

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4年度の夏季調査時は4号機のみ、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37トン/s、82トン/sの温排水が放出される。

方 法

令和4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。

なお、付着生物調査の調査地点について、豪雨等に伴う後背斜面の崩落により、調査時の安全性（落石等）や調査結果の継続性（土砂埋没等）に懸念が生じたため、2地点を変更した。

調査地点の変更にあたっては、「トリカ崎と池崎から各々2地点を選定すること」、「元の調査地点と比べて環境が大きく変わらないこと」、「今後も継続して調査できる地点であること（崩落等による環境変化の可能性が少ないこと）」を考慮した。

	(旧調査地点)		(新調査地点)
トリカ崎：	B－2	→	B－4
池崎：	D－2	→	D－3

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（7月25日）および冬季（2月17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26.7～28.0℃、冬季は13.1～14.9℃の範囲であった。

2. 流動調査

夏季（7月28日）に実施した調査結果を表3、図4に示した。

St.36で主に東～北北東及び北西～南へ向かう5～40cm/sの流れがみられた。また、他の調査点では、主に北西～北東、南西～南へ向かう5～50cm/sの流れがみられた。

3. 水質調査

夏季（8月23日）および冬季（3月9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22.1～30.1℃、pH8.06～8.29、D06.06～7.11mg/L、濁度0.1～1.0mg/L、クロロフィル-a0.24～2.54μg/Lであった。

冬季では、水温14.5～15.8℃、pH8.19～8.22、D08.73～9.17mg/L、濁度0.2～2.9mg/L、クロロフィル-a0.44～1.59μg/Lであった。

4. 底質・底生生物調査

夏季（8月23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0.1～0.4mm、CODは1.1～3.7mg/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（8月25日、26日、27日）および冬季（2月22日、23日、3月6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	7月25日 2月17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 ASTD-102)	図2-1～4 図3-1～4
流動調査	7月28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23日 3月9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 ASTD-102) ・pH:卓上測定器による測定 (TOA-DKK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23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	8月25日 26日 27日 2月22日 23日 3月6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	
調 査 年 月 日			下げ潮時	上げ潮時
調 査 時 間			令和4年7月25日	
調 査 時 間			11:24～12:58	14:39～15:48
出力	1号機	MW	-	-
	2号機	MW	-	-
	3号機	MW	0	0
	4号機	MW	1,183～1,184	1,183～1,184
取水口 水温	1、2号機	℃	27.3～27.4	27.9～28.1
	3、4号機	℃	26.2～26.3	26.4～26.7
放水口 水温	1、2号機	℃	27.0～27.1	27.3～27.7
	3、4号機	℃	27.1～33.1	27.2～33.5
取放水口 水温差	1、2号機	℃	-0.3	-0.8～-0.2
	3、4号機	℃	0.9～6.8	0.8～7.0
気象 海象等	風向・風速	m/s	WNW・2.6～2.8	NNW～W・4.4～2.4
	月齢 ^{※1}	日	26.0	
	潮位 ^{※2}	m	0.7～1.1	0.6～0.8
	気温	℃	27.1～28.0	28.5～28.8
	塩分 ^{※3}		32.1～33.7	31.9～33.7

[冬 季]			拡 散 調 査	
調 査 年 月 日			下げ潮時	上げ潮時
調 査 時 間			令和5年2月17日	
調 査 時 間			11:12～12:30	14:27～15:35
出力	1号機	MW	-	-
	2号機	MW	-	-
	3号機	MW	1,208	1,207～1,208
	4号機	MW	1,190～1,191	1,190
取水口 水温	1、2号機	℃	13.3	13.4～13.5
	3、4号機	℃	13.5～13.6	13.5～13.6
放水口 水温	1、2号機	℃	13.3～13.4	13.4～13.5
	3、4号機	℃	20.5～20.6	20.5～20.6
取放水口 水温差	1、2号機	℃	0.0～0.1	0.0
	3、4号機	℃	7.0	7.0
気象 海象等	風向・風速	m/s	S～SSE・5.4～5.1	SSE～S・4.6～4.3
	月齢 ^{※1}	日	26.3	
	潮位 ^{※2}	m	1.2～1.0	0.9～1.0
	気温	℃	10.6～10.9	12.2～12.7
	塩分 ^{※3}		33.9～34.7	33.6～34.6

※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

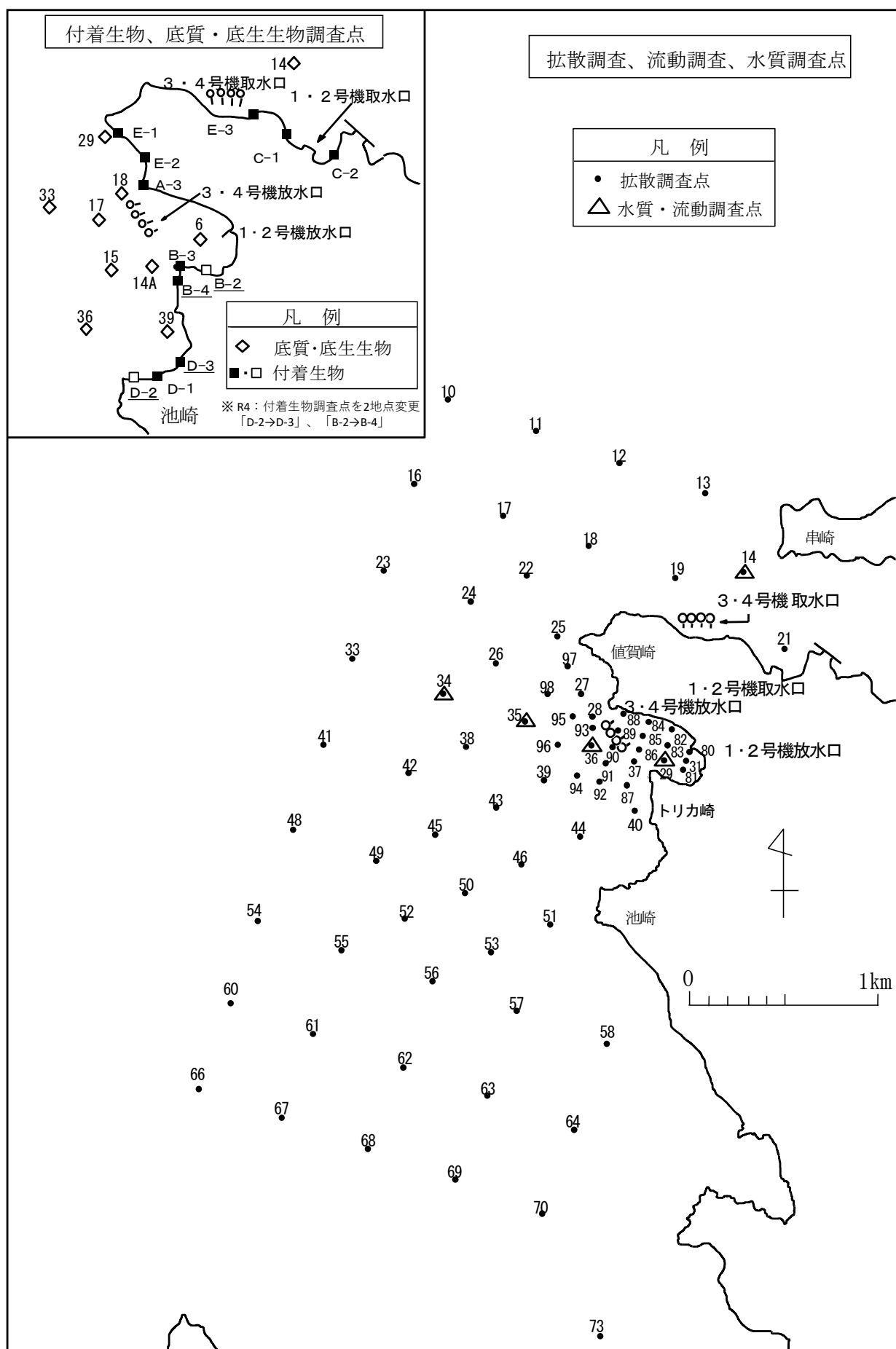
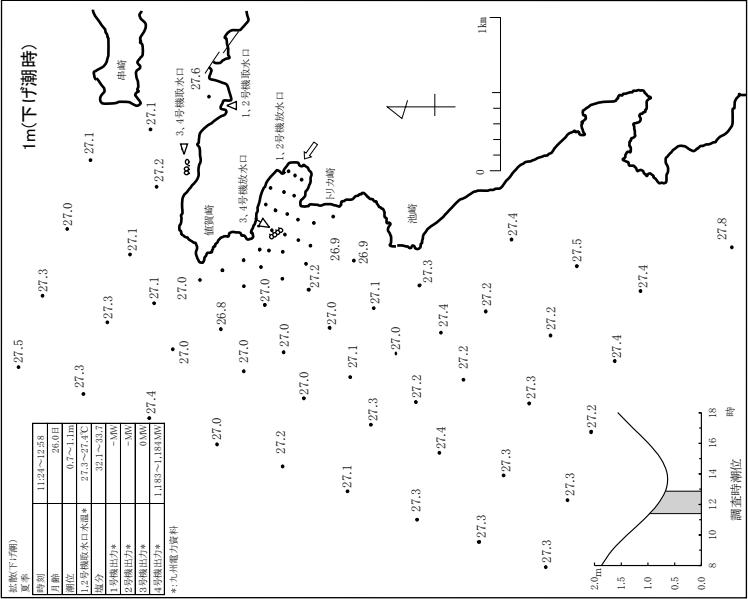
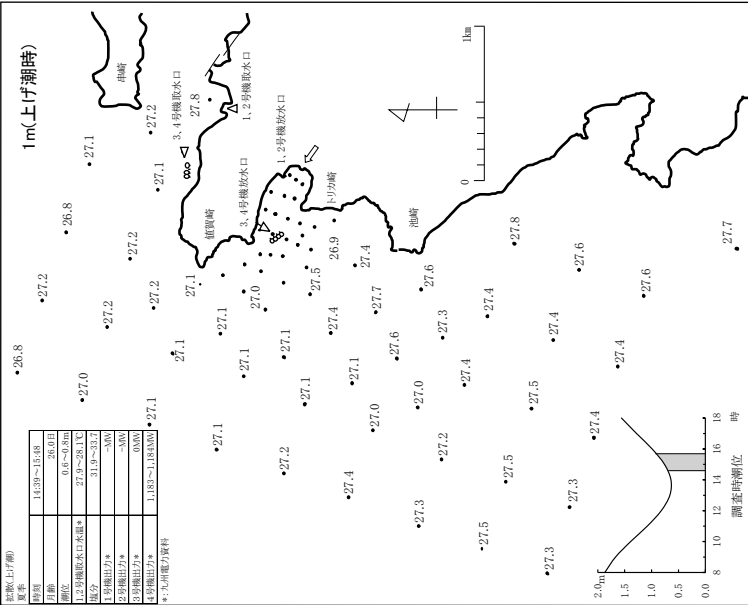


図1 調査点図



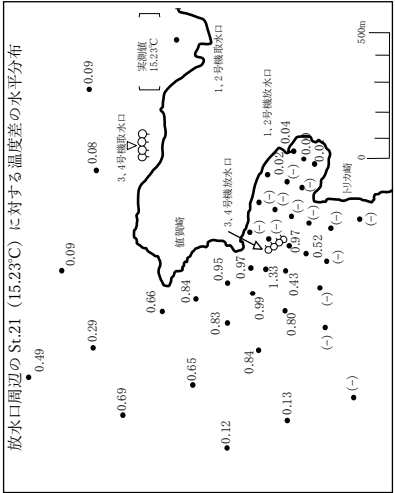
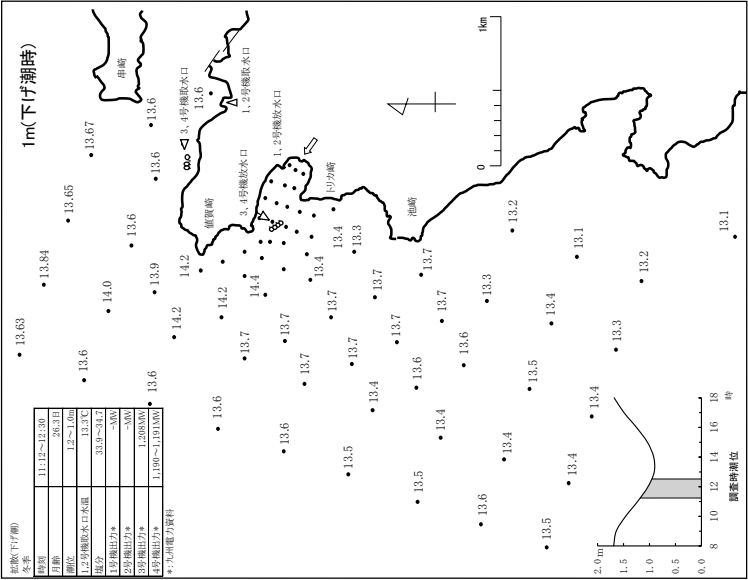
* 1. 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温27.60℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

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)



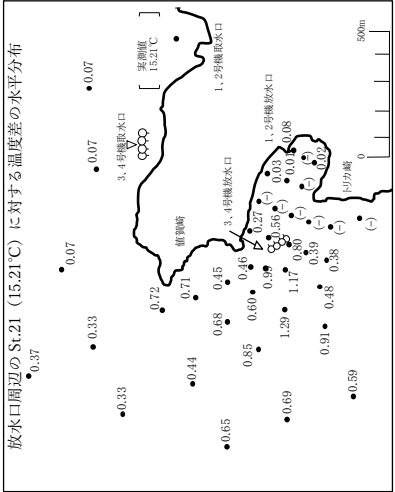
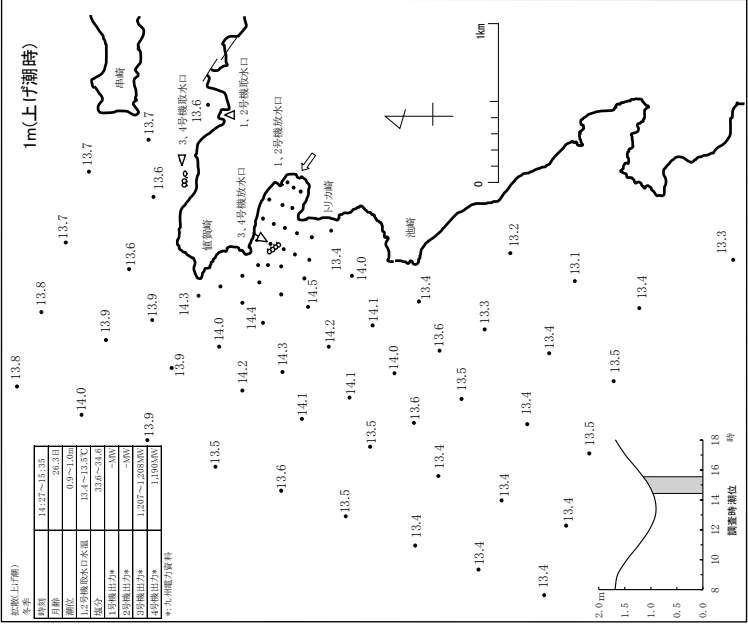
* 1. 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温27.76℃に対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。

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15.23℃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15.21℃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)

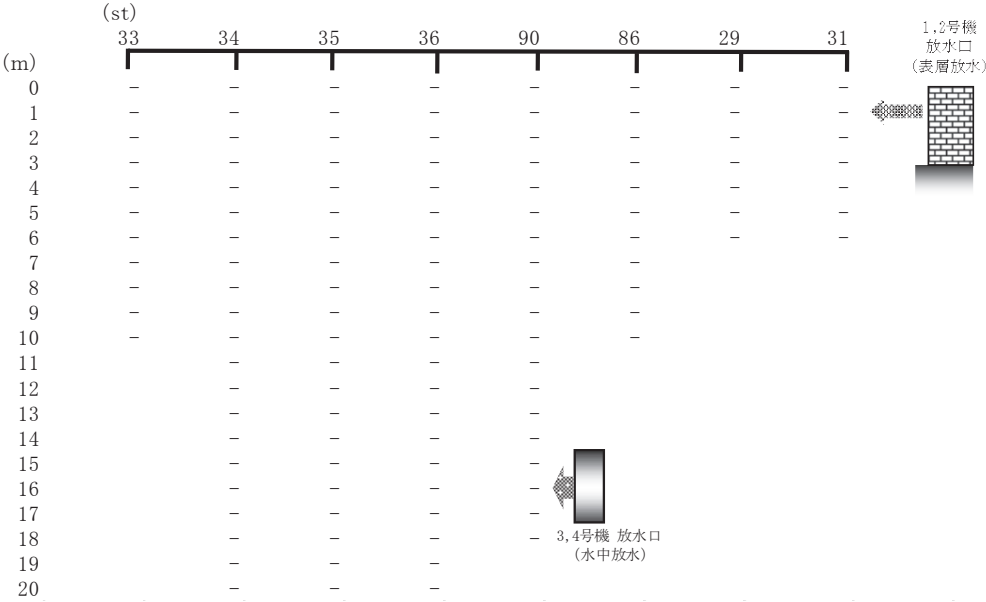
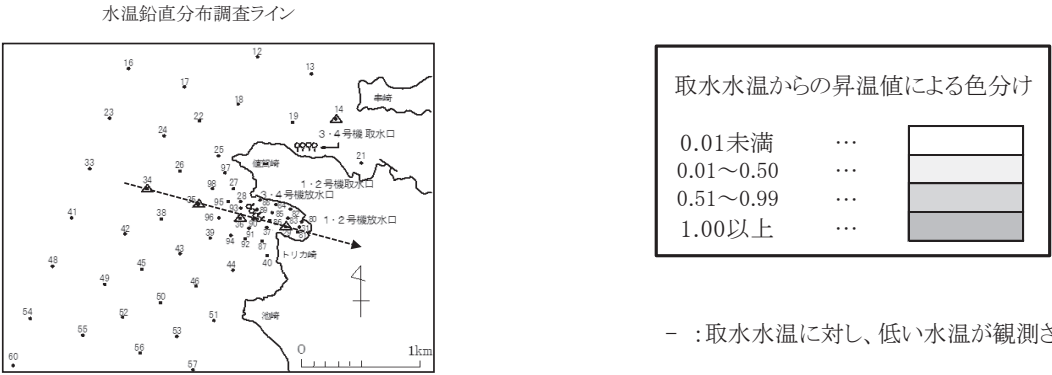


図3-1 夏季下げ潮時における水温鉛直分布

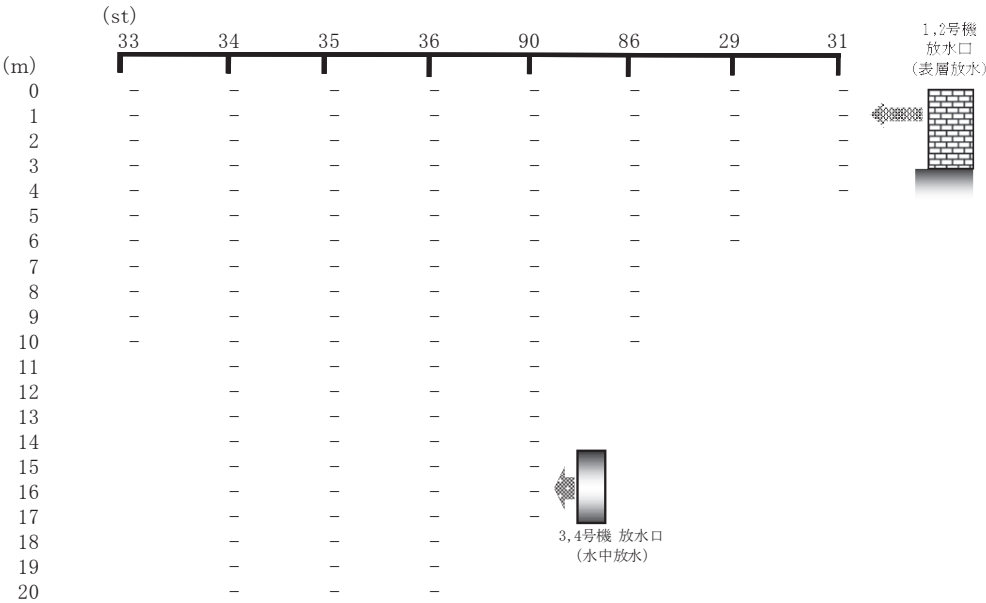


図3-2 夏季上げ潮時における水温鉛直分布

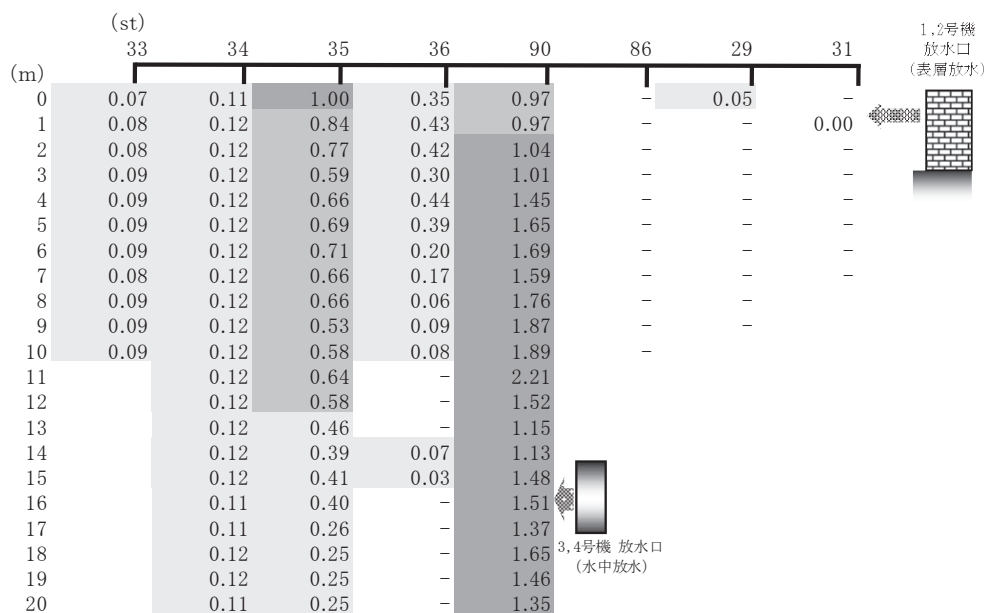
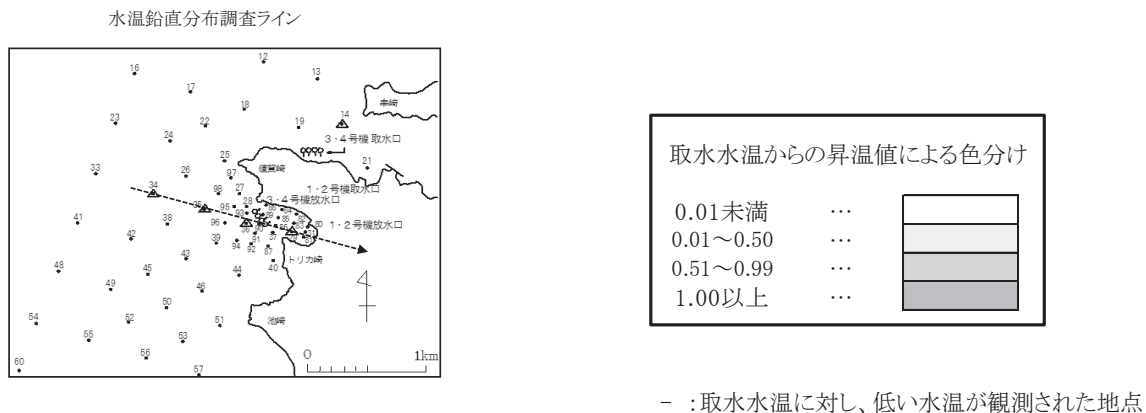


図3-3 冬季下げ潮時における水温鉛直分布

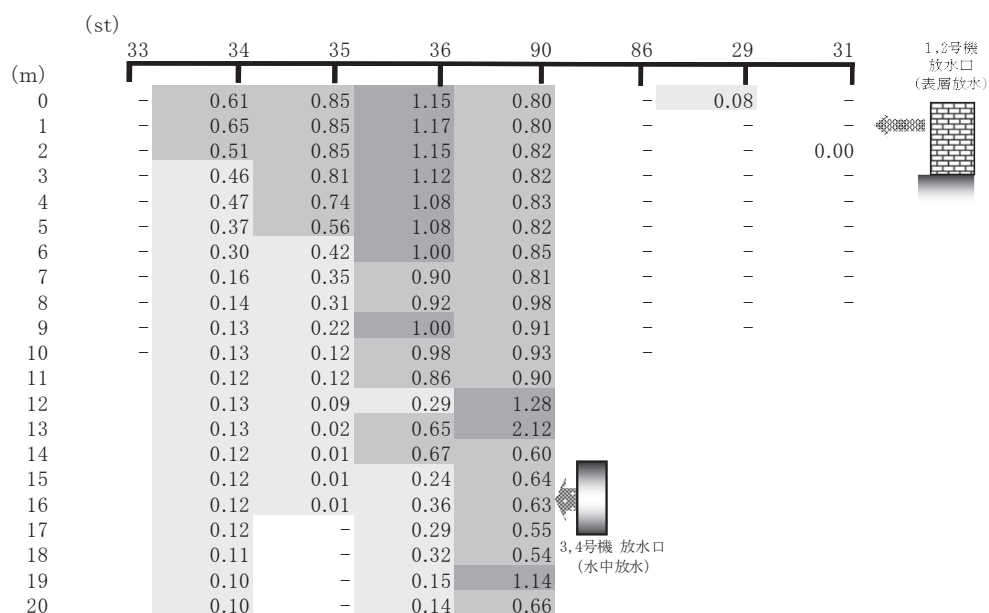


図3-4 冬季上げ潮時における水温鉛直分布

表3 夏季流動（流向・流速）調査結果

令和4年 7月28 日(月齢28.9日)

調査回次		1回目		2回目		3回目		4回目	
調査時間		8:53～9:30		10:23～10:57		11:53～12:40		13:23～14:15	
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	10	260	5	150	15	20	5	10
	5m	10	210	25	40	15	80	15	310
	10m	10	270	35	50	15	120	10	230
	底層	20	300	30	60	15	50	10	60
St.34	表層	10	330	30	300	30	340	50	220
	5m	15	340	30	290	25	280	35	210
	10m	15	330	30	260	5	150	25	200
	底層	10	40	5	130	15	310	10	160
St.35	表層	5	220	30	310	25	360	15	270
	5m	20	330	15	320	30	0	20	230
	10m	10	40	20	330	30	10	20	170
	底層	5	320	15	60	30	30	35	290
St.36	表層	15	50	5	280	40	180	20	310
	5m	15	40	15	290	15	220	20	310
	10m	10	70	10	100	15	330	5	320
	底層	15	340	15	90	10	100	5	220
St.29	表層	10	280	25	350	15	290	15	40
	5m	5	200	15	290	15	100	5	140
	底層	5	160	5	150	5	310	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)		WSW・0.6～0.7	WNW・1.8	NNE・4.0～4.1	NNE・4.4～4.9
出力 (MW)	1号機	-	-	-	-
	2号機	-	-	-	-
	3号機	0	0	0	0
	4号機	1,188～1,189	1,189	1,189～1,190	1,189
1～4号機の合計放水量(1時間あたり平均値)			85.4 m ³ /s		

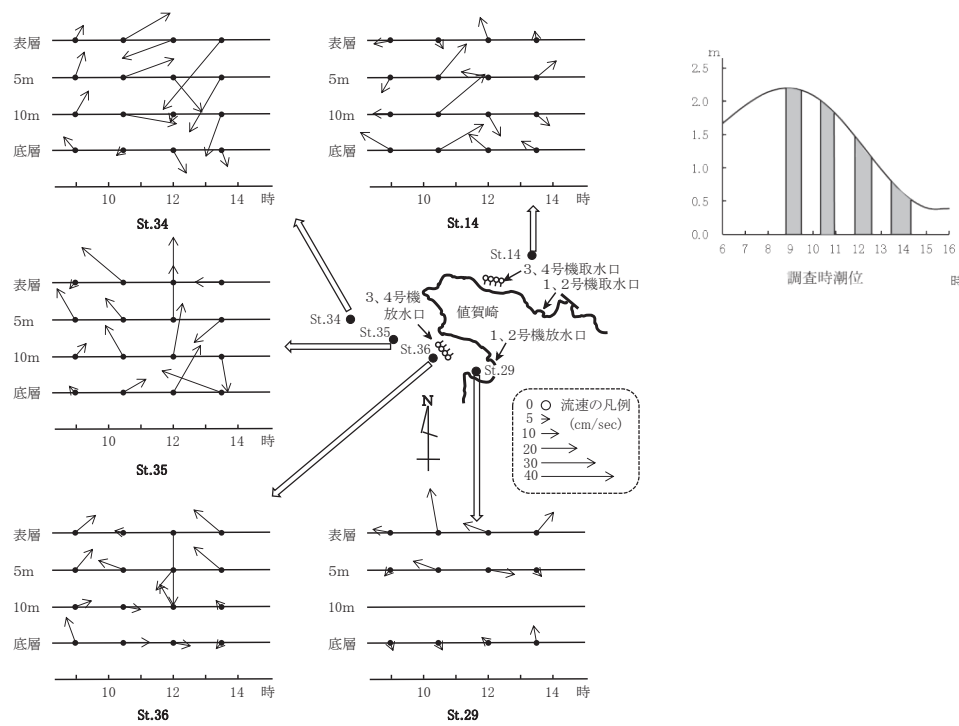


図4 夏季流動（流向・流速）調査結果

表4-1 夏季水質調査結果

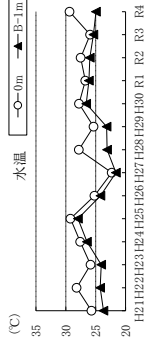
(令和4年8月23日)

項目	調査点		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 (℃)	24.9 ～ 29.4		28.9 ～ 30.1	22.1 ～ 29.4	23.3 ～ 29.6	25.0 ～ 29.7			
pH	8.11 ～ 8.26		8.24 ～ 8.29	8.18 ～ 8.28	8.09 ～ 8.26	8.06 ～ 8.26			
DO (mg/L)	6.15 ～ 6.81		6.59 ～ 7.11	6.32 ～ 7.04	6.24 ～ 6.82	6.06 ～ 6.78			
濁度 (mg/L)	0.1 ～ 0.4		0.2 ～ 0.4	0.2 ～ 0.6	0.2 ～ 0.6	0.1 ～ 1.0			
クロロフィル-a (μg/L)	0.6 ～ 1.2		1.5 ～ 2.5	1.2 ～ 1.9	0.3 ～ 1.5	0.2 ～ 1.0			
水深(m)	26		9	25	31	37			

表示は、0.3 (表層) , 5.10 P-10 (底層) mの測定値の範囲 (最低～最高) を示す。

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



放水口側 St.36

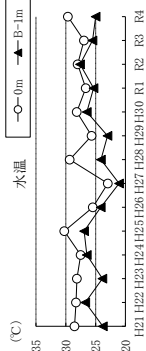


表4-2 冬季水質調査結果

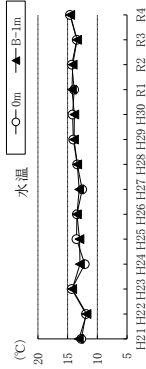
(令和5年3月9日)

項目	調査点	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(基準), 5, 10, B-1(底層)の測定値の範囲(最低~最高)を示す。

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



放水口側 St.36

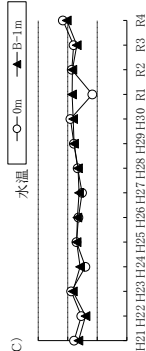


図5-1 夏季水質調査の経年変化

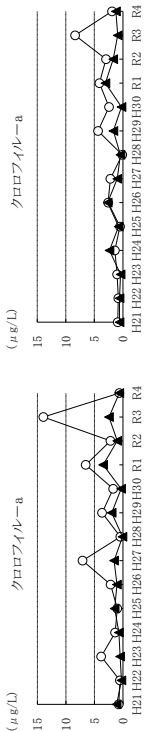


図5-2 冬季水質調査の経年変化

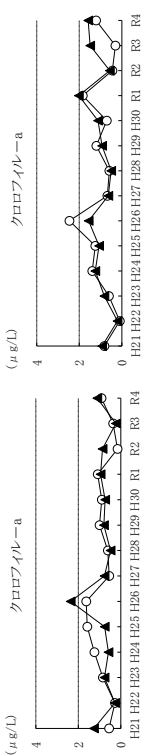


表5 夏季底質調査結果

(令和4年8月23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)		2.2	1.2	1.2	3.5	3.7	1.6	3.1	2.8	2.9	1.1
粒度組成(%)	礫(2mm以上)	6	0	0	0	2	0	9	1	12	0
	粗砂(2~0.425mm)	44	4	5	13	16	3	25	16	40	14
	細砂(0.425~0.075mm)	28	68	64	50	51	55	45	61	27	73
	シルト・粘土(0.075mm以下)	22	28	31	37	31	42	21	22	21	13
中央粒径(mm)		0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3

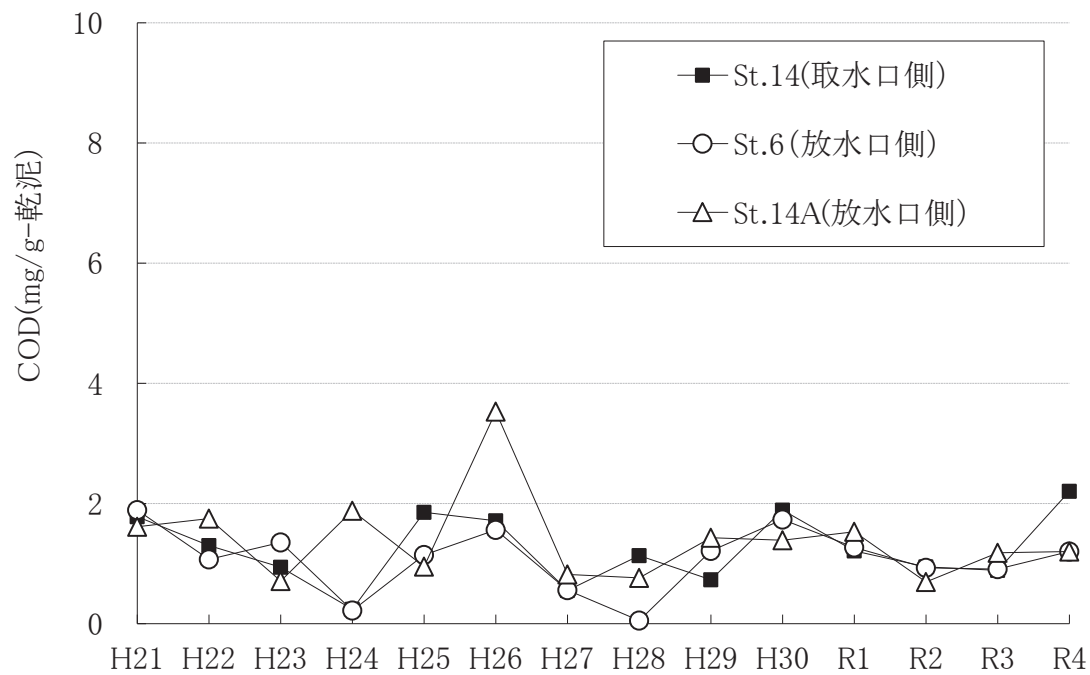


図6 平成21～令和4年度夏季CODの推移

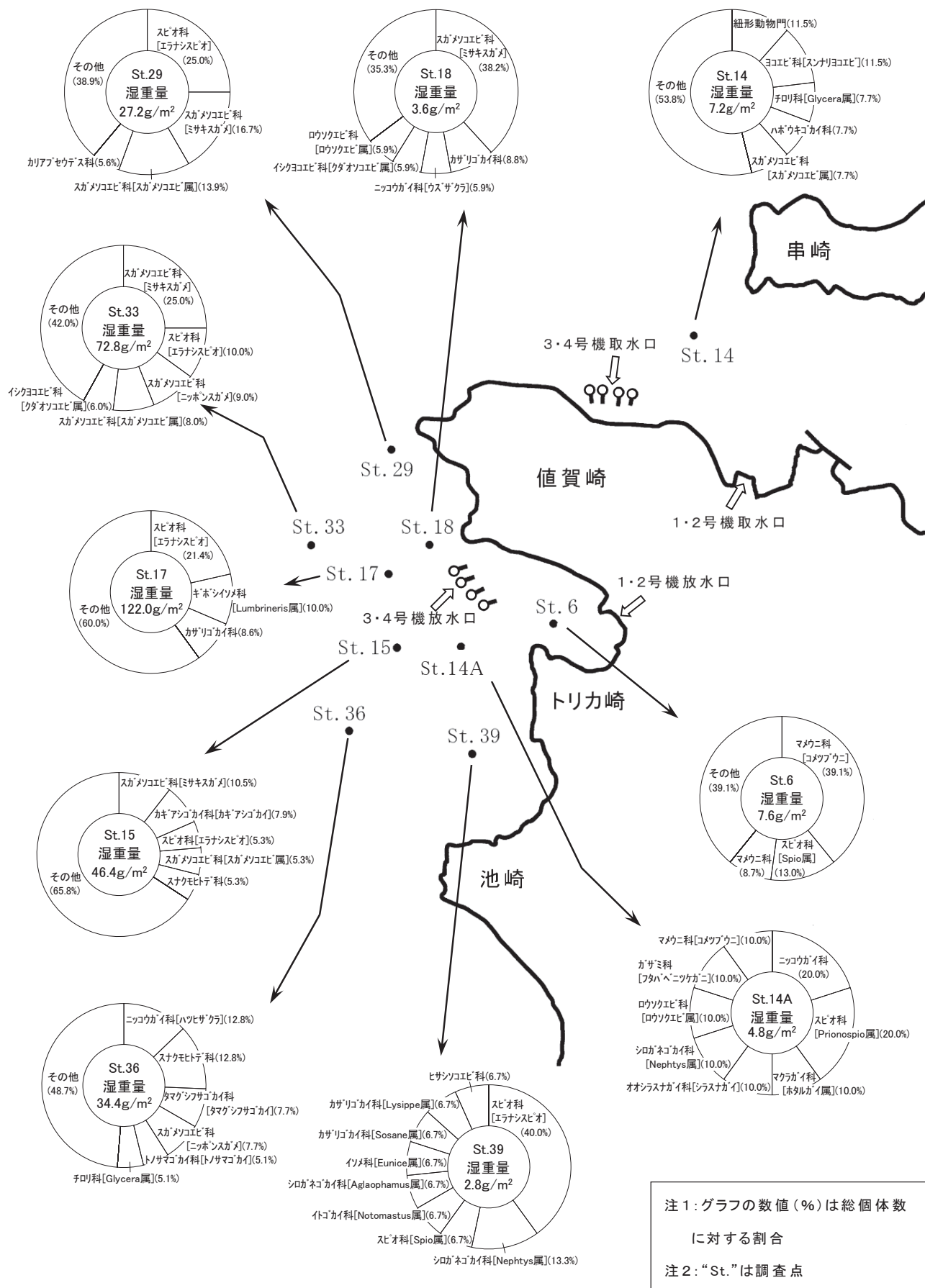


図 7 夏季底生生物調査 (令和 4 年 8 月 23 日)

表6-1 夏季付着生物調査結果

潮間帯付近の動物

令和4年8月25日,26日,27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	r	r						r	r
軟体動物門	ヒサ'ラガイ綱	ヒサ'ラガイ目	ヒサ'ラガイ科						r				
			ニシキザ'ラガイ	c	c	c	c	r		r	c	r	r
	マキガイ綱	オキナエビス目	ケハダヒサ'ラガイ科				r	r	r	r			
			ツタノハ科		r					r			r
			ベッコウザ'ラ							r			
			マツハガイ		r	r	r	r	r	c	r	r	
			ヨメガ'カサ		r		r	r	r	c	c	r	r
			ユキノカサ科	r	r	r	r	c		r	r		
			ウノアシ							r			
			シロガイ属			c	r		r	c	r		
			アオガイ属						c	c	r		
			ニシキウス'科				r		c	c	r		
			イシダ'タミ										
			クロツ'ケガイ							r			
			クビ'レクロツ'ケ						r				
			クボ'ガイ						r		r		
			クマノコガイ						r	r	r		
			オオコシタカ'ンガラ				r				r		
			コシタカ'ンガラ				r				r		
			リュウテン'科				r						
			ササ'エ										
			スガイ				r				r	r	
			アマオブネ'科							c	r	c	
			アマガイ										
			タマキ'ガイ科	r									
			タマキ'	cc	cc	cc	cc	c	c	cc	c	cc	c
			アラレタマキ'										
			コビ'トウラス'									r	
			タマキ'ガイ科							c			
			ムカデガイ'科						r				
			アキガイ'科			r					r		
			レイシガイ			c							
			イボ'ニシ	r	c	c	r	r	r	r	r		r
			エゾ'バイ科				r		r	r	r		
			イソ'ニナ										
			ムラサキ'シコ	r	c	cc	cc	cc	r	r		r	r
			ムラサキ'シコ	r	r	r	cc	cc			c		
			ウグ'イスガイ目										
			イタボ'カキ科										
			ハマグ'リ目		r		r				r		
			イワ'ホリガイ科										
			イワ'ホリガイ科										
			ヤッコカン'サシ	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
			カン'ザン'ゴ'カイ科										
			シヨウ'ガガイ科	r	c	r	c	r	r	r	r	r	r
			カメ'ノテ	ccc	r	cc		r	r	r	r	r	r
			イワ'フシ'ツボ'科										
			イワ'フシ'ツボ'科	cc	cc	c	r	r			cc	r	r
			フシ'ツボ'科										
			フシ'ツボ'科	cc	cc	c	r	r			cc	r	r
			クロ'フシ'ツボ'										
			ムラ'サキウ'ニ	r	c	r	c		r				

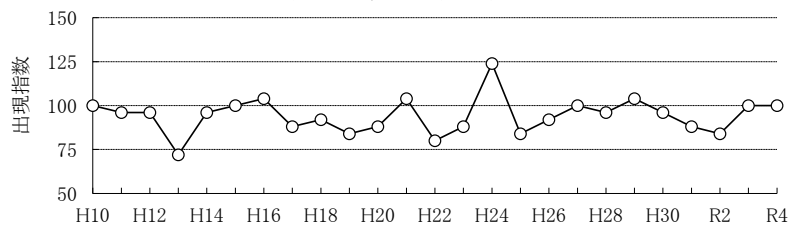
潮間帯付近の植物

令和4年8月25日,26日,27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	r	r						r		r
褐藻植物門	異形世代綱	ミル目	ミル科	r									
		ナガ'マツモ目	イシゲ'科	r	c	r	r	r			r	r	r
		ハバ'モト'キ目	コモン'ブ'クロ科	r					r				
			イワ'ヒケ'										
			ヒシ'キ	r	r	c	c	c	c		c		c
			ウミ'トラノオ	c	r	r	r				r		c
			イソ'モク						r				
			ホン'ダ'ワラ属			r							
			ヒメ'テン'グ'サ	r	r	r	r	r	r	r	r		r
			マク'サ	r									
			テン'グ'サ科	r					cc	r			c
			サビ'亜科	cc	c	c	cc	c	cc	r	cc	r	cc
			サン'ゴ'モ'亜科	c	cc	r	c	c	r		r		r
			サン'ゴ'モ'亜科										
			ソ'ゾ'属										
			ソ'ゾ'属										

(注)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

夏季付着生物(動物)



夏季付着生物(植物)

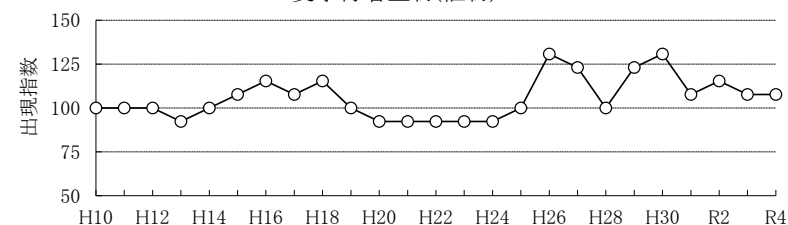
出現指数は平成10年度の
総出現種類数(動物;25種、
植物;13種)を100としている

図8-1 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5年2月22日、23日、3月6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	r	r	r	r	r	r	r	r		r		
軟体動物門	ヒサ'ラガイ綱	ヒサ'ラガイ目	ヒサ'ラガイ科	ヒサ'ラガイ	r	c	c	r	r			c		c		
		ヒサ'ラガイ目	ケハダヒサ'ラガイ科	ケハダヒサ'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	ベッコウザ'ラ		r		r							r	
				マツハガイ		r	r	r	r	c	r		r			
				ヨメガ'カサ	r	c	r	c	c	c	r	c		r		
				ウノアシ		r	c	r	c		r	r		r		
				カモガイ	r										r	
				ニシキウス'科	インタ'タミ				c		r	c	r	r		r
					クロツ'ケガイ					r						
					クビ'レ'クロツ'ケ						r					
					クボ'ガイ						r					
					クマノコ'ガイ				r		r	r	r			r
				リュウ'テン科	スガイ				r			r			c	
				アマオブネ科	アマガイ						r	c	r		cc	
			ニサ目	タマキビ'ガイ科	タマ'キビ'			c	r			c	c	r	cc	r
		アラ'レ'タマ'キビ'			ccc	cc	ccc	cc	cc	c	c	c	ccc	cc		
		タマ'キビ'ガイ科						r			r				r	
		ムカデ'ガイ科			オオ'ヘビ'ガイ						r					
	バイ目		ア'ク'キ'ガイ科	イ'ボ'ニシ	c	c	r	r	r		r	r	r		c	
			エ'ゾ'ハ'イ科	イ'ニナ				c		r						
		ニマイガイ綱	イガイ目	イガイ科	ムラサキ'イ'ノ	r	c	c	c	r	r	r		r	r	
			ウ'ガ'イ'ス'ガイ目	イ'タ'ボ'カ'キ科	ケガキ	c			ccc	cc		r	c	r		
			ハマ'グリ目	イ'ワ'ホ'ガイ科	イ'ワ'ホ'ガイ科								r	r		
	環形動物門	ゴカイ綱	ケヤリ目	カンザ'シ'コ'ガイ科	ヤ'コ'カンザ'シ	r	r	r	r		r	r	r	r	r	
	節足動物門	甲殻綱	フシ'ツボ'目	ミ'ウ'カ'ガ'イ科	カ'メ'ノ'テ	r	r	r	c		r	r	r	c	r	
					イ'ワ'フ'シ'ツ'ボ'科	イ'ワ'フ'シ'ツ'ボ'	cc	r	r				r	r	r	
				フシ'ツ'ボ'科	ク'ロ'フ'シ'ツ'ボ'	r	c	cc	r		c		r			
				ナ'ガ'ウ'ニ科	ム'ラ'サ'キ'ニ	r	c	c								
棘皮動物門	ウニ綱	ホウ'ニ目														

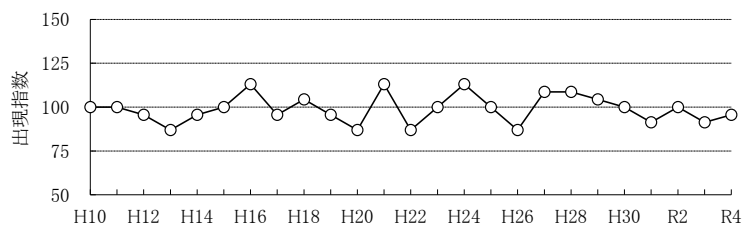
潮間帯付近の植物

令和5年2月22日、23日、3月6日

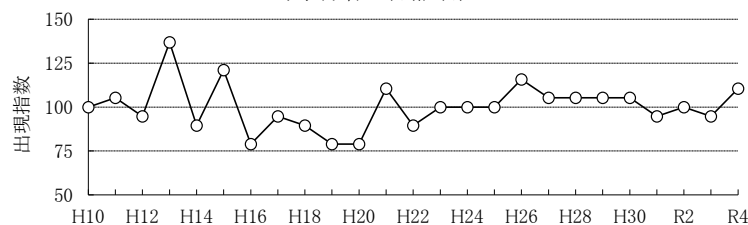
種 類					調 査 測 線										
					A-3	B-3	B-4	C-1	C-2	D-1	D-3	E-1	E-2	E-3	
緑藻植物門	緑藻綱	アオサ目	アオサ科	アオサ属	r	r						r	r	r	
褐藻植物門	同形世代綱	ミル目	ミル科	ミル属								r			
		アミシグサ目	アミシグサ科	カサガサ						r					
	異形世代綱	ナガマツモ目	ネバリモ科	アミシグサ科					c	r		c			
				シロカワ		r	r	r		r					
				イシゲ科	r	cc	r	c			r	r	r		
		ハバモドキ目	コモンブクロ科	イロロ								r			
				イワヒゲ	r				r				r	r	
				フクロリ	r					r					
	円胞子綱		コブ目	ハバリ類	r	r		r	r	r		r		r	
				ワカメ						r					
		ヒバマタ目	ホンタワラ科	ヒシキ	c	c	c	cc	c	c		c		c	
				カステラノ	r	r	r	r				r	r	c	
紅藻植物門	真正紅藻綱	テングサ目	テングサ科	イソモク		r				r					
				ホンタワラ属						r		r			
				ヒメテングサ	r	r	r	r		r	r	r	r	r	
		カクレイト目	サンゴモ科	テングサ科	cc			r		cc		r		r	
				サビ亜科	r	c	c	c	cc	cc	cc	r	cc	r	cc
				サンゴモ亜科	c	c	r	r	cc						
		イギス目	フジマツモ科	フリ科							r	r	r	r	
				フクロフリ				r			r	r			
				ソバ属	r						r		r		

(注)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

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