

浅海干潟研究部



# 漁場環境モニタリング事業 I (一部委託)

昭和 39(1964)年度～継続

## (浅海定線調査および内湾調査)

### 緒 言

この調査は、有明海および八代海における海況を定期的に把握し、海況・漁況の長期変動を予測するための基礎資料を得ることを目的とした。

### 方 法

- 1 担当者 向井宏比古、安藤典幸、木下裕一、増田雄二、中村真理
- 2 調査方法 調査内容は表 1、調査定点は図 1 のとおり。

表 1 調査内容

調査月日		調査船及び観測定点	観測層 (m)	観測項目
有明海	八代海			
4月	23、24	20、21	ひのくに および あさみ  有明海 (18点) 八代海 (20点)	水温 塩分 透明度 DO ※ COD ※ 栄養塩 ※ プランクトン沈 殿量 ※※ Chl-a ※※※
5月	21、22	25、26		
6月	22、23	18、19		
7月	20、21	16、17		
8月	20	18、19		
9月	16	17		
10月	16	15		
11月	17	16		
12月	16、17	17		
1月	14	13		
2月	12	10		
3月	16	15		

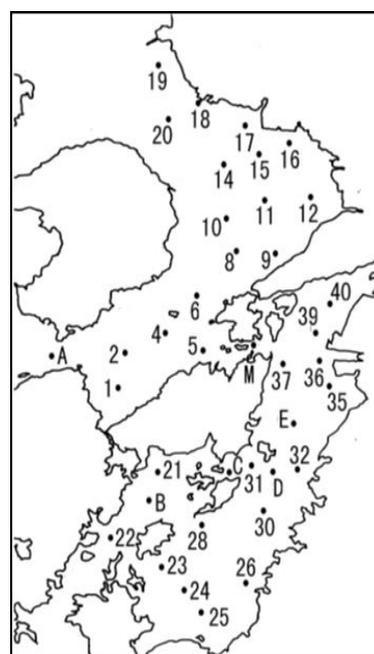


図 1 調査定点

※5m層のみ ※※5mの鉛直曳き (有明海 11 点、八代海 9 点)  
 ※※※有明海の 0m のみ

平年値との比較は「偏差 (当該月観測値－平年値) ÷ σ (昭和 49 年度(1974 年度)～平成 25 年度(2013 年度)の各月標準偏差)」から算出し、その値が 0.6 未満の場合には平年並み、0.6 以上 1.3 未満の場合にはやや高めもしくはやや低め、1.3 以上 2.0 未満の場合にはかなり高めもしくはかなり低め、2.0 以上の場合には甚だ高めもしくは甚だ低めとした。なお、平年値は昭和 49 年度(1974 年度)～平成 25 年度(2013 年度)に実施した各項目の月平均値を用いた。

また、調査結果はデータベース化し、調査月ごとに各項目を保存し、結果をとりまとめ、海況情報として FAX およびホームページに掲載することで情報提供を行った。

# 結果

## 1 項目毎の時系列変化

### (1) 水温 (図 2-1、図 2-2)

有明海は6月、2月がやや高め、3月がかなり高め、その他が平年並みであった。

八代海は5月、6月、3月が高めで、その他が平年並みであった。

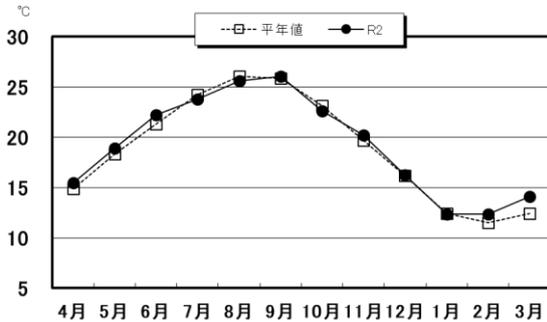


図 2-1 水温の推移 (有明海)

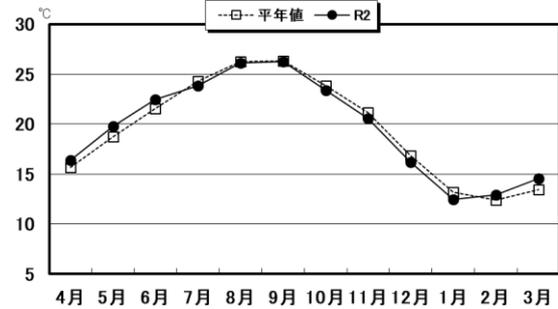


図 2-2 水温の推移 (八代海)

### (2) 塩分 (図 3-1、図 3-2)

有明海は6月、8月、9月がやや低め、7月がかなり低めで、その他が平年並みであった。

八代海は5月、6月、8月~10月がやや低め、7月がかなり低め、その他は平年並みであった。

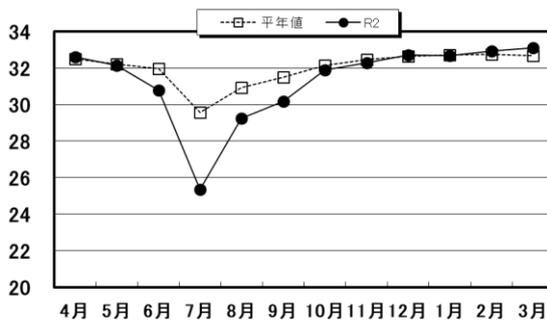


図 3-1 塩分の推移 (有明海)

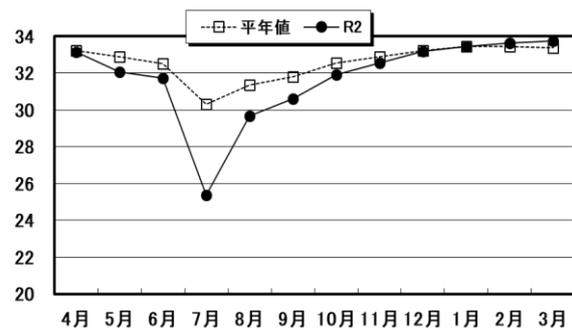


図 3-2 塩分の推移 (八代海)

### (3) 透明度 (図 4-1、図 4-2)

有明海は12月がやや低めで、その他が平年並みであった (9月: 欠測)。

八代海は7月がやや低めで、その他が平年並みであった。

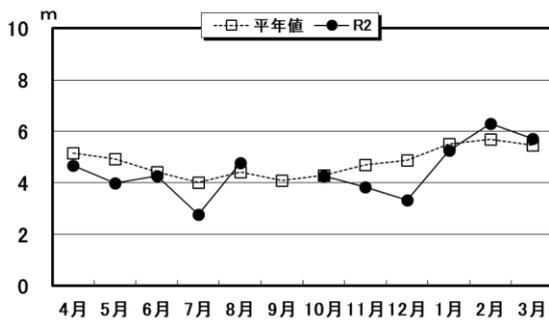


図 4-1 透明度の推移 (有明海)

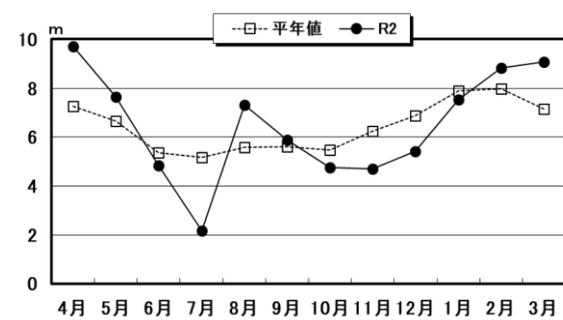


図 4-2 透明度の推移 (八代海)

(4) D0 (溶存酸素量 図5-1、図5-2)

有明海は4月、12月がやや低め、その他が平年並みであった。

八代海は4月、7月、12月、3月がやや低めで、その他が平年並みであった。

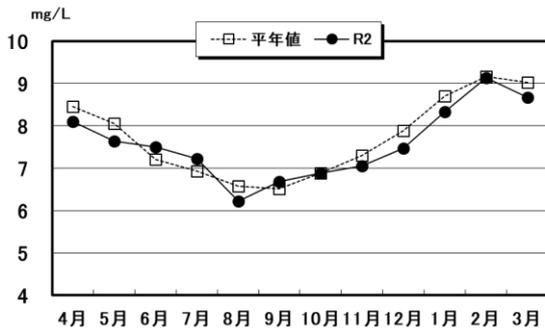


図5-1 D0の推移 (有明海)

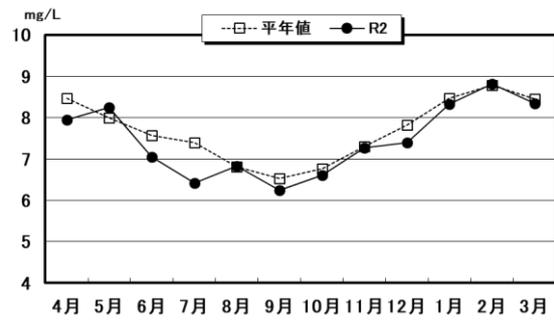


図5-2 D0の推移 (八代海)

(5) COD (化学的酸素要求量 図6-1、図6-2)

有明海は9月、10月、12月～2月がやや低めで、その他が平年並みであった。

八代海は4月、7月、9月、10月、12月、1月、3月がやや低め、その他が平年並みであった。

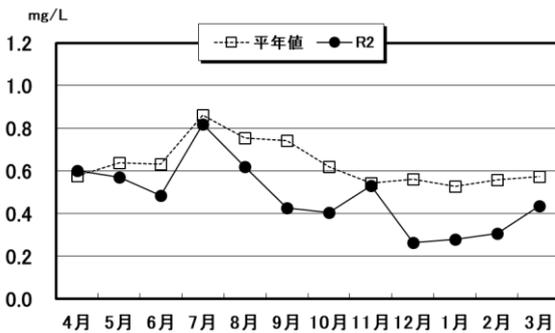


図6-1 CODの推移 (有明海)

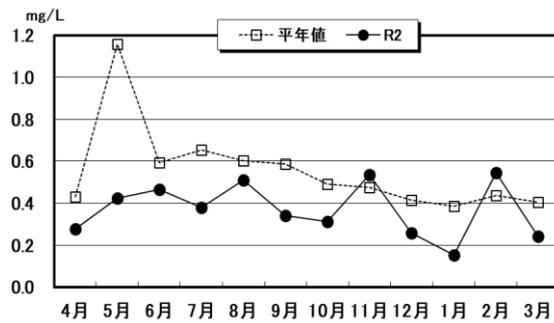


図6-2 CODの推移 (八代海)

(6) DIN (溶存態無機窒素 図7-1、図7-2)

有明海は7月がやや高め、10月、11月がやや低め、その他が平年並みであった。

八代海は7月がかなり高め、9月、12月がやや高め、11月、2月がやや低めで、その他が平年並みであった。

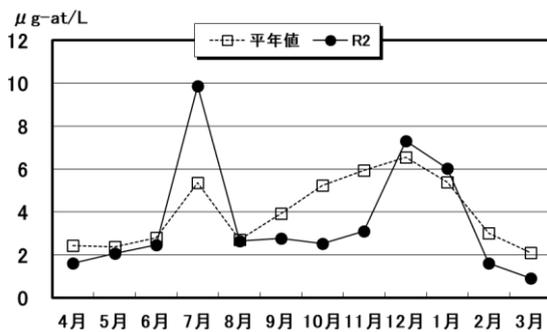


図7-1 DINの推移 (有明海)

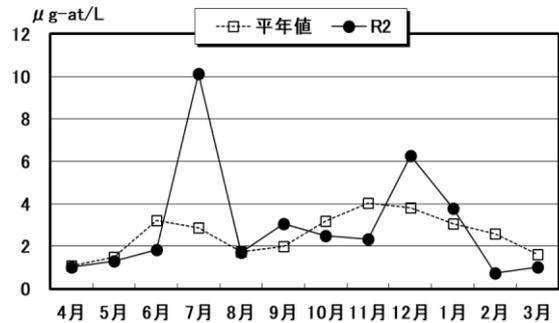


図7-2 DINの推移 (八代海)

(7) DIP (溶存態無機リン 図8-1、図8-2)

有明海は10月、11月がやや低め、その他が平年並みであった。

八代海は5月、10月、11月がやや低め、7月がやや高め、その他が平年並みであった。

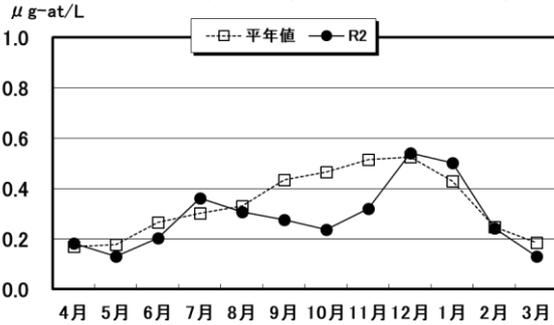


図8-1 P04-Pの推移 (有明海)

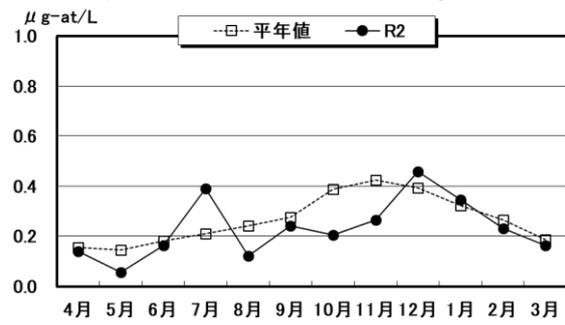


図8-2 P04-Pの推移 (八代海)

(8) DSi (溶存態ケイ素 図9-1、図9-2)

有明海は7月がやや高め、8月~11月がやや低め、その他が平年並みであった。

八代海は5月、12月がやや高め、7月がかなり高め、8月~11月、2月がやや低め、その他が平年並みであった。

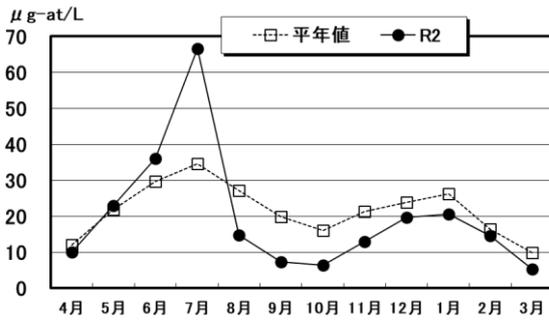


図9-1 SiO<sub>2</sub>-Siの推移 (有明海)

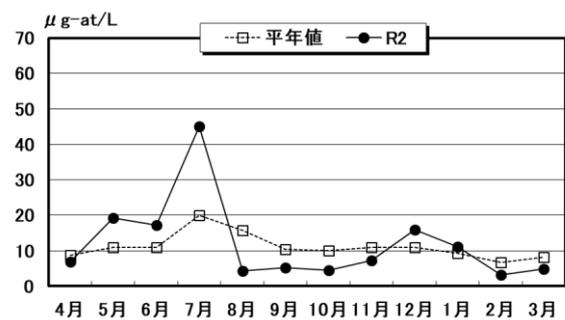


図9-2 SiO<sub>2</sub>-Siの推移 (八代海)

(9) プランクトン沈殿量 (図10-1、図10-2)

有明海は4月がかなり多め、8月、10月がやや多め、その他が平年並みであった。

八代海は5月、10月がやや多め、6月がかなり多め、12月がやや少なめ、その他が平年並みであった。

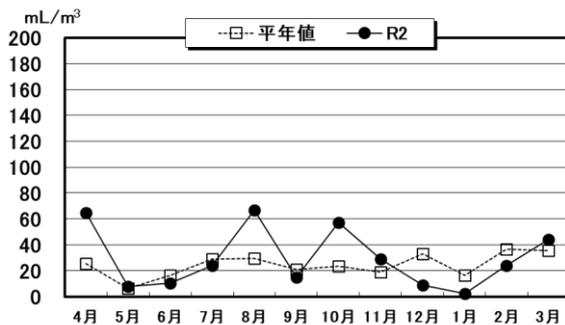


図10-1 プランクトン沈殿量の推移 (有明海)

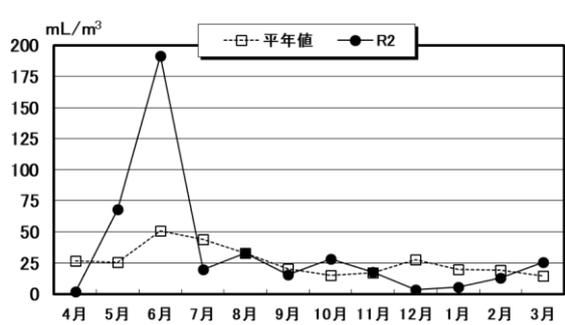


図10-2 プランクトン沈殿量の推移 (八代海)

(10) クロロフィル a (図 11-1、図 11-2)

有明海は、最低値が11月の $2.6 \mu\text{g/L}$ 、最高値が7月の $44.5 \mu\text{g/L}$ であった。

八代海は、最低値が12月の $1.6 \mu\text{g/L}$ 、最高値が9月の $26.7 \mu\text{g/L}$ であった。

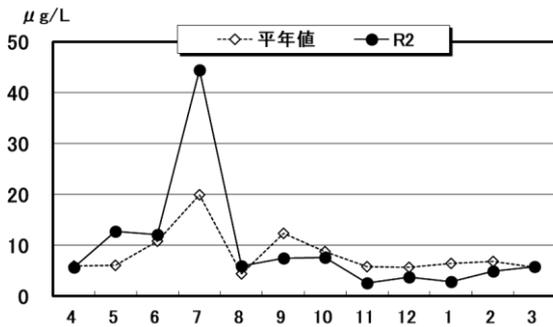


図 11-1 クロロフィル a の推移 (有明海)

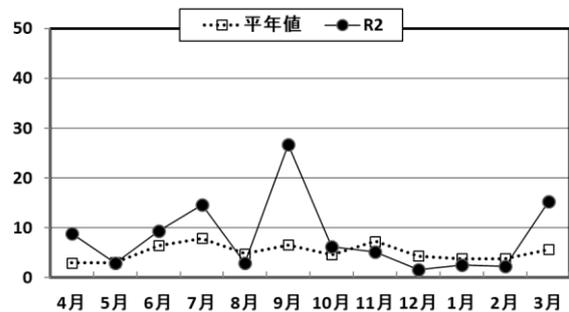


図 11-2 クロロフィル a の推移 (八代海)

2 令和2年度(2020年度)の海洋環境の概要

(1) 有明海

熊本地方気象台の観測結果によると、熊本観測所の気温は、5月上旬から6月下旬、8月上旬から9月上旬、1月下旬から3月下旬に「高い」から「かなり高い」で推移し、水温は、6月は「やや高め」、2月と3月は「かなり高め」、その他は「平年並み」で推移した。

降水量は、「令和2年7月豪雨：847.5mm、平年比211%」の影響で、7月は「多い」から「かなり多い」で推移し、塩分は6月から9月まで「やや低め」で推移した。

栄養塩は、「令和2年7月豪雨」による影響で、7月のDINとDSiは「やや高め」であったが、他の月は概して「平年並み」から「やや低め」で推移した。

また、有明海の広範囲で7月20日にスケルトネマ属とタラシオシラ属の混合赤潮、7月21日にレプトキリンドルス属の赤潮が確認された。

(2) 八代海

水温の推移は、有明海と同様の傾向を示し、5月、6月、3月が「やや高め」で、その他が「平年並み」で推移した。

塩分の推移は、5月から10月は「やや低め」から「かなり低め」で推移し、栄養塩は「令和2年7月豪雨」による影響で、7月のDINとDSiは「かなり高め」、DIPは「やや高め」で、その他の月は、概して「平年並み」から「やや低め」で推移した。

なお、7月21日に実施した別の調査で、八代市大築島北から葦北郡津奈木町沖にかけての広範囲の水深4m付近で、スケルトネマ属、キートセロス属の高密度化が確認された。

# 漁場環境モニタリング事業Ⅱ（<sup>県 単</sup> 昭和 48(1973)～令和 2(2020)年度）

（浦湾域の定期調査）

## 緒 言

本調査は浦湾域を中心に営まれている養殖漁場周辺の環境保全のための基礎資料を得ることを目的として、平成 6 年(1994 年)以降継続して実施している。

## 方 法

1 担当者 向井宏比古、安藤典幸、木下裕一、増田雄二、  
中村真理

2 調査内容

(1) 浦湾調査

ア 調査定点：8 定点（図 1）

イ 調査日：令和 2 年（2020 年）9 月 28 日

ウ 調査項目

（ア）水質：水温、塩分、pH、D0、COD、SS、栄養塩類（NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、DIN、DSi、DIP）の水深 0m、4m 及び海底上 1m について分析した。

（イ）底質：硫化物、COD、強熱減量

※底泥表面から 2cm までについて分析した。

エ 分析方法

（ア）水質：「海洋観測指針」気象庁編による。

（イ）底質：「新編水質汚濁調査指針」日本水産資源保護会編による。

(2) クロマグロ養殖漁場底質調査

ア 調査定点：図 2 に示す 4 定点で実施した。

イ 調査日：令和 2 年（2020 年）10 月 23 日（新和地先漁場）

ウ 調査項目：底質（硫化物及び COD）

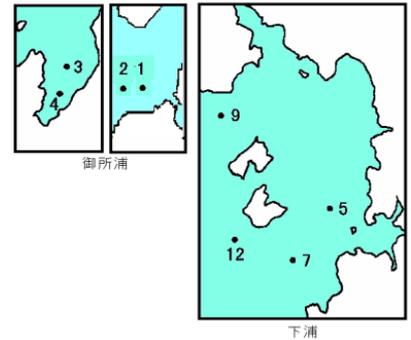
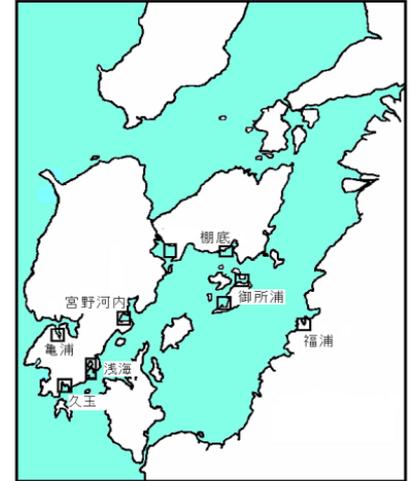


図 1 調査定点

下 浦：4 調査定点  
御所浦：4 調査定点

※調査終了定点

福浦、棚底、宮野河内、浅海、久玉地区では、令和元年度（2019 年度）まで調査を実施していたが、近年、水質及び底質の基準を満たしているためモニタリングを終了した。



図 2 調査定点（新和地先漁場）

## 結果および考察

### 1 浦湾調査

#### (1) 水深 4m における溶存酸素濃度（以下「DO」という。）の経年推移

図 3 に、平成 6 年度（1994 年度）以降の 18 定点及び令和 2 年度（2020 年度）の 8 定点における DO の平均値及び熊本県魚類養殖基準（以下、「基準値」という。）の 5.7 mg/l を上回った定点数の割合（以下、「適合率」という。）の経年推移を示す。

全調査地点において基準値を上回っており、適合率は 100% となったことから、良好に推移していると考えられる。

#### (2) 底泥における硫化物の経年推移

図 4 に、平成 6 年度（1994 年度）以降の 18 定点及び令和 2 年度（2020 年度）の 8 定点における硫化物の平均値及び適合率の経年推移を示す。

平成 6 年度（1994 年度）以降の約 10 年間は、全体的に数値が高く基準の 0.14 mg/g を上回る傾向にあったが、徐々に低下し、平成 18 年度（2006 年度）以降は基準値付近を推移している。一方で適合率においても、平成 17 年度（2005 年度）を境に概ね 60% を超えており改善傾向にあるが、依然として 2 定点が基準値を上回っている状況である。

#### (3) 令和 2 年度（2020 年度）の各漁場における観測結果の詳細

表 1 に、令和 2 年（2020 年度）9 月 28 日に実施した観測結果を示す。

DO については全調査地点において基準を満たした。その一方で硫化物については、8 か所中の 2 か所において基準を満たさなかったことから、これらの漁場では、飼育密度の制限、筏の配置状況の変更、給餌量の適正化など環境改善の取組みを強化する必要があると考えられる。

### 2 クロマグロ養殖漁場調査

図 5 に、新和地先及における平成 19 年度（2007 年度）以降の硫化物量及び COD の経年変化を示す。

硫化物量及び COD は、常に両漁場において基準値を満たし良好に推移しており、今後も、良好な環境の維持に取り組むことが重要である。

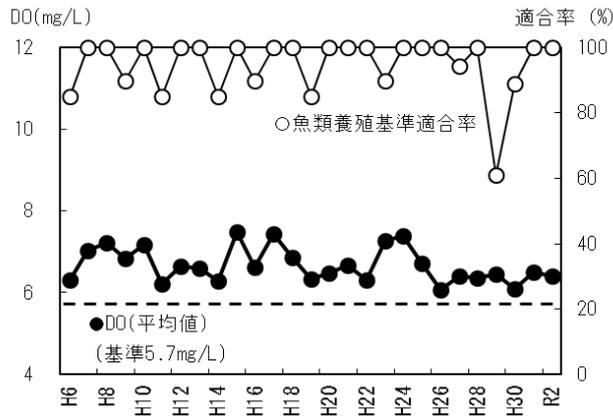


図3 DOと熊本県魚類養殖基準適合率の推移  
平成6年度～令和元年度：18調査定点  
令和2年度：8調査定点

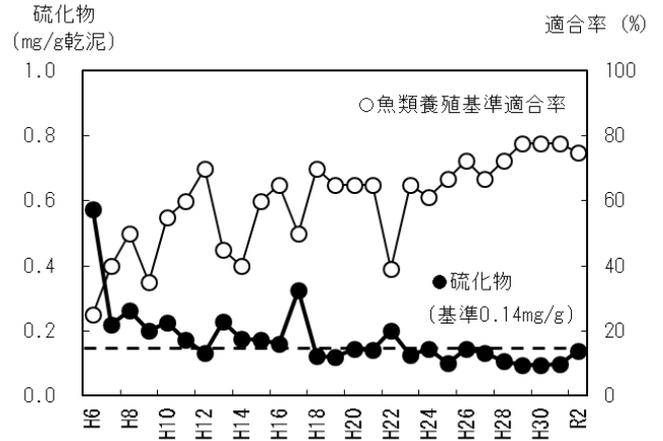


図4 硫化物と熊本県魚類養殖基準適合率の推移  
平成6年～令和元年：18調査定点  
令和2年：8調査定点

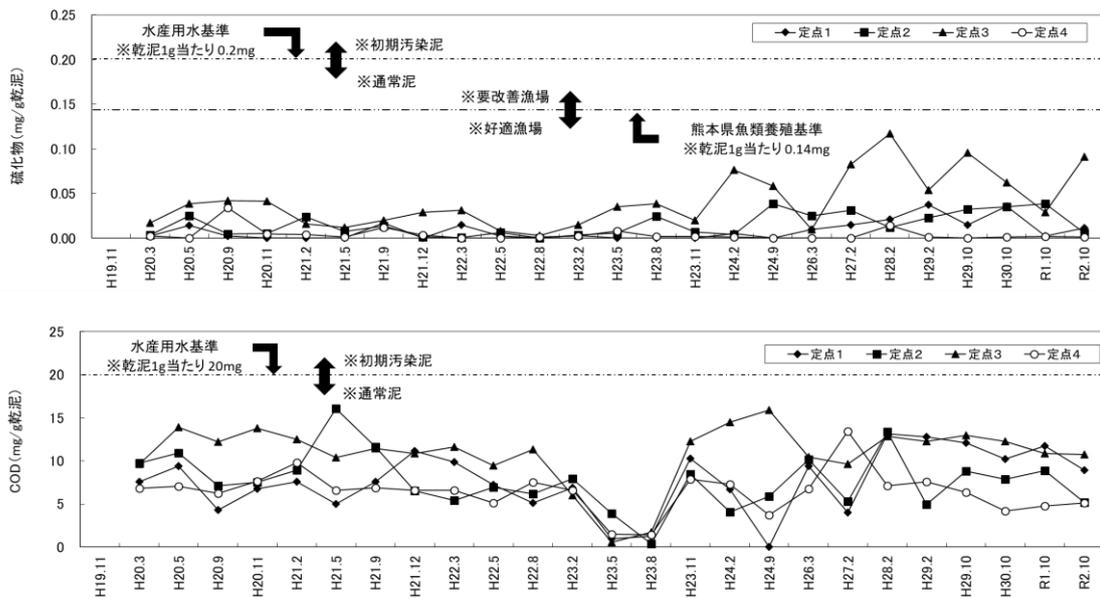


図5 新和地先漁場における底質の変化

表1 各定点における観測結果の一覧（令和2年9月28日）

調査地点	調査日	水質に関する測定項目											底質に関する測定項目			総合判定結果		
		採水層 (m)	水温 (℃)	塩分	透明度 (m)	DO (mg/L)	DO (%)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	PO4 (μM)	NH4 (μM)	NO2 (μM)	NO3 (μM)	DIN (μM)	底泥COD (mg/g・乾泥)		底泥硫化物 (mg/g・乾泥)	底泥IL (%)
5	9月28日	0	0.0	30.4		7.4	71.5	0.7	11.2	0.12	0.33	0.31	0.39	1.03				
		4	0.0	30.5	3.5	6.7	64.8	0.6	10.4	0.17	0.26	0.45	0.78	1.49	26.3	0.23	6.2	×
		B-1	0.0	31.2		5.2	50.4	0.7	8.0	0.52	1.40	1.67	2.61	5.69				
7	9月28日	0	0.0	30.5	3.9	7.0	67.8	0.4	11.4	0.18	0.43	0.63	1.28	2.35	31.6	0.14	6.7	○
		4	0.0	30.7		6.8	65.7	0.6	9.4	0.20	0.37	0.63	1.36	2.36				
		B-1	0.0	32.2		4.6	45.1	0.4	12.0	0.89	1.38	3.34	5.04	9.76				
下 溝	9月28日	0	0.0	30.6	3.5	6.7	64.8	0.4	10.6	0.24	0.53	0.76	1.42	2.71	31.4	0.10	5.0	○
		4	0.0	31.0		5.9	57.0	0.4	10.6	0.38	0.75	1.34	2.33	4.41				
		B-1	0.0	31.1		3.7	36.0	0.3	7.2	0.41	1.04	1.39	2.39	4.81				
12	9月28日	0	0.0	30.2	3.5	7.1	68.6	0.5	11.0	0.14	0.42	0.45	0.76	1.62	44.0	0.36	6.1	×
		4	0.0	30.7		6.8	65.3	0.4	9.8	0.29	0.60	1.00	2.54	4.13				
		B-1	0.0	32.0		4.2	40.8	0.3	11.2	0.84	2.12	3.15	4.82	10.09				
1	9月28日	0	24.6	29.4	5.1	6.3	103.2	0.2	10.6	0.50	0.44	1.27	6.00	7.71	7.8	0.03	4.0	○
		4	24.8	30.7		6.2	101.7	0.4	11.2	0.51	0.48	1.34	5.93	7.74				
		B-1	24.7	31.8		5.4	89.9	0.1	13.6	0.57	0.32	1.73	5.72	7.78				
2	9月28日	0	24.6	30.4	5.5	6.3	102.7	0.1	16.8	0.50	0.95	1.26	6.20	8.41	6.6	0.03	4.0	○
		4	24.6	30.5		6.2	102.1	0.3	12.6	0.51	0.49	1.28	6.02	7.78				
		B-1	24.7	31.7		5.4	90.0	0.4	12.2	0.58	0.30	1.73	5.78	7.81				
御所溝	9月28日	0	24.4	30.3	9.2	6.6	106.9	0.2	8.6	0.47	1.01	0.87	4.87	6.74	23.6	0.12	7.0	○
		4	24.6	30.7		6.5	106.8	0.4	8.8	0.46	0.63	1.13	5.11	6.87				
		B-1	24.7	32.1		4.9	80.8	0.3	8.6	0.67	0.21	2.09	6.07	8.36				
4	9月28日	0	24.2	29.9	9.1	6.6	106.7	0.3	8.8	0.48	1.26	0.76	5.06	7.08	16.7	0.10	5.1	○
		4	24.9	30.8		6.2	102.1	0.4	8.4	0.49	0.70	1.15	4.99	6.84				
		B-1	25.1	31.6		4.7	77.7	0.3	9.2	0.68	0.49	2.14	6.33	8.97				

# 漁場環境モニタリング事業Ⅲ ( 県 単 )

平成 22 (2010) 年度～

(有明海における貧酸素水塊の一斉観測)

## 緒 言

有明海における貧酸素水塊発生機構の解明および貧酸素水塊が水産資源へ与える影響を評価するため、有明海の研究・調査に関わる機関が連携・協力して貧酸素水塊の発生状況や有明海全域の海洋環境のモニタリング調査を行った。

## 方 法

- 1 担当者 木下裕一、安藤典幸、増田雄二
- 2 調査点 図1に示す11点
- 3 調査日 令和2年(2020年)7月29日、8月27日  
小潮満潮前後4時間程度
- 4 観測項目 水温、塩分、クロロフィル量、濁度、  
D0の鉛直分布、透明度
- 5 参画機関 国立研究開発法人水産研究・教育機構  
水産技術研究所、農林水産省九州農政局、福岡県水産海洋技術センター有明海  
研究所、佐賀県有明水産振興センター、  
長崎県総合水産試験場、長崎県県南水産  
業普及センター、熊本県水産研究センタ  
ー、熊本県環境保全課、熊本県保健環境  
科学研究所、九州大学、佐賀大学、日本  
ミクニヤ(株)、(株)西村商会

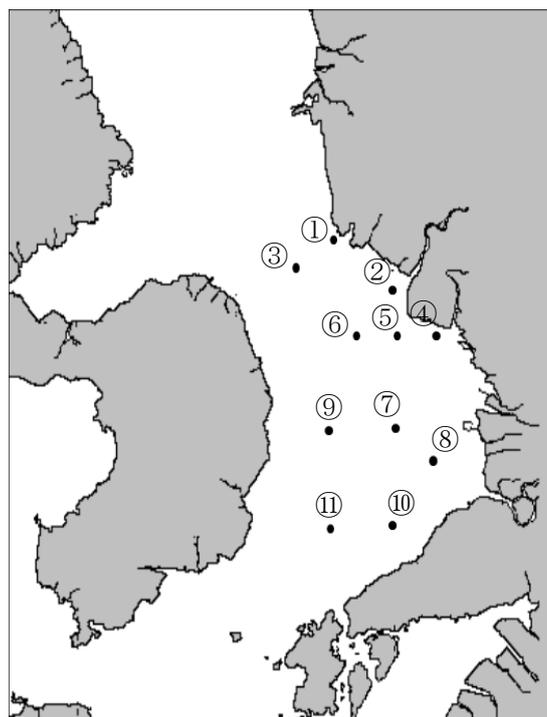


図1 調査点

## 結 果

調査点ごとの水深、透明度、表層および底層における水温、塩分、クロロフィル量、D0(溶存酸素濃度(%およびmg/L))を表1に示す。

調査を行った両日も、各調査点の底層では、貧酸素の基準とされるD0(%)は40%を下回らなかった。

D0(%)の最低値は、7月29日は調査点①、8月27日は調査点②の底層で観測され、それぞれ51.78%、56.98%であった。8月27日より7月29日の調査時の方が、底層での溶存酸素が低かった。これは表層の塩分低下により躍層が形成され、鉛直混合しにくい状況となったことが要因と考えられた。

表1 観測結果

調査日	調査点	水深 (m)	透明度 (m)	水温 (°C)		塩分 (‰)		Chl-a ( $\mu\text{g/L}$ )		DO (%)		DO (mg/L)	
				表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層
7月29日	①	13.0	1.0	29.57	23.19	7.48	28.71	7.99	0.70	180.07	51.78	13.11	3.74
	②	11.1	1.1	27.66	23.36	10.10	28.24	19.23	0.77	219.37	52.75	16.27	3.81
	③	38.3	1.6	28.66	22.80	11.58	29.71	13.20	0.22	187.47	72.69	13.56	5.26
	④	7.5	1.9	29.72	23.78	15.19	27.06	7.64	0.99	234.23	52.53	16.34	3.79
	⑤	11.9	1.8	27.42	23.21	14.01	28.73	16.22	0.42	208.90	59.35	15.24	4.29
	⑥	27.6	2.0	28.72	22.85	15.90	29.60	10.18	0.26	207.85	67.35	14.66	4.87
	⑦	12.8	1.6	27.34	23.10	17.52	28.90	21.87	0.54	230.00	67.23	16.47	4.86
	⑧	3.9	1.5	29.26	25.88	14.88	17.90	17.84	56.68	261.79	208.40	18.40	15.27
	⑨	39.6	2.0	26.96	22.69	19.28	30.18	17.68	0.37	202.49	78.23	14.46	5.66
	⑩	12.2	1.8	27.50	23.27	18.40	28.35	20.41	0.55	229.70	76.12	16.32	5.50
	⑪	34.4	1.9	27.24	22.66	19.73	30.17	21.06	0.42	218.78	79.75	15.50	5.77
8月27日	①	13.2	1.8	28.24	24.96	26.58	30.23	4.84	1.10	113.11	58.36	7.58	4.05
	②	11.3	2.6	27.85	25.12	27.87	30.28	3.24	1.10	114.31	56.98	7.66	3.94
	③	38.4	3.5	26.32	24.65	28.53	31.01	7.10	0.27	104.86	73.52	7.18	5.11
	④	7.6	3.9	27.72	27.66	28.19	28.20	1.50	2.68	112.86	112.20	7.56	7.53
	⑤	11.9	3.0	27.33	25.07	28.50	30.32	1.95	1.01	112.00	58.86	7.54	4.08
	⑥	27.7	2.9	26.62	24.71	28.69	30.82	6.14	0.37	108.65	68.55	7.40	4.76
	⑦	12.6	3.2	27.54	25.01	28.43	30.47	1.60	1.27	112.47	57.49	7.55	3.98
	⑧	4.1	1.0	28.07	27.65	27.04	27.26	4.10	7.75	136.38	126.64	9.15	8.54
	⑨	39.6	3.0	26.76	24.69	28.64	31.25	3.12	0.35	110.08	74.33	7.48	5.16
	⑩	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	⑪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ 8月27日、調査地点⑩、⑪ 天候急変のため欠測

# 漁場環境モニタリング事業Ⅳ ( 県 単 )

(平成 27 (2015) ~ 令和 2 (2020) 年度)

## (自動海況観測ブイによる海況観測)

### 緒 言

ノリ養殖、魚類養殖業、漁船および採貝漁業等の生産性向上と経営安定化に資するため、有明海および八代海の主な漁場において、自動海況観測ブイを用いた海況観測を行い、漁場環境の変動を把握した。

### 方 法

- 1 担当者 木下裕一、安藤典幸、向井宏比古、増田雄二
- 2 観測地点 長洲、小島、長浜、田浦地先 (図1)
- 3 調査日 令和2年(2020年)4月1日~令和3年(2021年)3月31日
- 4 観測方法

水質観測システム(YSI/Nanotec 株式会社)により、20分間隔で海面下50cmにおける水温、塩分(田浦局除く)、クロロフィル蛍光値(長洲局のみ)を24時間連続で測定した。

観測データは、水産研究センターホームページに最新データ及び時系列図(図2)をリアルタイムで表示し、漁業者など県民に提供した。

また、ノリ養殖時期(10月~翌年3月)には、水温および塩分(水産研究センターにて比重( $\sigma_{15}$ )に換算)の測定結果を、新聞3社に提供した。

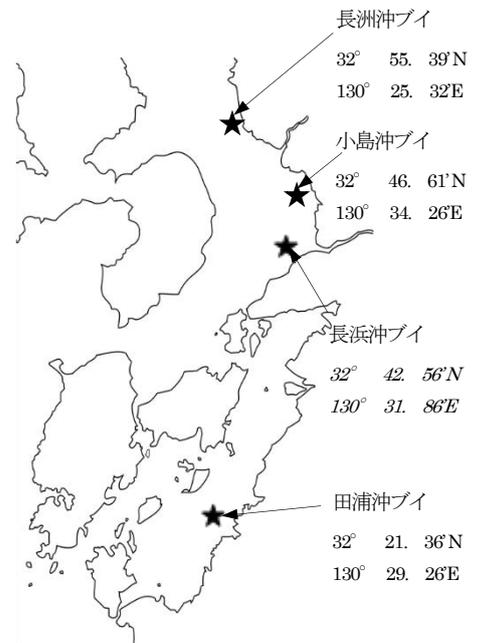


図1 自動海況観測ブイ設置点

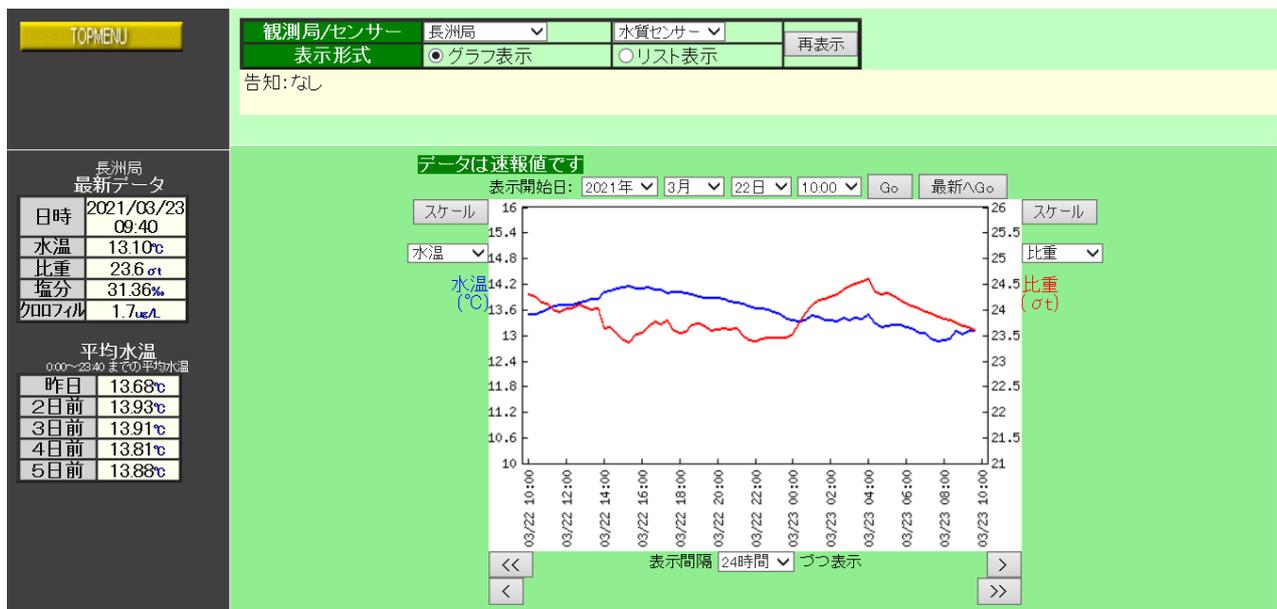


図2 水産研究センターホームページ掲載の最新データおよび時系列図

## 結果および考察

### 1 水温および塩分

自動海況観測ブイによる水温および塩分の測定結果を表1～表4に示す。

#### (1) 有明海

##### ア 長洲局ブイ

水温の日平均値（以下「日平均水温」）の年最高値は、令和2年（2020年）8月15日の31.0℃、年最低値は令和3年（2021年）1月18日、19日の10.2℃であった。塩分の日平均値（以下「日平均塩分」）の年最高値は、令和3年（2021年）1月29日の34.0、年最低値は令和2年（2020年）7月14日の4.8であった。

##### イ 小島局ブイ

日平均水温の年最高値は、令和2年（2020年）8月16日の31.3℃、年最低値は令和3年（2021年）1月9日の8.4℃であった。日平均塩分の年最高値は、令和2年（2020年）5月13日の34.0、年最低値は令和2年（2020年）7月12日の1.3であった。

##### ウ 長浜局ブイ

日平均水温の年最高値は、令和2年（2020年）8月17日の30.6℃、年最低値は令和3年（2021年）1月9日の9.5℃であった。日平均塩分の年最高値は、令和3年（2021年）2月14日の34.1、年最低値は令和2年（2020年）7月12日の2.3であった。

#### (2) 八代海

##### ア 田浦局ブイ

日平均水温の年最高値は、令和2年（2020年）8月2日の30.8℃、年最低値は令和3年（2021年）2月18日の11.7℃であった。

### 2 ホームページアクセス件数

月別ホームページアクセス件数の推移を図3に示す。

令和2年度（2020年度）のアクセス件数は6,035件（前年比241%）であり、月最高は3月の3,168件（前年最高10月338件）であった。

アクセス方法は、パソコンからが97%～100%であり、大部分を占めていた。

※スマートフォンは、パソコンとしてカウントした。

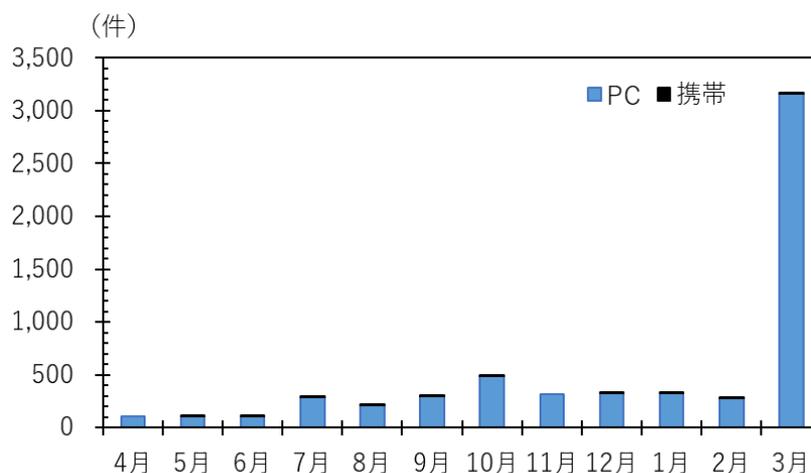


図3 ホームページアクセス件数の推移

表1 令和2年(2020年)4月～令和3年(2021年)3月の長洲局ブイによる日平均水温(°C)、塩分およびクロロフィル濃度(μg/L)

日\項目	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月													
	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分												
1	14.1	32.1	5.7	18.5	32.2	5.3	21.8	33.3	26.5	24.1	21.3	14.1	29.4	4.2	26.6	22.6	55.8	24.0	30.7	3.3	16.5	31.1	2.6	11.8	30.7	2.3	10.7	32.5	3.7	12.3	32.3	5.7				
2	14.3	32.0	3.5	19.5	31.9	6.4	22.4	33.0	28.5	24.7	24.8	12.8	29.7	1.5	26.5	21.8	53.0	24.2	30.4	4.8	16.3	31.1	2.7	12.0	30.9	2.3	10.9	31.4	3.5	12.6	32.3	5.7				
3	14.6	32.0	3.5	19.3	31.7	8.4	22.6	32.7	25.4	24.4	25.1	23.3	29.4	1.3	26.7	21.0	74.6	24.3	30.1	5.7	16.2	30.9	2.3	11.8	30.8	2.1	10.7	32.0	2.7	12.3	32.2	4.8				
4	15.0	30.5	4.1	19.1	31.4	7.4	24.8	23.1	24.7	29.0	1.1	26.6	20.8	56.9	24.3	30.0	4.8	19.7	31.3	2.9	16.0	31.3	2.1	11.6	30.8	2.1	10.5	31.8	2.8	12.2	32.1	5.2				
5	15.0	30.8	6.2	19.5	31.5	10.3	24.8	23.8	16.1	28.6	12.7	8.1	28.6	12.7	8.1	26.3	21.0	29.9	24.2	30.4	3.7	19.3	30.7	2.9	11.4	30.9	2.2	10.6	31.9	3.0	12.5	32.0	5.1			
6	14.7	31.4	4.7	18.3	32.7	14.8	24.4	19.2	13.7	28.3	19.8	12.9	25.8	21.5	20.2	23.6	30.5	3.7	19.4	31.2	3.8	15.6	31.2	2.2	11.2	31.9	2.4	10.7	31.6	2.6	12.6	32.2	4.7			
7	15.2	30.7	6.3	17.9	32.7	17.3	23.4	12.8	9.4	28.2	20.7	13.5	25.7	22.0	15.7	23.3	30.6	3.6	19.4	31.3	5.0	15.5	31.2	2.4	10.6	31.7	2.5	11.2	31.6	2.7	12.3	32.3	4.7			
8	15.5	30.7	7.4	18.3	33.0	13.9	24.1	9.9	8.9	28.4	22.0	14.5	26.0	21.6	27.0	23.2	30.8	3.8	19.7	31.8	2.9	15.4	31.1	2.4	10.6	31.9	2.4	11.1	31.8	3.3	12.4	32.4	3.6			
9	15.6	30.5	8	18.6	32.9	8.0	24.1	8.3	9.0	28.6	23.3	14.1	26.5	22.7	97.7	22.8	30.9	3.6	19.5	32.1	2.3	15.6	31.2	2.4	10.9	32.2	2.3	11.0	32.1	3.5	12.5	32.5	3.7			
10	15.4	30.2	9.1	18.8	32.7	10.1	23.6	8.6	8.6	28.1	24.8	10.9	27.4	23.6	155.9	22.9	30.9	3.2	19.7	32.5	2.3	15.7	31.3	2.2	10.7	32.4	2.5	11.1	32.1	3.6	12.5	32.4	3.8			
旬平均	14.9	31.1	5.85	18.8	32.3	10.2	22.3	33.0	26.8	24.2	17.7	14.1	28.8	20.6	8.2	26.4	21.9	58.7	23.7	30.5	4.0	19.8	31.5	3.5	15.9	31.2	2.3	11.3	31.4	2.3	10.9	31.9	3.1	12.4	32.3	4.7
11	15.3	30.2	14.7	19.4	32.6	9.7	23.6	6.3	9.2	27.7	25.2	11.3	27.2	24.7	8.7	23.0	31.0	2.4	19.4	32.7	2.9	15.6	31.2	2.4	10.5	32.3	2.9	11.2	32.0	4.3	13.0	32.4	4.2			
12	15.0	30.3	16.8	19.3	32.0	20.0	23.5	6.3	8.8	28.5	23.4	10.9	26.3	25.8	7.2	23.1	30.9	2.4	19.1	32.8	3.2	15.7	29.9	2.3	10.3	32.3	2.8	11.4	31.9	4.7	13.2	32.1	5.6			
13	14.5	29.5	2.9	19.2	30.9	19.8	23.3	6.4	7.4	29.9	22.2	13.6	25.9	26.9	5.7	23.0	31.5	2.5	18.8	31.1	3.2	15.7	31.2	2.1	10.4	32.4	2.9	11.7	31.9	4.6	13.3	32.2	5.2			
14	14.6	30.5	28.6	19.0	33.4	14.8	23.7	4.8	8.0	30.7	21.7	14.8	26.0	28.1	5.5	22.8	31.4	3.4	18.9	31.4	3.1	15.3	31.3	1.9	10.5	32.2	2.9	12.0	31.8	4.9	13.3	32.1	5.0			
15	15.2	31.2	31.5	24.0	5.7	13.8	31.0	22.0	15.6	26.4	28.4	8.2	22.5	31.3	3.5	19.1	31.3	3.4	14.4	31.1	1.9	14.4	31.1	1.9	10.7	32.2	3.0	12.1	31.8	4.2	13.6	31.8	6.3			
16	15.6	31.4	36.4	24.3	5.3	17.0	30.9	22.6	26.3	26.3	27.7	7.8	22.3	31.1	4.0	19.3	31.2	4.0	13.6	30.9	2.0	11.0	32.3	3.3	11.8	31.9	4.0	13.7	31.9	4.0	13.7	31.7	8.6			
17	15.2	30.8	24.2	25.8	7.7	26.5	30.0	22.8	13.5	26.0	26.6	7.4	22.0	30.9	3.9	19.5	31.0	4.3	13.0	30.7	2.2	10.7	32.5	3.5	11.3	31.7	4.4	13.9	32.0	6.7						
18	15.7	30.2	2.9	26.3	10.3	28.0	28.0	25.2	10.0	25.9	27.1	13.8	21.9	30.7	4.0	19.7	30.7	4.3	12.7	30.5	2.1	10.2	32.5	3.8	10.5	31.3	5.5	13.9	32.2	4.3						
19	15.3	31.1	15.9	27.0	9.3	27.9	27.3	26.8	9.9	25.7	28.3	11.6	21.7	30.6	4.8	19.8	30.9	4.1	12.6	30.6	2.2	10.2	32.7	3.7	11.1	32.1	3.4	13.8	32.3	3.9						
20	15.7	30.4	13.4	27.6	9.6	32.4	28.2	26.4	17.7	25.5	28.5	18.2	21.7	30.4	4.3	19.8	30.6	4.1	12.4	30.4	2.3	10.6	33.0	3.7	11.0	31.8	4.1	13.9	32.1	3.9						
旬平均	15.2	30.5	23.95	19.2	32.2	16.1	24.9	7.2	17.9	29.2	23.8	14.4	26.1	27.2	9.4	22.4	31.0	3.5	19.3	31.4	3.7	14.1	30.8	2.1	10.5	32.4	3.3	11.4	31.8	4.4	13.6	32.1	5.4			
21	15.8	30.0	15.2	27.7	10.2	27.5	28.2	26.6	36.3	21.6	30.3	5.1	19.5	30.9	2.8	12.5	30.5	2.4	10.9	33.1	3.7	11.0	31.0	6.1	13.9	32.0	3.4	13.7	31.8	2.2	13.7	31.8	2.2			
22	15.2	28.7	1.6	28.0	11.1	16.9	27.2	27.0	44.2	21.6	30.7	5.1	19.5	31.5	2.5	13.0	30.7	2.5	11.2	33.0	3.5	11.6	30.7	6.7	13.7	31.8	2.2	13.4	31.4	2.6	13.4	31.4	2.6			
23	14.8	30.5	22.5	24.4	24.9	24.6	27.7	11.2	16.9	27.1	26.9	51.8	21.1	31.0	3.1	18.9	31.4	2.1	13.6	31.0	2.4	11.5	33.2	4.0	12.3	31.1	7.3	13.9	31.2	2.9	13.9	31.2	2.9			
24	14.8	30.8	13.2	20.9	31.6	6.7	24.8	24.9	24.9	26.6	10.0	12.6	27.0	27.3	43.1	20.6	30.9	2.9	19.0	31.1	2.0	13.7	31.9	2.5	11.6	33.6	4.1	11.8	32.4	6.9	13.9	31.2	2.9			
25	15.1	31.1	16.7	20.8	32.2	6.5	25.2	22.9	32.6	26.5	10.7	27.4	25.5	21.6	25.0	30.5	1.8	19.3	31.4	2.3	13.4	31.8	2.2	11.8	33.9	3.3	11.9	32.4	7.0	14.7	31.6	3.3				
26	15.5	30.8	25.5	20.8	32.1	9.6	25.8	23.3	25.8	25.1	11.8	27.5	25.2	8.6	24.6	30.5	2.0	20.8	30.7	9.4	19.2	31.7	2.6	13.4	31.8	2.1	11.9	32.3	3.0	11.9	32.3	8.5	14.5	32.4	3.8	
27	15.8	31.3	10.4	20.8	32.4	16.2	25.6	24.2	20.6	25.2	11.9	27.5	24.5	18.6	24.5	31.1	1.6	21.2	31.1	8.1	19.0	31.6	2.8	13.2	31.6	2.2	11.9	33.9	2.8	11.8	32.5	8.0	14.9	32.0	6.3	
28	16.0	31.9	5.1	20.5	33.3	35.0	26.0	24.3	17.6	25.5	11.6	27.7	23.2	61.4	24.2	31.1	2.1	21.3	31.1	8.1	18.4	31.6	2.7	13.2	31.6	2.0	11.8	33.9	2.9	11.9	32.4	6.7	15.1	31.4	9.0	
29	16.3	32.4	4.3	21.9	32.8	55.3	25.9	20.7	18.7	27.2	8.1	28.1	24.0	45.6	24.1	30.8	3.2	21.3	31.1	6.1	17.7	31.3	2.8	13.4	31.5	2.1	11.2	34.0	3.4	15.1	31.4	6.5				
30	16.9	32.5	4.3	21.6	33.1	34.7	25.2	22.3	18.1	28.7	7.5	28.2	24.4	48.3	24.1	30.2	3.2	21.2	31.5	5.1	17.0	31.2	2.8	12.9	31.3	2.3	10.6	33.7	3.0	15.4	31.4	7.5				
31				21.7	33.3	27.2	29.7	7.1	27.4	23.5	80.2	20.8	31.6	4.8	11.4	30.5	2.4	10.5	33.4	3.2	15.3	31.8	4.1	13.9	32.1	3.9	13.6	32.1	5.4	13.6	32.1	5.4				
旬平均	15.6	31.0	13.3	21.0	32.5	22.2	25.2	23.5	22.9	27.0	10.6	13.0	27.6	25.3	41.8	24.4	30.7	2.3	21.1	31.0	6.0	18.7	31.4	2.5	13.1	31.3	2.3	11.4	33.6	3.4	11.8	31.8	7.2	14.6	31.7	4.9
月平均	15.2	30.9	14.4	19.7	32.4	15.9	24.5	25.9	23.9	25.4	12.1	14.9	28.5	23.7	22.1	25.8	26.0	26.7	22.3	30.8	4.5	19.3	31.4	3.2	14.3	31.1	2.3	11.1	32.5	3.0	11.3	31.8	4.7	13.5	32.0	5.0

※ 機器不具合等により、24時間連続観測が実施できなかった日は空白とした。

表2 令和2年(2020年)4月～令和3年(2021年)3月の小島局ブイによる日平均水温(°C)および塩分

日\項目	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月	
	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分
1	14.6	30.77	18.9	30.9	23.2	27.7	23.8	17.9	30.7	14.8	28.5	27.3	24.3	29.6	20.8	16.3	29.9	10.8	29.6	11.5	31.9	12.8	31.5	
2	14.4	28.8	20.0	30.4	22.9	31.6	25.0	19.8	30.1	15.6	27.1	28.7	24.5	29.5	20.8	16.2	29.6	11.0	29.7	11.7	31.9	13.1	31.4	
3	15.0	28.88	20.0	30.9	22.7	31.4	24.6	22.2	29.6	16.5	26.6	30.3	24.6	29.6	20.4	16.3	30.1	11.3	30.2	11.3	30.9	12.7	30.5	
4	15.7	27.58	19.5	31.8	22.4	29.8	23.6	18.4	29.9	16.4	26.7	29.8	24.6	29.9	19.2	16.0	30.6	11.1	30.0	10.9	30.3	12.6	30.3	
5	15.7	29.76	19.8	31.9	22.7	30.9	24.1	15.3	30.4	16.0	26.7	29.5	24.4	29.9	19.2	15.7	30.6	11.3	30.0	11.0	31.1	13.1	30.6	
6	15.4	28.17	19.8	32.6	22.7	31.0	23.9	17.9	30.2	17.7	26.4	29.6	23.5	29.5	19.7	15.8	30.8	11.1	31.6	11.5	31.1	13.4	30.8	
7	15.8	29.85	20.1	32.0	22.9	31.1	23.2	11.8	29.1	19.2	25.9	28.5	23.1	30.0	19.9	15.9	30.5	10.8	31.9	12.1	30.5	12.4	32.0	
8	15.8	30.32	19.3	32.8	23.3	31.3	23.6	6.7	28.6	20.7	26.2	25.9	23.0	30.5	19.7	15.6	30.5	9.4	31.7	11.8	31.2	12.6	32.1	
9	15.8	30.07	19.0	33.1	23.3	31.7	23.8	7.5	29.0	21.1	26.5	28.9	22.8	30.8	19.0	15.6	30.5	8.4	31.2	11.3	31.5	12.9	31.4	
10	15.8	29.8	18.6	33.5	23.4	31.9	23.7	13.0	28.6	21.9	27.2	28.7	23.2	30.9	19.0	16.5	31.4	8.6	30.8	11.5	31.6	13.1	31.3	
旬平均	15.4	29.36	19.5	32.0	22.9	30.9	23.9	15.0	29.6	18.0	26.8	28.3	23.8	30.0	19.8	16.0	30.4	10.4	30.7	11.5	31.2	12.9	31.2	
11	15.8	29.26	19.3	33.6	23.4	30.9	23.2	9.2	28.1	23.2	27.1	25.7	23.5	31.2	19.1	16.5	31.2	9.2	30.5	11.7	32.0	13.9	30.5	
12	15.4	30.16	19.6	33.5	23.4	25.7	22.5	1.3	28.6	21.4	26.6	26.8	23.2	30.5	19.1	16.6	31.3	9.9	30.8	12.0	31.9	13.9	30.9	
13	14.7	31.83	19.9	34.0	23.5	27.5	22.5	3.7	29.8	21.4	26.5	26.9	23.1	30.4	19.2	16.4	31.3	10.2	30.7	12.4	32.2	13.7	30.9	
14	14.7	31	20.7	32.7	23.8	23.8	23.4	6.5	30.2	22.5	26.4	25.1	23.0	30.4	19.1	15.6	31.1	10.9	30.8	12.7	32.4	14.0	30.5	
15	15.5	29.88	20.7	31.1	23.9	22.0	22.4	2.2	30.6	23.0	26.8	25.4	22.5	30.4	19.3	14.0	30.7	11.4	30.9	13.0	32.4	14.0	31.0	
16	16.2	30.34	20.6	24.9	24.6	21.0	23.6	4.4	31.3	23.2	26.5	27.5	22.2	30.0	19.7	13.0	30.6	11.6	31.1	12.5	32.4	13.9	31.9	
17	16.4	30.85	21.4	17.7	25.3	23.0	25.6	5.3			26.1	27.8	21.6	29.4	20.1	12.2	30.0	10.7	31.2	11.8	32.4	14.5	31.8	
18	16.5	31.88	20.7	26.3	24.5	25.8	26.9	6.6			25.9	27.9	21.9	29.9	20.3	12.3	30.2	10.2	30.6	9.8	32.1	15.0	31.5	
19	16.5	30.4	20.2	27.3	23.5	21.3	27.3	8.9	29.8	23.9	25.3	28.2	21.9	30.0	20.3	12.6	30.5	10.3	31.1	9.9	31.4	15.1	31.3	
20	16.5	31.74	20.6	25.6	23.4	24.6	27.9	11.5	29.2	24.9	26.4	26.6	22.0	30.2	20.1	12.0	30.0	10.2	30.3	10.5	30.9	15.2	30.1	
旬平均	15.8	30.654	20.4	28.7	23.9	24.6	24.5	6.0	29.7	22.9	26.4	26.6	22.5	30.2	19.6	14.1	30.7	10.5	30.8	11.6	32.0	14.3	31.0	
21	16.6	31.23	20.5	28.3	23.5	24.6	28.0	13.4	29.1	25.1			22.0	30.2	19.5	12.0	30.0	10.8	30.6	11.8	30.6	15.0	30.3	
22	16.0	30.27	20.5	27.5	23.8	25.5	28.1	15.2	28.0	26.0			21.8	29.9	19.1	12.3	30.2	11.6	30.2	12.5	30.6	13.6	32.2	
23	15.1	30.33	20.9	26.1	25.1	24.7	27.8	15.9	27.5	25.6			21.3	31.8	19.0	12.1	30.0	11.4	29.9	13.1	30.2	13.7	31.1	
24	15.0	29.6	21.5	25.7	25.6	25.2	25.7	15.6	28.0	26.2			20.3	30.9	18.4	12.4	30.9	11.6	30.8	12.8	30.2	14.7	30.3	
25	15.4	30.53	21.7	27.8	25.4	25.5	24.5	13.5	27.7	27.1	25.1	28.8	20.7	20.7	18.6	12.6	31.3	11.8	31.4	12.9	30.2	15.8	30.0	
26	15.7	30.89	21.4	30.4	25.8	25.3	25.0	16.8	27.8	26.6	25.1	30.9	20.7	20.7	18.7	12.5	31.0	12.4	30.1	12.6	30.9	16.2	29.9	
27	16.3	30.9	21.6	30.6	25.4	23.6	25.1	16.3	27.7	26.0	24.6	31.1	20.9	20.9	19.0	12.7	31.1	12.6	30.8	11.9	31.5	15.5	31.5	
28	16.8	31.42	22.0	31.5	25.9	17.8	25.7	16.4	27.9	25.9	24.1	30.7	21.3	30.5	17.9	13.3	31.1	12.3	30.6	12.1	31.5	15.4	31.8	
29	17.3	31.41	22.4	31.2	25.6	19.4	27.4	15.9	28.8	25.4	24.0	29.4	21.5	29.8	17.0	13.7	30.7	11.4	31.1			15.6	31.5	
30	18.0	31.36	22.6	29.3	24.3	23.3	29.4	13.7	29.4	25.8	24.4	29.5	21.3	30.3	16.6	13.5	31.3	10.8	30.3			15.9	31.9	
31			23.1	26.9			30.3	15.0	29.0	26.5			20.9	30.9		11.6	30.9	11.3	30.9			16.0	32.0	
旬平均	16.2	30.8	21.7	28.7	25.0	23.5	27.0	15.2	28.2	26.0	24.5	30.1	21.1	30.7	18.4	12.6	30.8	11.6	30.6	12.5	30.7	15.2	31.1	
月平均	15.8	30.3	20.5	28.7	24.0	26.3	25.2	12.2	29.1	22.4	26.1	28.1	22.4	30.2	19.3	14.2	30.6	10.8	30.7	11.8	31.3	14.2	31.1	

※ 機器不具合等により、24時間連続観測が実施できなかつた日は空白とした。

表3 令和2年(2020年)4月～令和3年(2021年)3月の長浜局ブイによる日平均水温(°C)および塩分

日\項目	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月		3月	
	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分	水温	塩分
1	14.5	31.88	18.1	29.4	22.4	29.4	29.2	14.6	28.6	28.6	28.9	24.2	29.9	21.2	31.4	17.5	33.8	11.8	33.7	12.9	33.0	12.9	33.0	
2	14.2	29.84	18.8	30.1	21.6	30.1	28.9	16.2	27.1	27.1	31.2	24.4	30.2	21.1	31.2	17.4	33.3	11.9	33.0	12.9	33.0	12.9	32.9	
3	14.9	30.26	18.9	31.0	21.7	31.0	28.4	17.9	26.3	26.3	32.4	24.6	30.6	20.7	30.5	17.4		11.5	31.7	12.6	31.2	12.6	31.2	
4	15.3	31.49	18.6	31.0	21.4	31.0	28.0	18.8	26.6	26.6	32.0	24.5	30.7	20.3	30.4	17.0		11.1	32.0	12.6	31.9	12.6	31.9	
5	14.9	31.61	18.9	28.9	22.1	28.9	29.3	18.5	26.5	26.5	32.5	24.2	30.8	20.4	30.8	17.2		11.2	32.3	13.0	31.6	13.0	31.6	
6	15.1	31.51	18.7	29.2	21.6	29.2	29.6	19.2	26.3	26.3	31.2	23.4	30.4	20.5	31.4	16.9		11.6	31.8	13.1	31.9	13.1	31.9	
7	15.3	29.56	19.0	28.6	22.1	28.6	28.5	21.0	26.1	26.1	32.0	23.2	30.1	20.3	30.5	17.1		11.4	32.3	12.7	32.0	12.7	32.0	
8	15.4	20.55	18.8	29.3	22.5	29.3	24.2	14.5	26.3	26.3	32.1	23.4	31.0	19.9	29.7	17.0		9.8	31.7	12.8	32.6	12.8	32.6	
9	15.6	21.41	18.5	29.3	24.3	29.3	24.3	12.3	26.8	26.8	30.8	23.1	30.9	19.3	29.2	17.0		9.5	32.0	12.8	31.9	12.8	31.9	
10	15.5	25.91	18.2	29.7	23.9	29.7	28.0	23.8	27.3	27.3	29.7	23.3	31.1	19.7	30.7	17.3		10.1	32.3	13.0	32.0	13.0	32.0	
旬平均	15.1	28.402	18.6	29.7	21.9	29.7	24.1	21.4	26.8	26.8	31.3	23.8	30.6	20.3	30.6	17.2	33.5	11.6	32.4	12.8	32.1	12.8	32.1	
11	15.6	27.16	18.8	29.7	23.5	29.7	23.5	16.4	27.0	27.0	28.1	23.4	31.2	20.0	31.5	17.3		11.5	33.0	13.7	33.0	13.7	33.0	
12	15.1	29.63	18.8	29.7	22.2	29.7	28.0	25.2	26.5	26.5	28.5	23.2	30.6	20.1	31.6	17.5		11.4	33.0	13.7	32.1	13.7	32.1	
13	14.7	32.74	18.9	30.1	23.5	30.1	29.1	23.8	26.4	26.4	28.1	23.1	30.6	20.1	31.5	17.2		11.9	33.3	13.6	32.0	13.6	32.0	
14	14.8	32.74	19.8	30.1	24.3	30.1	24.3	18.5	26.2	26.2	28.0	22.9	30.6	19.7	31.8	16.6		12.2	33.5	13.7	31.8	13.7	31.8	
15	15.6	32.28	20.0	30.1	23.7	30.1	29.6	23.5	26.6	26.6	31.1	22.5	30.7	19.8	32.0	15.3		12.4	33.7	13.9	32.5	13.9	32.5	
16	16.0	32.22	19.8	29.7	23.9	29.7	30.0	23.5	25.9	25.9	32.0	22.3	30.8	20.0	32.3	14.2		12.2	33.6	13.6	33.0	13.6	33.0	
17	16.1	32.49	20.0	29.1	24.9	29.1	30.6	23.4	25.6	25.6	29.5	21.9	30.5	20.2	32.4	14.3		11.4	33.0	14.1	33.4	14.1	33.4	
18	15.9	33.5	20.1	27.8	25.8	33.5	30.4	23.2	25.4	25.4	29.5	22.2	31.3	20.3	32.4	14.6		10.8	32.8	14.7	32.8	14.7	32.8	
19	16.2	32.94	19.5	29.9	26.8	29.9	29.4	24.3	25.4	25.4	29.5	22.2	31.3	20.3	32.6	14.2		11.0	33.2	14.6	32.6	14.6	32.6	
20	16.0	33.09	19.7	28.7	26.6	33.09	28.8	25.4	26.6	26.6	29.5	22.2	31.6	20.3	32.5	12.8		10.6	32.3	14.8	32.2	14.8	32.2	
旬平均	15.6	31.879	19.5	28.9	24.5	28.9	29.2	24.2	26.2	26.2	29.0	22.6	30.9	20.1	32.1	15.4		11.5	33.1	14.0	32.4	14.0	32.4	
21	16.0	33.13	19.6	28.3	26.8	28.3	28.5	25.9	26.8	26.8	29.0	22.2	31.3	19.6	30.8	13.3		11.6	32.5	14.6	32.6	14.6	32.6	
22	15.8	32.89	20.0	27.2	27.3	27.2	27.6	27.2	27.3	27.3	29.5	22.1	30.7	19.5	31.6	14.2		12.0	32.0	13.8	32.2	13.8	32.2	
23	15.2	32.45	20.3	28.5	27.0	28.5	27.1	27.7	27.0	27.0	29.4	21.6	31.1	19.4	32.8	14.1		11.6	32.6	13.5	30.5	13.5	30.5	
24	15.1	32.45	20.8	29.1	25.4	29.1	27.7	27.3	25.4	25.4	29.1	20.4	28.4	18.5	32.0	14.1		12.0	33.3	14.4	31.6	14.4	31.6	
25	15.4	33.35	21.0	30.1	24.4	30.1	24.4	19.5	24.7	24.7	28.5	21.0	29.7	18.9	32.7	12.7		12.2	33.3	14.8	32.1	14.8	32.1	
26	15.6	33.78	20.7	29.8	24.6	29.8	27.5	28.0	24.6	24.6	29.3	21.5	30.7	19.1	33.3	13.3		12.4	33.1	15.4	32.1	15.4	32.1	
27	16.0		20.9	29.3	24.9	29.3	27.5	28.5	24.4	24.4	29.5	21.6	30.8	19.3	33.9	13.3		12.5	33.4	15.3	32.8	15.3	32.8	
28	16.4		21.0	30.4	25.2	30.4	27.9	28.7	24.0	24.0	29.1	21.5	31.0	18.8	33.9	13.3		12.3	32.7	15.2	33.1	15.2	33.1	
29	17.0		21.6	29.1	26.3	29.1	28.3	28.3	24.1	24.1	29.0	21.7	31.1	18.1	33.8	13.3		11.7	33.5	15.5		15.5		
30	17.6		21.6	28.9	27.8	28.9	29.0	28.0	24.2	24.2	29.5	21.5	31.0	17.8	33.9	13.3		11.2	33.2	15.6		15.6		
31			21.9	28.9	28.6	28.9	28.6	14.5	28.6	28.6	29.5	20.9	30.5	17.8	33.9	13.3		11.8	34.0	15.6		15.6		
旬平均	16.0	33.0	20.9	29.1	26.2	29.1	28.0	27.8	24.3	24.3	29.1	21.4	30.6	18.9	32.9	13.8		11.9	33.0	14.9	32.1	14.9	32.1	
月平均	15.6	30.8	19.7	28.0	21.9	29.7	25.0	16.0	26.0	26.0	30.0	22.6	30.7	19.8	31.8	16.0	33.5	11.5	32.9	13.9	32.2	13.9	32.2	

※ 機器不具合等により、24時間連続観測が実施できなかった日は空白とした。

表4 令和2年(2020年)4月～令和3年(2021年)3月の田浦局ブイによる日平均水温(°C)

日\項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	水温											
1	15.1	18.2	22.6	23.8	30.5	27.4	24.9	21.8	18.4	13.2		13.5
2	15.0	18.9	22.7	24.7	30.8	26.3	25.0	21.7	18.3	13.0		13.5
3	15.1	19.2	22.3	24.3	30.3	26.0	25.0	21.3	18.2	12.4		13.2
4	15.6	19.5	21.9	23.8	29.8	26.5	25.0	21.2	16.7		12.2	13.4
5	15.6	19.6	21.9	23.8	29.6	26.2	24.8	21.2	16.5		12.1	13.7
6	15.6	19.2	21.6	24.0	29.3	25.9	24.4	21.1	16.4		12.3	13.5
7	15.8	17.8	21.9	24.1	28.9	25.9	24.3	21.1	16.8		12.6	13.4
8	16.0	17.8	21.8	24.6	28.4	26.3	24.0	21.2	16.9		12.4	13.5
9	16.2	17.5	21.7	23.7	28.4	26.8	23.2	20.9	16.1		12.4	13.7
10	16.0	17.9	22.4	24.0	27.8	27.4	23.8	21.0	16.1		12.5	13.9
旬平均	15.6	18.5	22.1	24.1	29.4	26.5	24.4	21.3	17.0	12.9	12.3	13.5
11	16.0	18.4	22.5	24.1	27.8	27.4	23.8	20.9	16.4		12.6	14.0
12	15.9	18.9	22.6	23.3	28.8	27.0	23.9	20.7	16.7		12.6	14.1
13	15.3	19.1	22.9	22.9	29.6	27.0	23.9	20.7	16.5		12.8	14.1
14	15.5	19.0	23.2	24.4	30.2	26.6	23.8	20.6	15.6		12.9	14.3
15	16.0	19.2	23.3	23.4	30.4	26.7	23.6	20.6	14.3		12.9	14.4
16	16.3	19.8	24.2	23.6	30.5	26.5	23.4	20.6	14.3		12.6	14.4
17	16.1	21.1	25.0	24.8	29.6	26.3	23.1	20.7	13.8		12.3	14.7
18	16.4	21.3	24.3	26.3	28.6	26.3	23.0	20.8	14.2		11.7	14.7
19	16.3	20.7	23.6	26.7	27.7	26.7	22.9	20.8	14.3		12.9	14.7
20	16.3	21.1	23.2	27.5	28.1	27.5	22.8	20.6	13.5		12.9	14.7
旬平均	16.0	19.9	23.5	24.7	29.1	26.7	23.4	20.7	15.0		12.6	14.4
21	16.4	20.4	23.2	28.1	28.4		22.7	20.6	13.7		13.1	14.8
22	16.3	20.3	23.5	28.7	28.0		22.6	20.4	14.4		13.4	14.4
23	15.8	20.5	24.3	28.7	27.5		22.3	20.0	14.5		13.5	14.5
24	16.1	20.9	24.6	27.4	27.3		22.3	20.7	14.6		13.2	14.8
25	16.3	21.3	24.8	26.1	27.1		22.5	20.4	14.0		13.2	15.2
26	16.4	21.5	25.0	26.0	26.5	25.4	22.7	20.3	12.5		13.2	15.2
27	16.9	21.5	24.6	26.0	26.6	25.2	22.5	20.3	12.9		13.1	15.3
28	17.1	21.3	24.9	26.5	27.3	25.1	22.6	19.6	13.5		13.2	15.3
29	17.3	21.6	25.1	28.1	27.7	25.0	22.5	19.2	14.3			15.6
30	17.7	21.8	23.7	29.1	27.9	24.9	22.3	18.9	13.5			15.6
31		21.9		29.8	27.7		21.8		12.4			15.5
旬平均	16.6	21.2	24.4	27.7	27.4	25.1	22.4	20.0	13.7		13.3	15.1
月平均	16.1	19.9	23.3	25.5	28.6	26.3	23.4	20.7	15.2	12.9	12.7	14.4

※ 機器不具合等により、24時間連続観測が実施できなかった日は空白とした。

# 水産養殖漁場赤潮等広域監視システム技術開発事業

(九州南部海域における赤潮等の広域監視ネットワークの構築)

国庫  
平成29(2017)～  
令和3(2021)年度

## 緒言

養殖漁場における赤潮の発生状況を早期に認識して、被害軽減に向けた迅速な対応を行うため、有害プランクトンセンサー\*や赤潮カメラを組み込んだ新たな観測システムの開発を目的として、このシステムを用いた海況観測を実施した。

なお、事業の詳細については、令和2年度漁場環境改善推進事業のうち赤潮および貧酸素水塊の広域自動モニタリング技術の開発（赤潮貧酸素観測技術開発共同研究機関）に報告した。

\*有害プランクトンセンサー（AH1W2；JFEアドバンテック製）：海水中に垂下設置するもので、FSI値といわれる閾値が1.9～2.8程度で有害プランクトンであるシャットネラの発生の情報メールを発信する本システムの要となるセンサー。

## 方法

- 1 担当者 安藤典幸、向井宏比古
- 2 調査項目及び内容

### (1) 環境調査

ア テレメータシステムによる連続海況観測（図1）  
観測機器

#### (ア) テレメータ

水深1mの水温、塩分、蛍光強度、濁度、FSI値（有害プランクトンセンサー閾値）を30分間隔で測定した。得られたデータは、携帯電話システムを利用しリアルタイムで送信した。

[使用測機]

- ・水温、塩分：JFEアドバンテック(株)製 ACTW
- ・蛍光強度、濁度：JFEアドバンテック(株)製 ACLW2
- ・FSI値：JFEアドバンテック(株)製 AH1W2

#### (イ) 赤潮カメラ

アンドロイドOS搭載スマートフォンのカメラ機能を活用し、6:00～19:00の間に10分間隔で海面を撮影した。得られたデータは、携帯電話システムを利用してリアルタイムで送信した。

調査期間

三角町地先で令和2年(2020年)9月24日～10月21日までの期間、楠浦町地先で10月22日～11月27日までの期間設置し、観測を行った。

#### イ 多項目水質計による鉛直観測

令和2年(2020年)10月13日（干潮1時間前）と10月21日（満潮1時間前）に三角町地先において、JFEアドバンテック(株)製AAQ176を用いて、水温、塩分、クロロフィル蛍光強度、溶存酸素(DO)、濁度を観測した。

### (2) データの公表

調査期間中の観測データを、熊本県のホームページ上に掲載した。

なお、赤潮カメラの映像は午前10時の撮影データのみ掲載した。



図1 テレメータシステムの設置状況

## 結果および考察

### 1 環境調査

#### (1) テレメータシステムによる連続海況観測

9月24日～10月21日における三角町地先の水温等の海況観測結果を図2に示す。

水温は、21.2℃から25.4℃の間で比較的安定して推移した。

塩分は28.5から32.0で緩やかな上昇傾向を示した。

システム上でFSI値1.9～2.8を示したのは調査期間中に合計8回あったが、この間、赤潮カメラの画像からは有害プランクトン等による赤潮の発生は確認できなかった。

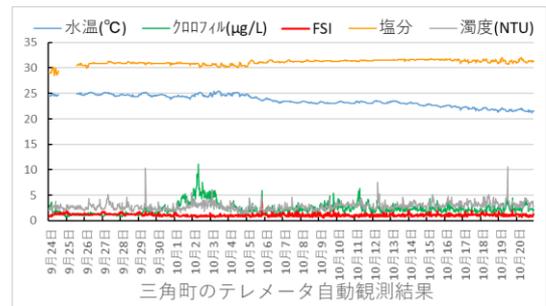


図2 海況観測結果

#### (2) 多項目水質計

10月13日（干潮1時間前）と10月21日（満潮1時間前）に三角町で実施した多項目水質計による各項目の鉛直観測結果を図3に示す。

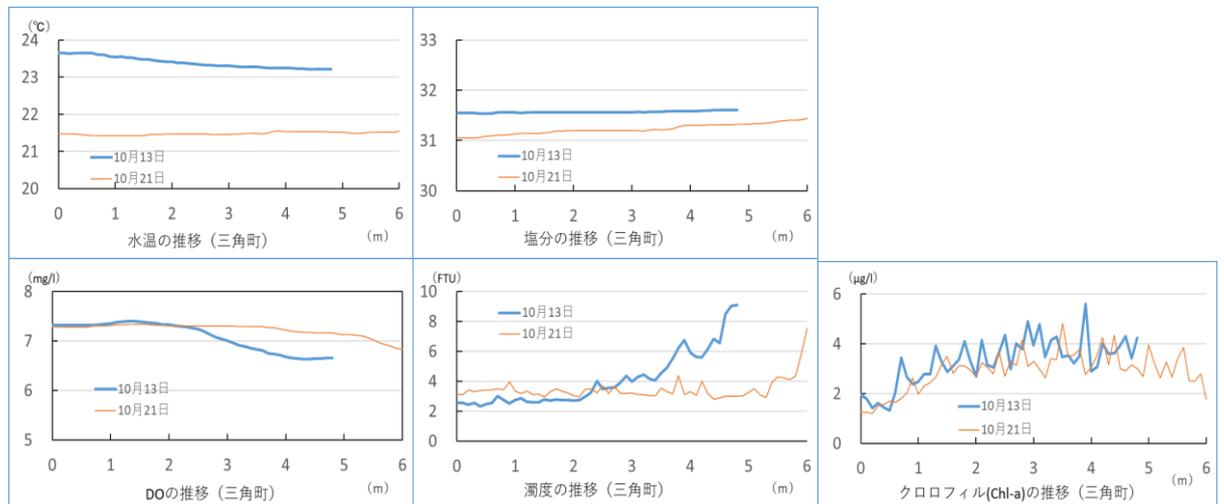


図3 鉛直観測結果

水温は、10月13日は底層が表層より0.6℃ほど低かったが、10月21日は、ほぼ一定の水温を示した。

一方、塩分は10月13日はほぼ一定だったが、10月21日は表層から底層に向け穏やかな上昇傾向を示した。

溶存酸素(DO)は、10月13日は2.5mあたりから緩やかに低下していたが、10月21日はほぼ一定であった。

濁度は、いずれの調査日においても底層付近で高くなる傾向を示した。これは機器の設置場所が漁業取締船の棧橋に位置し、比較的水深が浅いこともあり、船の航行による底泥の巻き上げも原因として考えられた。

### 2 データの公表

調査期間中の水温、塩分、クロロフィル蛍光強度、濁度、FSIの観測結果はリアルタイムで、赤潮カメラの画像は毎日午前10時撮影データを熊本県のホームページにて公表した(図4、5参照)。



図4 テレメータ観測値

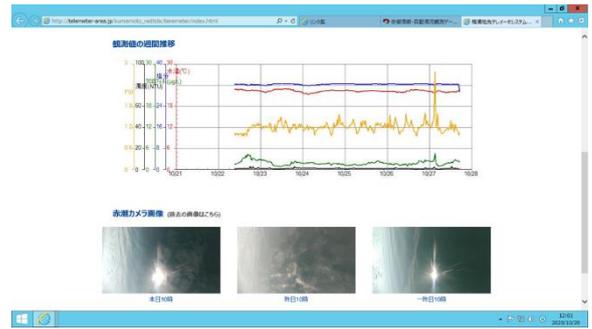


図5 観測値の推移と赤潮カメラの画像

# 有明海・八代海赤潮等被害防止対策事業Ⅰ（国庫委託 平成17（2005）年度～）

（夏季赤潮調査）

## 緒言

熊本県有明海域において、赤潮発生や貧酸素水塊等による漁業被害の軽減のため、同海域の環境特性を把握することを目的とした。

## 方法

1 担当者 木下裕一、安藤典幸、向井宏比古、増田雄二、中村真理

2 方法

(1) 調査定点 (図1)

ア 沖側5点 (●印 水深25m~39m)

イ 岸側3点 (○印 水深11m~12m)

(2) 調査層 水深0m層、2m層、5m層、10m層、  
(以下10m間隔)、海底付近(海底上1m)

(3) 調査回数 6回(7月から9月までの隔週)

(4) 調査項目

ア 水温、塩分、クロロフィル蛍光値、濁度、溶存酸素を多項目水質計(JFEアドバンテック社製AAQ176型)による鉛直観測(海面から海底付近まで)を実施した。

イ 栄養塩類濃度

原則として3層(水深0m層、中層、海底付近)の溶存態無機窒素(DIN)、溶存態無機リン(DIP)、溶存態ケイ素(DSi)を測定した。

ウ 植物プランクトンの組成

原則として3層(水深0m層、2m層、5m層)を分析した。

エ その他

解析のため、気象庁が公開しているアメダスデータおよび国土交通省が公開している河川の水位データを用いた。

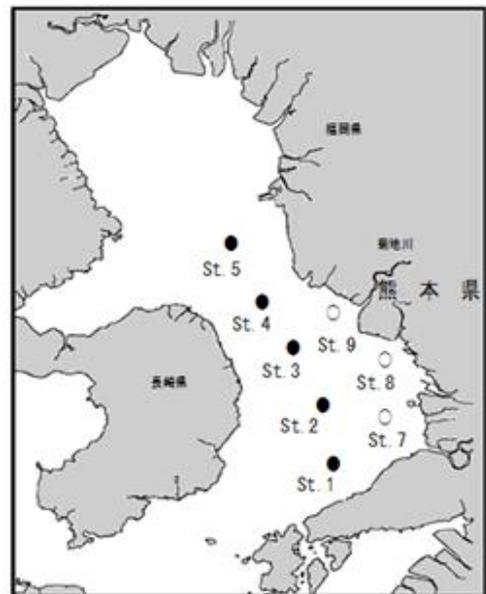


図1 調査定点

## 結果および考察

1 モニタリング調査

調査結果は、データベース化し、水産庁委託事業「令和2年度漁場環境改善推進事業のうち貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発(1)貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発ア)有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築」として報告した。

(1) 水温

水温の推移を図2に示す。調査期間中、水温は22.2℃から29.7℃で推移した。7月下旬以降、表層付近から上昇しはじめ、鉛直差が大きくなったが、表層付近でも30℃を上回ることはなかった。

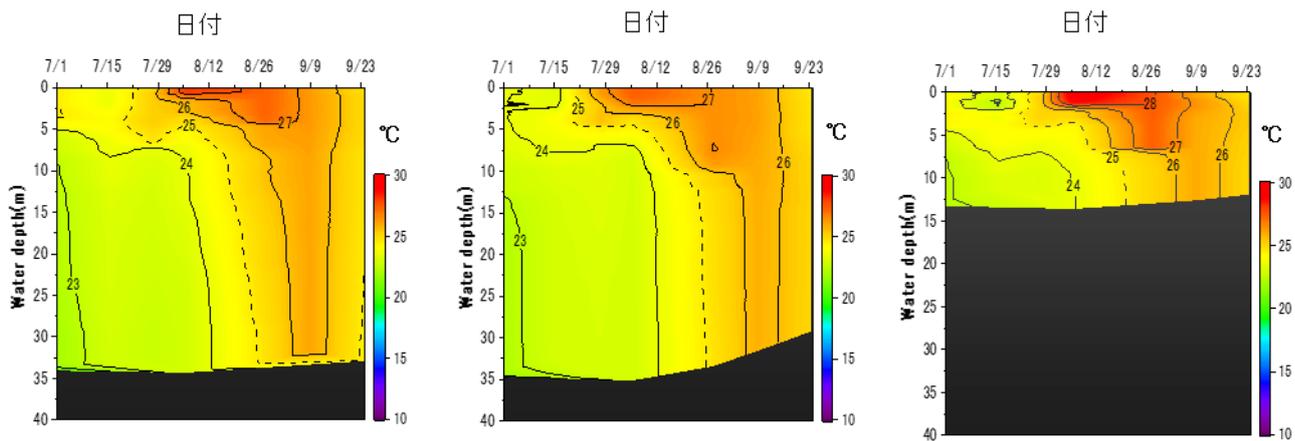


図 2 水温の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

### (2) 塩分

塩分の推移を図 3 に示す。調査期間中、塩分は 1.6 から 31.5 で推移した。7 月中旬から 8 月上旬に表層付近で低下し、特に St. 7、St. 9 などの沿岸点の低下が大きかった。

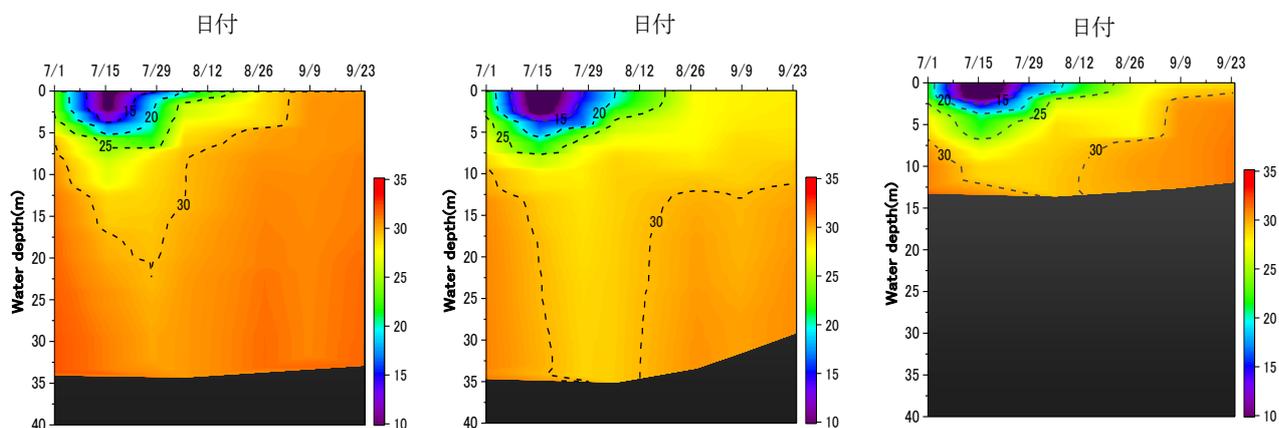


図 3 塩分の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

### (3) 海水密度 ( $\sigma_T$ )

海水密度 ( $\sigma_T$ ) の推移を図 4 に示す。調査期間中、 $\sigma_T$  は 0.0 から 20.9 で推移した。7 月中旬から 8 月上旬に表層付近で低下したが、これは塩分の低下による影響が大きいものと考えられた。

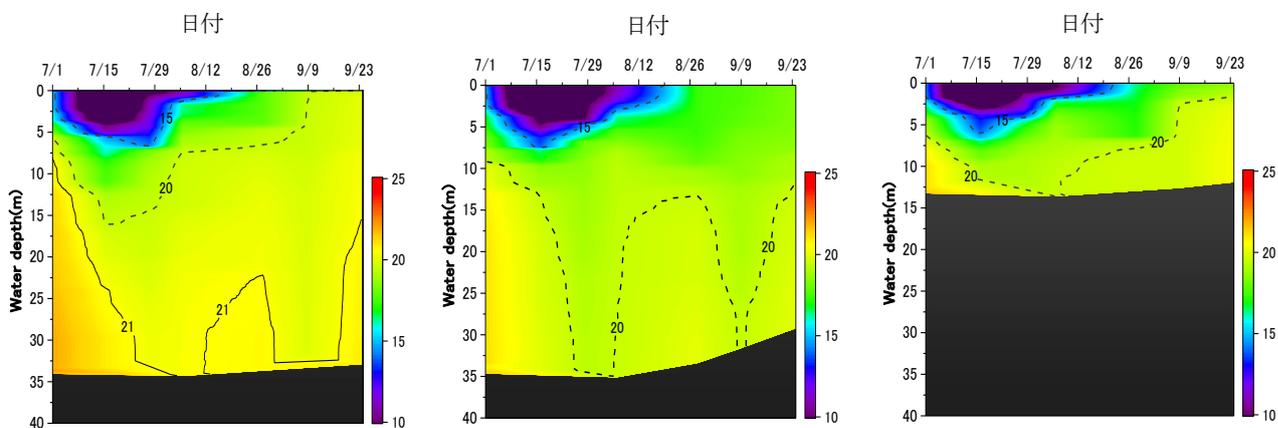


図 4  $\sigma$  の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

(4) クロロフィル a (植物プランクトン発生状況)

調査期間のクロロフィル a の推移を図 5 に示す。調査期間中、クロロフィル a は  $0.4 \mu\text{g/l}$  から  $154 \mu\text{g/l}$  で推移し、7月中旬から8月上旬および9月上旬に表層付近で増加した。

7月16日に St. 7 でプロロセントラム属が約  $8,500 \text{ cell/ml}$  確認され、他の調査点においても  $600 \sim 2,800 \text{ cells/ml}$  程度確認された。

7月28日に St. 2 でレプトキリンドルス属が約  $7,200 \text{ cell/ml}$  確認され、他の調査点においても  $600 \sim 4,800 \text{ cells/ml}$  程度確認された。

8月6日に再びレプトキリンドルス属が全調査点において  $600 \sim 4,900 \text{ cell/ml}$  程度確認されたが、8月20日には減少した。

8月28日に St. 3、St. 4 を中心にスケルトネマ属が  $350 \sim 1,200 \text{ cell/ml}$  程度確認された。9月9日には、全調査点に拡大し、St. 2 で最大  $7,700 \text{ cells/ml}$  確認されたが、9月24日には減少した。

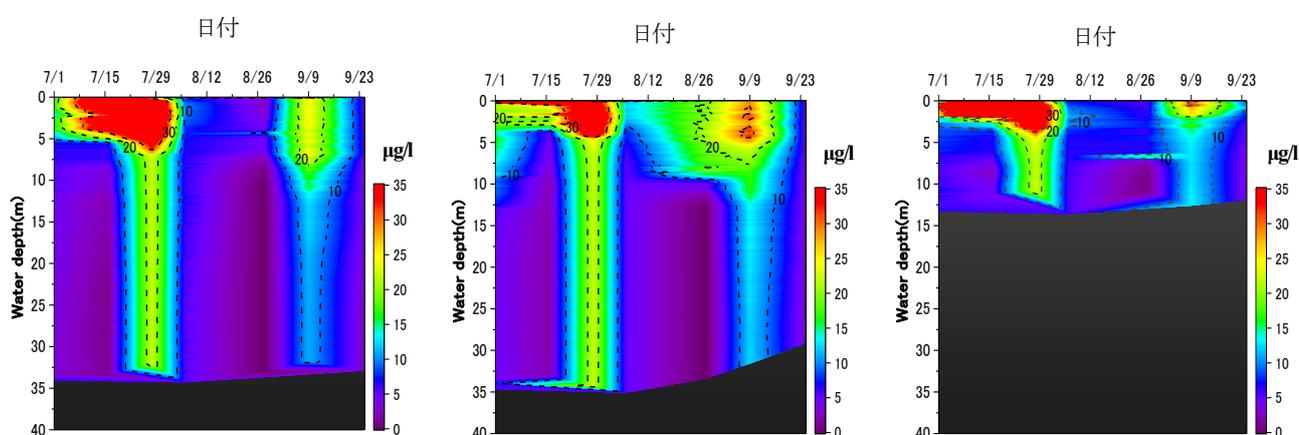


図 5 クロロフィル a の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

(5) 溶存態無機窒素 (DIN)

DIN の推移を図 6 に示す。調査期間中、DIN は  $0.8 \mu\text{M}$  から  $86.3 \mu\text{M}$  で推移した。7月中旬から下旬に表層付近で増加したが、その後低下し、9月上旬まで低い状態が続いた。

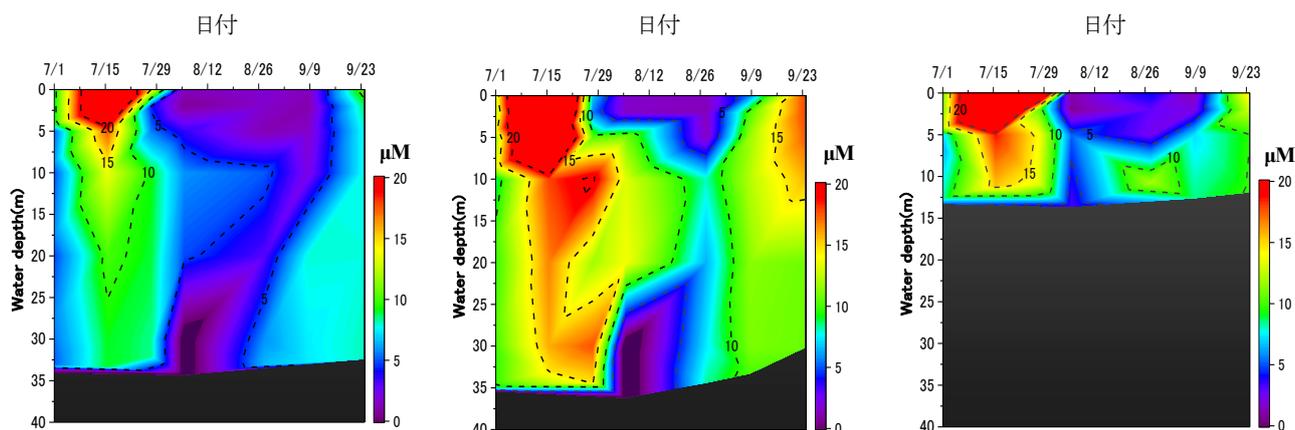


図 6 DIN の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

(6) 溶存態無機リン (DIP)

DIP の推移を図 7 に示す。調査期間中、DIP は  $0.0 \mu\text{M}$  から  $1.8 \mu\text{M}$  で推移した。St. 5 の 5m から 15m 層付近で増加したが、St. 1 や St. 7 では調査期間をとおして低かった。

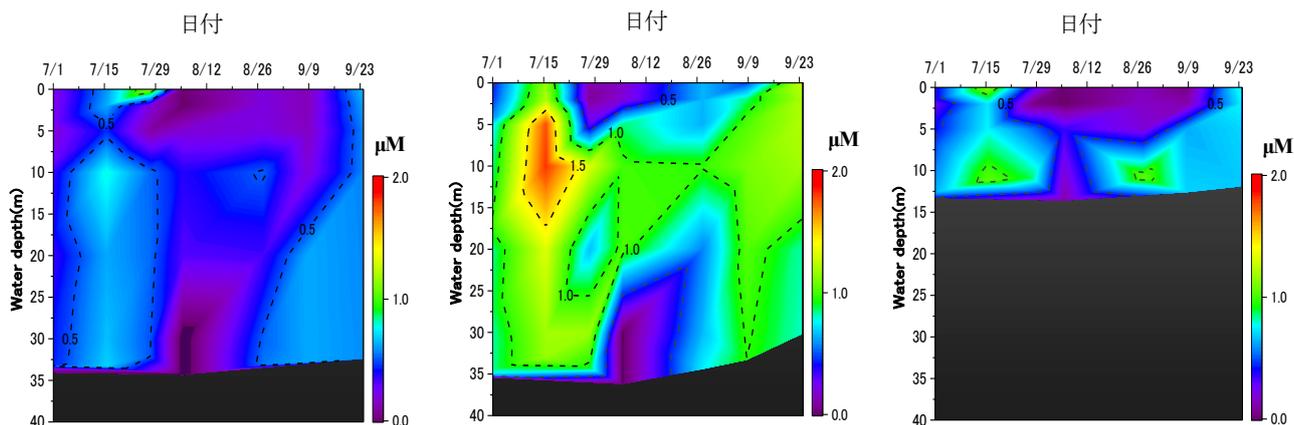


図 7 DIP の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

### (7) 溶存態ケイ素 (DSi)

DSi の推移を図 8 に示す。調査期間中、DSi は  $0.4 \mu\text{M}$  から  $353.0 \mu\text{M}$  で推移し、7 月中旬から 8 月上旬に表層付近で増加した。DIN、DIP と比較して調査期間をとおして豊富に存在していた。

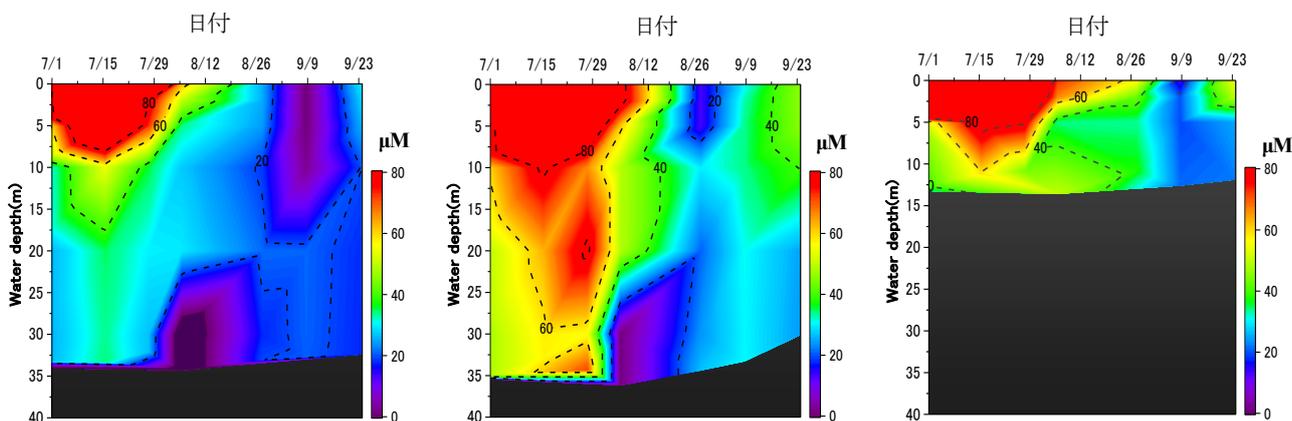


図 8 DSi の推移(代表 3 点 左図から St.1、St.5、St.7)

### (8) 気象

調査期間中の気象庁熊本観測所のアメダスデータの気温、降水量、全天日射量の推移を図 9 に、気温、降水量、日照時間の旬毎の階級区分を表 1 に示す。

気温は、7 月は平年より「低い」状態であり、この期間の気温の上昇は緩やかであった。8 月から 9 月上旬は「高い」もしくは「かなり高い」であったが、9 月中旬以降は「平年並み」もしくは「低い」となり、定期的な降雨により気温は下降した。

降水量は、活発な梅雨前線の停滞により 7 月は「かなり多い」もしくは「多い」であった。8 月は台風が通過した下旬が「多い」であった他は「かなり少ない」状態であった。9 月は、定期的な降雨により、「少ない」から「かなり多い」であった。

日射量、日照時間は、降雨が多いときは少なく、少ないときには多い傾向であり、8 月は概ね安定した天候が続いた。

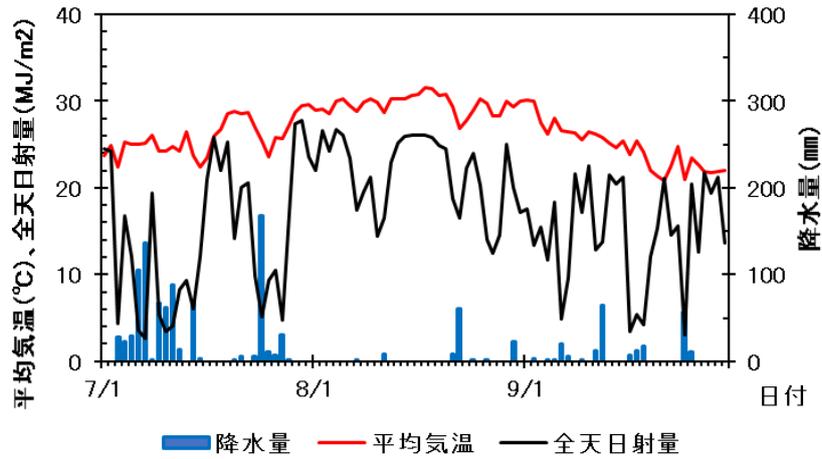


図 9 気温、降水量、合計全天日射量の推移

出典 気象庁(観測点:熊本市)

表 1 気温、降水量、日照時間の旬毎の階級区分

月	時期	気温	降水量	日照時間
7月	上旬	低い	かなり多い	少ない
	中旬	低い	多い	少ない
	下旬	低い	かなり多い	少ない
8月	上旬	高い	かなり少ない	平年並み
	中旬	かなり高い	かなり少ない	かなり多い
	下旬	かなり高い	多い	平年並み
9月	上旬	高い	少ない	少ない
	中旬	平年並み	かなり多い	少ない
	下旬	低い	平年並み	多い

出典 気象庁(観測点:熊本市)

(9) 河川水位

菊池川、白川、緑川の水位の変動を図 10 に示す。前述の降水量と比較すると、降雨が確認された後、水位が上昇していることが各河川で確認された。8月は三河川とも変動は小さかった。

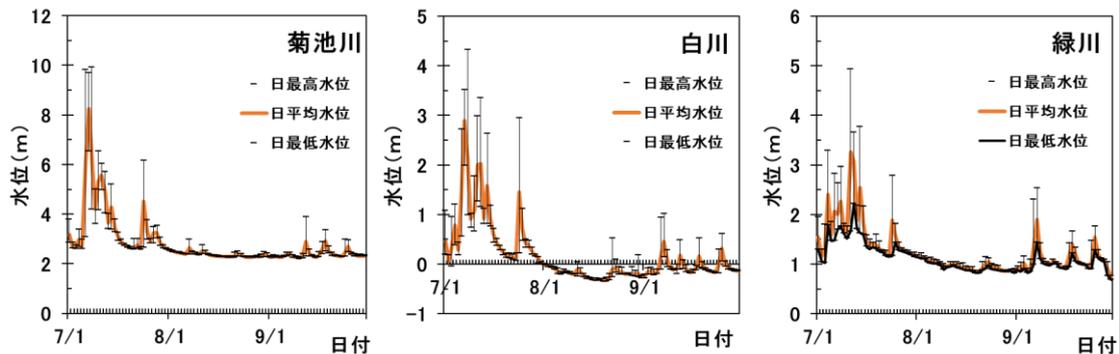


図 10 河川の水位の変動

出典 国土交通省(観測点:菊池川(菰田) 白川(代継橋) 緑川(城南))

(10) 溶存酸素濃度 (貧酸素水の発生状況)

溶存酸素濃度の推移を図 11 に示す。調査期間中、溶存酸素濃度は 2.2mg/l から 12.2mg/l で推移し、

3.0mg/l (図の赤線部) を下回る貧酸素水が、7月16日、7月28日調査時のst.5及び8月28日調査時のst.7で確認された。

7月16日、7月28日調査時は、海水の鉛直密度差が顕著に大きかったことに加えて、珪藻類および渦鞭毛藻類による赤潮が発生していた。一方、8月28日調査時は、顕著な海水の鉛直密度差は確認されなかったが、7月下旬から8月上旬にかけて発生した珪藻赤潮の衰退に伴いプランクトンが死滅、沈降したことによる有機物の供給に加え、台風による降雨により河川からの有機物の流入が影響したものと考えられた。

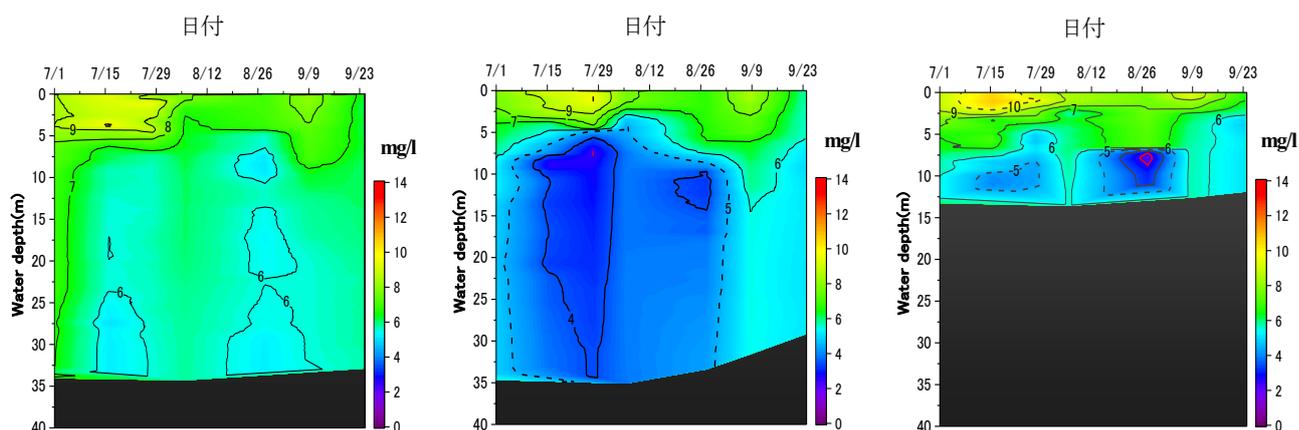


図 11 溶存酸素濃度の推移(代表3点 左図から St.1、St.5、St.7)

## 2 令和2年度(2020年度)のまとめ

### (1) 気象・海況について

7月の気温は、日本付近に停滞した梅雨前線による大雨により、平年より低く推移し、気温の上昇は緩やかであったものの、梅雨明けした7月下旬から8月は、安定した天候により30℃付近まで上昇、平年より高く推移した。東シナ海を台風が通過した8月下旬から9月にかけて、定期的な降雨により気温は下降した。

7月上旬および下旬の降水量は、平年よりかなり多く、河川の水位もこれに対応して上昇した。これらの降雨により8月上旬ごろまで、全調査地点の表層付近の栄養塩の供給や塩分低下による海水の鉛直密度差が大きい(7月16日に最大)状態が続いたが、その後は徐々に小さくなり、9月下旬ごろには鉛直混合しやすい状況となった。

また、植物プランクトンについては、7月中旬にはプロセントラム属の増殖、7月下旬から8月上旬にはレプトキリンドルス属等の増殖、8月下旬から9月上旬にはスケレトネマ属の増殖によりクロロフィルaが増加した。

調査期間をとおして、珪藻類の増殖が多く確認され、7月の降雨で供給された栄養塩も珪藻類等による赤潮の発生により消費された。

### (2) 貧酸素水塊の発生状況と環境要因について

貧酸素水塊の発生要因については、①物理的要因として、表層水温の上昇及び表層塩分の低下による海水の鉛直密度差の増大や②生物学的要因として底層付近での酸素消費量の増加が考えられる。

①については気温及び降雨により状況が左右されると考えられる。今年度は、前述の降雨の状況とおり、全調査地点において、7月上旬から8月上旬ごろまで海水の鉛直密度差の大きい状態が続き、それと同じくして、溶存酸素濃度の低下が確認され、7月16日および7月28日に、st.5の一部の水

深で3.0mg/lを下回る貧酸素水が確認された。

②については、赤潮の発生・衰退によりプランクトンが斃死し、底層へ沈降、有機物が増加することで貧酸素化することが考えられる。今年度は、赤潮の発生中から衰退後にかけて溶存酸素濃度が低下しており、また、沿岸部や湾奥部での低下が顕著であった。7月上旬から8月上旬ごろまで溶存酸素濃度の低下時には、珪藻類の継続した増殖が確認された。また、8月下旬の溶存酸素濃度の低下時には、7月下旬から8月上旬にかけて増殖した珪藻類による赤潮の影響に加えて、台風による降雨により河川からの有機物の流入が影響したものと考えられた。

今年度は、7月の梅雨前線停滞による大量の降雨やその後の赤潮の発生・衰退により、沿岸部や湾奥部での溶存酸素濃度の低下が顕著となり、その結果、中底層の一部で貧酸素水が発生したと考えられた。

今後は、有明海本県海域の水質環境、プランクトンの発生状況などの環境変動と貧酸素水の動態の関係を検証するため、継続的な調査が必要と考えられた。

## 参考文献

石谷哲寛・瀬口昌洋・郡山益美・加藤治 (2007) : 有明海西部西岸域における貧酸素水塊の発生と密度成層. 農業土木学会論文集 No. 247, pp. 65~72

堤裕昭・岡村絵美子・小川満代・高橋徹・山口一岩・門谷茂・小橋乃子・安達貴浩・小松利光 (2003) : 有明海奥部海域における近年の貧酸素水塊及び赤潮発生と海洋構造の関係. 海の研究, 12, 291-305, 2003

徳永貴久・児玉真史・木元克則・柴原芳一 (2009) : 有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性. 土木学会論文集 B2 (海岸工学) , Vol. B2-65, No. 1, 2009, 1011-1015

# 有明海・八代海赤潮等被害防止対策事業Ⅱ (国庫委託 平成17(2005)年度～)

(冬季赤潮調査)

## 緒言

熊本県有明海域において、赤潮や貧酸素水塊等の発生による漁業被害の軽減を目的に、環境特性を把握するためのモニタリング調査を実施した。

## 方法

1 担当者 向井宏比古、安藤典幸、木下裕一、増田雄二、中村真理

2 方法

(1) 調査定点

ア 沖側5点(図1の●印 水深25m~39m)

イ 岸側3点(図1の○印 水深11m~12m)

(2) 調査層: 水深0m層、2m層、5m層、10m層、(以下10m間隔)、海底付近(海底上1m)

(3) 調査回数: 10回(10月から2月までの隔週)

(4) 調査項目

ア 水温、塩分、海水密度、クロロフィルaについて、多項目水質計(JFEアドバンテック社製:AAQ176型)による鉛直観測(海面から海底付近まで)を行った。

イ 栄養塩類濃度

3層(水深0m層、中層、海底付近)の溶存態無機窒素、溶存態無機リン、溶存態ケイ素について、測定した。

ウ 植物プランクトンの組成

2層(沿岸:水深0m層、底-1m層、沖合:0m層、10m層)を分析した。

エ 気象条件

気象庁熊本観測所の気温、降水量、日照時間の各データを整理した。

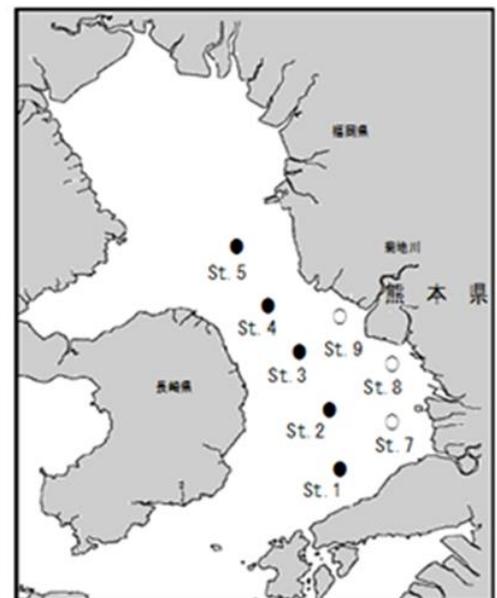


図1 調査定点図

## 結果および考察

1 モニタリング調査

調査結果は、データベース化し、水産庁委託事業「令和2年度漁場環境改善推進事業のうち赤潮被害防止対策技術の開発、1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発、カ. 有明海・八代海・鹿児島湾海域」として報告した。なお、後述の図2から図8において上限値を示す色は、値の変化を明確にするため上限値以上の値を含めている。

(1) 水温

図2に水温の推移を示す。調査期間中、水温は9.0℃から25.3℃で推移した。調査開始以降低下し、1月下旬に岸側の調査点 (St. 8) で10℃を下回った。また、夏季と比較すると鉛直差は小さかった。

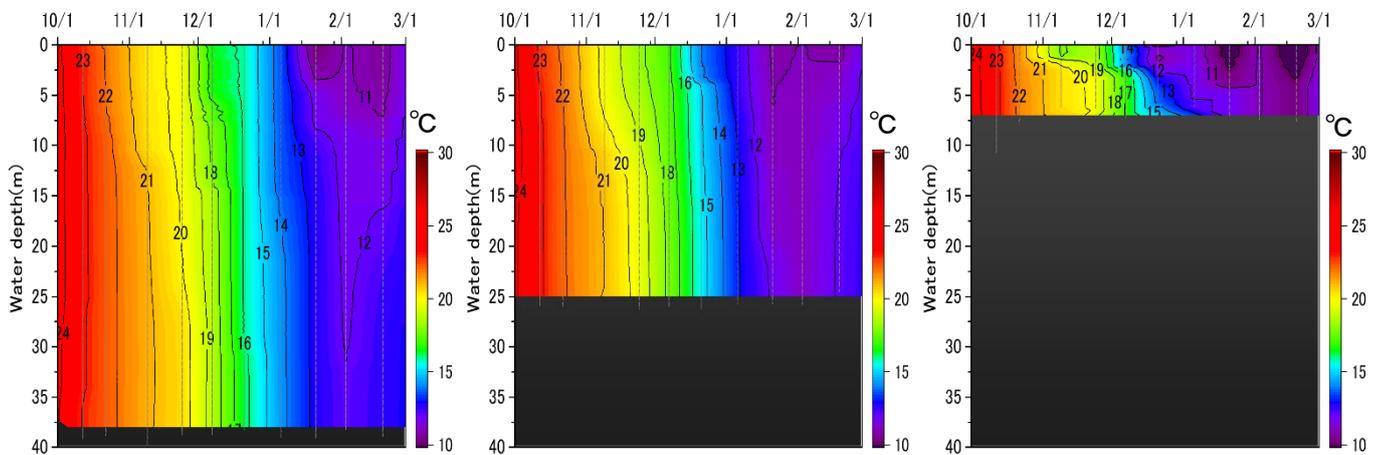


図2 水温の推移 (代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(2) 塩分

図3に塩分の推移を示す。調査期間中、塩分は26.8から33.2で推移した。2月ごろに岸側の定点の表層でやや低下したが、調査期間を通して鉛直差は小さかったことから、今期は、降雨による塩分への影響は少なかったと考えられた。

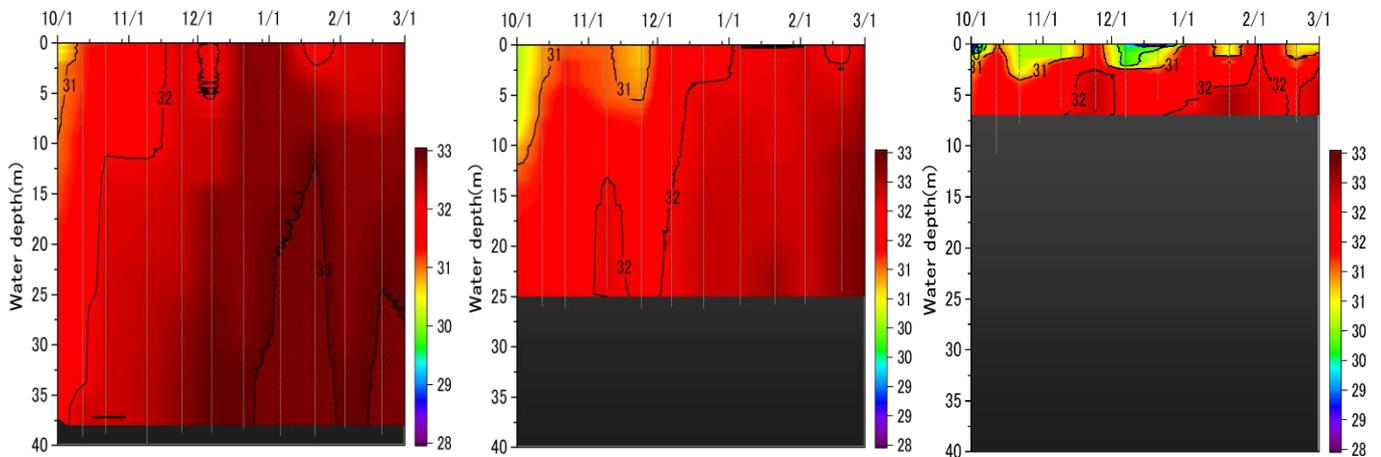


図3 塩分の推移 (代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(3) 密度

図4に密度（以下「 $\sigma_T$ 」という。）の推移を示す。調査期間中、 $\sigma_T$ は17.4から25.0で推移した。10月から2月にかけて徐々に低下したが、岸側では12月上旬に表層付近でやや低下した。また、沖側の調査点の南部（St. 2）と比べて北部（St. 4）の方が、更に岸側の調査点（St. 8）の方が低下しやすく、鉛直差も大きかった。

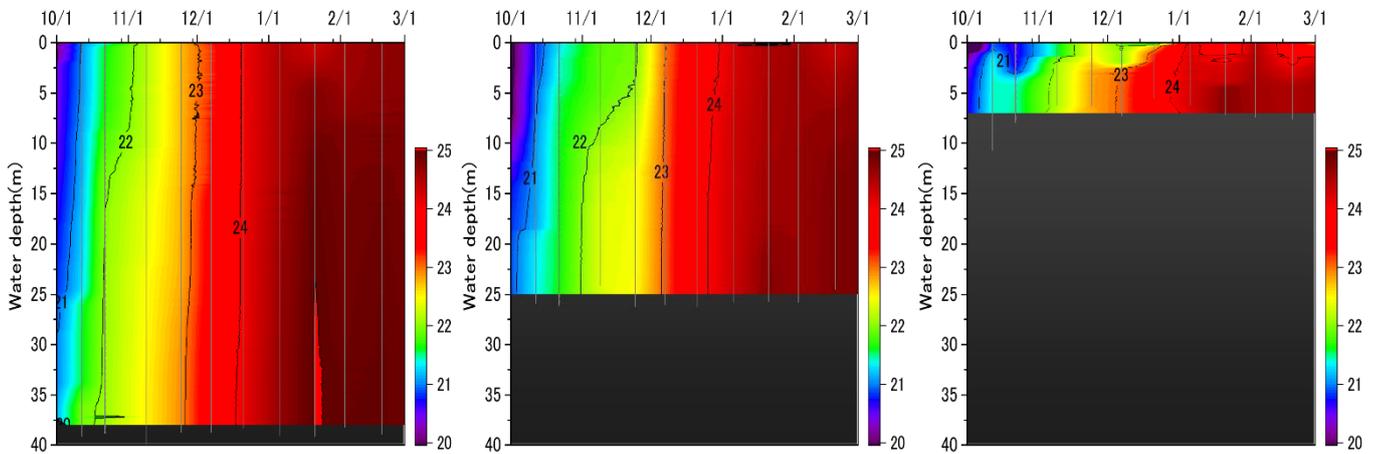


図4 海水密度 ( $\sigma_T$ ) の推移 (代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(4) 溶存態無機窒素

図5に溶存態無機窒素(以下「DIN」という。)の推移を示す。調査期間中、DINは $0.3 \mu\text{M}$ から $33.7 \mu\text{M}$ で推移した。概して11月下旬から12月下旬にかけて上昇したが、赤潮発生に伴い、翌年の1月以降は低下した。

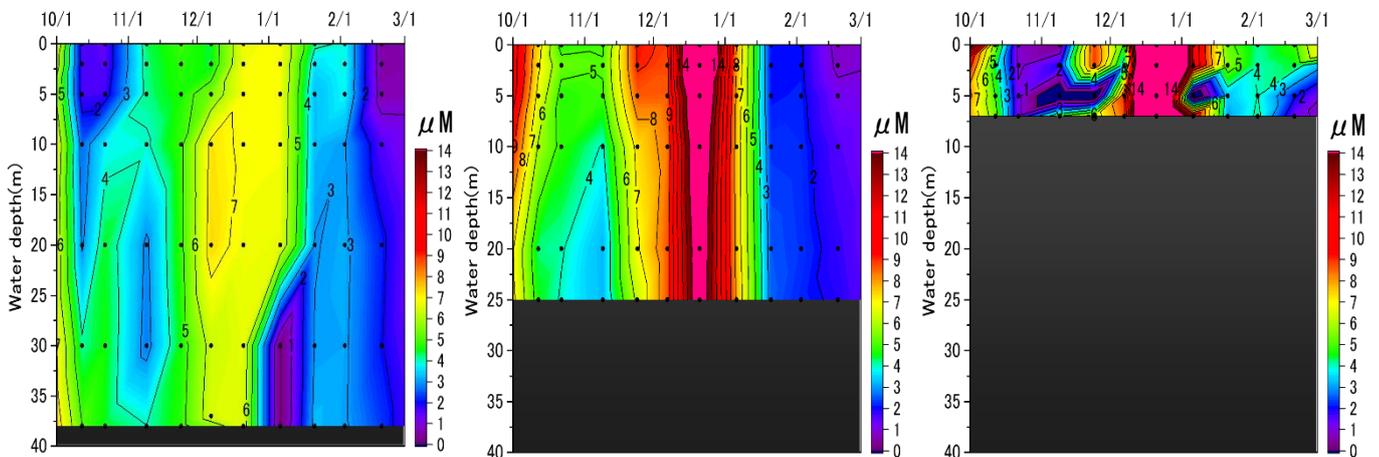


図5 DINの推移 (代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(5) 溶存態無機リン

図6に溶存態無機リン(以下「DIP」という。)の推移を示す。調査期間中、DIPは $0.0\mu\text{M}$ から $0.8\mu\text{M}$ で推移した。DINと同様に、概して11月下旬から12月下旬にかけて上昇したが、翌年の1月以降は低下した。

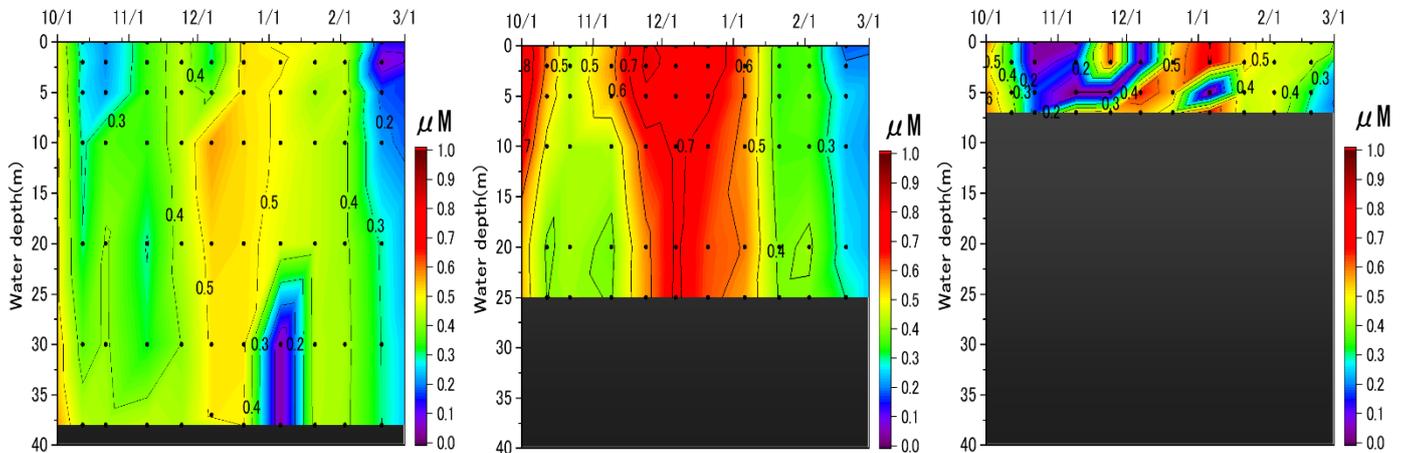


図6 DIPの推移(代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(6) 溶存態ケイ素

図7に溶存態ケイ素(以下「DSi」という。)の推移を示す。調査期間中、DSiは $1.4\mu\text{M}$ から $171.9\mu\text{M}$ で推移した。岸側の調査点(St. 8)では表層から中層で10月と11月を除いて多かった。沖側の調査点(St. 4)ではDINと同様に、概して11月下旬から12月下旬にかけて上昇したが、翌年の1月以降は低下した。

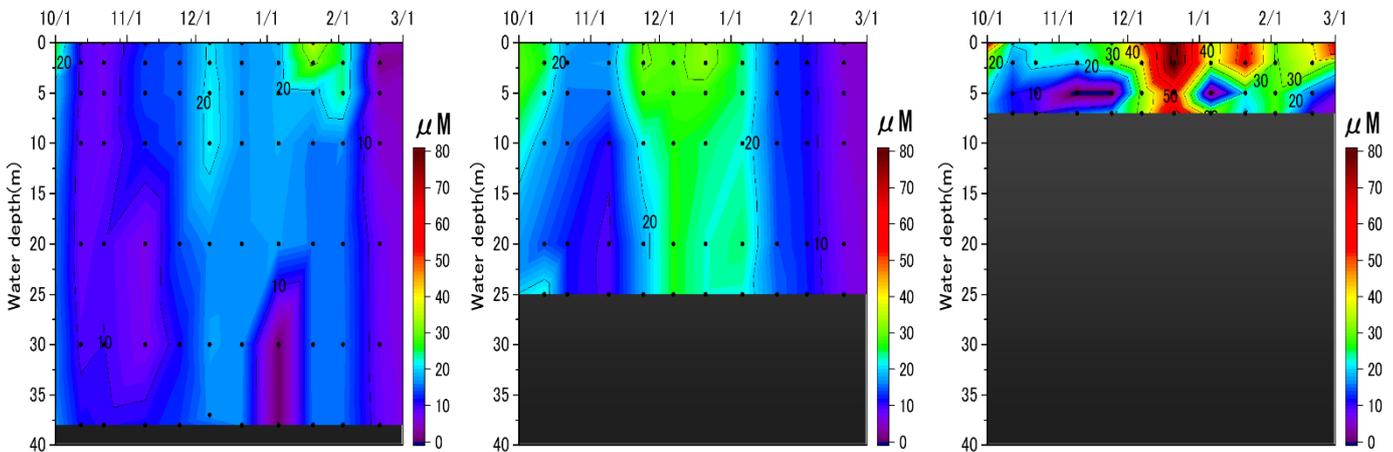


図7 DSiの推移(代表3点、左から St. 2 : St. 4 : St. 8)

(7) クロロフィルa及び植物プランクトンの推移

図8にクロロフィルaの推移を示す。調査期間中、クロロフィルaは0.2 $\mu\text{g/L}$ から19.3 $\mu\text{g/L}$ で推移した。10月はSt.2とSt.8がキートセロス属(優占種、以下省略)の高密度化により上昇し、12月はSt.8でスケルトネマ属、2月下旬はSt.4でキートセロス属、St.8でスケルトネマ属の高密度化により上昇した。

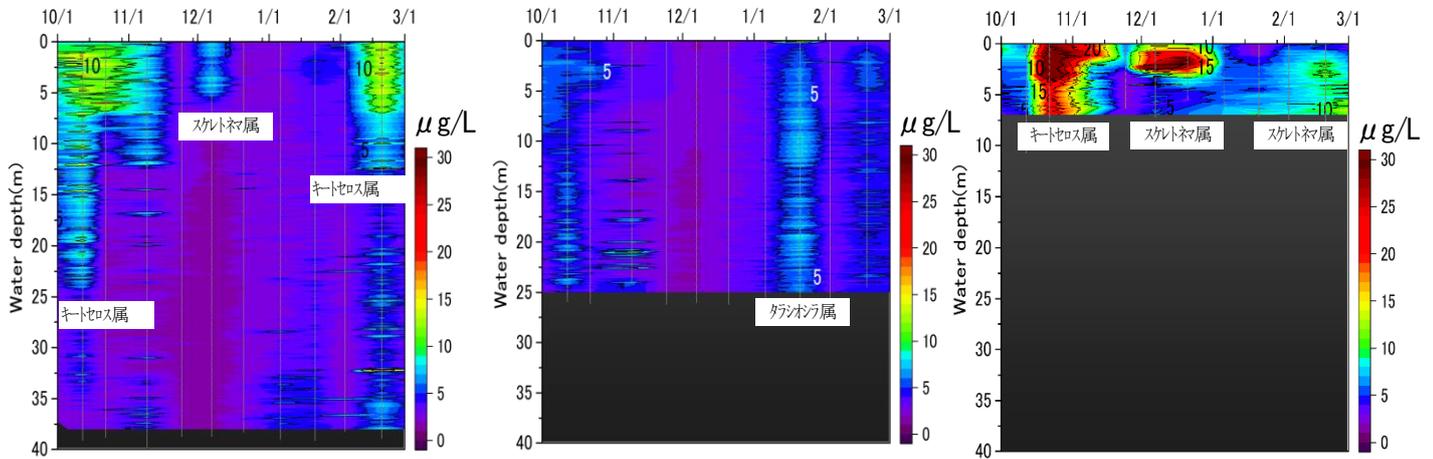


図8 クロロフィルaの推移(代表3点、左から St.2 : St.4 : St.8)

図9-1に珪藻類の細胞数、図9-2~図9-4に主要な珪藻プランクトンの細胞数の推移を示す。珪藻類は、概して10月下旬から11月上旬(最高10,000細胞)と12月上旬から中旬(最高13,000細胞)にかけて増加した。10月下旬から11月上旬の増加は、キートセロス属が優占種(最高9,700細胞)で、12月上旬から中旬にかけては、スケルトネマ属(11,000細胞)が優占種であった。

1月以降はすべての種類のプランクトンが少ない状態が続いたが、2月下旬になるとスケルトネマ属とユーカンピア属が増加しはじめ、3月中旬に実施した臨時調査ではスケルトネマ属が表層で4,700細胞、ユーカンピア属が水深5m層で1,100細胞まで増加した。

他の主なプランクトンの調査期間中の最高細胞数は、コスキノディスカス属(12細胞)、ローデリア属(48細胞)、レプトキリンドルス属(36細胞)、シュードニッチア属(40細胞)、リゾソレニア インブリカータ(16細胞)、その他のリゾソレニア属(27細胞)、タラシオネマ属(10細胞)、タラシオシラ属(36細胞)であった。

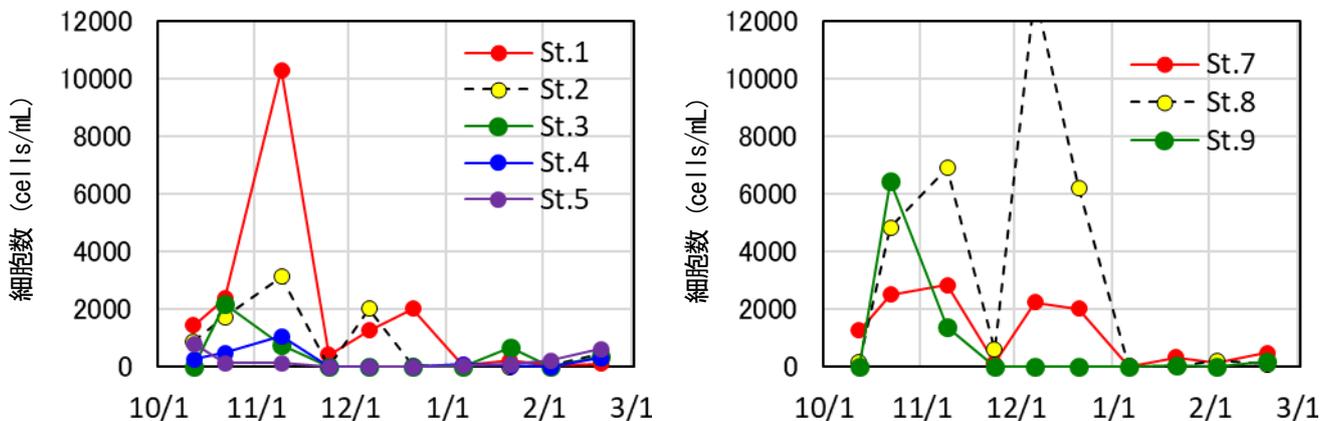


図9-1 珪藻類の細胞数の推移(表層、左図: 沖側、右図: 岸側)

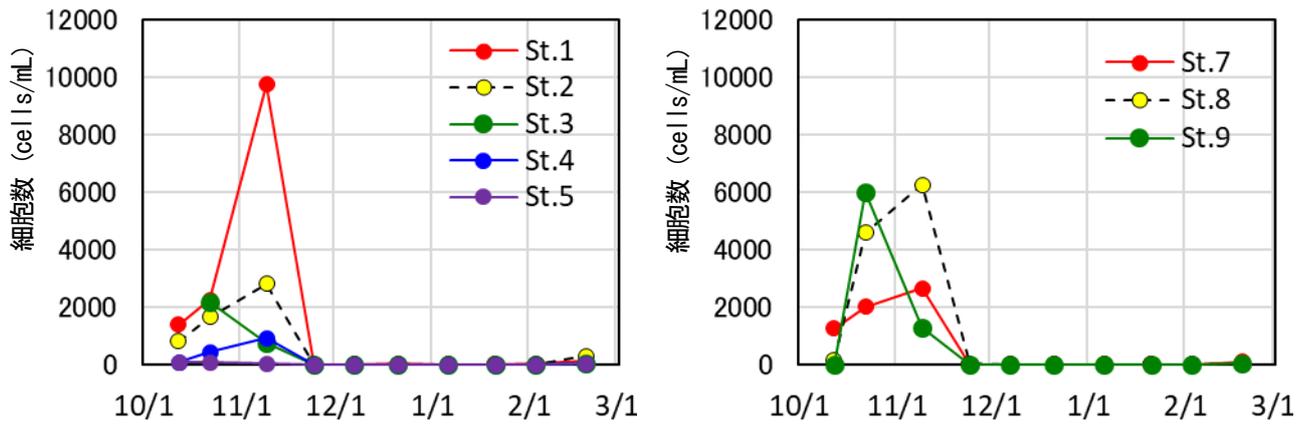


図9-2 キートセロス属の細胞数の推移（表層、左図：沖側、右図：岸側）

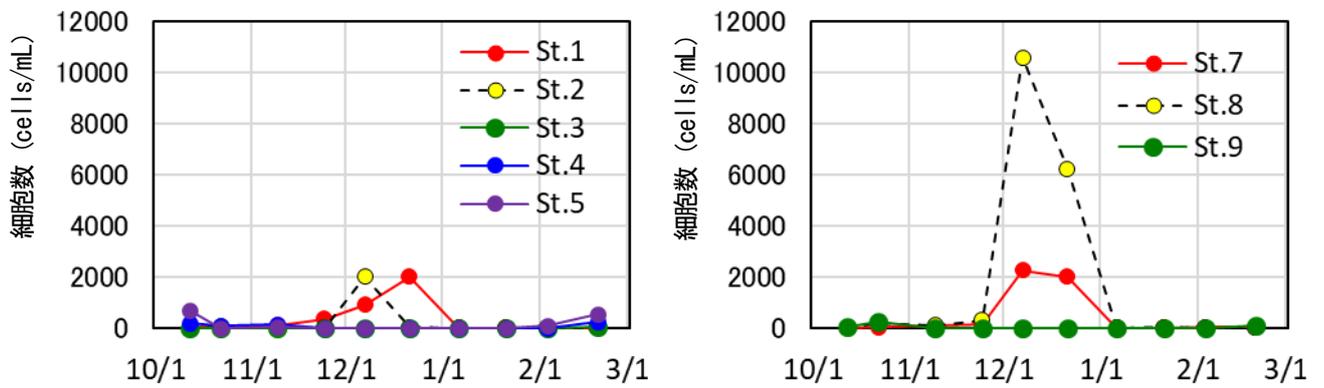


図9-3 スケルトネマ属の細胞数の推移（表層、左図：沖側、右図：岸側）

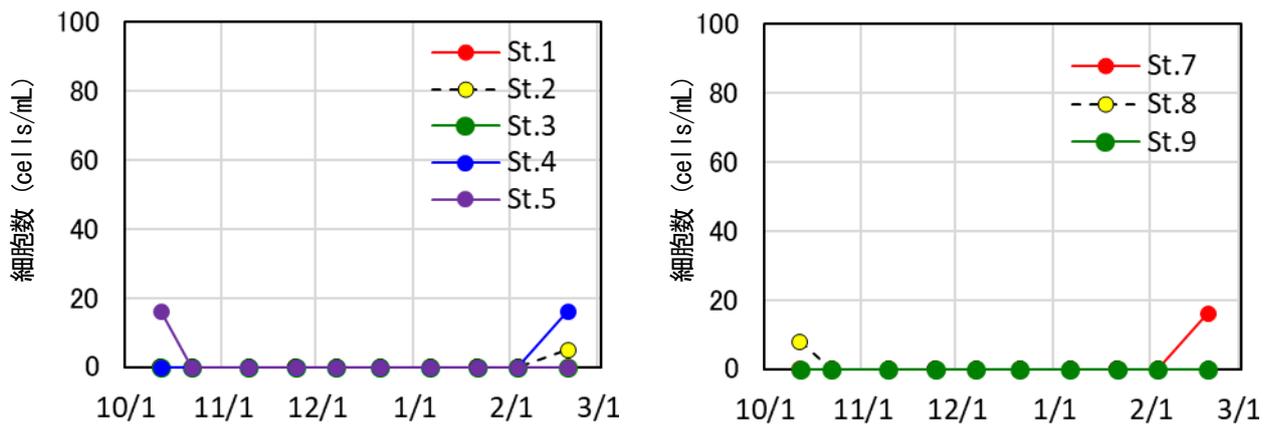


図9-4 ユーカンピア属の細胞数の推移（表層、左図：沖側、右図：岸側）

(8) 気象条件

赤潮発生と気象との関係进行解析するため、10月から3月の気象庁熊本観測所のアメダスデータを整理した。

図10に平均気温（7日間移動平均値）、降水量（日合計）、日照時間（7日間移動平均値）の推移を、表1に気温、降水量、日照時間の旬別階級区分を示した。

平均気温（7日間移動平均値）は11月20日から12月21日にかけて18.6℃から3.6℃へと大きく低下した。また、平年と比較すると10月上旬が「高い」、中旬が「平年並み」で、10月下旬から1月上旬までは、11月中旬と下旬が「かなり高い」「高い」となった以外は、「低い」「かなり低い」で推移し、1月中旬に「平年並み」で、1月下旬から3月下旬にかけては「高い」もしくは「かなり高い」で推移し、期間の前半は低めで、後半は高めで推移した。

降水量については、10月中旬から11月中旬は概して「多い」であったが、11月下旬から12月中旬は「かなり少ない」で、12月下旬は「平年並み」で、1月上旬は「少ない」、1月中旬は「かなり少ない」で、1月下旬から2月上旬にかけて「平年並み」「多い」となったが、2月中旬から3月下旬にかけては「少ない」「平年並み」で推移した。

日照時間は10月上旬から12月中旬までは11月下旬に「少ない」となった以外は、概して「かなり多い」で推移し、12月中旬は「平年並み」、1月上旬は「少ない」で、1月中旬から2月上旬は概して「かなり多い」で、2月中旬から3月上旬は「平年並み」で、中旬は「少ない」で、下旬は「かなり多い」で推移した。

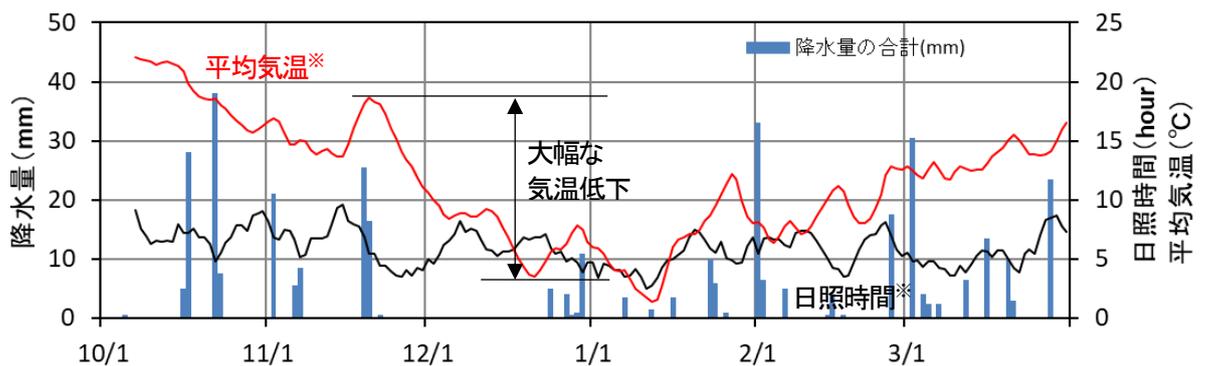


図10 熊本市における降水量と平均気温\*及び日照時間\*の推移  
 (\*: 7日間移動平均)

表1 熊本市における気温、降水量、日照時間の階級区分

月	時期	気温	降水量	日照時間
10月	上旬	高い	かなり少ない	かなり多い
	中旬	平年並み	多い	多い
	下旬	低い	多い	かなり多い
11月	上旬	低い	平年並み	平年並み
	中旬	かなり高い	多い	かなり多い
	下旬	高い	かなり少ない	少ない
12月	上旬	低い	かなり少ない	かなり多い
	中旬	かなり低い	かなり少ない	かなり多い
	下旬	低い	平年並み	平年並み
1月	上旬	かなり低い	少ない	少ない
	中旬	平年並み	かなり少ない	かなり多い
	下旬	かなり高い	平年並み	多い
2月	上旬	高い	多い	かなり多い
	中旬	高い	少ない	平年並み
	下旬	かなり高い	少ない	平年並み
3月	上旬	かなり高い	平年並み	平年並み
	中旬	かなり高い	平年並み	少ない
	下旬	かなり高い	少ない	かなり多い

## 2 赤潮形成種と気象、海況要因との関係について

### (1) 10月のキートセロス属、12月のスケレトネマ属の赤潮について

今期は、10月にキートセロス属の赤潮が発生したことで栄養塩が低下し、ノリ養殖において育苗期の幼体の色調低下、形態異常、付着基部の脆弱化が見られたが、12月に沿岸部で発生したスケレトネマ属の赤潮の際は、栄養塩の低下は緩やかで、2月中旬までDINは $3\mu\text{M}$ 以上、DIPは $0.4\mu\text{M}$ 以上で推移した。

図11に10月22日調査時のクロロフィルaの鉛直断面図を示す。St. 1、2、7で赤潮によりクロロフィルa値が上昇したことが確認できる。

これは、10月中旬から下旬にかけてまとまった降雨があり（図10）、これによる栄養塩供給が赤潮化の原因と考えられた。

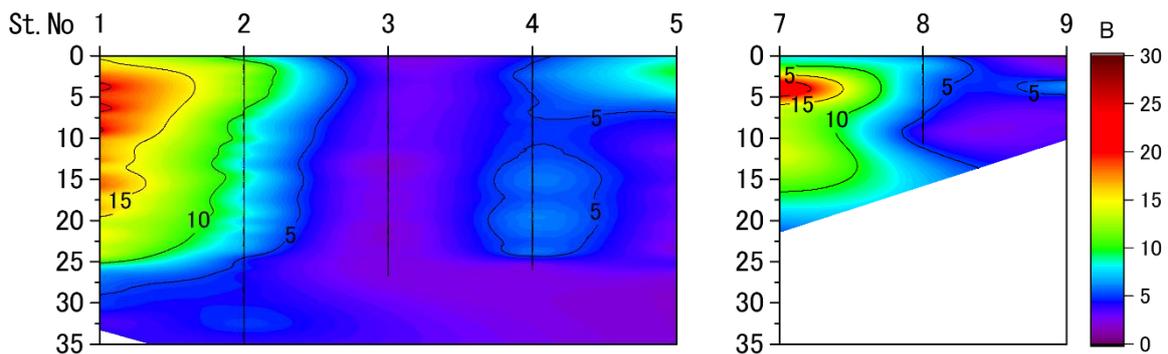


図 11 10/22 調査時のクロロフィルaの鉛直断面図

図12に12月7日調査時のクロロフィルaの鉛直断面図を示す。St. 8の表層付近で赤潮によりクロロフィルa値が上昇したことが確認できる。

この時期に目立った降雨はないが、気温の低下と連動して（図10）、水温が低下し（図2）、密度成層が衰退していることから（図4）、鉛直混合が起きていると考えられ、これによる栄養塩供給が赤潮発生の原因と考えられた。

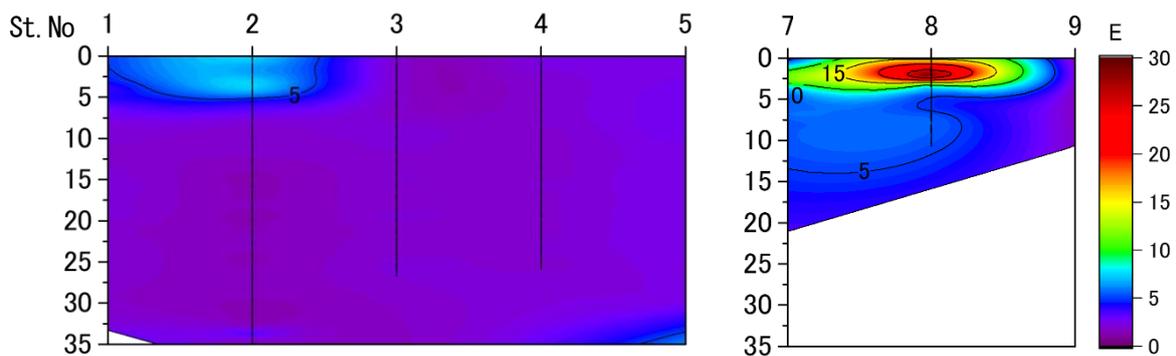


図 12 12/7 調査時のクロロフィルaの鉛直断面図

# 有明海・八代海赤潮等被害防止対策事業Ⅲ( 国庫委託 平成17(2005)年度～継続 )

(八代海中央ライン水質調査)

## および赤潮対策事業Ⅰ ( 令 達 平成7(1995)年度～継続 )

(赤潮定期調査)

### 緒 言

本調査は、八代海におけるプランクトンの動態を把握し、有害赤潮の発生機構解明や予察技術を確立するための基礎的知見を得ることを目的とした。

### 方 法

1 担当者 向井宏比古、安藤典幸、木下裕一、増田雄二、中村真理

2 調査内容

(1) 調査定点

ア 有明海・八代海赤潮等被害防止対策事業

令和2年(2020年)5月～9月の間、対象定点を8定点(St.1、St.2、St.4～St.6、St.12、St.A、St.C)とし、東町漁業協同組合、鹿児島県水産技術開発センターおよび当水産研究センターの3機関が交代で週1回実施した。

なお、当センターが調査する際は、上記の8定点に7定点(St.3、St.7～St.11、St.13)を加えた計15点を調査した(図1)。

イ 赤潮対策事業

(ア) 令和2年(2020年)4月～5月、令和2年(2020年)10月～令和3年(2021年)3月

対象定点を9定点(St.1～St.6、St.11～St.13)とし、月1回実施した。

(イ) 令和2年(2020年)6月～9月

13定点(St.1～St.13)について、ア(国庫委託事業)の当センターが調査する以外の週に1回実施した。

(2) 調査回数：25回

(3) 調査項目

ア 水温、塩分、Chl-a、DOおよび栄養塩類(DIN、DIP、DSi)の鉛直プロファイル

イ 植物プランクトン組成(有害種を含む)

ウ 気象観測データ

気象観測データは気象庁ホームページから引用した。

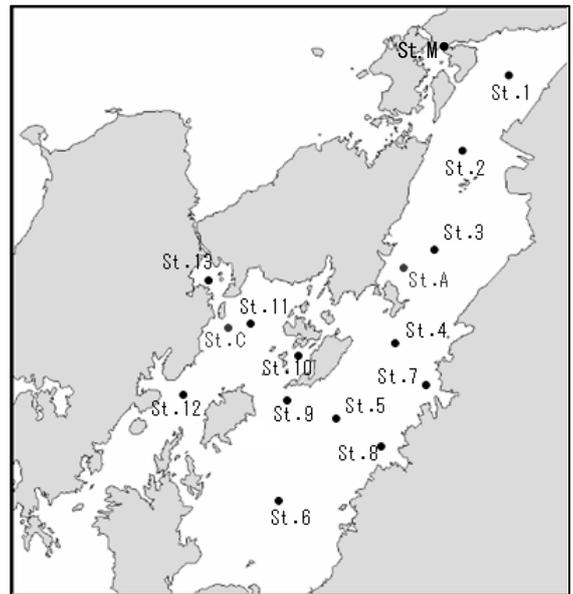


図1 調査定点図

## 結果および考察

### 1 気象

図 2-1 に、八代市における令和 2 年（2020 年）5 月～9 月までの気象条件の変化を示す。

気温は期間中、17.6℃～30.4℃の範囲で推移した。5～6 月中旬まで上昇後、7 月下旬まで上昇と下降を繰り返し、8 月上旬にかけて上昇し、9 月上旬以降は下降した。

1 日の降水量が 50mm を超えたのは、5 月に 2 回、6 月に 4 回、7 月に 6 回、9 月に 2 回で、7 月 4 日に 159mm、9 月 17 日には期間最高値 164mm を記録した。

八代海が含まれる九州北部地域の梅雨入りは 6 月 11 日で平年より 6 日遅れ、梅雨明けは 7 月 30 日で平年より 11 日遅れた。九州北部地域の梅雨時期における降水量の平年比は 195%で、昭和 25 年（1950 年）以降、最高値となった。梅雨期間中の 7 月 3 日から、県南部では記録的な豪雨（令和 2 年 7 月豪雨）となり、球磨川上流の湯前横谷で 7 月 4 日 11 時までの 24 時間で 489.5mm の降水量を記録、球磨川が氾濫するなどして大きな被害が発生した。

日照時間は梅雨期間の 6 月中旬から 7 月下旬までは、概ね短く、8 月は長かった。

図 2-2 に、八代市における令和 2 年（2020 年）の 5～9 月までの風速の変化を示す。台風が接近した 9 月 3 日と 7 日に 10.0m/s 以上の平均風速（特別値）が観測された。

### 2 水質

令和 2 年（2020 年）5 月～9 月までの調査期間中、水温は 17.1℃（5 月 8 日、St. 4、表層）～30.0℃（8 月 18 日、St. A、表層）で推移し、8 月中旬まで上昇後、低下していった（図 3）。塩分は 5.8（7 月 8 日、St. 2、表層）～34.1（5 月 12 日、St. 7、底層）で推移し、令和 2 年 7 月豪雨による影響で、7 月上旬、八代海北部から南部、St. 2、A、4、5、6 の広範囲で塩分が大きく低下した（それぞれ 5.8、10.7、14.2、18.6、22.7）

（図 4）。水温および塩分のデータより算出された Sigma-T は、2.2（7 月 8 日、St. 2、表層）～24.8（5 月 12 日、St. 4、6、c、底層）で推移した（図 5）。Sigma-T のデータによると、密度成層は 7 月上旬から中旬にかけて発達し、その後 8 月中旬まで維持した。9 月以降は衰退傾向となったが、9 月中旬、一時的に再生した。St. 2、A、4、5 における密度躍層の位置は 4～10m 深と推定された。

蛍光強度は 6 月下旬に北部の表層付近で、7 月中～下旬、8 月中旬および 9 月下旬に全域で高くなった（図 6）。中でも 7 月中下旬に全点で最高値を記録した。

DIN、DIP および DSi 濃度はそれぞれ 0.15 μM（7 月 29 日、St. C、表層）～23.4 μM（6 月 16 日、St. 2、表層）、0.01 μM（7 月 21 日、St. 4、5、6、A、C、表層等）～1.13 μM（7 月 29 日、St. 2、5m 層）および 0.38 μM（7 月 29 日、St. 5、5 m 層）～142.9 μM（6 月 16 日、St. 2、表層）の範囲で推移した（図 7～9）。調査期間を通して、いずれの栄養塩種も北部で高い傾向にあった。10 m より浅い深度層において、多くの調査定点（St. 2、A、4、5、6）で DIN および DIP 濃度が 7 月上旬に上昇したが、塩分低下と同期していたことから、球磨川からの供給によるものと考えられた。

7 月下旬～8 月中旬については、DIN および DIP 濃度は全調査点で *Chattonella* spp. の増殖に必要となる半飽和定数（DIN : 0.65 μM、DIP : 0.26 μM、Nakamura et al. 1988）を下回ることがあり、特にその頻度は八代海南部の DIP 濃度で高かった。しかし、8 月下旬以降は栄養塩濃度の回復が認められた。当該時期に降雨および強風は観測されなかったが、気温の低下に伴う密度成層の衰退が認められたので、鉛直混合による下層から上層への栄養塩供給が起こった可能性が考えられた。

また、9 月 8 日と 9 月 23 日にも DIP の上昇が確認されたが、前者は 9 月 2 日からの気温降下と台風 9 号および 10 号の接近による擾乱、後者は前線通過に伴う 9 月 19 日からの気温降下と強風による擾乱による影響と考えられた。DSi についても DIN および DIP と同様の変動パターンが認められたが、珪藻の増殖に必要な半飽和定数（DSi : 2.0 μM）を下回ったのは、主に珪藻が高密度化した 8 月中旬の一部の深度層のみであった。

### 3 植物プランクトンの発生状況

令和2年(2020年)5月~9月までの植物プランクトン種の発生状況は、以下のとおりであった。

(1) 有害赤潮プランクトン種の発生状況

*Chattonella* spp. は、別の調査で5月に濃縮検鏡で初認されたが、本調査では9月8日にSt. Aで1cell/mL、9月16日にSt. 2で3cells/mL、St. 4で2cells/mLの細胞密度で検出されたのみであった。

*Heterosigma akashiwo* は5月~8月にSt. 2、4、6、A、Kで断続的に確認され、5月12日、19日、6月16日には細胞密度が100cells/mLを超え、最高細胞密度は800cells/mLであった(5月12日、St. 2)。なお、5月13日にSt. 2の西方の沿岸地先で2,700cells/mL、5月14日にSt. 2の東方の沿岸地先で61,000cells/mLが検出された。

*Karenia mikimotoi* は5月7日、6月9日、8月18日にSt. 4、5、6、C、Kで検出されたが、最高細胞密度は1 cell/mLであった。*Cochlodinium polykrikoides* は、5月27日から8月25日にかけてSt. A、4、5、6、C、Kにおいて最高8cells/mLの細胞密度、7月3日にSt. 2の東方の沿岸で100cells/mLが検出された。*Heterocapsa circularisquama* は観察されなかった(図10)。

(2) 珪藻類の発生状況

珪藻類の細胞密度は調査期間中、最高で25,400cells/mL(7月21日、St. 4、表層)が検出された。また、5,000cells/mLを超えたのは、6月23日にSt. 2の表層、St. Aの表層と極大層、7月21日にSt. 2の表層と5m層、St. 4の5m層、St. Aの極大層、St. Kの表層と極大層、7月29日のSt. Kの表層、8月31日のSt. 2の表層であった。多くの場合、優占種は*Skeletonema* spp. あるいは*Chaetoceros* spp. であった(図11-1、11-2)。

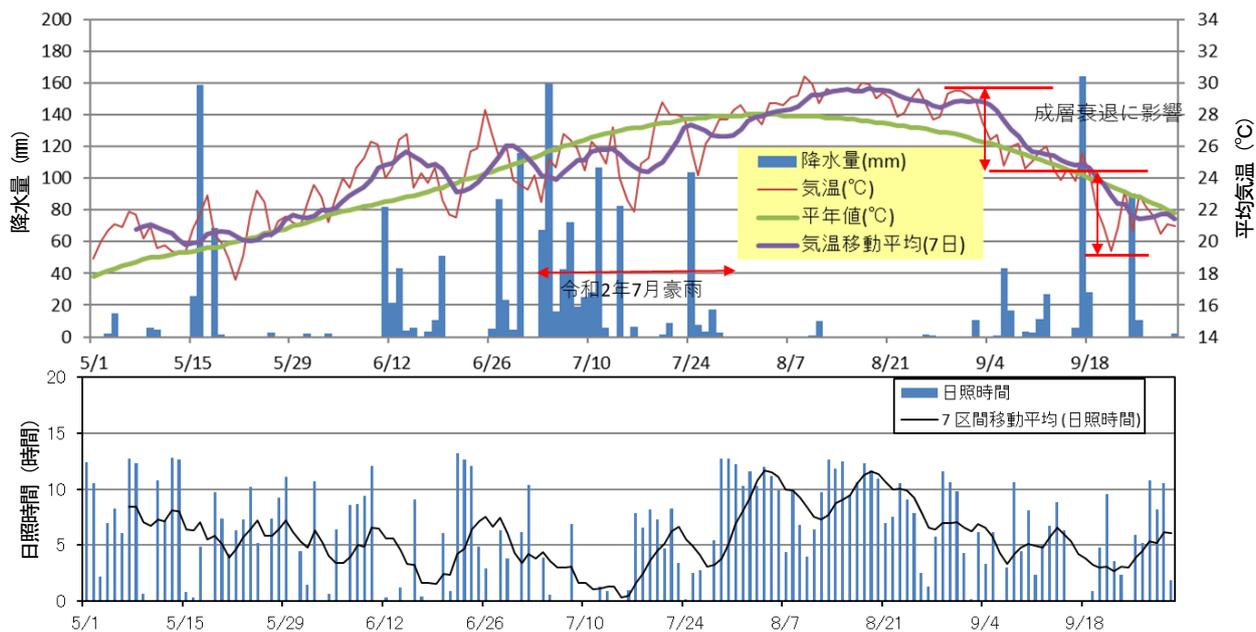
4 *Chattonella* spp. の非発生の要因

令和2年度(2020年度)の有害赤潮プランクトンおよび珪藻類の発生状況(図10、図11)は、大きなクロロフィル蛍光値のピークにおける優占種は珪藻類であり、有害種は低調であった。

*Chattonella* spp. は例年どおり5月に初認された後、9月まで発達しなかった。その原因として、記録的な大雨による海域内個体群の外洋への流出や高濁度による光不足、競合種である珪藻類赤潮の頻発に伴う栄養塩不足などが考えられた。9月に入ると、鉛直混合による上層への栄養塩供給とその後の再成層化により細胞密度が上昇したが、すぐに気温低下による鉛直混合が進み、衰退したと考えられた。

## 引用文献

- Nakamura Y, Takashima J, Watanabe M. Chemical environment for red tides due to *Chattonella antiqua* in the Seto Inland Sea, Japan Part 1. Growth bioassay of the seawater and dependence of growth rate on nutrient concentrations. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.* 1988; 44: 113-124.



月	時期	気温	降水量	日照時間
5月	上旬	かなり高い	少ない	多い
	中旬	高い	かなり多い	平年並み
	下旬	平年並み	かなり少ない	平年並み
6月	上旬	かなり高い	かなり少ない	平年並み
	中旬	かなり高い	多い	かなり少ない
	下旬	高い	多い	多い
7月	上旬	低い	かなり多い	少ない
	中旬	低い	多い	かなり少ない
	下旬	低い	多い	少ない
8月	上旬	高い	かなり少ない	多い
	中旬	かなり高い	かなり少ない	かなり多い
	下旬	かなり高い	かなり少ない	多い
9月	上旬	高い	多い	少ない
	中旬	平年並み	かなり多い	かなり少ない
	下旬	低い	多い	平年並み

図2-1 八代観測所における気温・降水量（上）、日照時間（中）の推移及び平年値との旬別比較（下）

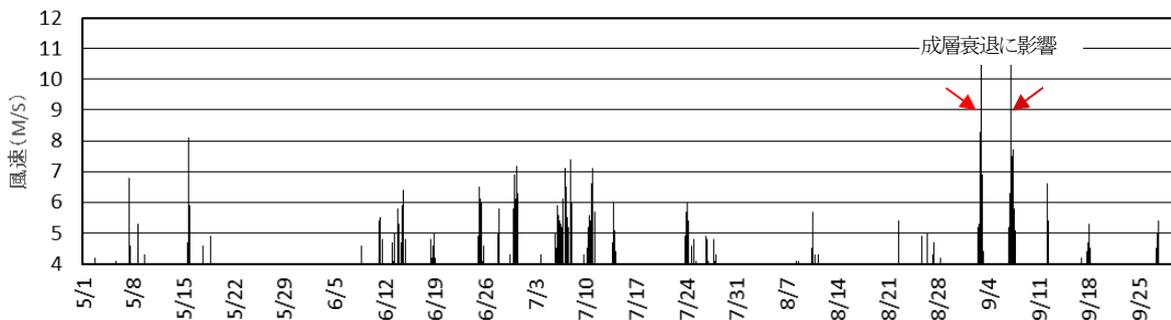


図2-2 八代観測所における風速（時別値）の推移

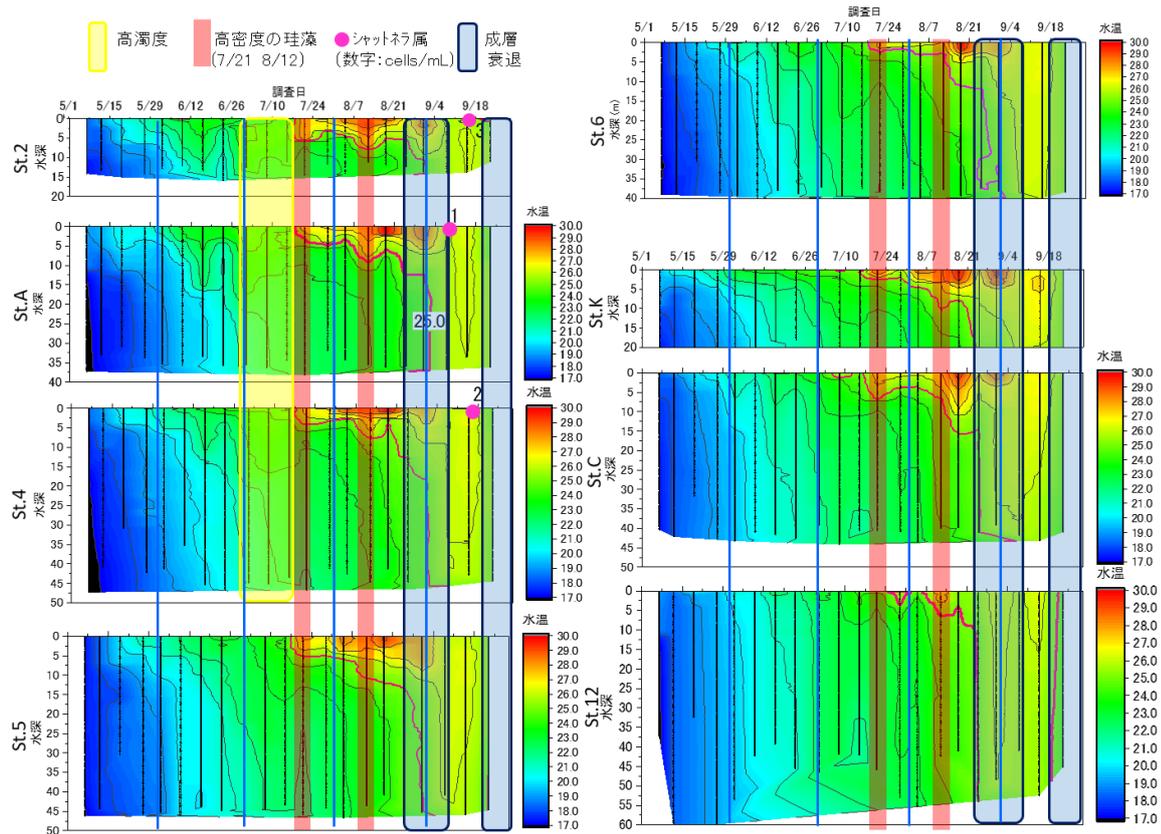


図3 八代海8定点における水温の推移 (ピンク線は25°C)

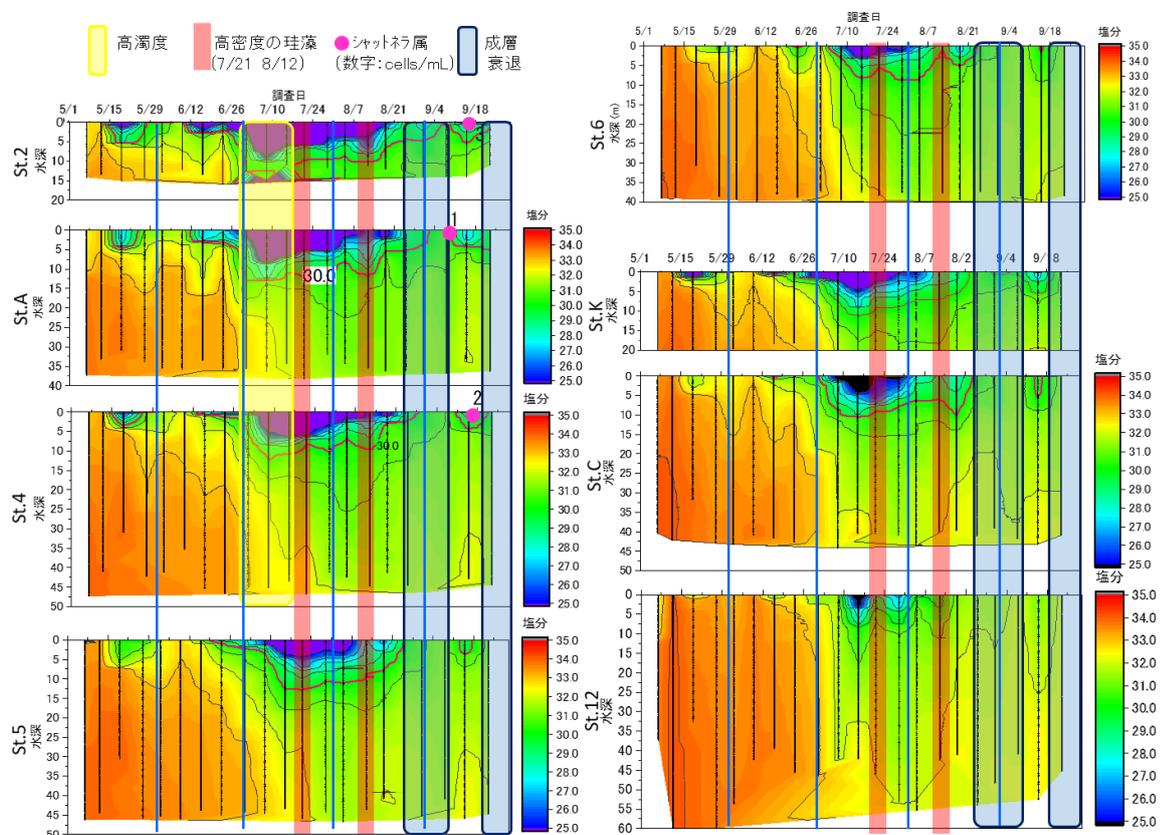


図4 八代海8定点における塩分の推移 (ピンク線: 30PSU)

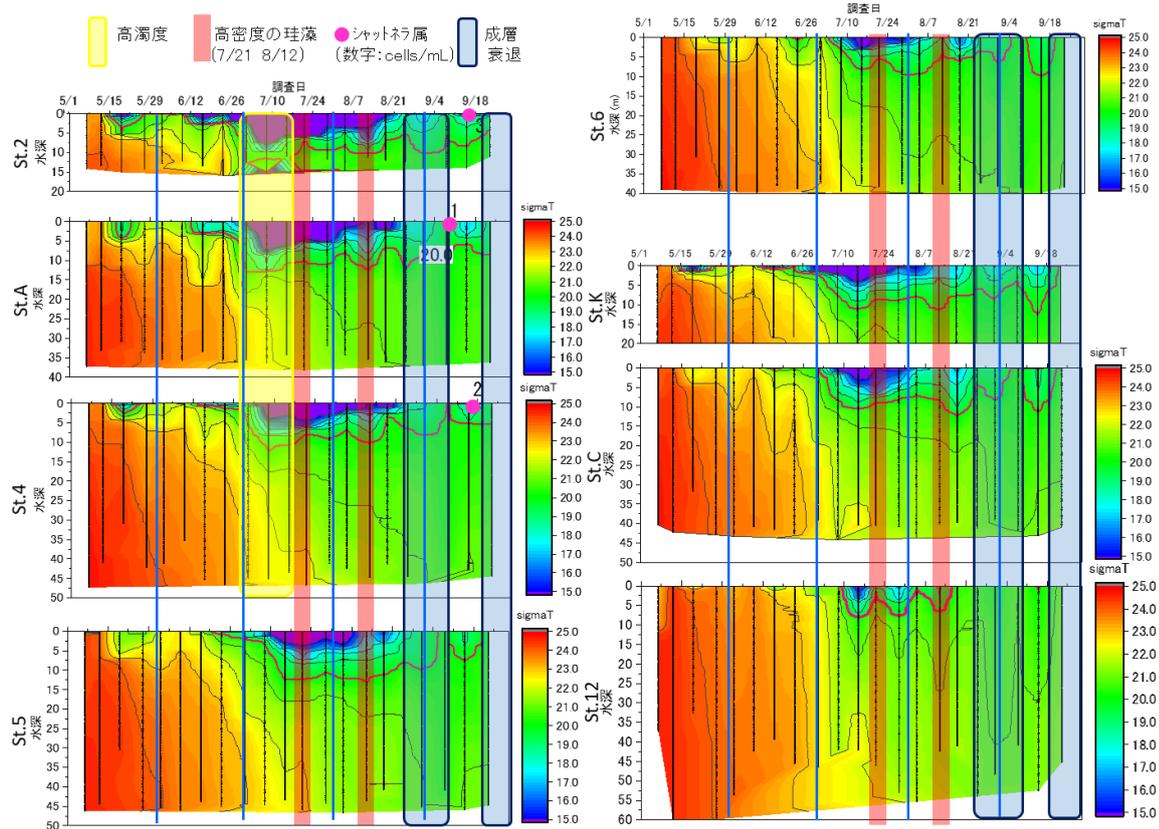


図5 八代海8 定点におけるSigma-Tの推移 (ピンク線 : Sigma-T : 20)

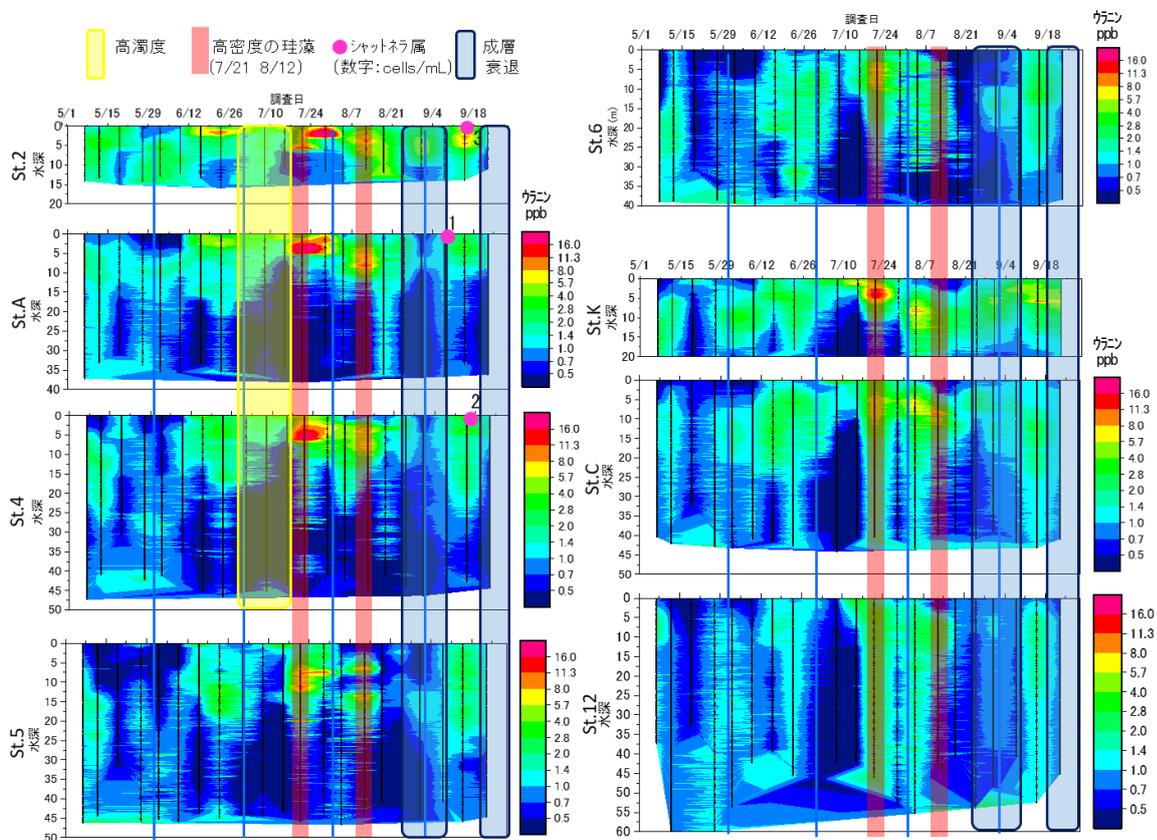


図6 八代海8 定点における蛍光強度の推移

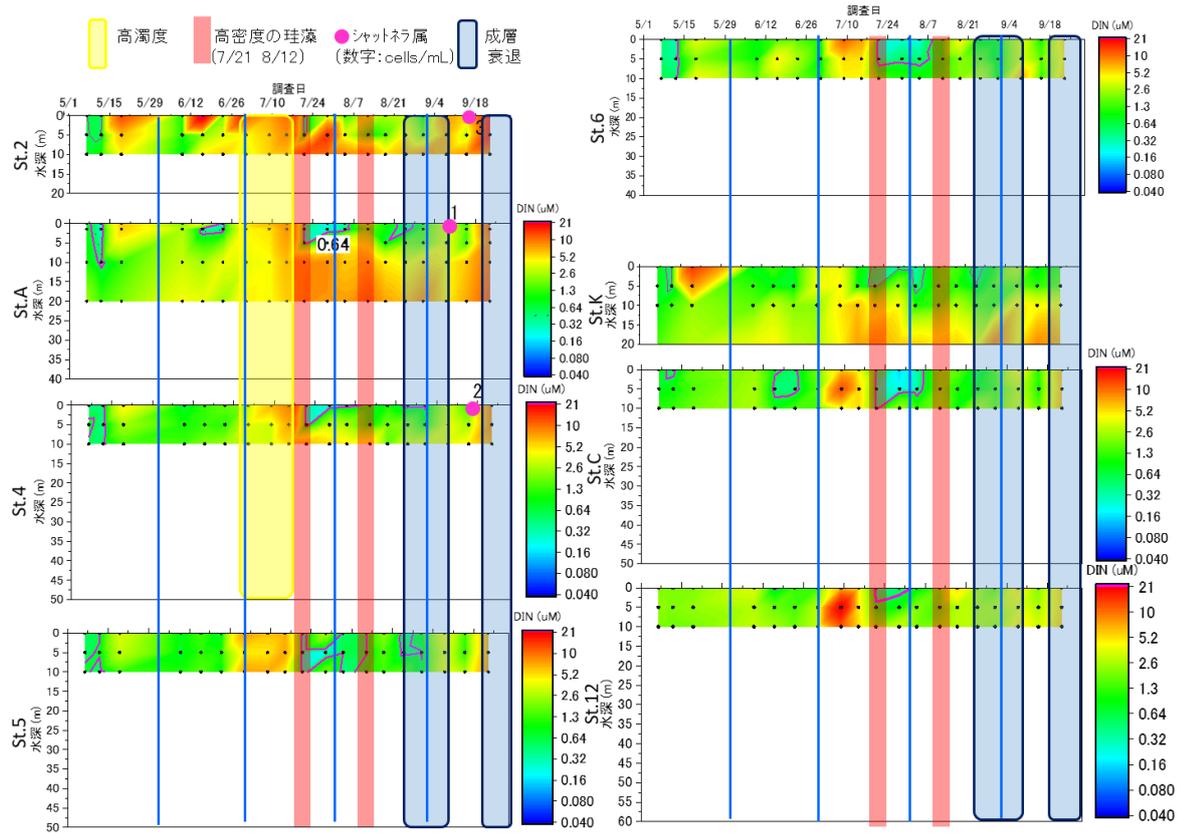


図7 八代海8定点におけるDIN濃度の推移（ピンク線：半飽和定数：0.65 μM）

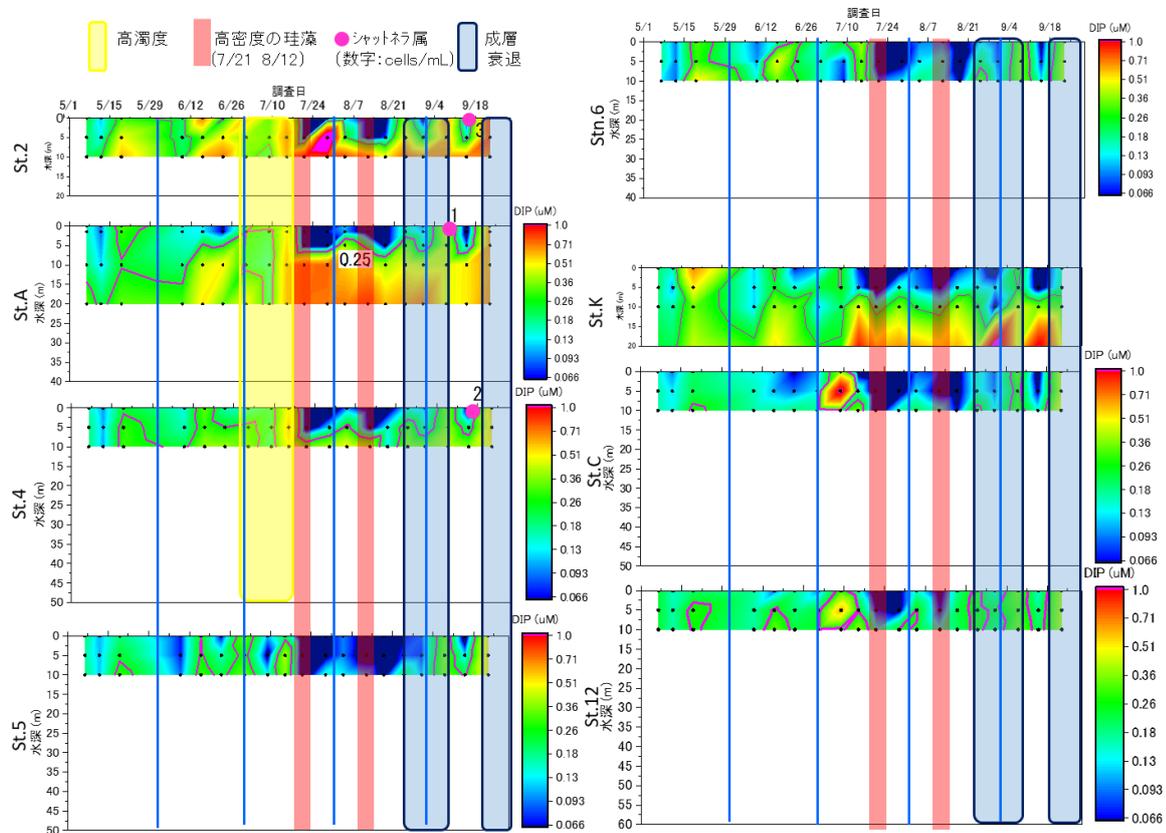


図8 八代海8定点におけるDIP濃度の推移（ピンク線：半飽和定数：0.25 μM）

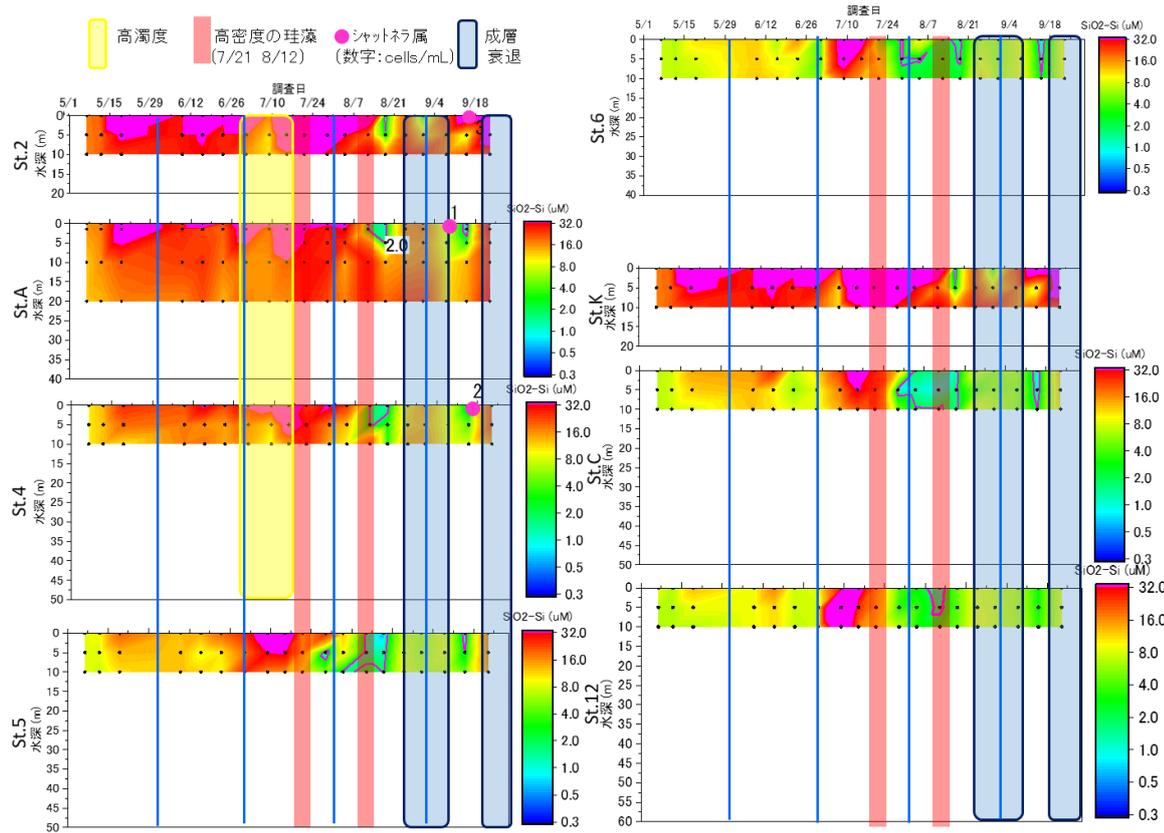
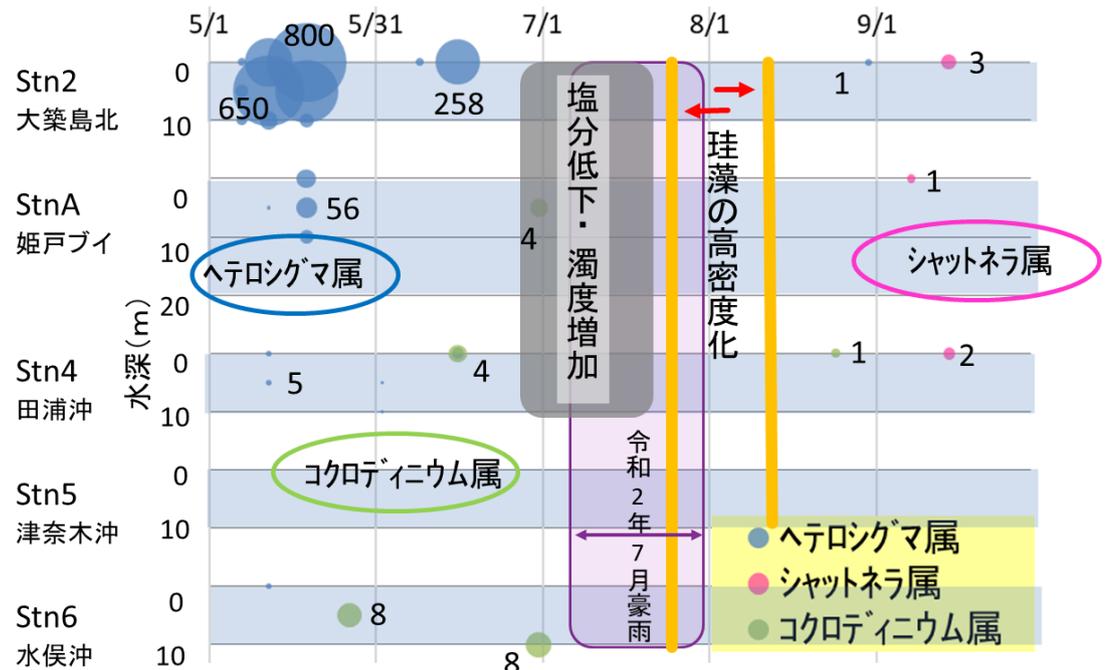


図9 八代海8 定点における DSi 濃度の推移 (ピンク線 : 半飽和定数 : (2.0 μM))



※ 数字は海水1mL当たりの細胞数  
 ※ Heterosigma属は他種と比べて1/10の面積でプロット

図10 有害赤潮プランクトン種の発生状況

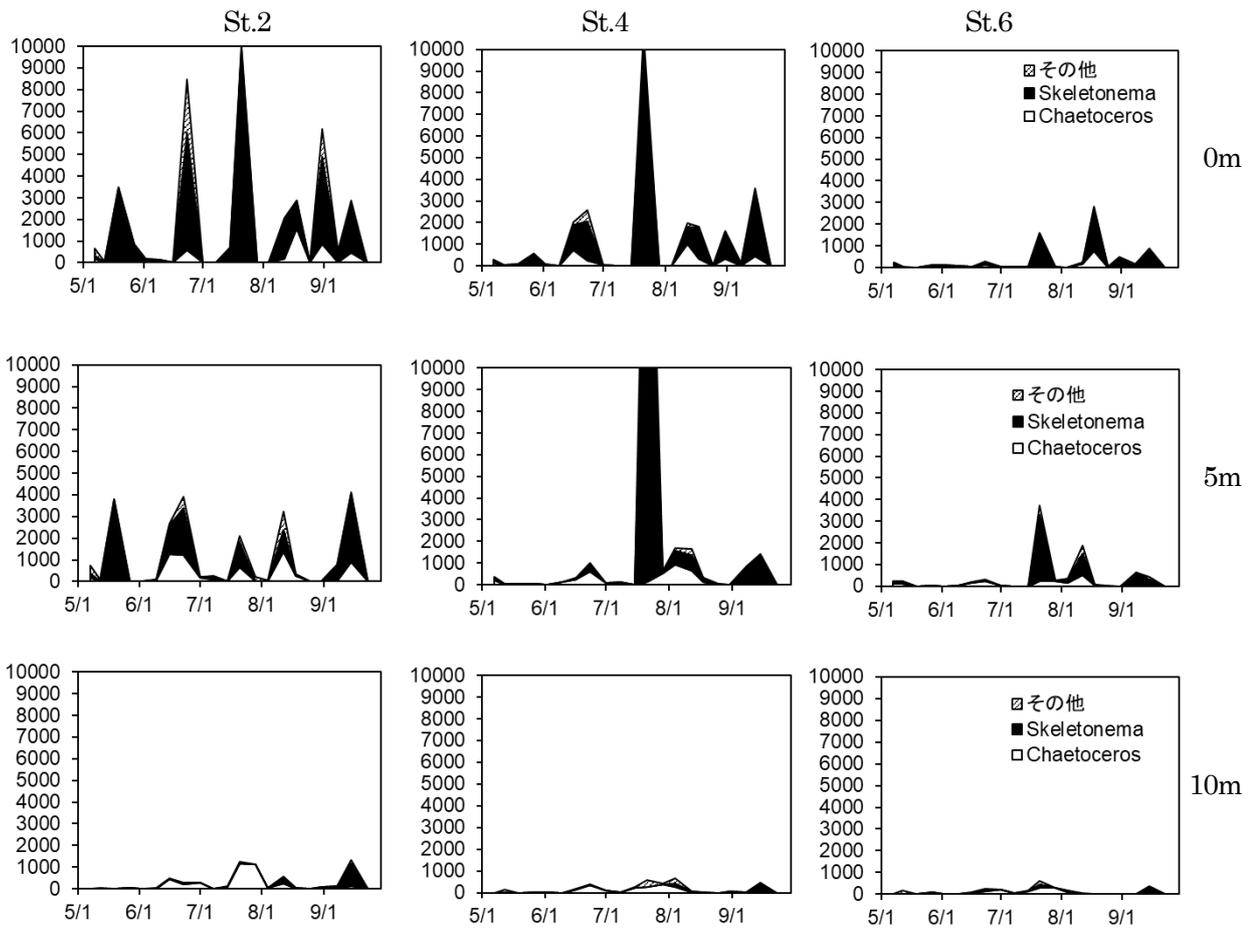


図 11-1 八代海 (St.2、4、6) における珪藻類の推移

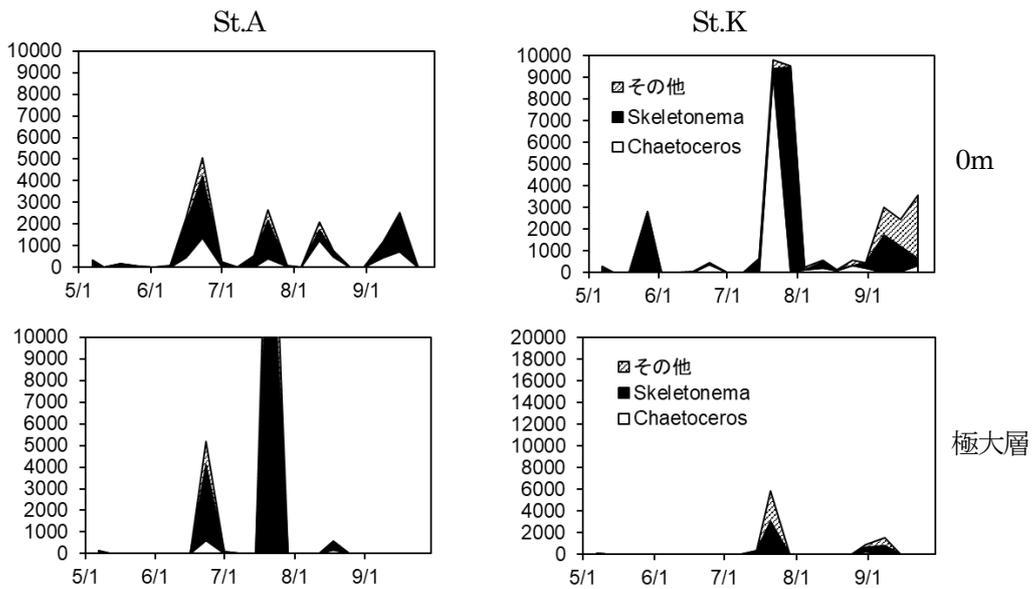


図 11-2 八代海 (St. A および K) における珪藻類の推移

# 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発事業Ⅰ (平成30(2018)～令和2(2020)年度)

(優良品種育種試験)

(単年度)  
令和2(2020)年度

## 緒言

近年、ノリ養殖は燃油や資材の高騰による生産コストの上昇に加え、採苗・育苗期における海水温の上昇や、海域によっては塩分の低下による葉体の障害の発生、並びに珪藻類の増殖による栄養塩量の減少で色落ち被害が発生する等、様々な環境変化による生産量の減少や品質低下により安定生産が難しい状況となっている。

そこで本試験では、ノリ養殖の安定生産に資することを目的として、現在の漁場環境に適応し、生長や色調等が優れたノリの品種を作出するため、漁場における養殖試験を行った。

## 方法

- 1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、木下裕一、増田雄二
- 2 試験方法

熊本市河内町地先の支柱漁場(図1)で、河内漁業協同組合所属の漁業者に表1に示す試験株等を用いた野外採苗と養殖管理を依頼し、令和2年(2020年)10月18日から初摘採前の11月26日までの葉体を適宜採取し検体とした。また、期間中の水温をペンダントログラーで計測するとともに栄養塩量の調査を行った。

葉体は、試験区および対照区の養殖網から網糸を10cm程度切り取り、着生している葉体30枚の葉長計測と高水温形態異常であるくびれの計数を行い、色彩色差計で黒み度(100-√(L\*2+a\*2+b\*2))を計測した。

養殖期間終了後、養殖管理等を依頼した漁業者に試験品種(AH)に対する使用感のアンケートを行った。

なお、以下で示す統計解析には、R version3.6.1を使用した。

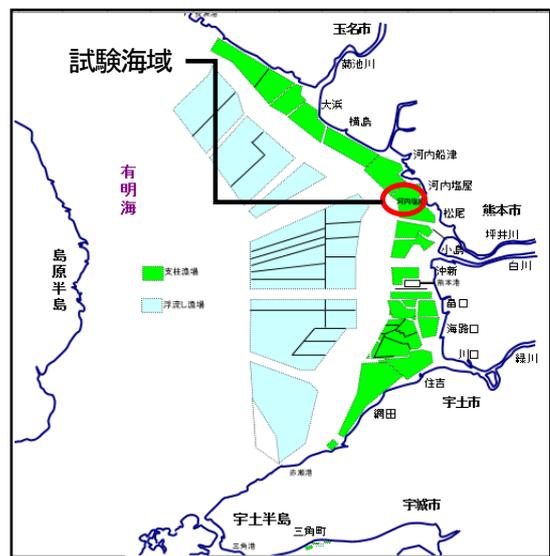


図1 試験海域図

表1 試験区および対照区

試験区名	試験に使用した株の由来および特性
試験区	高水温と低比重による重度の芽流れ被害が生じた平成23年度(2011年度)漁期に採取した葉体から作出した試験株(第2世代):品種(AH)
対照区	河内漁業協同組合所属の漁業者が採苗に使用した養殖品種であるため、由来および特性は不明

## 結果および考察

- 1 水温

熊本市河内地先の秋芽網期における日平均水温の推移を図2に示す。試験開始時である野外採苗開始日の10月18日の日平均水温は21.7℃であった。その後、23℃を超えるような高水温や23℃前後での停滞はなく、順調に低下し、試験終了時(秋芽網撤去時)の12月17日には11.7℃になった。



図2 期間中の河内地先の日平均水温の推移

## 2 栄養塩

期間中のDINおよびDIPの推移を図3に示す。11月上旬の育苗期には、珪藻類（キートセロス属）の増殖によりDINおよびDIPともに期待値を下回る低栄養塩状態であったが、その後、時化や降雨等により回復し、期待値であるDIN:7.0  $\mu\text{g-at/L}$ 、DIP:0.5  $\mu\text{g-at/L}$ を上回った。

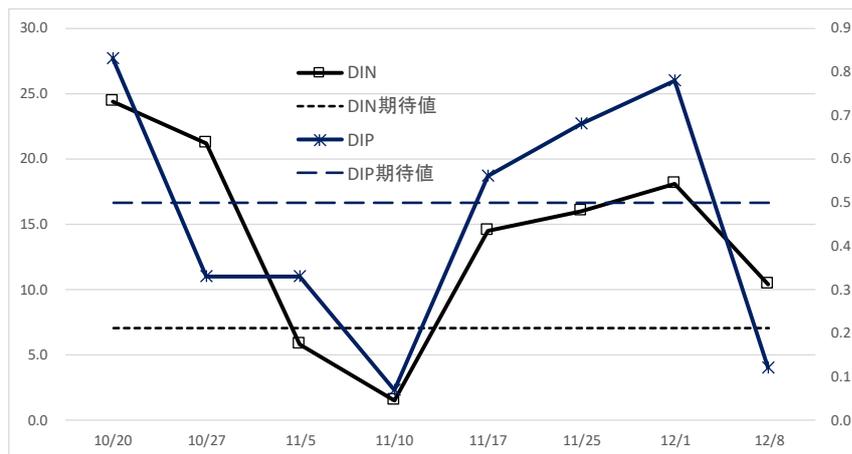


図3 期間中のDINおよびDIPの推移

## 3 葉長・葉体の形態

11月26日の平均葉長を図4に示す。試験区が123.5mm、対照区が203.1mmであり、生産者が使用する養殖品種の葉長が大きく、有意差（t検定、 $p > 0.05$ ）が確認された。

高水温で見られる形態異常の「くびれ」は、試験区、対照区ともに確認されなかった。これは、採苗日の10月18日の日平均水温は21.7°Cであり、育苗期に23°Cを超える高水温や水温停滞はなく、高水温の影響はなかったためと考えられた。

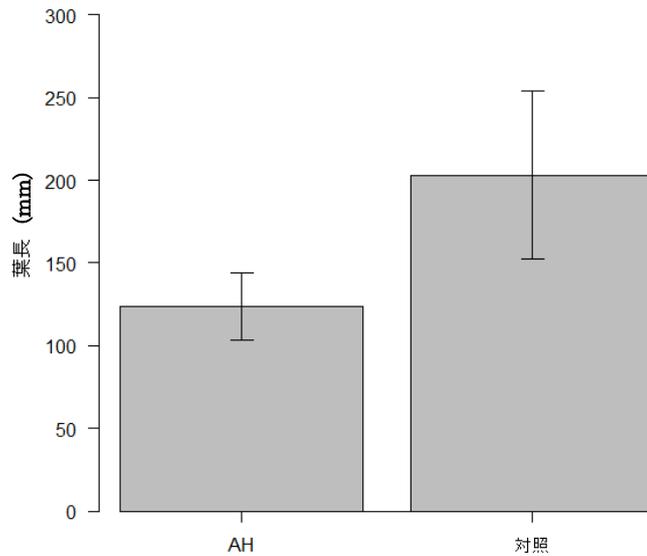


図4 11月28日の葉長（バーは標準偏差）

#### 4 色調

11月26日の黒み度は、試験区が47.6、対照区が46.9と45以上で、ともに十分な色調を有しており、試験品種AHの色調について生産者が使用する養殖品種と遜色ないことが確認された。

#### 5 生産者の試験品種（AH）に対する使用感

今回、養殖試験に協力いただいた生産者に対して使用した品種（AH）に関するアンケートを行い、以下の回答が得られた。

表2 アンケート調査結果

設問	回答
芽つき（採苗）に差があったか。	なし
育苗期の葉体で成長に差があったか。	なし
育苗期の葉体で形態異常に差があったか。	なし
摘採期の葉体で、生長・収量に差があったか。	あり 風が吹いても他品種に比べて葉体が切れにくく強い。
病害や色落ちなど、養殖管理上の差があったか。	あり あかぐされ病に強いが壺状菌病に弱い。
製品化した時の品質に差があったか。	あり 他品種に比べてやや赤めのため1～2等級落ちる。

調査期間中の平均葉長に有意差は確認されたものの、養殖期間を通した生長や収量としては養殖品種と変わりはない、もしくはそれ以上の評価であった。しかし、製品化した時に赤めで等級が落ちるとのことであったため、来年度は製品化したものの比較を行うとともに、赤めを軽減するよう葉体色調のa\*値が低いものを選抜することなどを検討していきたい。

# 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発事業Ⅱ(平成30(2018)～令和2(2020)年度)

(ノリ養殖の概況)

県 単

令和2(2020)年度

## 緒 言

近年、ノリ養殖においては、採苗・育苗時期の高水温傾向や生産期の珪藻プランクトン増殖等による栄養塩量の減少に伴う色落ちなど、気候や陸域・海域の環境変化等に起因する様々な問題が生じ、生産性がやや不安定になっている。

そのため、今後のノリ養殖の安定化に向けた技術開発の基礎資料とするため、今漁期のノリ養殖業の生産状況、海況の経過を整理し、問題点を明らかにすることを目的とした。

## 方 法

- 1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、木下裕一、増田雄二
- 2 令和2年度(2020年度)漁期の概要、養殖概況および入札結果

ノリ養殖に関する情報は、当センターの漁場栄養塩調査や珪藻赤潮調査、海況観測ブイの情報、県北および県南広域本部水産課、県漁連、漁業者からの情報や気象庁(熊本地方气象台)の観測資料などを基に取りまとめた。

## 結 果

- 1 令和2年度(2020年度)漁期の概要

### (1) 気象状況

熊本地方气象台の資料を基に、平成2年(2020年)4月から令和3年(2021年)3月までの熊本市の日平均気温、旬別の降水量および日照時間の推移(平年値との比較)を図1に示す。

また、平成28年度(2016年度)～令和2年度(2020年度)の降水量比較を表1に示す。

#### ア 気温(図1)

5月、6月、8月、11月および2月から3月は平年よりかなり高い、1月は平年より高い、9月から10月は平年並み、12月は平年より低い、4月および7月は平年よりかなり低く推移した。

今漁期は、ラニーニャ現象の発生による秋季の高温と冬季の低温が予想されたが、秋季の高温は観測されなかった。また、12月から1月にかけて一時的に低温が観測された時期もあったものの、冷凍網期後半には記録的な暖冬であった昨年度と同程度の高い気温が観測され、冬季全体としては暖冬となった。

#### イ 降水量、日照時間(図1、表1)

降水量は、令和2年7月豪雨の影響で、7月は平年比211.5%とかなり多かった。漁期となる10月および11月は平年並み、12月および1月は平年の4割程度かなり少なく、特に12月上旬から中旬にかけては降雨がない状況が続いた。また、漁期中に降水量が平年値を上回った月はなく、直近5年では最も降水量の少ない漁期となった。

日照時間は、5月は平年並み、7月は平年よりかなり短い、9月は平年より短く推移し、それ以外の月は平年より長い、またはかなり長く推移した。

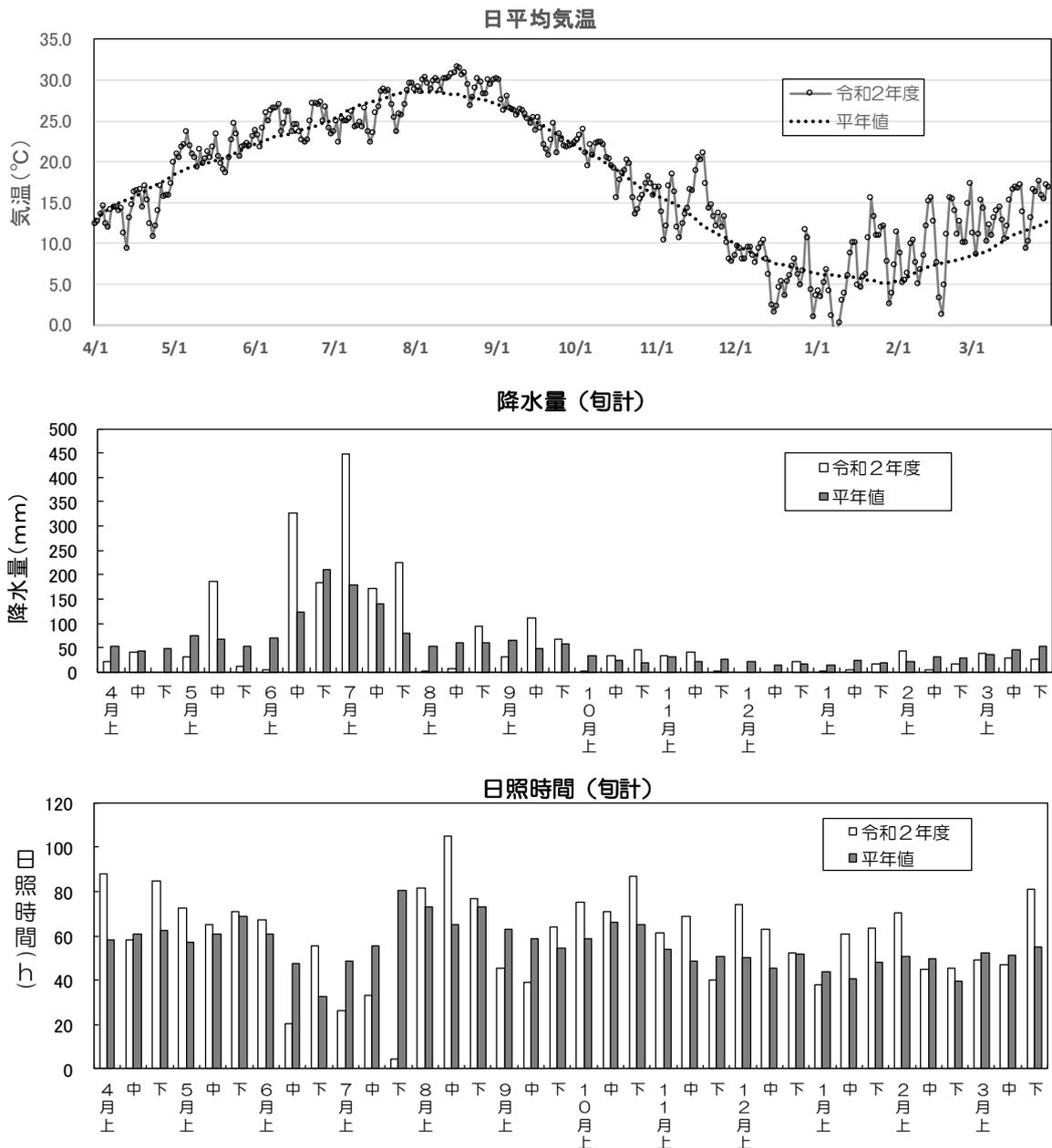


図1 日平均気温、旬別降水量及び日照時間の推移(熊本地方気象台資料)

表1 各年度の降水量の比較

単位: ミリ

年度	H28	H29	H30	R1	R2	平年値	R2/平年値
年度降水量	2,483	1,811	1,961	2,072	2,339	1,986	117.8%
4月～9月(春夏期)	1,883	1,274	1,510	1,552	1,972	1,491	132.3%
6月～7月(梅雨期)	1,033	522	663	853	1,364	806	169.2%
春夏期 - 梅雨期	850	752	847	699	609	685	88.8%
ノリ漁期(10月～翌年3月)	600	537	451	520	367	495	74.1%
10月(採苗期)	201	196	53	61	79	79	99.5%
11月(育苗・秋芽前期)	110	61	58	49	78	81	96.2%
12月(秋芽後期・冷凍網前期)	106	16	66	91	22	54	40.1%
1月(冷凍網前期)	44	82	24	78	26	60	42.4%
2月(冷凍網後期)	70	51	108	136	67	83	80.4%
3月(冷凍網後期)	70	131	143	105	96	138	69.6%

「熊本地方気象台資料(熊本市)」

## (2) 海況

熊本県が長洲沖に設置している自動海況観測ブイで観測した、令和2年度(2020年度)漁期中の日平均水温および換算比重の推移を図2に、クロロフィルaの推移を図3にそれぞれ示す。

### ア 水温および換算比重 (図2)

10月から3月の漁期中の水温は、10月は過去10年平均水温よりやや低め、11月下旬は甚だ高く推移した。12月は過去10年平均並であったが、1月上旬から中旬にかけては寒波の影響でやや低めで推移し、1月下旬以降は、過去10年平均並み~かなり高めで推移した。

また、換算比重は、漁期中、降水量が少なかったこともあり過去10年平均値以上で推移した。

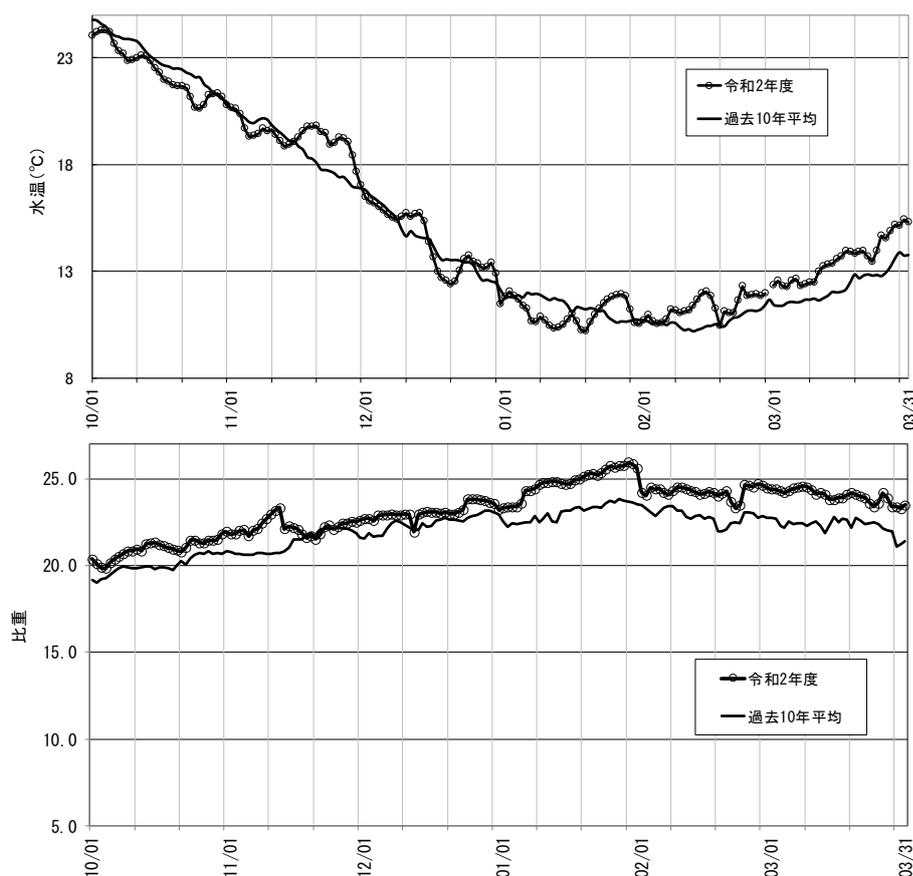


図2 長洲沖の水温・比重の推移

### イ クロロフィルa (図3)

クロロフィルa値は、養殖期間中著しい上昇は見られなかった。しかし、10月下旬から11月上旬および3月中旬から3月下旬に珪藻類等の増殖が確認され、赤潮情報が発出されていた。これは、自動観測ブイを設置している長洲沖海域では、著しい増殖とはならなかったことから、クロロフィルa値は上昇しなかったと考えられた。

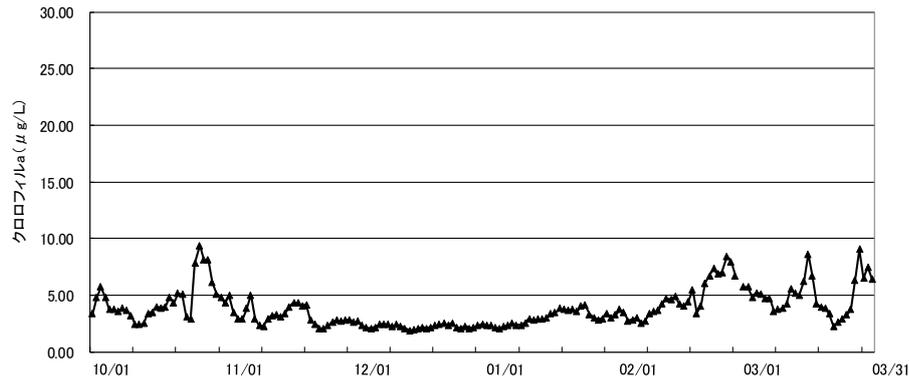


図3 長洲沖のクロロフィルaの推移

## 2 養殖概況

### (1) 採苗期

採苗開始日は、有明海関係三県のり養殖協議会および県内組合長会議において、10月18日以降と決定され、採苗作業が行われた。

採苗時の水温は、10月18日の長洲沖自動観測ブイの日平均水温で21.9℃と、採苗時の適水温である23℃未満であり、その後の水温降下も問題なかった。芽付きは適正からやや厚付きであった。

### (2) 育苗期

採苗開始の10月中旬から冷凍入庫開始の11月上旬までの水温は、過去10年平均と同程度もしくはやや低めで推移した。また、有明海では10月下旬にキートセロス属等の珪藻赤潮による栄養塩低下によって、葉体の色調低下、ちじれ等の形態異常および付着基部の脆弱化がみられた。

### (3) 冷凍入庫網の健全度

各漁協に対して水産研究センターが実施した冷凍入庫アンケート調査結果によると、有明海では11月9日から入庫が開始され、11月13日から11月15日に入庫のピークを迎え、11月22日で入庫が終了した。前述の育苗期での色調低下により、岸よりの漁場への展開、栄養塩回復までの展開見合わせ等、各地先に合わせた異なる対応が行われたが、平年より短い葉長での入庫となった。また、ノリ網の展開の見合わせを行ったことから、冷凍入庫までのスケジュールが全体的に遅れ気味となった。

冷凍入庫網の健全度評価割合については、有明海では「良好」が25.7%、「平年並」が69.7%で、「平年より悪い」が4.6%だった。

なお、八代海では、冷凍入庫が行われなかった。

### (4) 秋芽網生産期（10～12月）

#### ア 摘採

有明海では、11月24日から12月17日の一斉撤去完了まで摘採が行われた。育苗期の珪藻赤潮による低栄養塩の影響で基部の細い葉体が見られ、一部漁場で芽流れが確認された。また、11月から12月にかけて河口域漁場を中心にバリカン症も発生した。

八代海では、葉体の基部を残して流失するバリカン症が深刻であった。そのため生産開始となったのは12月下旬であり、採苗開始から摘採開始まで60日以上を要した。

#### イ 病害

有明海では、11月24日にあかぐされ病が初認され、病勢は強く、瞬く間に県内全域で病害が蔓延した。また、壺状菌は確認されなかった。

八代海では、12月16日にあかぐされ病が初認され、肉眼視レベルの症状が続くなど病勢は強かった。

#### ウ 葉体の色調

有明海では、11月中旬まで浮き流し漁場や沖の漁場で溶存態無機窒素（以下、「DIN」という。）およ

び溶存態無機リン（以下、「DIP」という。）が低い状態が続き、色調の低下した葉体が確認された。11月下旬以降、DINおよびDIPは期待値以上で推移し、色調は回復した。

八代海においては、摘採開始となる12月下旬に色調低下は確認されなかった。

### (5) 冷凍網生産期（1～4月）

#### ア 摘採

有明海では、冷凍網の出庫は12月21日以降に行われ、色落ちや赤腐れ病による病害により、ほとんどの漁場で3月中旬までの摘採となった。

出庫日の12月21日の日平均水温は12.5℃と適水温であり、出庫後の水温も13℃台で推移し冷凍戻りは順調だった。出庫後、河川の影響を受けやすい一部漁場で芽流れが確認された。

八代海では、秋芽網の一斉撤去をせずに生産を継続し、2月で生産が終了した。

#### イ 病害

有明海では、1月14日にあかぐされ病が確認され、2月以降、水温が高めで推移したことから県内全域で蔓延した。壺状菌病は確認されなかった。

八代海では、一期作であり、12月16日に初認されたあかぐされ病が蔓延し、1月上旬に拡大、重症化した。

#### ウ 葉体の色調

有明海では、1月中旬から降雨不足に起因すると考えられる栄養塩の低下が起これ、一部の浮き流し漁場で色調低下が確認された。プランクトンは2月中旬にユーカンピア属が確認され、2月下旬にスケレトネマ属主体の小型珪藻が増殖し、沖の浮き流し漁場から色調低下が確認された。その後、支柱漁場でも確認され、重症化した。

八代海では、1月下旬にキートセロス属主体の小型珪藻の増殖、2月上旬にはユーカンピア属の増殖とともに栄養塩が低下し、色調低下が確認された。

### 3 入札結果（図4）

秋芽網生産期の生産状況は、生産枚数が190,815,900枚（前年比73.5%）、生産金額が2,372,141,280円（前年比62.4%）、平均単価が12.43円（前年比2.21円安）であった（図4-1）。

冷凍網期の生産状況は、生産枚数が784,073,700枚（前年比119.1%）、生産金額が8,329,951,488円（前年比98.4%）、平均単価が10.62円（前年比2.23円安）であった（図4-2）。

秋芽網生産期および冷凍網生産期を通じての生産状況は、生産枚数が974,889,600枚（前年比106.2%）、生産金額が10,702,092,768円（前年比87.3%）、平均単価が10.98円（前年比2.38円安）となった。

また、ここ数年、ノリの高単価が続いていたが、新型コロナウイルス感染症感染拡大に伴う需要減と考えられる単価の低下が見られた。

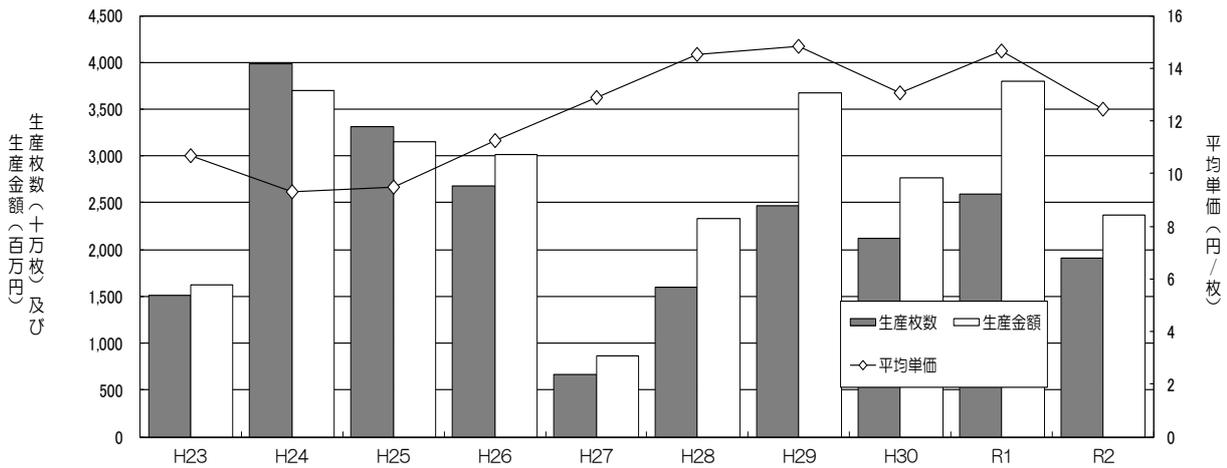


図 4 - 1 秋芽網生産期の生産状況の推移 (全海苔共販分を含む)

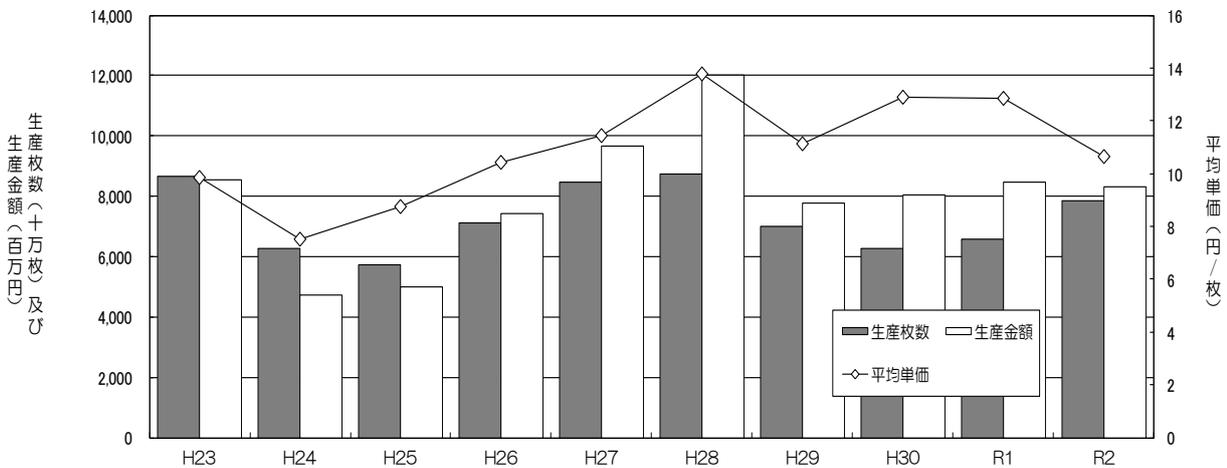


図 4 - 2 冷凍網生産期の生産状況の推移 (全海苔共販分を含む)

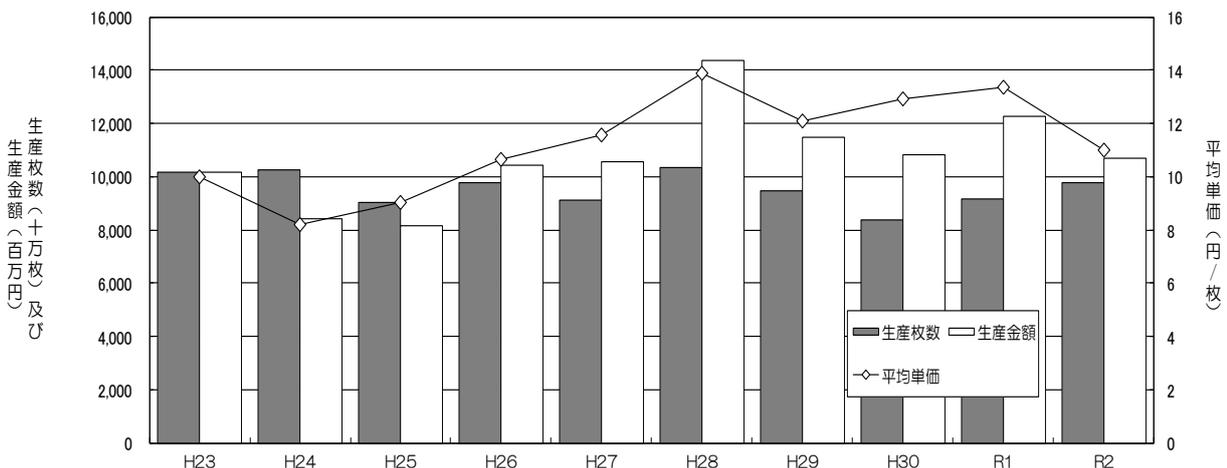


図 4 - 3 漁期別 (秋芽網期+冷凍網期) の生産状況の推移 (全海苔共販分を含む)

# 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発事業Ⅲ ( 国庫委託JV 平成30(2018)～ 令和3(2021)年度 )

(野外培養試験による育種素材の高水温耐性調査)

## 緒言

近年のノリ養殖は、採苗・育苗期における海水の高水温化や珪藻プランクトンの増殖による栄養塩量の減少で色落ち被害が発生する等、様々な環境変化による生産量の減少や品質低下がみられ、安定生産が難しい状況となっている。このため、高水温耐性等の新たな品種開発が求められている。

本事業は、高水温耐性の育種素材を、養殖漁場と類似し安定的な環境で栽培ができる野外水槽で培養し、高水温耐性を確認するとともに、その選抜を進めることを目的とした。

なお、本試験は、国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所等との共同研究機関（JV）による国庫委託事業であり、成果については「令和2年度環境変化に適応したノリ養殖技術の開発委託事業報告書（令和3年(2021年)3月ノリ養殖技術開発共同研究機関）」にて報告した。

## 方法

1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、木下裕一、増田雄二

2 試験方法

(1) 高水温野外培養試験

試験株は、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所が、農林水産技術会議の委託プロジェクト研究（平成25年度～平成29年度）で開発した育種素材の4C、熊本県水産研究センターが選抜した高水温耐性候補株のAHおよび全国標準株（U51）の4株を使用した。

これらの株を令和2年（2020年）4月から9月にかけて当センターでカキガラ糸状体培養を行った後、9月中旬から9月下旬に4.5 m×1.8 mの養殖網に室内採苗し、幼芽が2細胞に生長するまで屋内培養した。

10月2日に当センターの50 m<sup>3</sup>角形水槽1基に3株を展開した。培養期間中は、屋島培地（表1）を適宜添加し、併せて日中30分～3時間程度干出を行った。なお、換水率は0.14回転/日とした。

表1 屋島培地組成（1 tあたり）

硫酸アンモニウム	過リン酸石灰	尿素	クレソット 32
100 g	15 g	5 g	5 g

ア 水温及び比重

培養期間中、水温は測定間隔を1時間に設定したデータロガー（HOB0社製）で測定し、比重は1日1回比重計で測定した。

イ ノリ葉状体調査

11月6日および11月26日に各株の試験網から30個体を採取し、高水温時の障害として葉体にみられるくびれの計数と葉長を測定し、平均くびれ数と30個体のうち、くびれが発生している個体の割合のくびれ発生個体率で比較を行った。なお、以下で示す統計解析には、「R」version3.6.1を使用した。

(2) 生長特性把握試験

適水温での試験株の生長特性を把握するため、11月25日から翌年2月1日まで、(1) 高水温野

外培養試験と同じ条件下で培養を行い、生長特性把握試験を行った。

#### ア 水温及び比重

培養期間中、水温は測定間隔を1時間に設定したデータロガー（HOB0社製）で測定し、比重は1日1回比重計で測定した。

#### イ ノリ葉状体調査

12月6日から2月1日まで週に1度各株の試験網から30個体を採取して、葉長、葉幅を計測し、吉田ら<sup>1)</sup>の手法を参考に葉体面積推定値（葉長×葉幅×0.7）を算出することで生長量を比較した。

### (3) 室内培養試験

試験株は、4C、女川D、AHおよび全国標準株（U51）の4株を使用した。実験水温は、18℃、24℃の2水温区を設定し、1,000 ml 丸底フラスコで通気培養を行い、29日後に葉長とくびれ数を計測した。培養液は、ろ過滅菌した地先海水に1/2SWM-III改変培地を添加したものを使用し、1週間毎に全量換水した。その他の培養条件は、アマノリ養殖品種の特性に記されている基本的培養条件に準じて行った。

## 結果および考察

### 1 高水温野外培養試験

#### (1) 水温および比重

期間中の日平均水温の推移を図1に示す。10月2日から試験を開始し、開始後4日目までは日平均水温25℃以上の高水温となったが、5日目には急激に冷え込み、日平均水温は22℃台となった。比重は21.2~25.6で推移し、障害が発生するような低比重は確認されなかった。

#### (2) ノリ葉状体調査

11月6日、11月26日測定の平均葉長を図2に示す。有意差検定（分散分析）の結果、11月6日の葉長はU51と4CおよびAH株間に有意差（ $P < 0.05$ ）が確認された。11月26日の葉長はそれぞれの株間で有意差（ $P < 0.05$ ）はなかった。

各株の平均くびれ数およびくびれ発生個体率を表2に示す。11月6日の平均くびれ数は、少ないものからAH、4C、U51の順であり、11月26日の平均くびれ数は、U51、AH、4Cの順であった。11月6日、11月26日の平均くびれ数は両日ともに品種間に有意差（分散分析  $p < 0.05$ ）は確認されなかった。

また、くびれ発生個体率はどちらの測定日もAHが最も低かった。11月26日にU51の平均くびれ数、くびれ発生個体率が低下したのは、11月6日時点ではU51は最も葉体が伸長しており、その後、さらに葉体が伸長するなかで干出操作等の物理的な負荷がかかった際にくびれ部分から切れ流れが起きていたためと考えられた。



図1 期間中の各水槽の日平均水温の推移

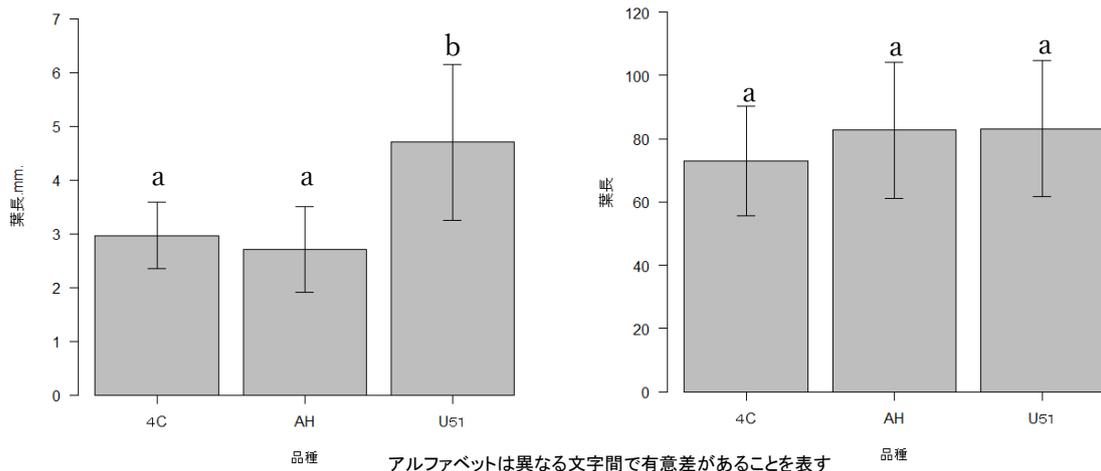


図2 11月6日(左)、11月26日(右)の各株の葉長

表2 平均くびれ数、くびれ発生個体率

		U51	4C	AH
平均くびれ数 (個/個体)	11月6日	1.17	1.03	0.87
	11月26日	0.80	1.00	0.87
くびれ発生個体率	11月6日	83.3%	70.0%	53.3%
	11月26日	56.7%	60.0%	50.0%

## 2 生長特性把握試験

### (1) 水温及び比重

11月25日から試験を開始し、開始時日平均水温が17℃台とかなり低水温での試験となった。比重は23.6~25.6で推移し、障害が発生するような低比重は確認されなかった。

### (2) ノリ葉状体調査

生長特性把握試験の葉長、葉幅の推移を図3および図4に示す。2月1日の葉長の測定結果では、女川D (42.8 mm)、U51 (40.8 mm)、AH (38.4 mm) および4C (28.8 mm) の順に生長しており、葉幅はU51 (18.1 mm)、女川D (17.8 mm)、AH (15.8 mm) および4C (14.6 mm) の順となった。葉長/葉幅比はU51が0.5、女川Dが0.4、AHが0.4、4Cが0.5と成葉の形としては最も葉幅の大きい「円形」に分類される葉体となった。

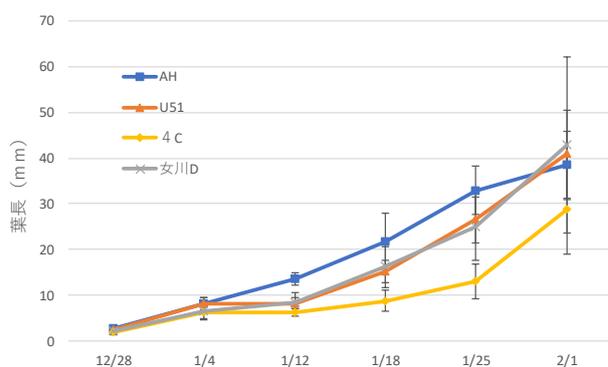


図3 各株の葉長の推移 (エラーバーは標準偏差)

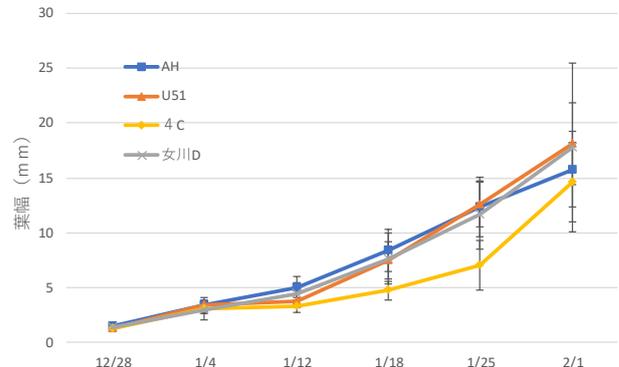


図4 各株の葉幅の推移 (エラーバーは標準偏差)

測定した葉長と葉幅から算出した推定葉体面積 (葉長×葉幅×0.7) を図5および図6に示す。2月1日測定の平均推定葉体面積は、女川D (609.7 mm<sup>2</sup>)、U51 (531.4 mm<sup>2</sup>)、AH (428.3

mm<sup>2</sup>) 及び 4C (306.8 mm<sup>2</sup>) の順に生長していた。有意差検定 (分散分析 p<0.05) の結果、女川 D と 4C の株間に有意差が確認された。

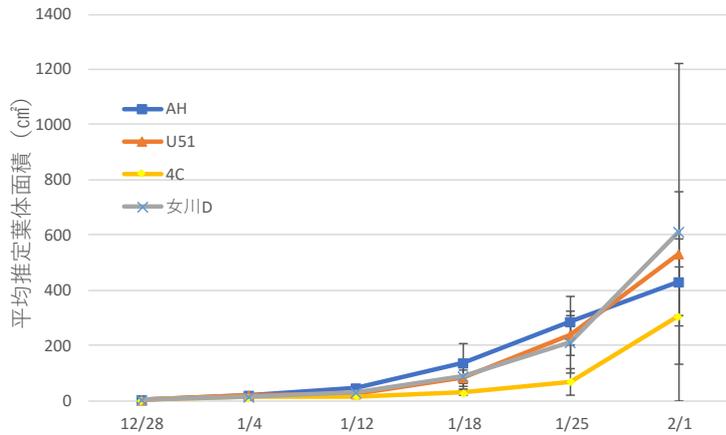


図5 各株の推定平均葉体面積の推移 (エラーバーは標準偏差)

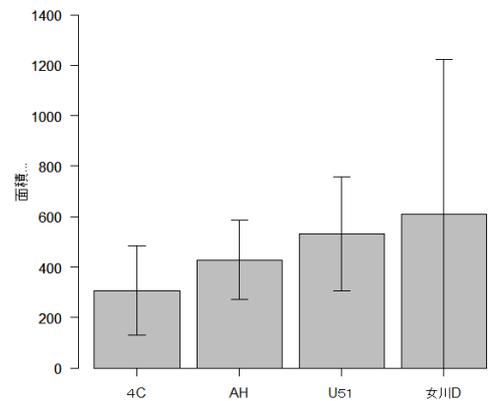


図6 2月1日の各株の平均推定葉体面積 (エラーバーは標準偏差)

### (3) 室内培養試験

18℃で培養を行った葉体には、顕著なくびれはどの株でも見られなかった。一方、24℃で培養を行った試験区では、4Cでは著しいちじれと多層化が生じ、正常な生長が確認できなかった。特に、女川Dでは葉体のほとんどが枯死した。そのため、U51とAHのみ、くびれ数と葉長を測定した。その結果を図7および図8に示す。

くびれ数の有意差検定 (t検定 p<0.05) の結果、AHのくびれ数はU51より有意に少なかった。葉長の有意差検定 (t検定 p<0.05) では、U51がAHより有意に大きく、形態異常という点では、AHの高水温耐性が確認された。

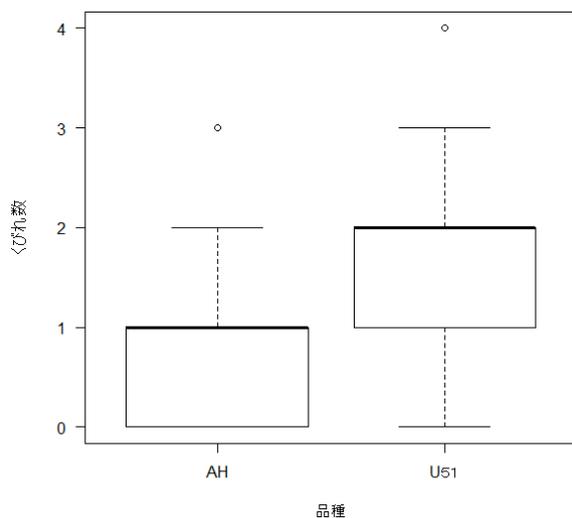


図7 24℃培養後のくびれ数 (エラーバーは標準偏差)

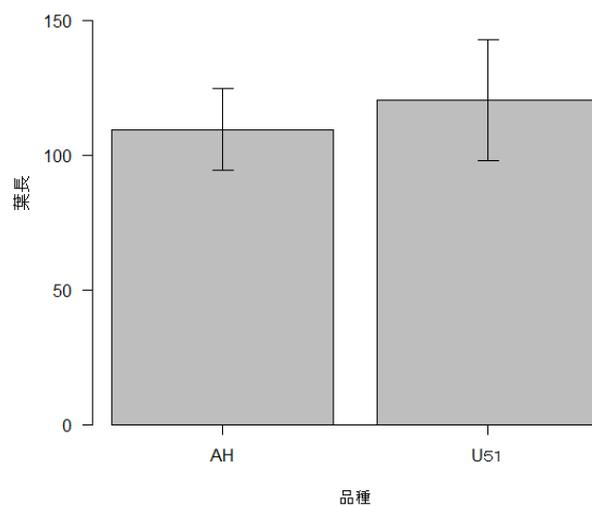


図8 24℃培養後の葉長 (エラーバーは標準偏差)

## 文献

- 1) 吉田ら (1964) 養殖アサクサノリの着生密度・生長と収穫について 東北海区水産研究所研究報告 24号; 88-101

# 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発事業Ⅳ ( 国庫委託JV (平成27(2015)～令和3(2021)年度) ) (二枚貝の養殖等を併用したノリ養殖技術の開発)

## 緒言

有明海および八代海のノリ養殖漁場では、早期の色落ちが頻繁に発生し、ノリ養殖業の経営に深刻な打撃を与えている。ノリの色落ちの主因は栄養塩不足であり、ノリと栄養塩を競合する珪藻赤潮の発生に起因している。

本事業は、これら珪藻を餌料として利用する二枚貝が漁場の栄養塩循環と珪藻類の発生に与える効果を明らかにすることを目的として二枚貝とノリを併用した養殖試験を行った。

なお、本試験は、国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所等との共同研究機関（JV）による国庫委託事業であり、成果については「令和2年度環境変化に適応したノリ養殖技術の開発委託事業報告書（令和3年(2021年)3月ノリ養殖技術開発共同研究機関）」にて報告した。

## 方法

1 担当者 徳留剛彦、安藤典幸、木下裕一、増田雄二

2 試験方法

(1) 環境調査

ア 連続観測

八代市地先(図1)の鏡町漁業協同組合所属の漁業者が行っている垂下式の20m×10mのマガキ養殖筏(以下「養殖筏」という。)に環境把握のため、多項目水質計(JFEアドバンテック社製)を設置し、10月から1月にかけて水深1mにおける水温、塩分およびクロロフィルaの24時間連続観測を行った。

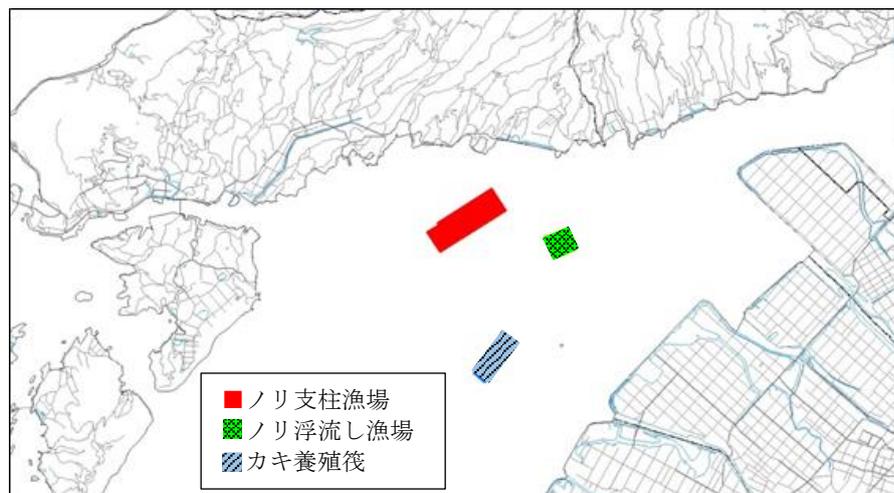


図1 マガキ養殖筏および養殖ノリ漁場の位置

イ 水質観測

ノリ網を張り込む表層とカキが垂下してある水深2mの環境比較のため、11月から1月にかけて月に2回、養殖筏の水深0mおよびマガキ養殖が行われている水深2m層の採水を行い、溶存無機態窒素(以下「DIN」という。)および溶存無機態リン(以下「DIP」という。)を測定した。また、10月から12月にかけてJFEアドバンテック社製のクロロテックを用いてクロロフィルaの鉛直観測を行い、0mと2mの数値の比較を行った。

(2) マガキ生育状況調査

養殖筏から、11月から1月にかけて計6回、30個ずつマガキを取り上げ、殻長、殻高、殻幅、重量、湿肉重量を測定した。

(3) 養殖筏におけるクロロフィルaの動向

養殖筏内でのマガキによるクロロフィルa削減効果を把握するため、11月12日から11月25日と12月11日から12月21日にかけて、養殖筏のSt.1～St.5にクロロフィル濁度計を、St.1、

St. 2、St. 4 および St. 5 に流向流速計を設置し（図 2）、連続観測を行った。得られたデータから図 3 により養殖筏における 1 時間あたりのクロロフィル a の動向を調査した。

なお、流向流速計の観測値のうち、潮上より潮下の流速値が高く、その差がその二点の平均流速値の 1 割以上大きい場合は、異常値として扱った。

$$d(CV)/dt = (\text{Flux}_{in} - \text{Flux}_{out}) + R$$

C:クロロフィル濃度    V:養殖容積

$$\text{Flux}_{in} = C_{in} (\mu\text{g/L}=\text{mg/m}^3) * u_{in} (\text{m/h}) * A (\text{m}^2)$$

$$\text{Flux}_{out} = C_{out} (\text{mg/m}^3) * u_{out} (\text{m/h}) * A (\text{m}^2)$$

※ $C_{in}$ 、 $C_{out}$ 、 $u_{in}$ 、 $u_{out}$  は、データから 1 時間の平均値を算出。  
 ※ $u_{in}$ 、 $u_{out}$  は、流向流速計のデータをベクトル分解して算出。  
 R(※):養殖容積でのマガキによる、クロロフィル取り込み量 ( $\text{mg/m}^3/\text{h}$ )  
 ※R は養殖量、濾水量、クロロフィル値、マガキ乾燥肉重量から算出。

**図 3 クロロフィル a の収支の算出方法**

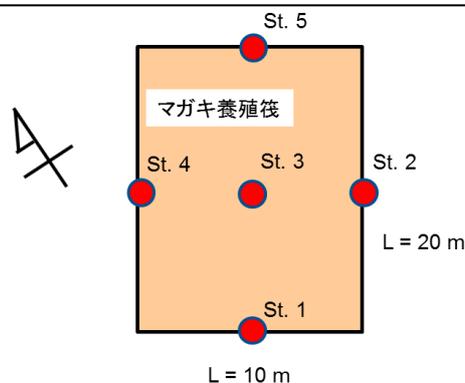


図 2 クロロフィル濁度計および流向流速計の設置位置

(4) ノリの黒み度による色落ち改善の評価

当センターにおいて、河内漁業協同組合の生産者から購入したノリ網を 1m 四方に切り、浮遊珪藻培養によって貧栄養状態にした 500 L パンライト水槽で培養する色落ち操作を行い、色彩色差計（コニカミノルタ社製）で葉体の色調を測定して  $L^*$  値、 $a^*$  値および  $b^*$  値から黒み度 ( $100 - \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}}$ ) を算出し、表 1 の軽度から重度の色落ちノリ試験網と色落ち操作を行わない正常ノリ試験網を作出した。12 月 10 から 22 日と 1 月 5 から 15 日の 2 回、養殖筏に張り込み、ノリのマガキ併用養殖による色調改善効果の把握を目的として 10 日程度の試験養殖を行なった。

試験終了後、各試験区から葉体を 30 枚ずつ採取し、色彩色差計（コニカミノルタ社製）で測定して黒み度を算出し、表 1 により色落ちの評価を行なった。また、熊本県宇城市三角地先（図 1）のノリ生産者の浮き流し式養殖ノリ（以下「対照区」という。）についても、黒み度による色落ち評価を行い、試験区と比較した。

表 1 黒み度による色落ちの評価

黒み度	45以上	45未満 ～35	35未満 ～30	30未満 ～25	25未満
評価	正常	軽度	中度	重度	生産不能

**結果および考察**

1 環境調査

(1) 連続観測

養殖筏における、水深 1m の水温、塩分およびクロロフィル a の推移を図 4 に示す。期間中の水温、塩分およびクロロフィル a は、それぞれ 22.7°C～11.1°C、28.9～33.1 および 1.5～10.7  $\mu\text{g-at/L}$  で推移した。11 月上旬および 12 月上旬にクロロフィル a 値の上昇が確認された。

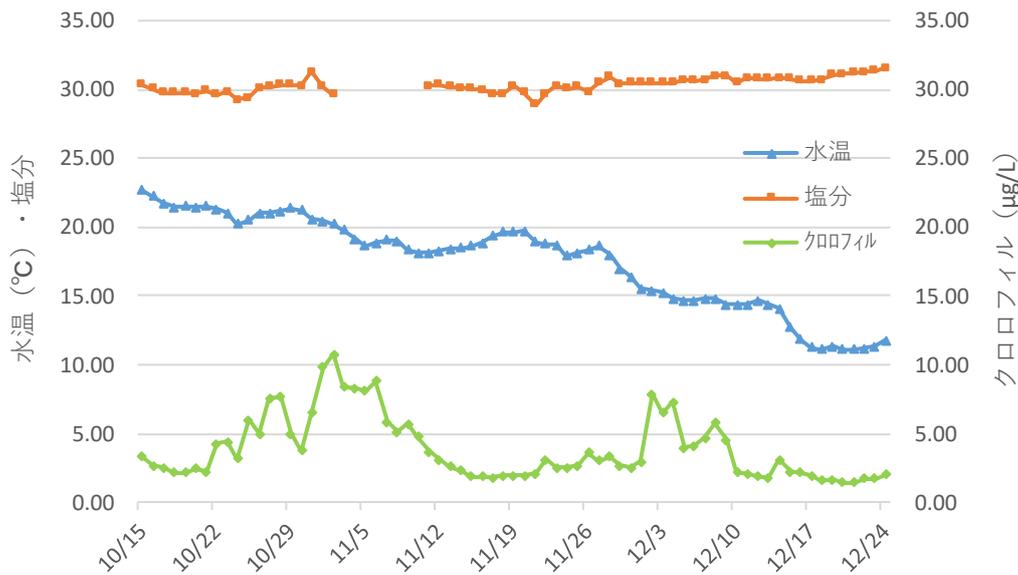


図4 マガキ養殖筏の水深1mの水温、塩分およびクロロフィルaの推移

(2) 水質観測

ア DIN および DIP

養殖筏における、水深0mおよび2mのDINとDIPの推移を図5に示す。

水深0mのDINおよびDIPは、それぞれ5.8~16.9 µg-at/Lおよび0.4~0.8 µg-at/Lで推移した。また、水深2mのDINおよびDIPは、それぞれ5.5~15.7 µg-at/Lおよび0.4~0.8 µg-at/Lで推移した。水深0mおよび2mのDINおよびDIPは、概ねノリ養殖で栄養塩の期待値とされるDIN7.0 µg-at/L、DIP0.5 µg-at/Lを上回っており、栄養塩環境は比較的良好であった。

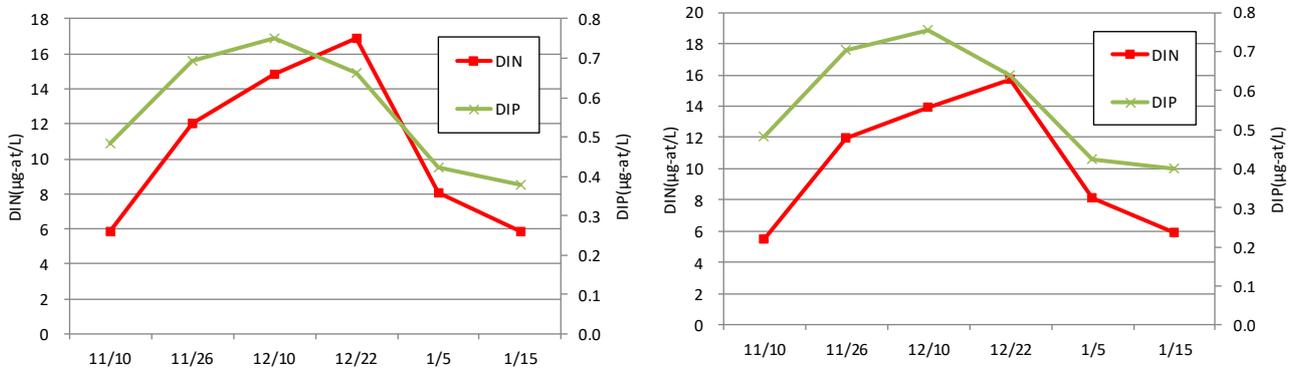


図5 表層(左)および水深2m(右)のDINおよびDIPの推移

イ クロロフィルa

養殖筏における、水深0mおよび2mのクロロフィルaの推移を図6に示す。

水深0mは1.1~3.5 µg-at/Lで推移し、水深2mは2.0~3.9 µg-at/Lで推移した。11月上旬に2mの数値が0mよりも高い状態となっていたが、測定期間をとおして概ね低い水準で推移しており、ノリ養殖に好適であった栄養塩環境と一致していた。

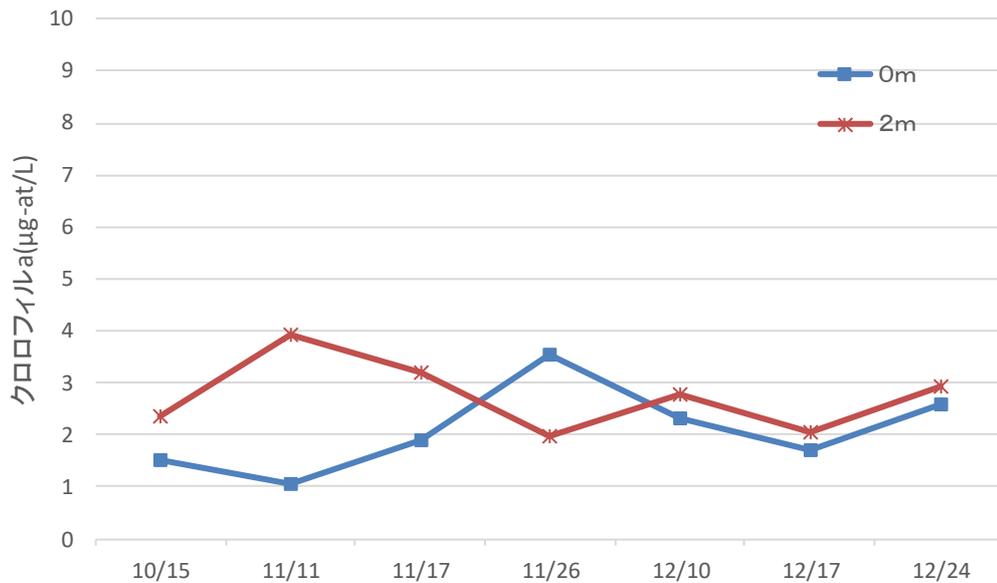


図6 表層および水深2mにおけるクロロフィルaの推移

## 2 マガキ生育状況調査

11月11日から1月15日の間に測定したマガキの湿肉重量の推移を図7に示す。湿肉重量は、11月11日の15.09gから1月15日には23.80gへと成長したが、12月22日、1月5日の測定では湿肉重量が減少または停滞する結果となった。12月22日の測定では、サンプルにピンノヤポリドラの寄生が多く見られ、それらによって体が痩せてしまい、湿肉重量が減少したと考えられた。

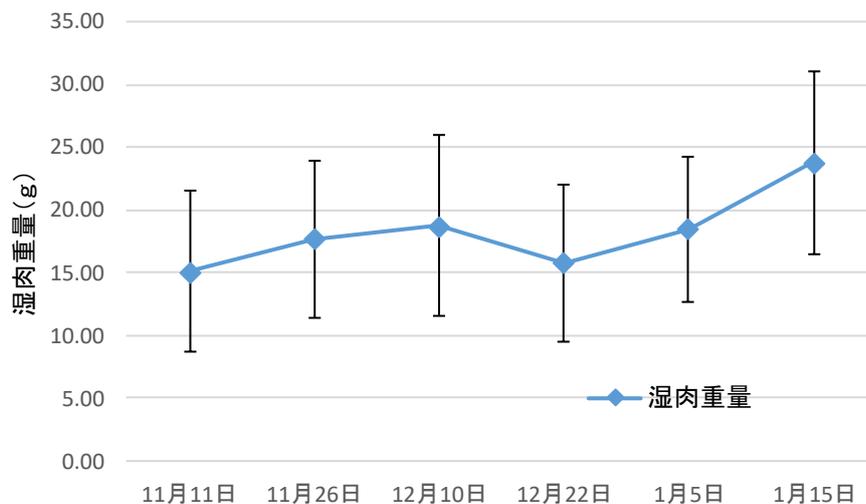


図7 マガキの湿肉重量の推移

## 3 養殖筏におけるクロロフィルaの動向

クロロフィルaの動向について、連続観測を行った2回のうち、12月11日から12月21日の観測では、St.1の測器に養殖マガキを垂下しているカゴが測器に接触する時間帯があり、正常なデータが取得できなかったため、解析は行わなかった。

11月12日～11月25日の14日間の検討条件を表2、結果を表3に示す。養殖容積1,000m<sup>3</sup>で、約9,360個のマガキを養殖した場合、クロロフィルaは1時間あたり33,456.5mg/L減少しており、このうちマガキ養殖による取り込み量は556.8mg/L、マガキによる養殖筏内でのクロロフィルa収支への寄与率は1.7%であった。

昨年度の令和元年(2019年)12月21日～令和2年(2020年)1月4日の試験結果と今年度の試験結果を比較すると、収支への寄与率は3.4%から1.7%に下がっていた。これは、全体のクロロフィ

ル a 収支量が増えたことによりマガキによる削減割合の減少や、令和 2 年 7 月豪雨災害でマガキの養殖個数が少なくなったこと、秋季はマガキのサイズが小さかったことにより寄与率が低下したことが原因と考えられた。

表 2 クロロフィル a の収支に用いた観測値

期間	マガキ		水温 (°C)	養殖断面積					
	養殖量 (個)	湿肉重量 (g/個)		長辺方向 (m <sup>2</sup> )	短辺方向 (m <sup>2</sup> )				
11/12~11/25(14日間)	9,360	16.4	18.9	100	50				
期間	流速及びクロロフィル a								
	中央	長辺方向				短辺方向			
	St3 chl a (μg/L)	St1		St5		St2		St4	
		流速 (cm/sec)	chl a (μg/L)	流速 (cm/sec)	chl a (μg/L)	流速 (cm/sec)	chl a (μg/L)	流速 (cm/sec)	chl a (μg/L)
11/12~11/25(14日間)	2.2	20.1	2.7	19.6	2.3	4.5	2.5	3.1	2.6

表 3 クロロフィル a の収支の検討結果

期間	クロロフィル a の収支 d(CV)/dt (mg/h) =(Fluxin*A-Fluxout*A)+R	マガキ養殖以外による変化			マガキ養殖による取込		養殖個数	湿肉重量 (g)	平均水温 (°C)	
		Fluxin*A (mg/h)-Fluxout*A (mg/h)			R (mg/h)	収支への 寄与率				
		合成	長辺方向	短辺方向						
R2	11/12~11/25	33,456.5	32,899.7	10,292.9	22,606.8	556.8	1.7%	9,360	16.4	18.9
R1	12/21~1/4	15,996.6	15,445.0	7,262.2	8,182.7	551.6	3.4%	17,000	22.4	12.9

4 養殖試験後のノリの色落ちの評価

2 回行なった養殖試験について、開始時および終了時における黒み度、色落ち評価および DIN を表 4 に示す。

1 回目の試験では、正常の試験網は色調が維持され、軽度および中度色落ちの試験網はともに、色落ち評価が正常となり、色落ち評価は改善された。一方、対照区の試験開始時の色落ち評価は正常の評価であり、栄養塩環境も良かったことから終了時にも正常の評価を維持していた。

2 回目の試験において、試験区は正常の試験網の色落ち評価は開始時のまま維持され、軽度色落ちおよび重度色落ちの試験網は、正常および軽度に評価が改善した。対照区は、開始時の色落ち評価は正常の評価であり、終了時にも正常の評価を維持していた。

今回、2 回の試験期間をとおして試験海域と対照海域の栄養塩状態は 5.8~16.9 と比較的良好であり、マガキ養殖併用による効果に関わらず、色調の回復・維持が見られた。今年度の試験結果では、マガキ併用試験区で色調が改善されたという結果になったが、海域の栄養塩環境が良好であったため、マガキ併用養殖による効果がどの程度色調改善に寄与したかは不明であった。

表 4 試験養殖開始時および終了時の黒み度、色落ち評価および DIN

(上段：1 回目 (12/10~22)、下段：2 回目 (1/5~15))

	試験網	開始(12/10)			終了(12/22)			黒み度の 変化
		黒み度	色落ち評価	DIN(μg-at/L)	黒み度	色落ち評価	DIN(μg-at/L)	
試験区 (カキ筏)	正常	47.1	正常	14.8	48.7	正常	16.9	維持
	軽度色落ち	36.2	軽度		49.5	正常		改善
	中度色落ち	34.7	中度		49.1	正常		改善
対照区	三角浮き流し	47.6	正常	ND	47.5	正常	17.8	維持

※12/14測定値が16.4

	試験網	開始(1/5)			終了(1/15)			黒み度の 変化
		黒み度	色落ち評価	DIN(μg-at/L)	黒み度	色落ち評価	DIN(μg-at/L)	
試験区 (カキ筏)	正常	47.1	正常	8.0	45.1	正常	5.8	維持
	軽度	42.3	軽度		45.5	正常		改善
	重度色落ち	27.7	重度		42.8	軽度		改善
対照区	三角浮き流し	47.6	正常	11.1	46.7	正常	9.3	維持

# 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発事業V ( 県 単 平成 30(2018)～令和 2(2020)年度 ) (ノリ養殖漁場海況観測調査)

## 緒 言

養殖ノリの生産は、養殖漁場の気象や海況の変動を把握して、網の干出や摘採などの養殖管理を適切に行う必要がある。

このため、ノリ養殖漁場の海況や栄養塩類、植物プランクトンの定点観測を行い、得られた結果をホームページ、FAX および新聞等を通じて生産者や関係機関に提供した。

## 方 法

1 担当者 木下裕一、安藤典幸、向井宏比古、増田雄二

2 調査方法

(1) 海況観測

自動海況観測ブイによる連続観測を行った。

調査定点 長洲、小島、長浜 (図 1)

調査頻度 令和 2 年 (2020 年) 10 月～令和 3 年 (2021 年) 3 月

調査項目 水温、比重 (塩分から換算)

(2) 栄養塩類

漁業関係者に定点観測および海水の採取を依頼し、当センターで分析を行った。

調査定点 有明海 14 点、八代海 2 点 (図 1)

調査頻度 1 回/週 (22 回、令和 2 年 (2020 年) 10 月～令和 3 年 (2021 年) 3 月)

調査項目 水温、比重 (塩分から換算)、波浪 pH、栄養塩類、植物プランクトン

3 調査結果の提供

海況観測は、データベース化し、水産研究センターホームページにリアルタイムで掲載するとともに、熊本日日新聞社、西日本新聞社、読売新聞社に、令和 2 年 (2020 年) 10 月 1 日から令和 3 年 (2021 年) 2 月 26 日にかけて情報提供した。

また、栄養塩類は毎週、採水日の翌日に栄養塩情報 (累計 22 号) を発行し、関係漁協等に FAX したほか、ホームページに掲載した。

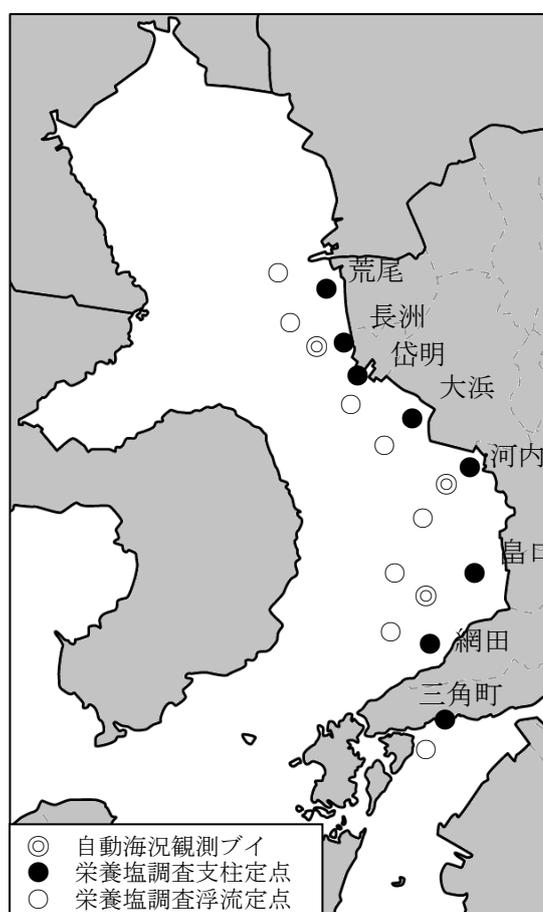


図 1 自動海況観測ブイ  
及び栄養塩類調査定点

## 結果および考察

1 水温・比重 (図 2-1、図 2-2、図 2-3)

(1) 水温 (日平均)

令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬以降、水温は順調

に低下し、ノリの採苗日である 10 月 18 日には、採苗適水温の目安とされる 23℃を下回った。11 月から令和 3 年 (2021 年) 1 月は概ね平年並みで推移したが、漁期の終盤となる 2 月以降は過去 10 年平均を上回る高水温で推移した。

(2) 比重 (日平均)

19.4 から 26.0 の範囲で推移し、顕著な低下は観測されなかった。

## 2 栄養塩類調査

水温 (°C) 比重 (σ15)

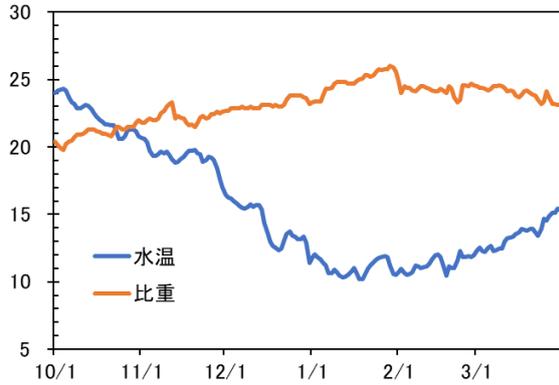


図 2-1 水温・比重の推移 (長洲)

水温 (°C) 比重 (σ15)

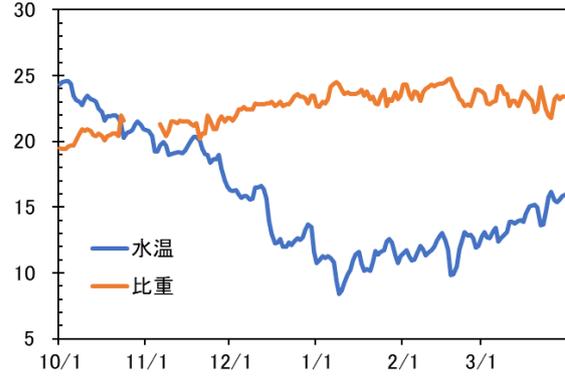


図 2-2 水温・比重の推移 (小島)

水温 (°C) 比重 (σ15)

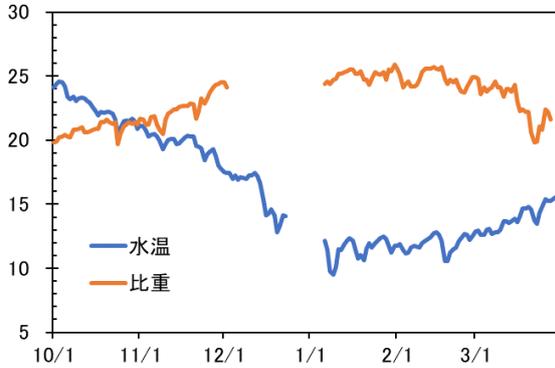


図 2-3 水温・比重の推移 (長浜)

### (1) 有明海

全調査定点の DIN、DIP の平均値の推移を図 3 に示した。支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬は、ノリ養殖の期待値 (DIN :  $7.0 \mu\text{g-at/L}$ 、DIP :  $0.5 \mu\text{g-at/L}$ ) を概ね下回った。その後、11 月下旬から令和 3 年 (2021 年) 2 月上旬は、期待値を概ね上回ったものの、2 月中旬以降、再び期待値を概ね下回って推移した。

期待値を下回っていた期間は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

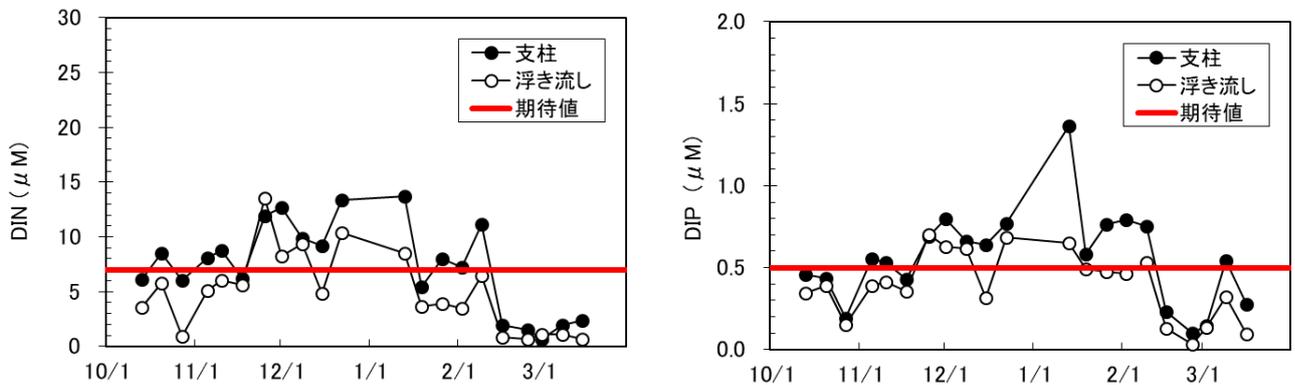


図 3 有明海の DIN、DIP の推移

(2) 八代海（三角町）（図 4）

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年（2020 年）10 月上旬から 11 月中旬は、期待値を概ね下回った。その後 11 月下旬から令和 3 年（2021 年）1 月上旬は、期待値を概ね上回ったものの、1 月中旬以降は、再び期待値を概ね下回って推移した。

期待値を下回っていた期間は、小型珪藻類（キートセロス属、スケルトネマ属など）が高密度で確認された。

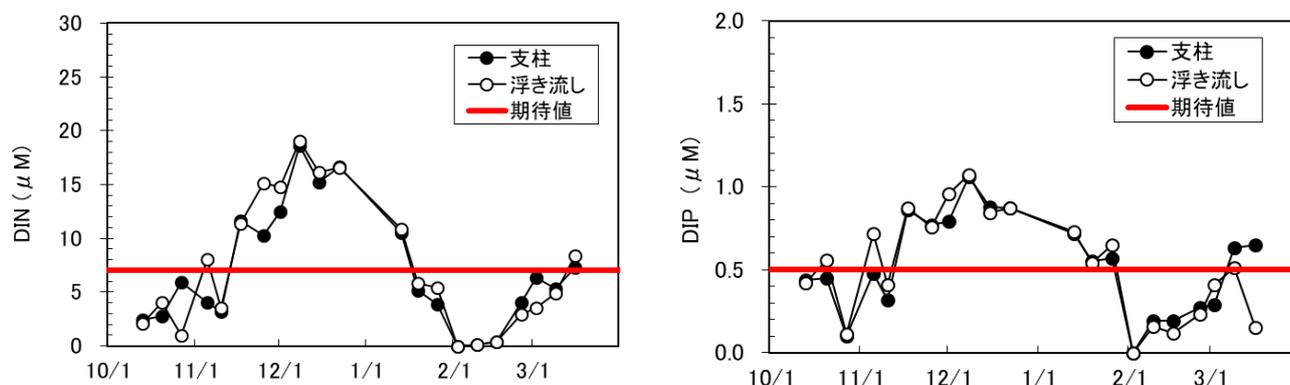


図 4 八代海の DIN、DIP の推移

(3) 調査定点毎の推移（図 5-1～図 5-7）

ア 荒尾（図 5-1）

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年（2020 年）10 月上旬から 11 月上旬および令和 3 年（2021 年）1 月中旬以降、期待値を概ね下回っていたが、その他の期間は期待値を上回った。

令和 2 年（2020 年）10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年（2021 年）2 月中旬から 3 月上旬は、小型珪藻類（キートセロス属、スケルトネマ属など）が高密度で確認された。

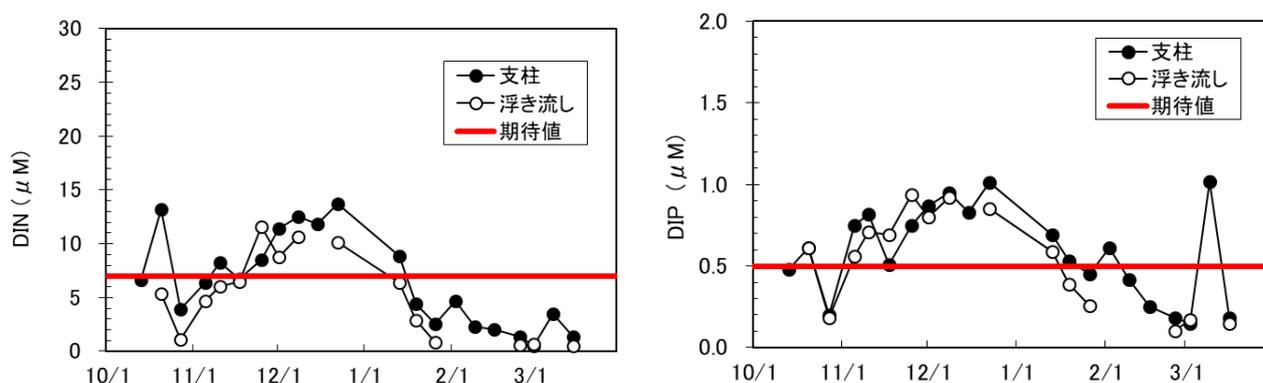


図 5-1 荒尾の DIN、DIP の推移

イ 長洲（図 5-2）

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年（2020 年）10 月上旬から 10 月下旬および令和 3 年（2021 年）1 月中旬以降、期待値を概ね下回っていたが、その他の期間は期待値を概ね上回った。

令和 2 年（2020 年）10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年（2021 年）2 月中旬から 3 月上旬は、小型珪藻類（キートセロス属、スケルトネマ属など）が高密度で確認された。

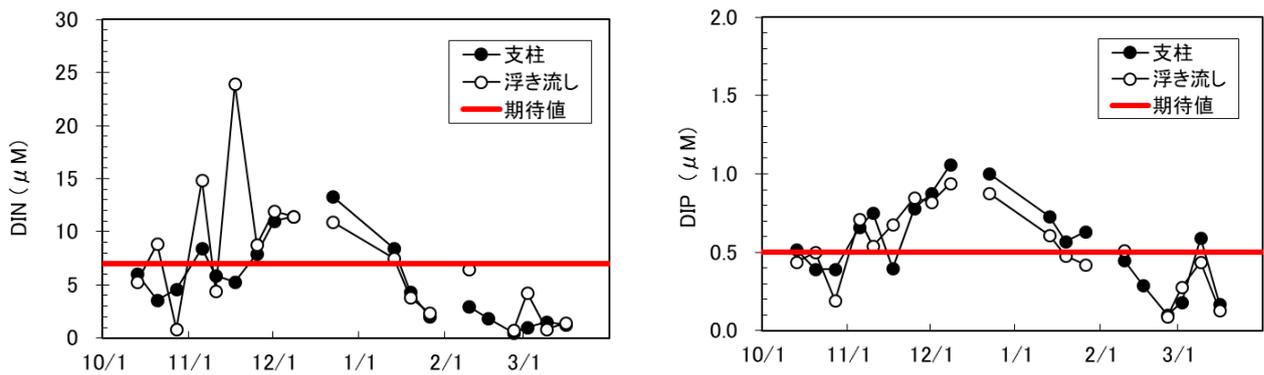


図 5-2 長洲の DIN、DIP の推移

ウ 岱明 (図 5-3)

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬および令和 3 年 (2021 年) 1 月中旬以降、期待値を概ね下回っていたが、その他の期間は期待値を上回った。

令和 2 年 (2020 年) 10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年 (2021 年) 2 月下旬以降は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

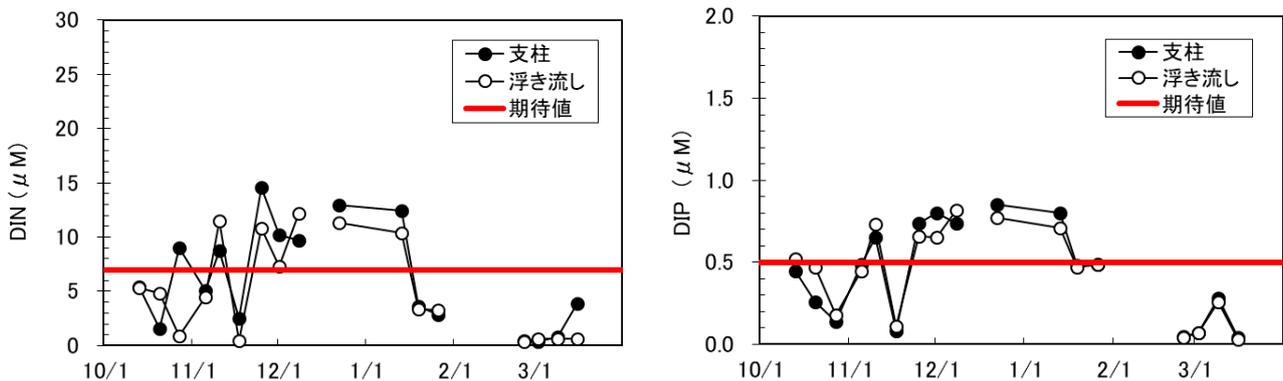


図 5-3 岱明の DIN、DIP の推移

エ 大浜 (図 5-4)

支柱漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 10 月下旬および令和 3 年 (2021 年) 1 月中旬以降、浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬および令和 3 年 (2021 年) 1 月中旬以降、期待値を下回っていたが、その他の期間は期待値を概ね上回った。

また、支柱漁場の DIN は変動が大きく、河川から影響を受けやすい調査点であると考えられた。

令和 2 年 (2020 年) 10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年 (2021 年) 2 月下旬以降は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

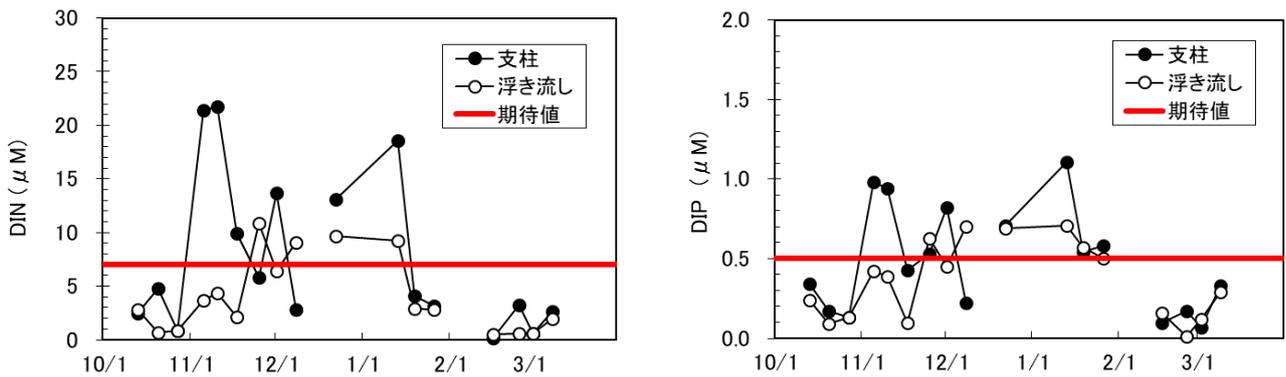


図 5-4 大浜の DIN、DIP の推移

オ 河内 (図 5-5)

支柱漁場の DIN は、令和 2 年 (2020 年) 11 月上旬および令和 3 年 (2021 年) 2 月中旬以降、支柱漁場の DIP は、令和 2 年 (2020 年) 11 月上旬、12 月および令和 3 年 (2021 年) 2 月中旬以降、期待値を下回っていたが、その他の期間は期待値を上回った。

浮き流し漁場の DIN は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬および令和 3 年 (2021 年) 1 月中旬以降、浮き流し漁場の DIP は、令和 3 年 (2021 年) 1 月上旬を除き、期待値を下回った。

また、支柱漁場の DIN は変動が大きく、河川から影響を受けやすい調査点であると考えられた。

令和 2 年 (2020 年) 10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年 (2021 年) 2 月下旬以降は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

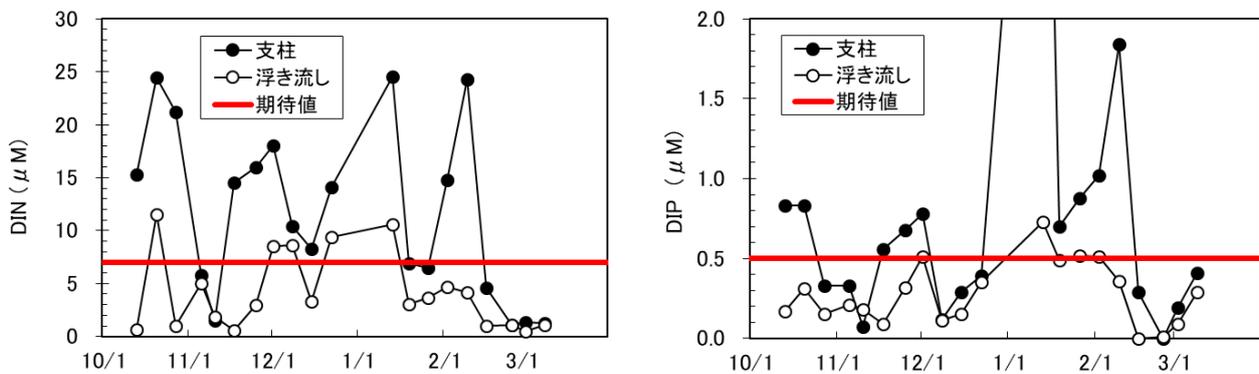


図 5-5 河内の DIN、DIP の推移

カ 畠口 (図 5-6)

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬および令和 3 年 (2021 年) 2 月上旬以降、期待値を下回っていたが、その他の期間は期待値を概ね上回った。

令和 2 年 (2020 年) 10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年 (2021 年) 2 月下旬以降は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

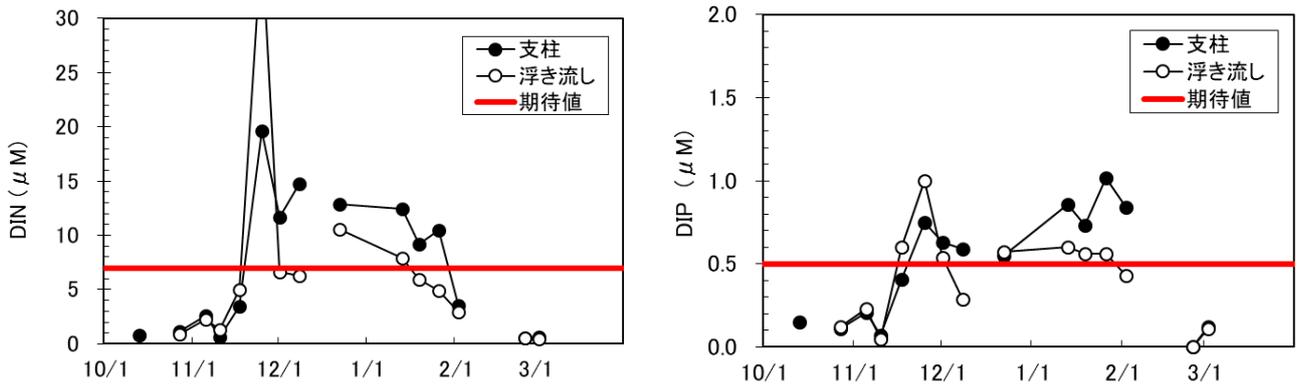


図 5-6 畠口の DIN、DIP の推移

キ 網田 (図 5-7)

支柱漁場および浮き流し漁場の DIN、DIP は、令和 2 年 (2020 年) 10 月上旬から 11 月中旬および令和 3 年 (2021 年) 2 月上旬以降、期待値を概ね下回っていたが、その他の期間は期待値を上回った。

令和 2 年 (2020 年) 10 月下旬から 11 月中旬と、令和 3 年 (2021 年) 2 月下旬以降は、小型珪藻類 (キートセロス属、スケルトネマ属など) が高密度で確認された。

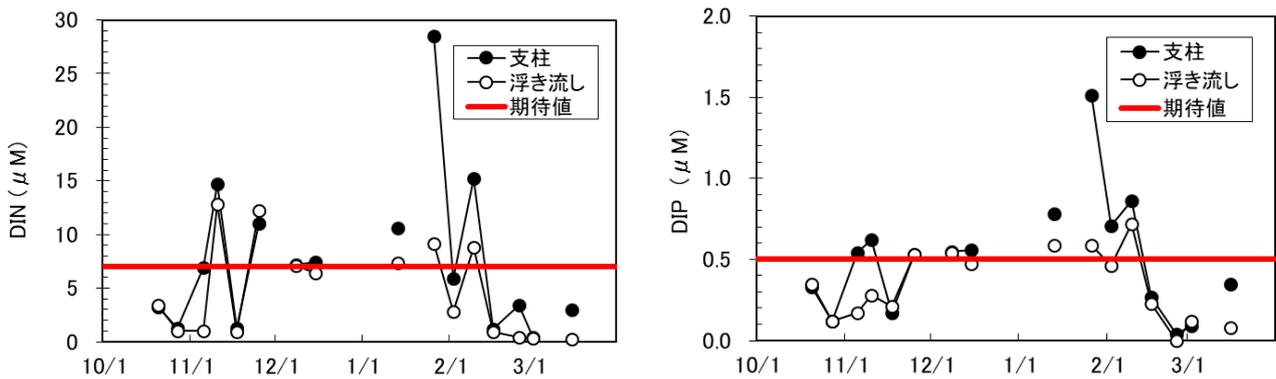


図 5-7 網田の DIN、DIP の推移

### 3 調査結果の提供

熊本日日新聞社、西日本新聞社熊本総局、読売新聞社熊本支局に対し、令和 2 年 (2020 年) 10 月 1 日から令和 3 年 (2021 年) 2 月 26 日にかけて計 98 回 (土、日祝日を除く) 情報提供した。