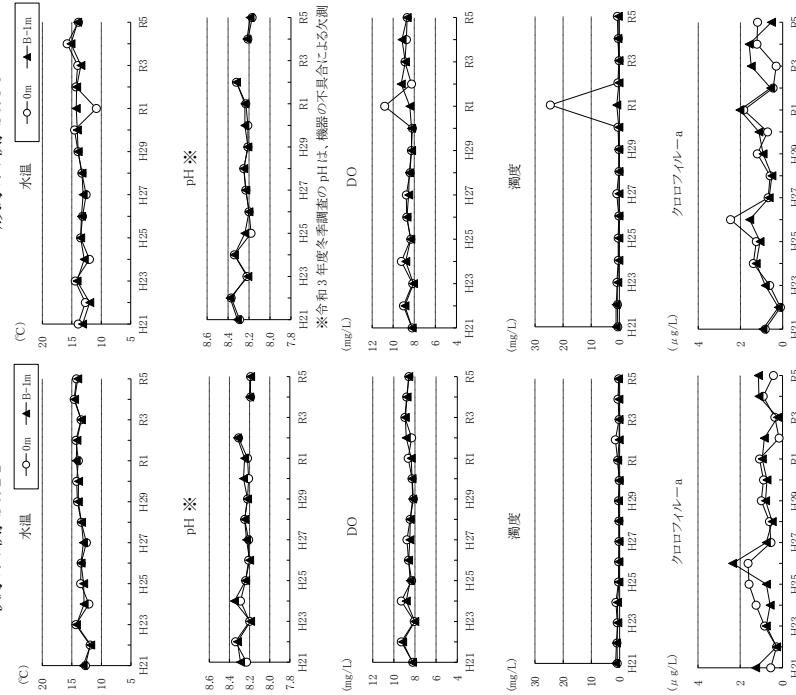


図5-2 冬季水質調査の経年変化

表5 夏季底質調査結果

(令和5年8月21日)

調査点(St.)		取水口側	放水口側								
		14	6	14A	15	17	18	29	33	36	39
COD(mg／g乾泥)		2.1	1.5	1.7	5.2	4.8	2.7	3.4	3.6	1.4	1.6
粒度組成(%)	礫 (2mm以上)	3	0	0	0	0	2	2	1	3	0
	粗 砂 (2～0.425mm)	51	3	29	11	12	36	27	14	44	18
	細 砂 (0.425～0.075mm)	24	78	55	57	65	42	47	58	29	65
	シルト・粘土 (0.075mm以下)	22	19	16	32	23	20	24	27	24	17
中 央 粒 径(mm)		0.5	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3

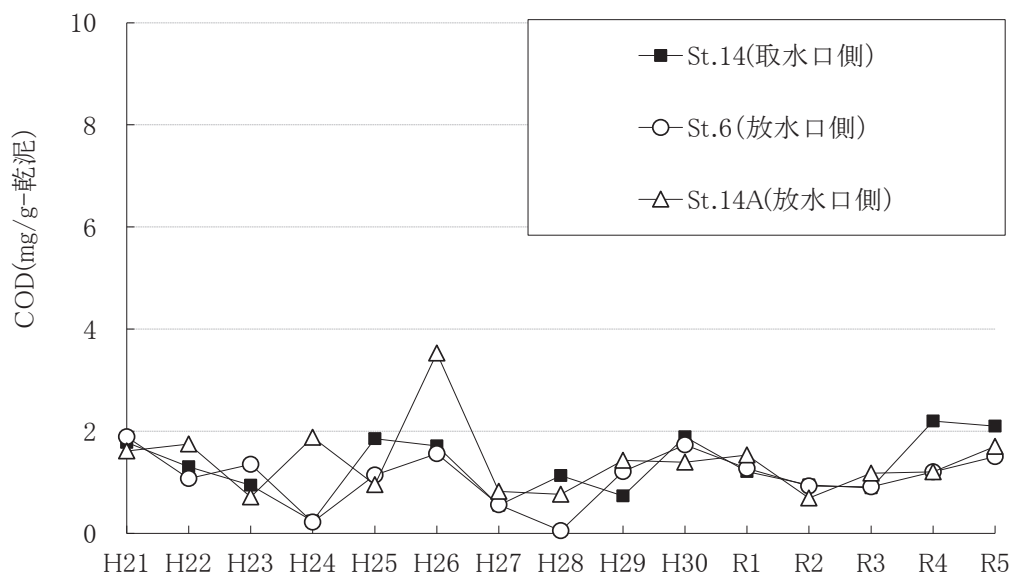


図6 平成21～令和5年度夏季CODの推移

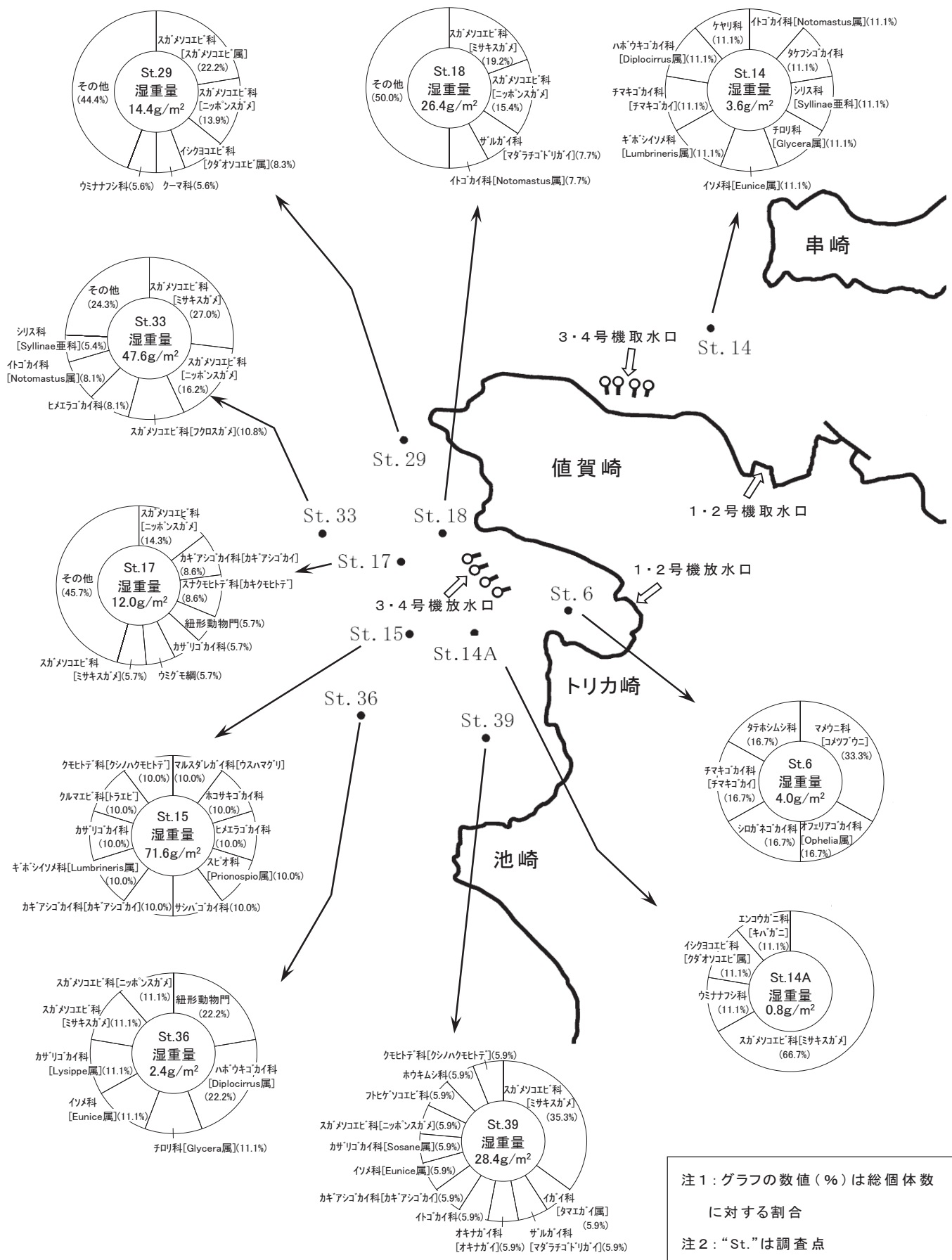


図7 夏季底生生物調査 (令和5年8月21日)

表6-1 夏季付着生物調查結果

潮間帯付近の動物

令和5年7月31日,8月1日

種 類				調 査 測 線											
				A-3	B-3	B-4	C-1	C-2	D-1	D-3	E-1	E-2	E-3		
刺形動物門 軟体動物門	花虫綱	イソギンチャク目	イソギンチャク目	イ	イ		イ		イ	イ	イ	イ	イ		
	ヒサラガイ綱	ヒサラガイ目	ヒサラガイ科	ニシキヒサラガイ				イ				イ	イ	イ	
				ヒサラガイ	イ	イ	イ	イ	イ	イ	イ	イ			
			ケハダヒサラガイ科	ケハダヒサラガイ科	イ			イ	イ	イ	イ				
			マキガイ綱	オキナエビス目	ツタノハ科	ベッコウザラ	イ			イ	イ				
					マツバガイ		イ		イ	イ	イ		イ		
					ヨメカサ		イ	イ	イ	イ	イ		イ		
				コキノカサ科	ウノアシ	イ	イ		イ	イ	イ	イ	イ	イ	
					シロガイ属	イ		イ	イ	イ	イ	イ	イ		
					アオガイ属				イ	イ	イ	イ	イ		
				ニシキウス科	イシタタミ			イ		イ	イ		イ		
					クボガイ					イ	イ				
					クマノコガイ					イ	イ	イ			
					オオコシタカノガラ			イ							
					コシタカノガラ					イ		イ			
				リュウテン科	ササエ			イ							
					スガイ	イ			イ					イ	
				アマオブネ科	アマガイ				イ		イ	イ	イ	イ	
				ニナ目	タマキビガイ科	アラレタマキビ	cc	cc	cc	イ	イ	cc	cc	cc	cc
					タマキビガイ科							cc			
	ムカデガイ科	オオヘビガイ						イ							
	バヱ目	アツキガイ科	レイシガイ	イ	イ		イ			イ					
			イボニシ	イ	イ	イ	イ	イ	イ	イ		イ			
		エゾノバイ科	イニナ				イ	イ	イ	イ					
	ニマイガイ綱	イガイ目	ムラサキイノ (被度%)	イ	cc	cc	cc	cc	cc	イ	イ	イ	イ		
		ウグイスガイ目	イタボガキ科	ケガキ	イ		イ	cc	cc			イ	イ		
		ハマグリ目	イワホリガイ科	イワホリガイ科		イ	イ	イ	イ	イ	イ	イ	イ		
環形動物門	ゴカイ綱	ケリ目	カンザシコカイ科	イ	イ	イ	イ		イ	イ	イ	イ	イ		
節足動物門	甲殻綱	フシツボ目	ソウカガイ科	カミノテ (被度%)		イ	cc	イ	イ	イ	イ	イ	イ		
			イワフシツボ科	イワフシツボ (被度%)	cc	イ	イ	イ	イ		イ	イ	イ		
			フシツボ科	カワフシツボ (被度%)	cc	cc	cc	イ	cc			cc	イ	イ	
			ナカウニ科	ムラサキイノ	イ	イ	イ	イ							

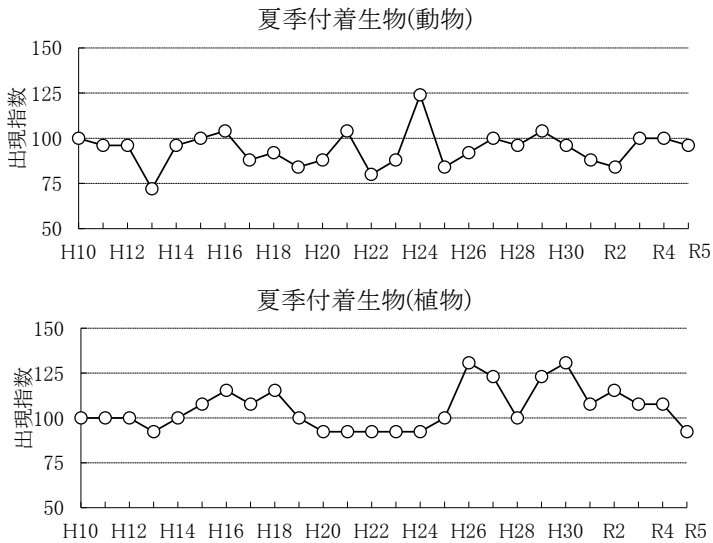
潮間帯付近の植物

令和5年7月31日,8月1日

				調 査 測 線									
種 類				A-3	B-3	B-4	C-1	C-2	D-1	D-3	E-1	E-2	E-3
緑藻植物門	緑藻綱	アオサ目	アオサ科	アオサ属	┐	┐		┐			┐	┐	┐
褐藻植物門	同形世代綱	アシ'グ'サ目	アシ'グ'サ科	アシ'グ'サ科		┐			┐		┐		┐
		サガ'マツ目	シゲ'科	シゲ'	┐	cc	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐
		ハバ'モト'キ目	コモシ'クロ科	イワ'ゲ	┐			┐		┐			┐
	円胞子綱			ヒ'シ'キ	c	c	c	c	c	┐	c		┐
		ヒ'バ'マ目	ホ'ダ'ワ'ラ科	ウ'トラ'ノ	c	┐	┐	┐		┐	┐	c	c
				イ'ソ'モク						┐			
				ホ'ン'タ'ワ'ラ属			┐		┐				
紅藻植物門	真正紅藻綱	テン'グ'サ目	テン'グ'サ科	ヒ'テン'グ'サ	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐	┐
				テン'グ'サ科	┐	┐			┐	┐			┐
		カクレ'ト目	サン'ゴ'モ科	サ'ビ'亜科	c	c	c	cc	cc	cc	┐	cc	┐
				サン'ゴ'モ'亜科	c	c	c	┐	cc	┐	┐	┐	┐

注1:「r:極少量見られる c:少量見られる cc:普通に見られる ccc:多く見られる」

注2: 上表の動物のうち個体数として計測することが困難な種類は被度(%)で測定し、種類の欄に「(被度%)」と記載



出現指数は平成10年度の
総出現種類数(動物;25種、
植物;13種)を100としている

図8-1 夏季付着生物の出現指数の経年変化

表6-2 冬季付着生物調査結果

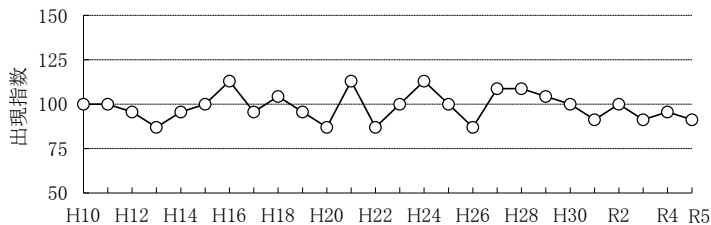
潮間帯付近の動物					令和6年2月12日,3月10日,11日									
種 類					調 査 測 線									
					A-3	B-3	B-4	C-1	C-2	D-1	D-3	E-1	E-2	E-3
刺胞動物門	花虫綱	イソギンチャク目		イソギンチャク目	r	c	c	c	r	r		c	r	r
軟体動物門	ヒザラガイ綱	ヒザラガイ目	ヒザラガイ科	ニシキヒザラガイ				r	r			c		
			ヒザラガイ		r	c	c	c	r		r	cc	r	c
			ケハダヒザラガイ科	ケハダヒザラガイ科		r		r	r			r		
	マキガイ綱	オキナエビス目	ツタノハ科	ベッコウサラ		r			r	r	r			
				マヅバガイ		c		r	r	r	c	cc	r	r
				ヨメガサ	c	c	r	c	c	c	c	cc	r	c
			ユキノカサ科	ウノアシ	r	r	r	r	c	r	r	c	r	r
				カモガイ										r
				シロガイ属	c	c	c	c	c	r	c		r	c
				アオガイ属		c		r	c	cc	c			c
			ニシキウス科	イシタタミ				r		r	c	c	r	r
				クロツケガイ						r	r	r		
				クボガイ						r				
				クマノコガイ				r		r	r	c		r
			リュウテン科	スカイ				r					r	
				アマオブネ科						c	c		c	
	コナ目	タマキビガイ科	タマキビ		r		c	r	r	c	c	c	c	r
			アラレタマキビ	ccc	cc	ccc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	cc
			コビトウナズ(被度%)	r									r	
			タマキビガイ科	c			r				r			c
	バイ目	アキガイ科	レイシガイ	r										
			イホニシ	c	c	c	c	r	r	r	c		r	r
環形動物門	コカイ綱	ケヤリ目	エゾバイ科	イノナ				r	r			c		
			イガイ科	ムラサキニコ(被度%)	r	c	cc	cc	r	c	c	r	r	r
			ウグイスガイ目	イカボガキ科	ケカキ	r		r	cc	cc		r	r	
			ハマグリ目	イロホガイ科	イロホガイ科									r
			カンザシコガイ科	ヤッコカザシ(被度%)	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
節足動物門	甲殻綱	フジツボ目	ヨウカガイ科	カモノテ(被度%)	r	cc	c	r	r	c	c	r	c	r
				イワフジツボ科	ccc	r	r						r	r
				フジツボ科	cc	cc	cc	r	r			cc	r	r
棘皮動物門	ウニ綱	ホンウニ目	ナカウニ科	ムラサキウニ	r	c	r	r					r	r

潮間帯付近の植物					令和6年2月12日,3月10日,11日									
種 類					調 査 測 線									
					A-3	B-3	B-4	C-1	C-2	D-1	D-3	E-1	E-2	E-3
緑藻植物門	緑藻綱	アオサ目	アオサ科	アオサ属	r	r		r	r			r	r	r
褐藻植物門	同形世代綱	ミル目	ミル科	ミル属				r						
		アミシクサ目	アミシクサ科	アミシクサ科	r			r				r		
		ナガマツモ目	ネバリモ科	シロノカワ	r	r		r	r			r		r
			インゲ科	インゲ	r	cc	r	r	r			c	r	r
		ハバモトキ目	イロロ	イロロ								r		
				コモンフクロ科	r				r	r			r	r
				カヤモリ科	r	r		r		r		r		
		ハバノリ類	フクロノリ	フクロノリ	r	r	r	r	r	r		r	r	r
				ハバノリ類	r	r	r	r	r	r		r	r	r
				コブ目	コブ科	ウカメ		r						
紅藻植物門	円胞子綱	ヒバマタ目	ホンダワラ科	ヒシキ	c	cc	c	c	cc	c		c		c
				ウミトラノオ	r	r	c	r				c	r	c
				イソモク		r	r		r					
		デングサ目	デングサ科	ヒメデングサ	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
				デングサ科	r			r	r	c		r	r	r
				サンゴモ科	c	cc	c	cc	cc	cc	c	cc	r	cc
		カクレイト目	サンゴモ亜科	サビ亜科	c	c	c	r	cc	r		r		r
				フナ科	r			r		r	r	r	r	
	イギス目	フジマツモ科	ソウ属	ソウ属	r					r	r	r		
				ソウ属	r					r	r	r		

注1:「r」:極少量見られる c:少量見られる cc:普通に見られる ccc:多く見られる

注2:上表の動物のうち個体数として計測することが困難な種類は被度(%)で測定し、種類の欄に「(被度%)」と記載

冬季付着生物(動物)



冬季付着生物(植物)

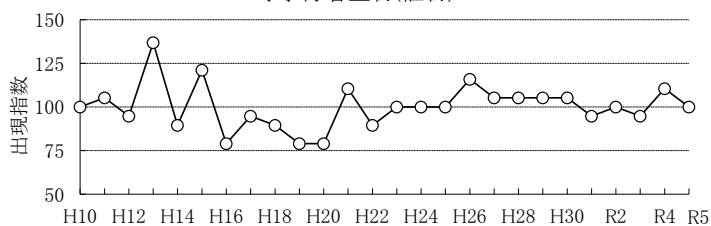
出現指数は平成10年度の
総出現種類数(動物;25種、
植物;13種)を100としている

図8-2 冬季付着生物の出現指数の経年変化