

温排水影響調査事業

永瀬 りか・江口 勝久

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3年度の夏季調査時は3・4号機、冬季調査時は4号機のみ稼働しており、1・2号機は廃炉措置のため停止していた。

方 法

令和3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・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。）

1. 拡散調査

夏季（7月20日）および冬季（3月16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22.6～27.5℃、冬季は14.0～16.5℃の範囲であった。

2. 流動調査

夏季（7月26日）に実施した調査結果を表3、図4に示した。

St.34の1、2、3回目及びSt.35の1、2、4回目に、北西～北東向きの15～30cm/sの流れがみられたが、これは放出された温排水の流れの影響である可能性が考えられ、それ以外の調査点では明確な傾向はみられなかった。

3. 水質調査

夏季（8月23日）および冬季（3月7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：24.7～27.5℃、pH：8.40～8.80、DO：6.17～11.31mg/L、濁度：0.3～2.8 mg/L、クロロフィル-a：0.4～38.7 μg/Lであった。

冬季では、水温：13.4～14.0℃、DO：8.86～8.95mg/L、濁度：0.1～0.3 mg/L、クロロフィル-a：0.2～1.5 μg/Lであった。なお、pHについては、機器の不具合のため欠測とした。

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0.2～0.5mm、CODは0.9～3.1mg/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19日、20日）および冬季（2月19日、3月3、4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20日 3月16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26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7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19日 20日 2月19日 3月3日 4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3年7月20日	
調 査 時 間			9:55～11:37	12:30～14:01
出力	1号機	MW	—	—
	2号機	MW	—	—
	3号機	MW	1,201	1,201～1,202
	4号機	MW	1,193～1,194	1,193
取水口	1、2号機	℃	28.4～28.7	29.0
水温	3、4号機	℃	24.8～25.2	24.7～25.0
放水口	1、2号機	℃	25.8	25.6～25.7
水温	3、4号機	℃	31.6～31.9	31.5～31.7
取放水口	1、2号機	℃	-2.9～-2.6	-3.4～-3.3
水温差	3、4号機	℃	6.4～7.1	6.5～7.0
気象 海象等	風向・風速	m/s	NE・3.2～3.8	NE・5.8～6.7
	月齢 ^{※1}	日	10.0	
	潮位 ^{※2}	m	0.7～1.2	0.6～0.8
	気温	℃	29.0～30.1	29.9～30.2
	塩分 ^{※3}		32.6～33.7	33.0～33.8

[冬 季]			拡 散 調 査	
			下げ潮時	上げ潮時
調 査 年 月 日			令和4年3月16日	
調 査 時 間			12:25～13:50	15:40～16:59
出力	1号機	MW	—	—
	2号機	MW	—	—
	3号機	MW	0	0
	4号機	MW	1,196	1,195～1,196
取水口	1、2号機	℃	15.3～15.6	16.0
水温	3、4号機	℃	13.2～14.5	13.4～14.5
放水口	1、2号機	℃	14.9～15.0	15.0
水温	3、4号機	℃	15.9～21.3	16.0～21.4
取放水口	1、2号機	℃	-0.6～-0.4	-1.0
水温差	3、4号機	℃	2.6～6.9	2.6～6.9
気象 海象等	風向・風速	m/s	WSW～W・2.1～3.4	W・4.2
	月齢 ^{※1}	日	13.4	
	潮位 ^{※2}	m	1.0～1.2	0.8～0.9
	気温	℃	15.5～16.5	15.5～16.0
	塩分 ^{※3}		34.1～34.7	34.1～34.7

※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

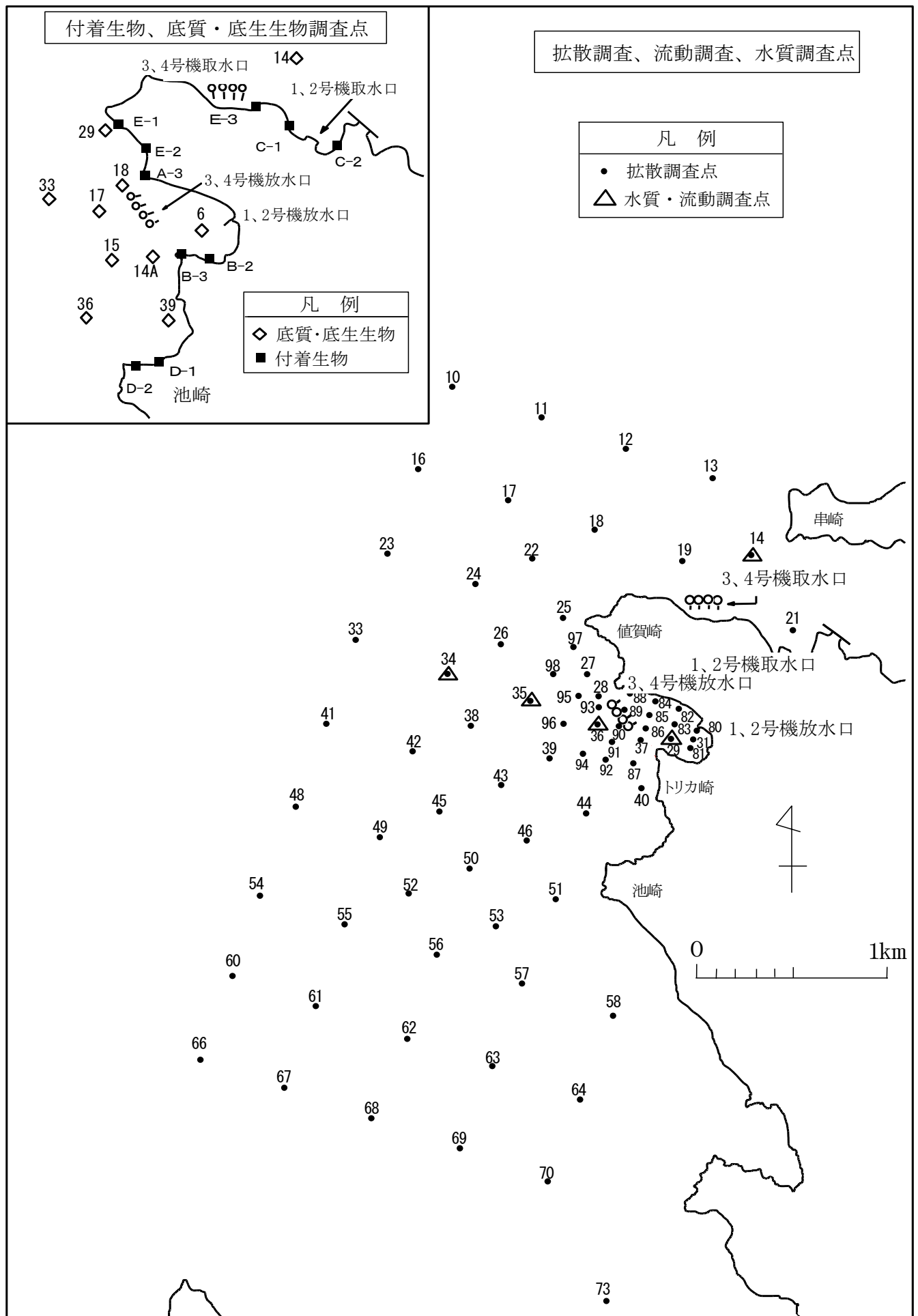
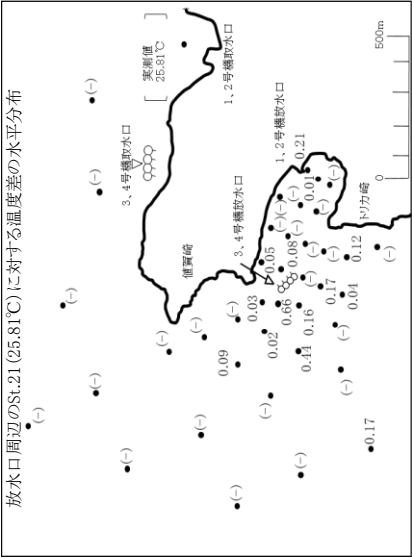
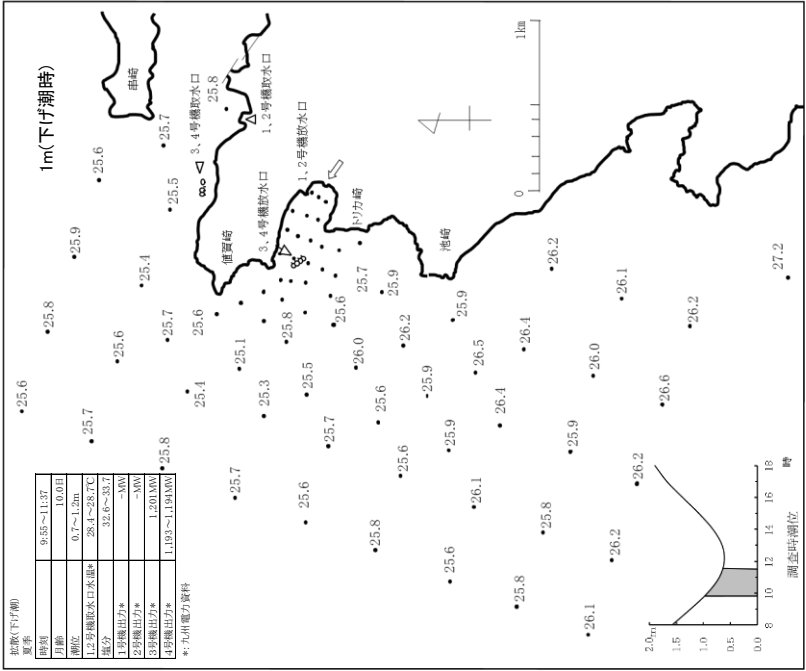
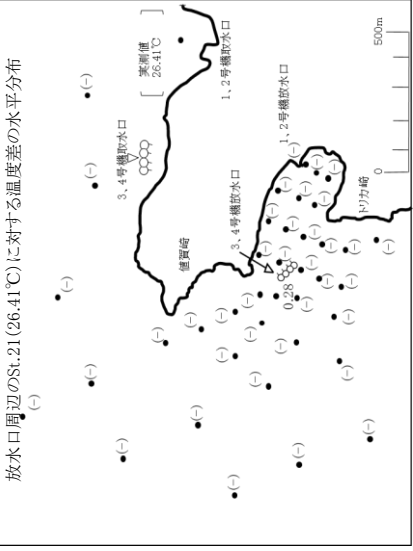
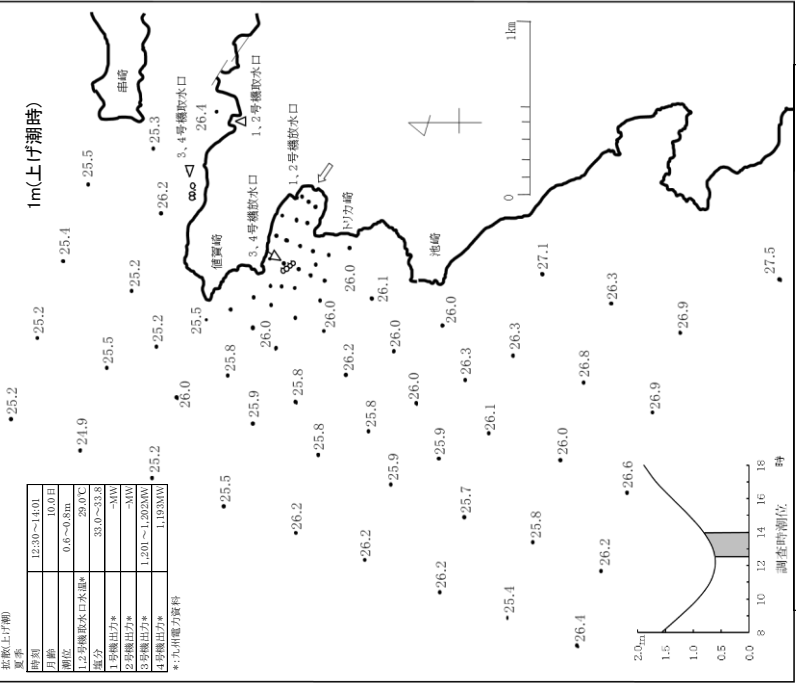


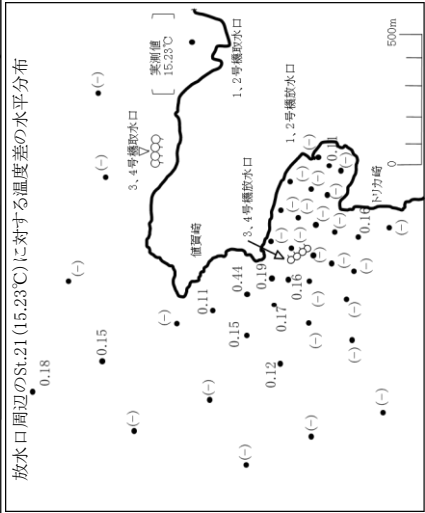
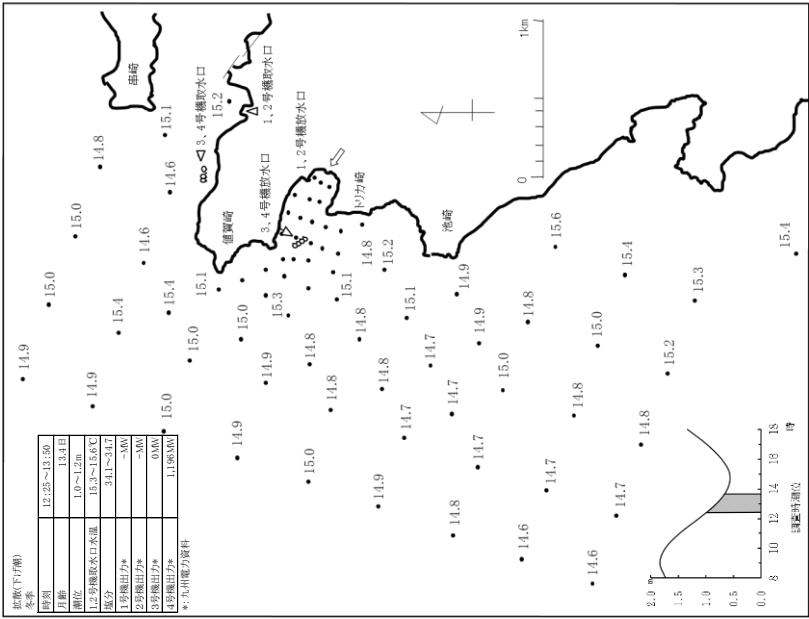
図1 調査点図



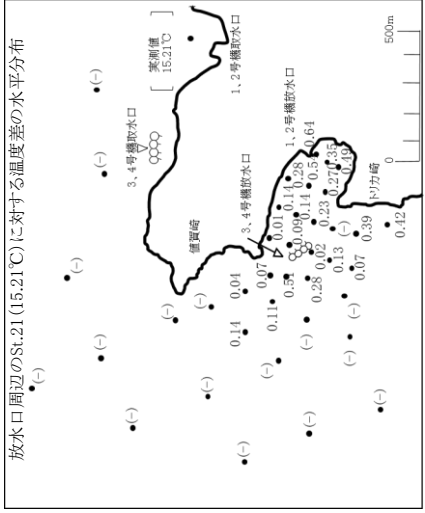
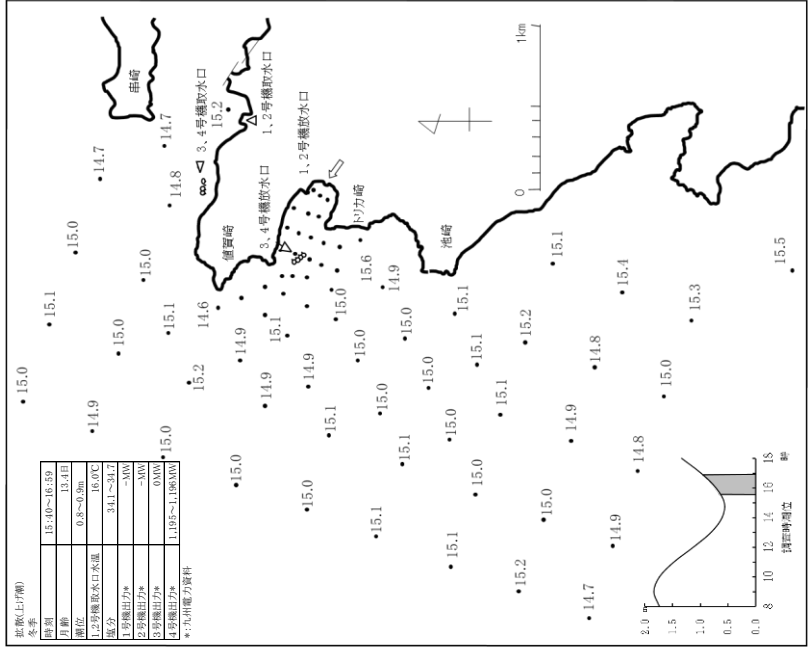
* 1. 2号機取水口付近St.21 (1m層) の水温25.81℃にに対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。
図2-1 夏季拡散調査の下げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)



* 1. 2号機取水口付近 St.21 (1m層) の水温26.41℃にに対し、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)

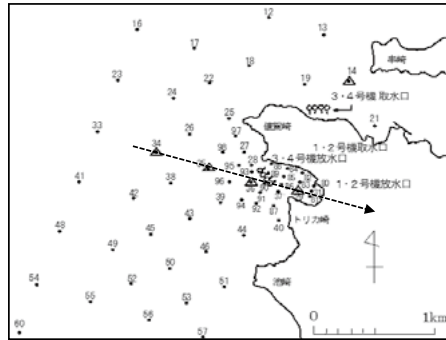


* 1, 2号機取水口付近St.21 (1 m層) の水温15.23℃にに対し、それより低い水温が観測された地点と、その温度差を示す。
図2-3 冬季拡散調査の下げ潮時における水温の分布 (上段) および放水口周辺の水温差の分布 (下段)



* 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

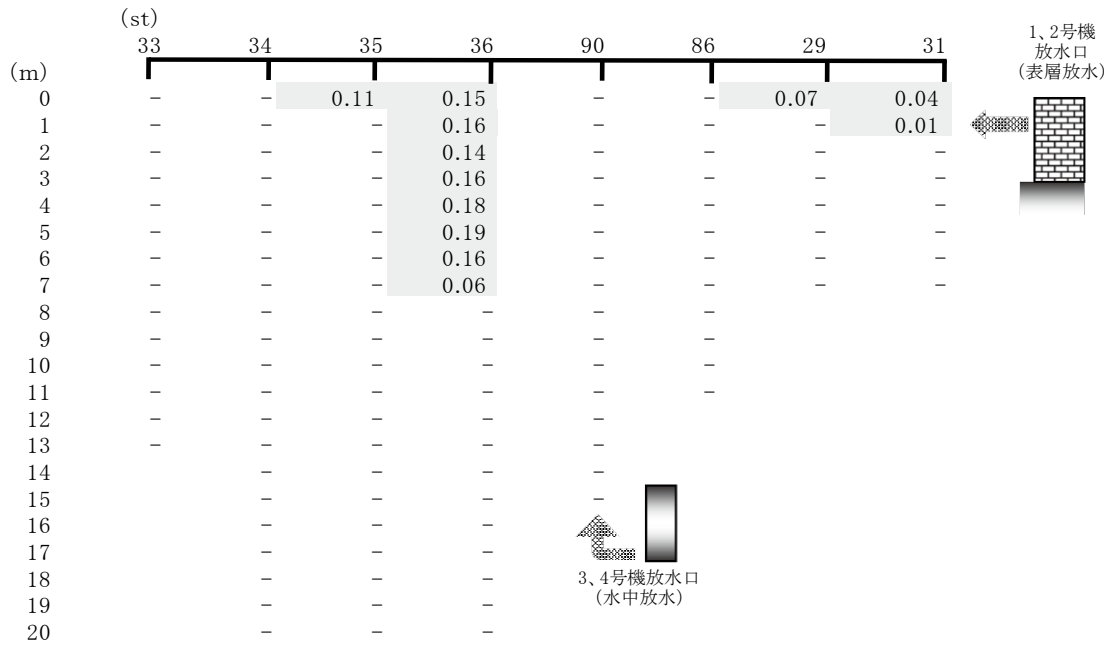


図3-1 夏季下げ潮時における水温鉛直分布

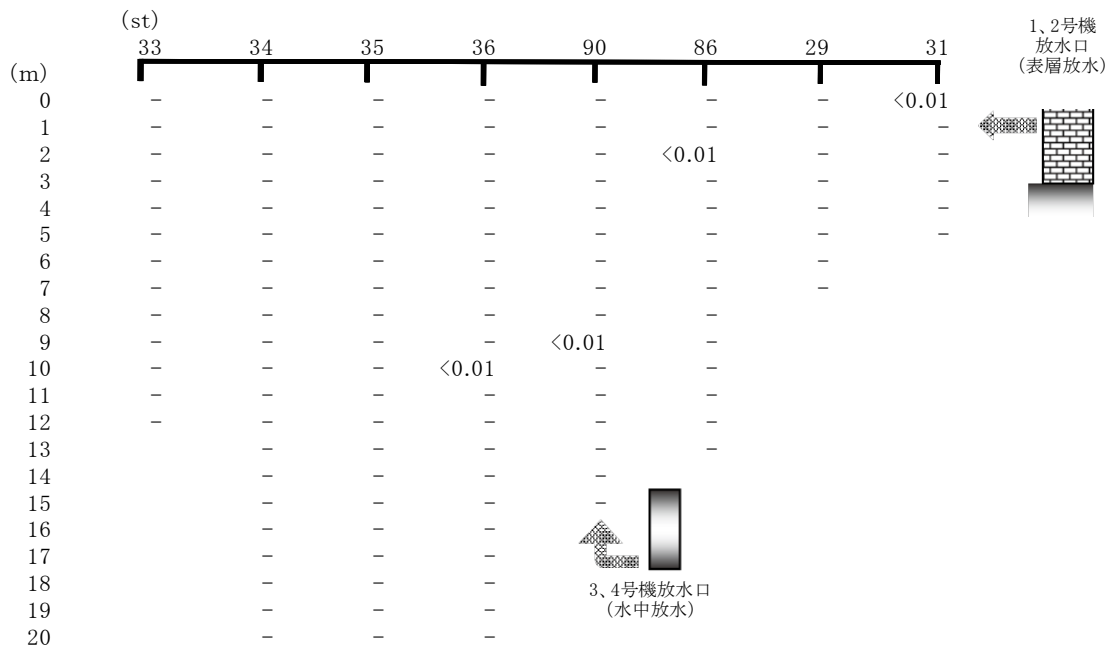
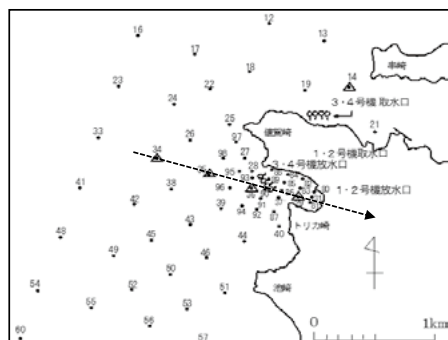


図3-2 夏季上げ潮時における水温鉛直分布

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

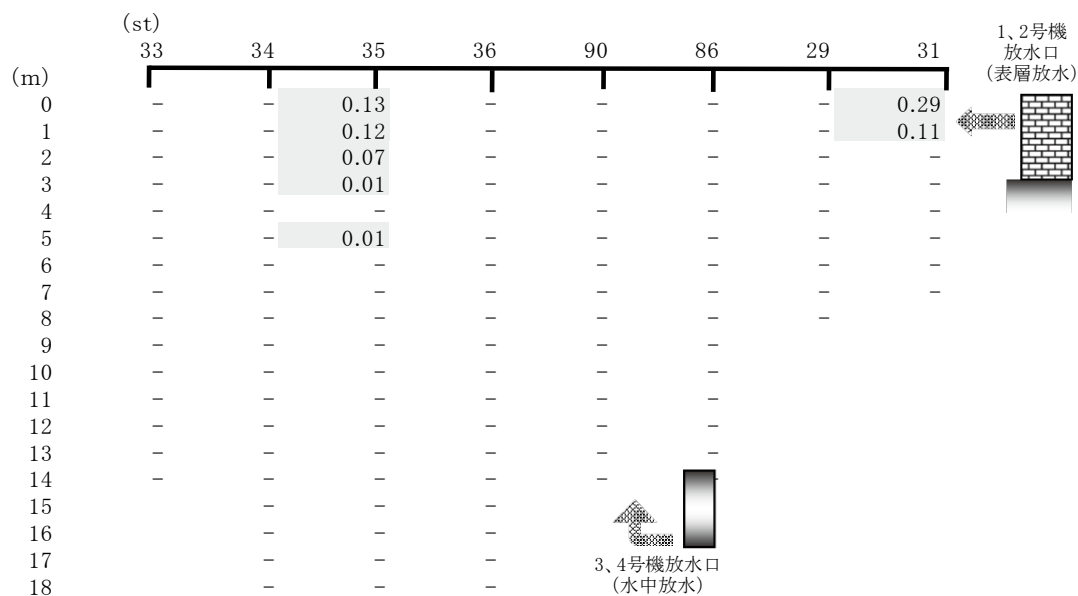


図3-3 冬季下げ潮時における水温鉛直分布

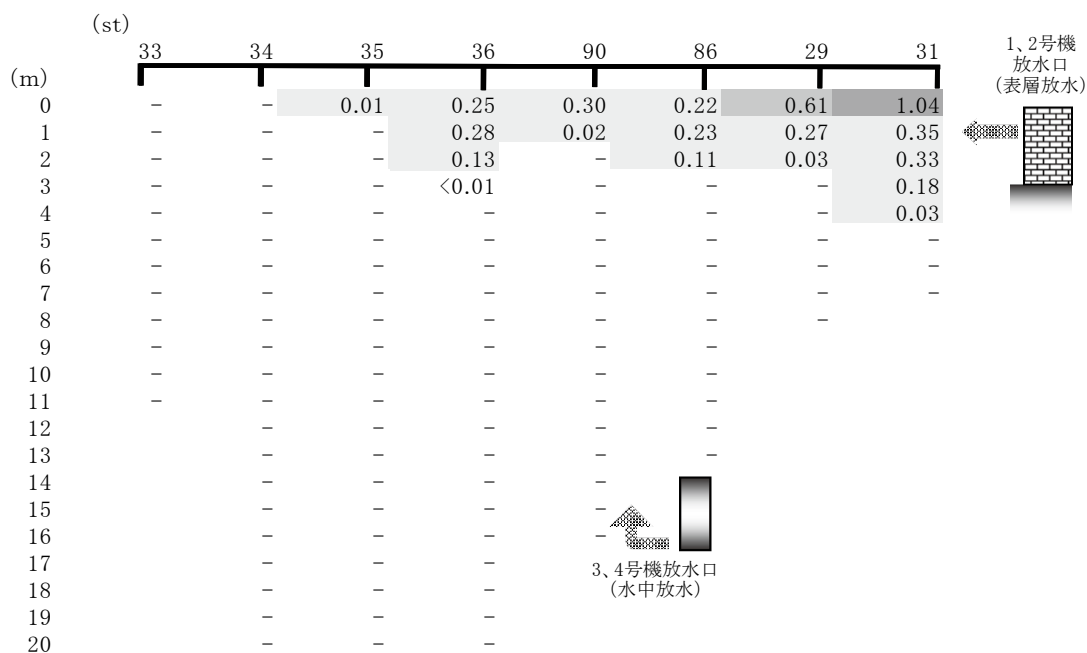


図3-4 冬季上げ潮時における水温鉛直分布

表3 夏季流動（流向・流速）調査結果

令和3年 7月26 日(月齢16日)

調査回次		1回目		2回目		3回目		4回目	
調査時間		10:37～11:10		11:57～12:30		13:17～13:50		14:37～15:15	
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	5	130	25	320	10	240	15	100
	5m	5	130	10	210	5	200	20	110
	10m	10	100	10	210	10	130	15	130
	底層	15	270	5	300	5	70	0	210
St.34	表層	20	30	25	60	30	330	20	210
	5m	20	340	20	40	20	330	20	210
	10m	15	350	25	30	15	20	20	170
	底層	10	30	10	30	10	290	15	160
St.35	表層	25	20	15	10	15	310	25	350
	5m	25	10	25	10	15	330	25	40
	10m	25	10	30	20	10	20	30	70
	底層	20	10	20	10	10	150	25	60
St.36	表層	30	70	20	100	20	290	10	270
	5m	30	90	20	110	20	310	5	330
	10m	25	50	20	80	15	320	15	20
	底層	15	20	15	30	5	350	15	30
St.29	表層	5	280	15	240	5	170	15	150
	5m	15	90	5	130	5	330	15	200
	底層	5	140	10	120	10	350	5	150

九州電力資料		1回目	2回目	3回目	4回目
風向・風速(m/s)		N2.3	NNE3.7	NNE3.8	NNE～N3.8～4.1
出力 (MW)	1号機	—	—	—	—
	2号機	—	—	—	—
	3号機	1,204	1,204	1,205	1,203～1,205
	4号機	1,116	1,150	1,183	1,193～1,194
1～4号機の合計放水量(1時間あたり平均値)			165.4 m ³ /s		

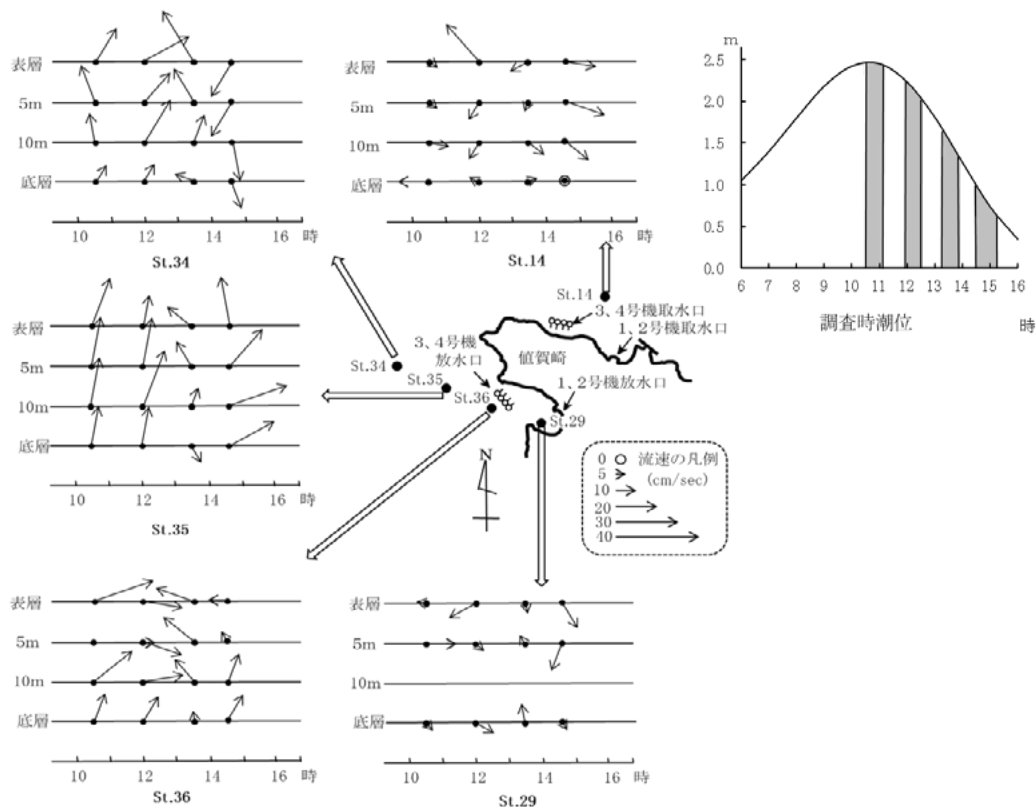


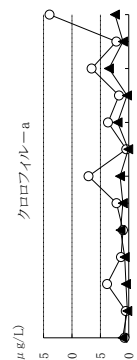
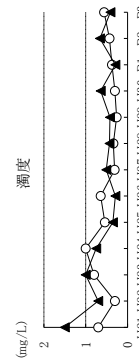
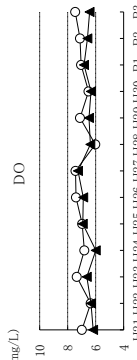
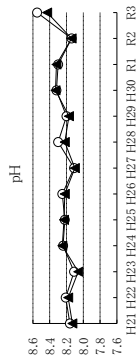
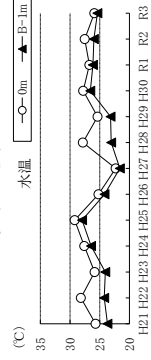
図4 夏季流動（流向・流速）調査結果

表 4-1 夏季水質調査結果

調査点		放水口側				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 (℃)		25.4 ~ 25.9	26.1 ~ 26.8	25.5 ~ 27.0	24.8 ~ 26.7	24.7 ~ 27.5			
pH		8.43 ~ 8.55	8.49 ~ 8.54	8.45 ~ 8.50	8.44 ~ 8.46	8.40 ~ 8.80			
DO (mg/L)		6.43 ~ 7.46	7.39 ~ 8.19	6.55 ~ 9.07	6.17 ~ 6.87	6.20 ~ 11.31			
濁度 (mg/L)		0.4 ~ 0.6	0.4 ~ 1.2	0.4 ~ 1.0	0.3 ~ 2.0	0.3 ~ 2.8			
クロロフィル-a (μg/L)		2.4 ~ 13.9	7.6 ~ 8.9	0.9 ~ 8.4	0.8 ~ 1.5	0.4 ~ 38.7			
水深 (m)		29	8	22	32	40			

表示は、0.3(表層), 5, 10, B-1(底層)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

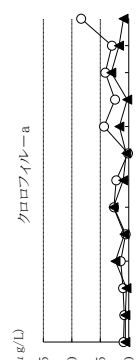
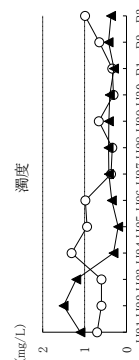
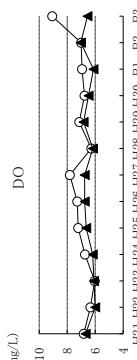
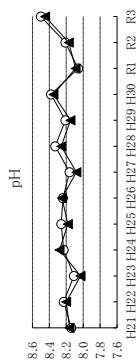
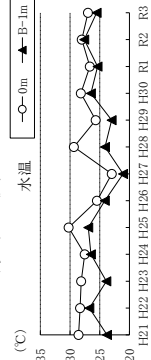


図5-1 夏季水質調査の経年変化

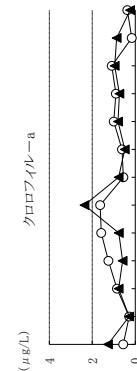
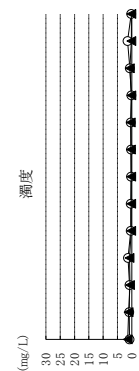
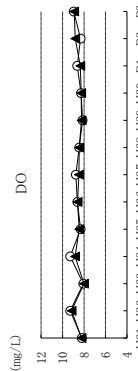
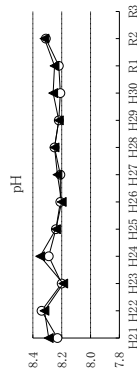
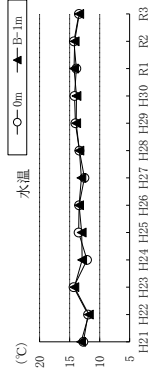
表 4-2 冬季水質調査結果

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 (℃)		13.4	13.4	13.4 ~ 13.5	13.5 ~ 14.0	13.5 ~ 13.9	13.4 ~ 13.8		
pH [※]		—	—	—	—	—	—		
DO (mg/L)		8.92 ~ 8.95	8.80 ~ 8.94	8.86 ~ 8.94	8.87 ~ 8.94	8.89 ~ 8.91			
濁度 (mg/L)		0.2	0.2	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.2			
クロロフィル-a (μg/L)		0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 1.5	0.2 ~ 0.6	0.3 ~ 0.5			
水深 (m)		24	10	23	35	39			

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

※pHについては、機器に不具合があることが判明したため、冬季の値は採用しない。

取水口側 St.14



放水口側 St.36

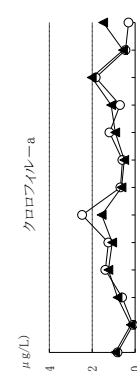
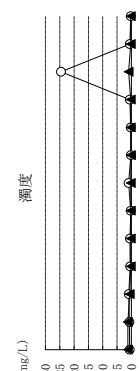
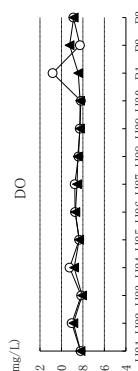
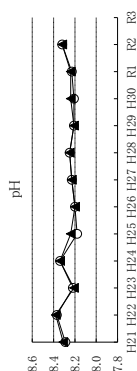
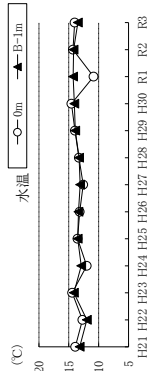


図5-2 冬季水質調査の経年変化

表5 夏季底質調査結果

(令和3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)		0.9	0.9	1.2	3.1	1.5	1.2	1.9	2.1	0.9	1.0
粒度組成 (%)	礫 (2mm以上)	11	0	0	1	1	2	2	3	14	1
	粗 砂 (2～0.425mm)	49	2	3	27	48	16	37	22	33	28
	細 砂 (0.425～0.075mm)	29	81	70	55	27	70	33	54	40	63
	シルト・粘土 (0.075mm以下)	11	17	27	17	24	12	28	21	13	8
中 央 粒 径(mm)		0.5	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.3

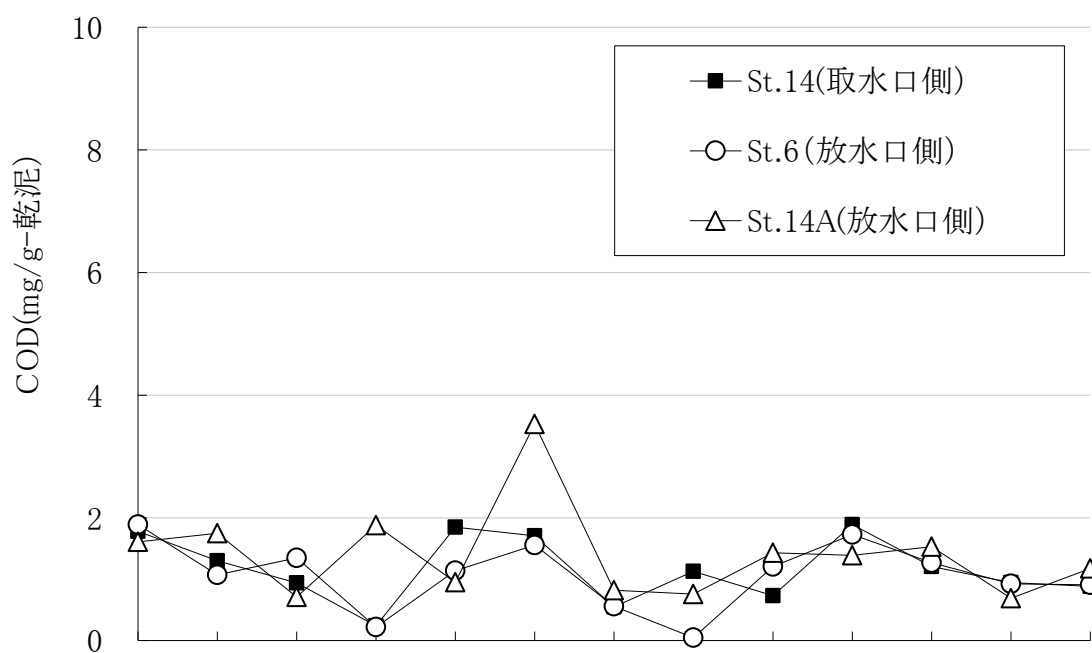
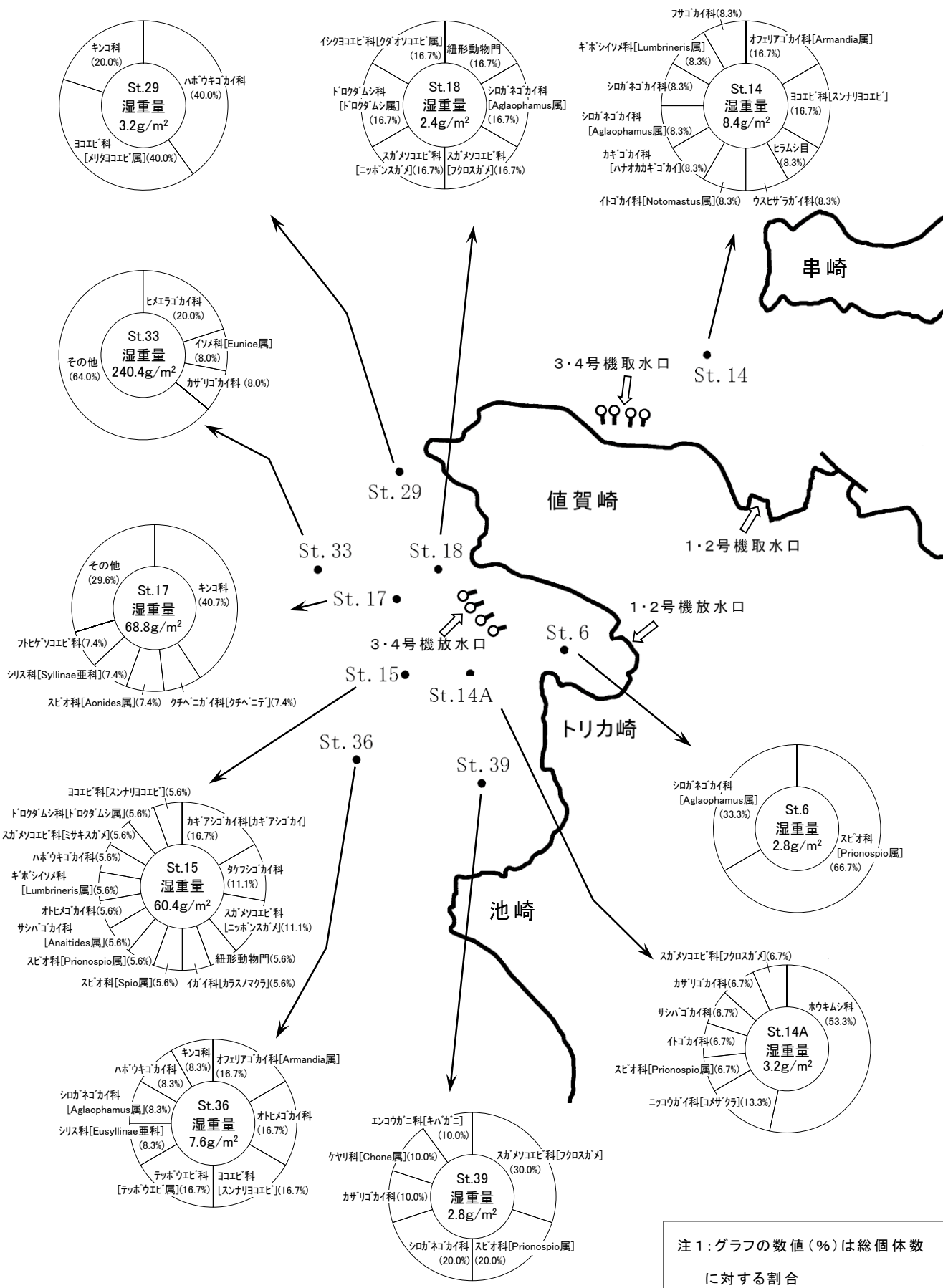


図6 平成21～令和3年度夏季CODの推移



注1: グラフの数値(%)は総個体数
に対する割合

注2: “St.”は調査点

図7 夏季底生生物調査(令和3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3年8月19日,20日

種 類					調 査 測 線									
					A-3	B-2	B-3	C-1	C-2	D-1	D-2	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	ヒサ'ラガイ	r	r	c	c	r	r	r	c	r	r
				ニシキヒサ'ラガイ			r	r						
	マキガイ綱	オキナエビス目	ケハダ'ヒサ'ラガイ科	ケハダ'ヒサ'ラガイ科		r	r	r		r		r		
			スカシガイ科	スカシガイ科				r				r		r
			ツタノハ科	ベッコウザ'ラ			c				r			c
				マツバガイ		r	c	r		r	r	r		r
				ヨメカ'カサ		c	r	r	r	r	r	r		r
			ユキノカサ科	ウノアシ		r	r	r		r		r		r
				シロガイ属		c	c			r	c	r		r
				アオガイ属		r	c			c	c	c		
			ニシキウス'科	イシダ'タミ		c		r		c	r	r	r	
				クロツ'ケガイ		r								
				クボ'ガイ		r						r		
				クマノコ'ガイ						r	r			
				オオコシタカガ'ンガラ				r						r
				コシタカガ'ンガラ				r				r		
			リュウテン科	ササ'エ	r									
				スカ'イ				r					r	
			アマオブ'ネ科	アマガイ		r				r		r	cc	
		ニナ目	タマキビ'ガイ科	タマキビ'		c			r	r	r	c	cc	c
				アラレタマキビ'	c	cc	cc	c	r	cc	cc	c	cc	c
				タマキビ'ガイ科								r		
			ムカデ'ガイ科	オオヘビ'ガイ		r				r				
		パイ目	アツキガイ科	レイシガイ				r						
				イボ'ニシ	r	r	c	r		r		r		r
			エゾ'バイ科	イソ'ニナ						r	r	r		
	ニマイガイ綱	イガイ目	イガイ科	ムラサキインコ	r	r	c	cc	r	r	r		r	r
			ウケ'イスガイ目	イタボ'ガキ科	r		r	cc	c	r		c	r	r
			ハマグ'リ目	イワホ'リガイ科		r	r	r		r		r		
				イワホ'リガイ科										
環形動物門	ゴ'カイ綱	ケヤリ目	カンサ'シヨ'カイ科	ヤッコカン'サシ	r	r	r		r	r	r	r	r	r
節足動物門	甲殻綱	フシ'ツボ'目	ミョウカ'ガイ科	カメノテ	r	r	c	c	r	r	r	r	r	r
			イワフ'シ'ツボ'科	イワフ'シ'ツボ'	ccc	r	c			r	r	r	c	c
			フシ'ツボ'科	クロフシ'ツボ'	r	r	cc	r	cc		cc	cc	r	r
			ナカ'ウニ科	ムラサキウニ	r		c	r		r				

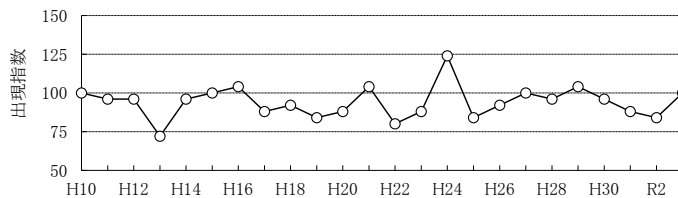
潮間帯付近の植物

令和3年8月19日,20日

種 類					調 査 測 線									
					A-3	B-2	B-3	C-1	C-2	D-1	D-2	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
		ミル目	ミル科	ミル属							r			
褐藻植物門	同形世代綱	アミシ'グサ目	アミシ'グサ科	ウミウチ						r				
				アミシ'グサ科						r				
	異形世代綱	ナガ'マツモ目	インゲ科	インゲ	r	r	c	c	r	r	r	c	r	r
				イワヒ'ゲ	r				r	r			r	
	円胞子綱	ヒバ'マタ目	ホンダ'ワラ科	ヒシ'キ	r	r	r	cc	c	r	r	c		c
				ウミトラノオ	c	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				
				ホンダ'ワラ属						r				
				ヒメテング'サ	r		r	r		r		r	r	r
				テング'サ科	r				r	r		r		c
				サビ'亜科	c	c	c	cc	c	c	c	cc	r	cc
		カクレイト目	サンゴモ科	サンゴモ亜科	c	c	c	c	c	c	c	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

夏季付着生物(動物)



夏季付着生物(植物)

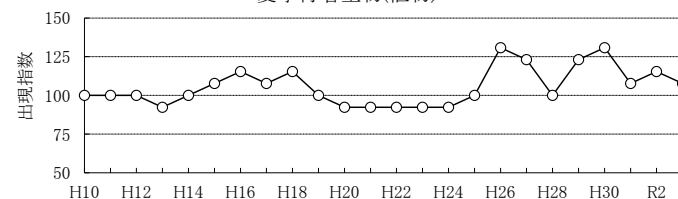
出現指数は平成10年度の
総出現種類数(動物:25種、
植物:13種)を100としている

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4年2月19日,3月3日,4日

種 類					調 査 測 線											
					A-3	B-2	B-3	C-1	C-2	D-1	D-2	E-1	E-2	E-3		
刺胞動物門	花虫綱	イソギンチャク目	ウミホシイソギンチャク科	モエキイソギンチャク								Γ	Γ			
			タテジマイソギンチャク科	タテジマイソギンチャク								Γ	Γ			
軟体動物門	ヒザラガイ綱	ヒザラガイ目	ヒザラガイ科	イソギンチャク目	Γ		Γ	Γ	Γ	Γ		Γ	Γ	Γ		
				ニシキヒザラガイ						Γ						
	マキガイ綱	オキナエビス目	ツタノハ科	ヒザラガイ	Γ	Γ	C	Γ	Γ			C	Γ	Γ		
				ケハダヒザラガイ科		Γ	Γ	Γ								
				ベッコウサザ			Γ			Γ	Γ				Γ	
				マツバガイ		Γ	Γ		Γ	Γ	Γ	Γ	Γ			
				ヨメガサ	Γ	C	C	C	C	Γ	C			C		
				ウノアシ	Γ		Γ	Γ	C	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ		
				カモガイ	Γ									Γ		
				シロガイ属	Γ	C	Γ	Γ	C	Γ	Γ	Γ		C		
				アオガイ属		C	Γ			C	C	C	Γ	C		
				イシダタミ		Γ		Γ		C	Γ	Γ	Γ			
				クロツケガイ						Γ	Γ					
				クヒレクロツケ									Γ			
				クボガイ				Γ		Γ		Γ				
				クマノコガイ		Γ				Γ	Γ					
				リュウテン科	スカイ									Γ		
				アマオブネ科	アマガイ		Γ				Γ		C	C		
				ニナ目	タマキビガイ科	タマキビ		Γ		Γ		C	Γ	Γ	Γ	C
						アラレタマキビ	ccc	cc	cc	cc	cc	cc	cc	Γ	cc	c
コビトウラウス			Γ													
タマキビガイ科		C	C			C					Γ	Γ				
ムカデガイ科	オオヘビガイ							Γ								
ハイ目	アキガイ科	イボニシ	Γ		Γ	C	Γ	C			Γ	Γ	Γ			
	エゾバイ科	イソナ			Γ				Γ							
ニマイガイ綱	イガイ目	イガイ科	ムラサキイソコ		Γ	Γ	C	cc	cc	Γ			Γ	Γ		
		ウグイスガイ目	ケカキ		Γ	Γ	C	cc			C	Γ				
		ハマグリ目	イワホリガイ科		Γ		Γ	cc				Γ				
環形動物門	ゴカイ綱	ケヤリ目	カンザシゴカイ科	ヤッコカンザシ	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ	Γ			
節足動物門	甲殻綱	フシツボ目	シウカガイ科	カノテ	Γ	Γ	C	C	Γ	Γ	Γ	Γ	C	Γ		
イワフシツボ科			イワフシツボ	ccc	Γ	cc		Γ	Γ	Γ	C	Γ				
フシツボ科			クロフシツボ	c	Γ	cc	Γ	Γ	cc	cc	Γ	Γ				
棘皮動物門	ウニ綱	ホンウニ目	ナカウニ科	ムラサキウニ	Γ		C									