

マリナタウン海浜公園底質調査

結果報告書

2021年1月

特定非営利活動法人

日本環境監視協会

はじめに

博多湾は古来よりアサリやクルマエビの宝庫として知られ、魚介類稚仔の生育場としても筑前海全域の漁業資源維持に大きな役割を担ってきた。しかしながら、都市の拡大や港内開発に伴う環境変化などにより底泥の悪化が進み水産資源は減少し、悪臭の発生など水産業のみならず市民生活にも影響を及ぼしている。この対策として覆砂や海底耕運などの事業が実施されているが、多大な経費を要するなどの理由により事業規模は小さく効果は限定的である。近年、微生物を用いた環境改善手法が注目されている。微生物製剤「スラッジアウト[®]」はこの一つで、従来手法に比べ極めて少ない経費でヘドロ化した底泥の改善ができることがこれまで100例を超える実績で明らかになっている。

今回は福岡市水産業総合計画(豊かな海の再生と持続可能な水産業の創生)漁場環境改善の一環として試験を行い、本製剤の有効性を確認することを目的とした。

1 試験方法

マリナタウン海浜公園水域に微生物製剤「スラッジアウト[®]」を204個施用(1個／約50m²)して、施用区内に3か所、施用区外に2か所調査地点を設け底質の経過を分析する。

図1  はスラッジアウト施用区域A=9996m²(238m*42m)
調査地点 施用区3地点(s1・s2・s3) 対照区2地点(c1・c2)

図1 スラッジアウト施用区域と調査地点



2 調査項目及び回数

調査項目は下記の通りとする。調査回数は4回（施用前・1か月後・3か月後・6か月後）。

- ・pH(水素イオン指数):ガラス電極pH計を使用。
- ・ORP(酸化還元電位):底泥に白金電極を挿入し、参照電極(Ag-AgCl電極)との電位差を測定。
- ・間隙水硫化物:間隙水採取ピペットにより間隙水を嫌氣的にろ過採取しパックテスト®により比色測定。
- ・AVS(酸揮発性硫化物),COD(化学的酸素要求量),Ig-Loss(強熱減量):底質調査方法(H24年、環境省刊行)に準拠。
- ・泥温:サーミスタ温度計を使用。

3 調査結果

測定項目 測定箇所	pH				ORP(mV)				H2S(間隙水mg/L)			
	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24
s1	7.29	6.53	6.94	7.13	-238	-357	-365	-198	1.0	0.2	0.15	ND
s2	7.23	6.34	6.95	7.63	-45	-307	-368	-294	0.05	2.0	0.1	ND
s3	7.32	6.57	7.02	7.41	-92	-255	-306	-191	0.05	ND	0.1	ND
c1	7.43	6.41	6.66	6.81	-292	-362	-383	-309	1.5	20.0	5.0	1.0
c2	7.48	6.85	6.96	7.44	-284	-356	-271	-250	0.15	0.2	0.1	0.1

測定項目 測定箇所	AVS(mg/g・dry)				COD(mg/g・dry)				IL(%・dry)			
	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24
s1	0.13	0.26	0.10	0.09	3.12	3.29	2.17	2.79	2.05	2.56	1.81	2.02
s2	0.06	0.12	0.20	0.09	1.85	3.32	2.78	2.74	1.62	2.65	2.15	2.13
s3	0.02	0.04	0.09	0.11	2.00	2.01	3.07	2.74	1.77	1.78	2.19	1.96
c1	0.17	0.40	0.40	0.30	2.82	5.23	4.66	4.20	1.99	3.97	3.89	3.35
c2	0.05	0.49	0.08	0.09	2.03	4.84	1.36	3.78	1.79	3.69	1.53	2.79

測定項目 測定箇所	含水率(%)				Tem(℃)				鉄(mg/kg・dry)			
	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24	5/26	6/30	8/25	11/24
s1	18.8	20.6	19.2	19.2	22.0	24.4	29.1	17.4	-	22300	6500	9200
s2	18.1	20.5	19.2	19.5	22.3	24.1	29.8	17.5	-	23200	7500	9000
s3	17.7	19.2	18.7	20.3	21.8	24.2	29.9	18.0	-	15600	7700	7600
c1	20.1	26.0	26.7	23.6	21.1	23.8	28.2	16.8	-	32800	16900	10700
c2	18.2	26.0	18.8	23.2	21.3	24.2	29.8	18.0	-	34800	5800	12200

4 調査結果と考察

スラッジアウトの効果を確認するため、施用区(スラッジアウトを入れた地点)3点と対照区(スラッジアウトを入れない地点)2点を選定し効果を比較した。

調査は施用前(5月26日)、施用約1か月後(6月30日)、約3か月後(8月25日)、約6か月後(11月24日)の4回実施した。

(1) 溶存硫化物

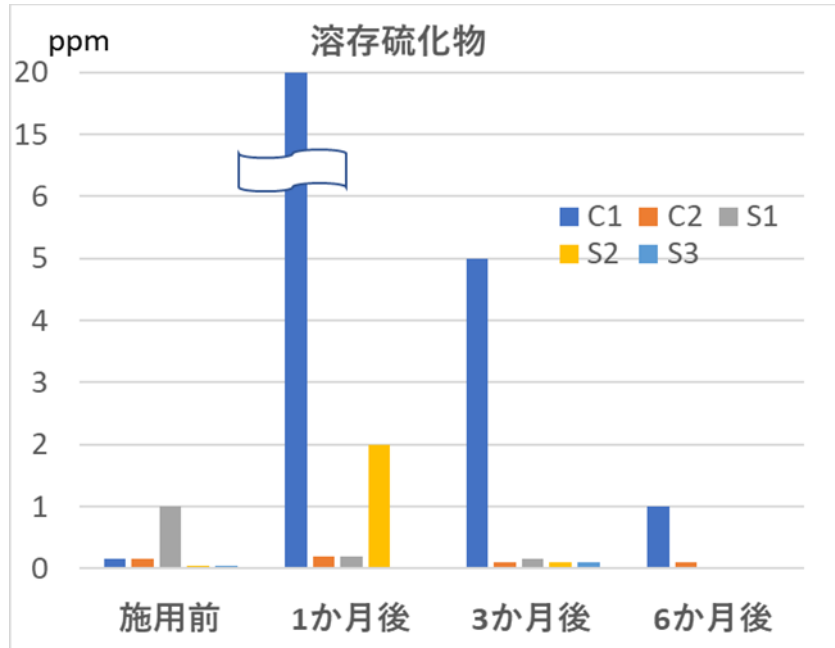
1か月後から施用区と対照区の上にスラッジアウトの効果がみられる顕著な差が生じ、6か月後の調査でも持続している。

(a) 施用区

施用前はS1の値が最も大きかったが1か月後にはS1で大きく減少し、一方S2では2ppmまで上昇したが、3か月後にはほかの施用区と同程度まで低下した。これまでほかの箇所でもスラッジアウト施用後時々見られる一時的な溶存硫化物の上昇と考えられる。3か月後にはS2地点でもほぼ他の施用区と同レベルとなり6か月後にはすべての施用区で不検出となった。

(b) 対照区

施用前は施用区のS1に比べても低い値であったが、1か月後にはC1で20ppmという極めて高い値を示した。その後は減少していったが6か月後でも1ppmとほかに比べて突出した高い値を示している。もう一つの対照区であるC2は突出して高い値を示さなかった。C2は2016年度にスラッジアウトを施用した場所で当時施用前はC1以上に底質が悪化していた地点である。当時施用したスラッジアウトの効果がまだ残っている可能性が考えられた。



(2) AVS (酸揮発性硫化物)

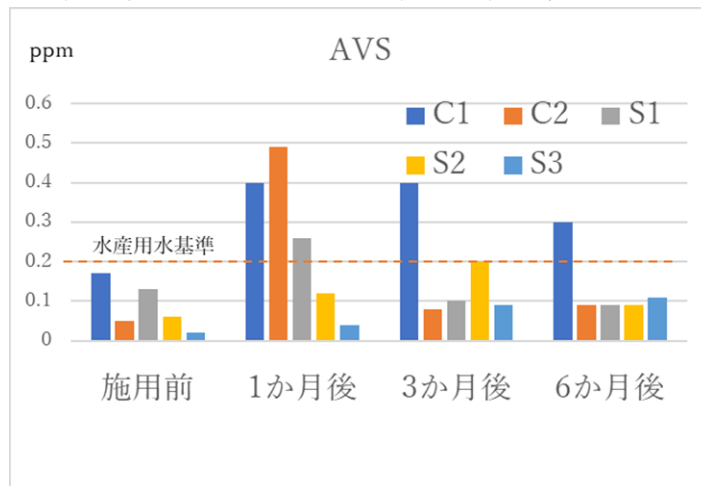
スラッジアウトを投入した地点では、3か月以後には全ての地点で水産用水基準をクリア。

(a) 施用区

施用前はすべての地点で水産用水基準(水産資源保護協会策定)の0.2ppm以下であったが1か月後にはS1で基準を超える0.26ppmに達した。3か月後にはS2地点で増加がみられたがその後減少し、6か月後もすべての施用区で基準値以下となった。

(b) 対照区

施用前はC1、C2とも基準値以下であったが、1か月後には両地点とも基準値を大き

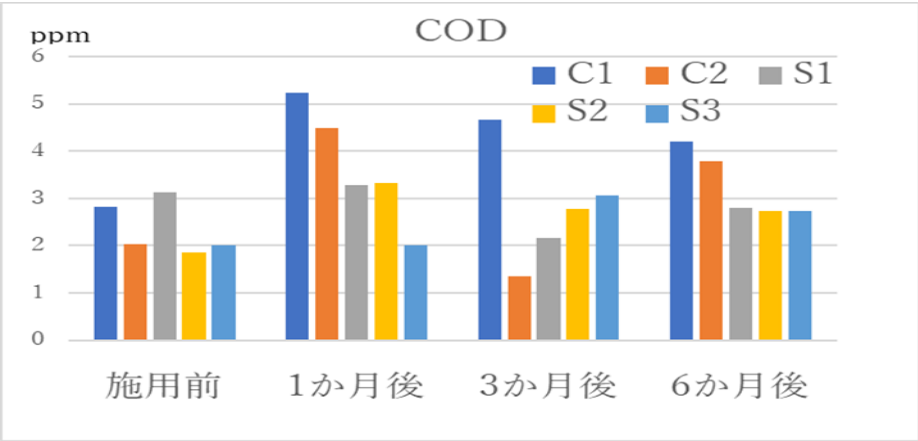


く超え3か月経過、6か月後もC1で基準値を超える状態が続いている。1か月後にすべての地点で値が上昇した理由については、前項と同様に底泥温度の上昇やアオサの繁茂、梅雨による陸からの負荷が増加する水質悪化期に当たることが理由と考えられる。

(3)COD(化学的酸素要求量)

6か月後には施用区と対照区の間にはっきりとした差が認められた。

施用1か月後にS3を除き顕著な数値の上昇がみられた。これも同様に温度上昇、アオサの繁茂、陸域からの負荷増などが影響していると考えられる。この項目でも対照区C1が全般的に高い値を占めている。CODは有機物を表す指標で対照区C1は施用区に比べ有機物の分解が遅れていることが考えられる。



(4)その他の項目(含水率、IL(強熱減量)、ORP(酸化還元電位))

含水率

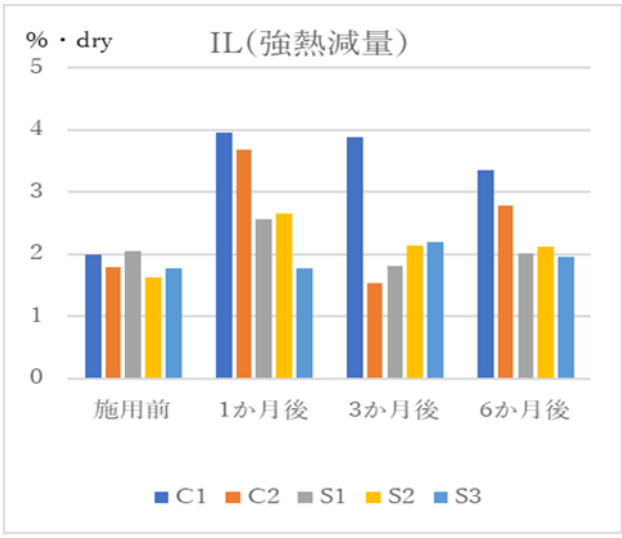
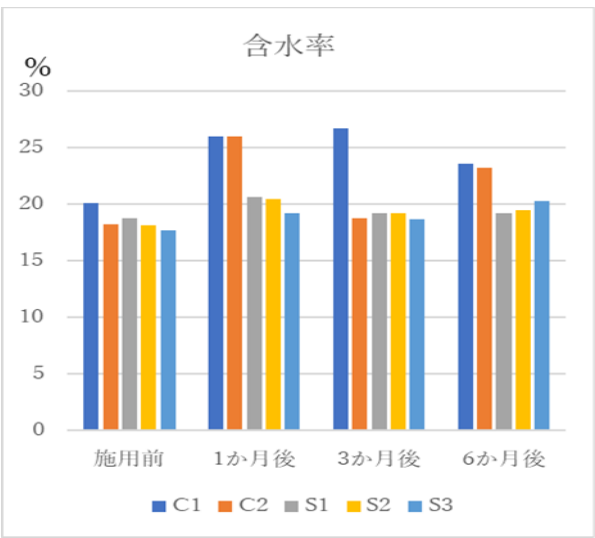
含水率はヘドロ化が進むほど高い値を示す指標で、施用前は施用区と対照区に大きな差は認められなかったが温度上昇とともに対照区でヘドロ化が進行し、施用区では大きな変化が見られなかった。

IL(強熱減量)

強熱減量も含水率同様にヘドロ化が進むほど高い値を示す指標であり、ほぼ含水率と同様の傾向を示した。温度上昇とともに対照区でヘドロ化が進行し、施用区ではヘドロ化が抑えられている。

ORP(酸化還元電位)

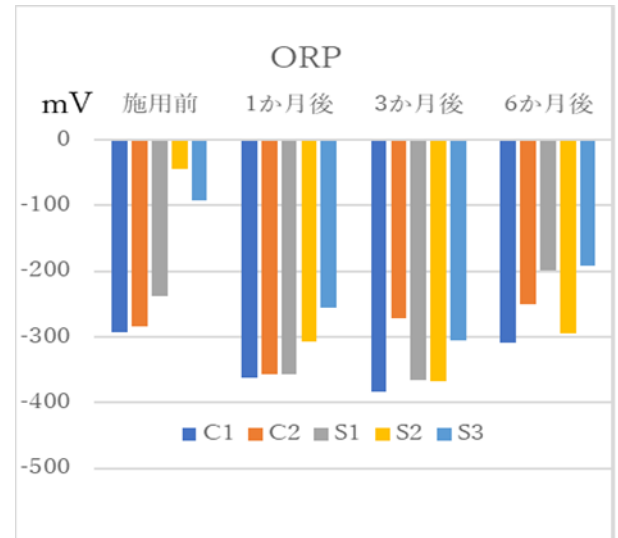
一般的には底質汚染が進む(還元性が高まる)と値はマイナス側に大きくなるが、今回の結果では施用区と対照区の間には大きな差は認められなかった。この理由については今後検討を要する。



(4) まとめ

溶存硫化物、AVS(酸揮発性硫化物)、COD(化学的酸素要求量)の3つの測定値から施用区(S1、S2、S3)と対照区(C1、C2)を比較すると施用前はほとんど差がなかったが底質悪化が起こりやすい5月から8月にかけて施用区と対照区間に大きな差が生じた。底質悪化の原因の一つであるアオサの堆積はほぼ全域にわたっていることからこの差はスラッジアウトの効果と考えられる。また、C2ではC1ほどの顕著な底質悪化が見られなかったのは、この箇所に2016年にスラッジアウトを施用した効果が継続している可能性と考えられる。

(参考p10～p13:2016年結果資料)



用語の説明

•ORP(酸化還元電位)

銀・塩化銀電極(参照電極)と Pt : 値が小さいほど底質悪化が進んでいることを示す。
の数値で、底泥の酸化還元状態を示す指標。(基準値は設けられていない)

•硫化物(硫化水素)

硫化水素は酸素の供給が乏しく、有機物が豊富な環境で硫酸還元菌の活動によって生成する毒性の強い物質である。また、酸素を消費することから貧酸素水発生の原因の一つとなっている。東京湾などで見られる青潮も硫化水素が原因で発生し、魚介類の大量斃死などの被害をもたらしている。

硫化水素は水に溶けるとpH値に応じて解離するため、底泥中の形態は一定でない。

このため、本報告書では硫化水素を硫化物と表記する。

•間隙水硫化物

底泥の間隙水に溶存する硫化物の濃度。後述のAVSと類似しているが、AVSが硫化鉄など水に溶けない低毒性硫化物を含めすべての硫化物が測定されるのに対し、間隙水硫化物は毒性が強く生物に与える影響が大きい溶 I : 値が大きいほど底質悪化が進んでいることを示す。

本項目の方がよりの確に評価される。(水産用水基準は定められていない)

•AVS(酸揮発性硫化物)

底泥中に強酸を加えて揮発する硫化物の量を示す数値。底泥の悪化の程度を示す尺度として広く使われる。(水産用水基準では0.2mg/g(dry)以下) 値が大きいほど底質悪化が進行

•COD(化学的酸素要求量)

底泥中の有機物量を表す数値。(水産用水基準では20mg/g(dry)以下) 値が大きいほど底質悪化が進行

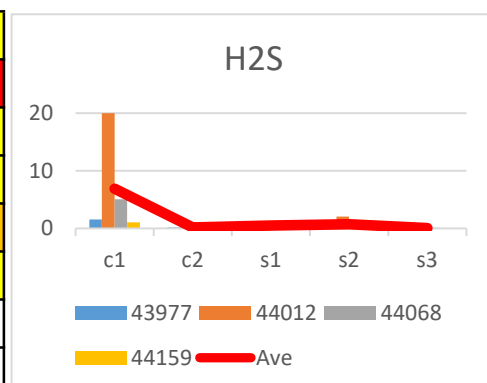
•Ig-loss(強熱減量)

乾燥した底泥を高熱で焼き、減量の割合を%で表した数値。底泥の有機物の量の尺度となる。

(基準値は設けられていない) : 値が大きいほど底質悪化が進んでいることを示す。

対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認
H₂S(間隙水硫化物)

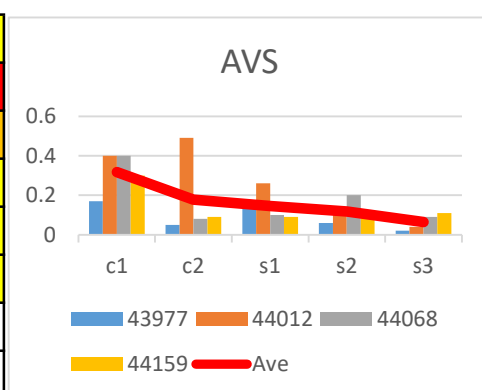
	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	1.5	20	5	1	6.88	1
c2	0.15	0.2	0.1	0.1	0.14	4
s1	1	0.2	0.15	0	0.45	3
s2	0.05	2	0.1	0	0.72	2
s3	0.05	0	0.1	0	0.08	5
c1c2平均値	0.83	10.10	2.55	0.55		
s1s2s3平均値	0.37	0.73	0.12	0.00		
s平均/c平均(%)	44.40	7.26	4.58	0.00		



値が大きいほど底質悪化が進んでいる

対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認
AVS(酸揮発性硫化物)

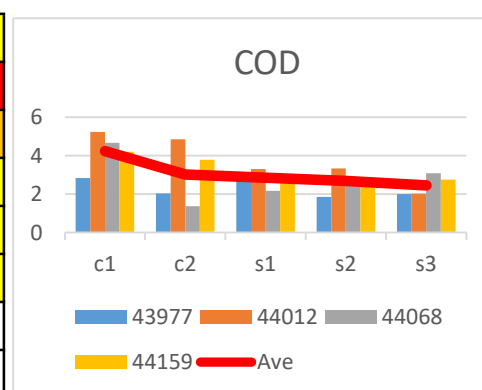
	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	0.17	0.4	0.4	0.3	0.32	1
c2	0.05	0.49	0.08	0.09	0.18	2
s1	0.13	0.26	0.1	0.09	0.15	3
s2	0.06	0.12	0.2	0.09	0.12	4
s3	0.02	0.04	0.09	0.11	0.07	5
c1c2平均値	0.11	0.45	0.24	0.20		
s1s2s3平均値	0.07	0.14	0.13	0.10		
s平均/c平均(%)	63.64	31.46	54.17	49.57		



値が大きいほど底質悪化が進んでいる

対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認
COD(化学的酸素要求量)

	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	2.82	5.23	4.66	4.2	4.23	1
c2	2.03	4.84	1.36	3.78	3.00	2
s1	3.12	3.29	2.17	2.79	2.84	3
s2	1.85	3.32	2.78	2.74	2.67	5
s3	2.00	2.01	3.07	2.74	2.46	4
c1c2平均値	2.43	5.04	3.01	3.99		
s1s2s3平均値	2.32	2.87	2.67	2.76		
s平均/c平均(%)	95.81	57.07	88.82	69.09		

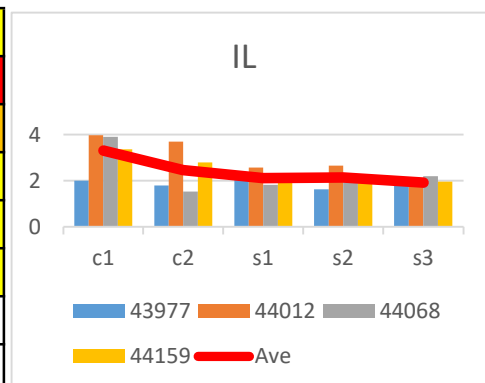


値が大きいほど底質悪化が進んでいる

対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認

IL(強熱減量)

	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	1.99	3.97	3.89	3.35	3.30	1
c2	1.79	3.69	1.53	2.79	2.45	2
s1	2.05	2.56	1.81	2.02	2.11	4
s2	1.62	2.65	2.15	2.13	2.14	3
s3	1.77	1.78	2.19	1.96	1.93	5
c1c2平均値	1.89	3.83	2.71	3.07		
s1s2s3平均値	1.81	2.33	2.05	2.04		
s平均/c平均(%)	95.94	60.84	75.65	66.34		

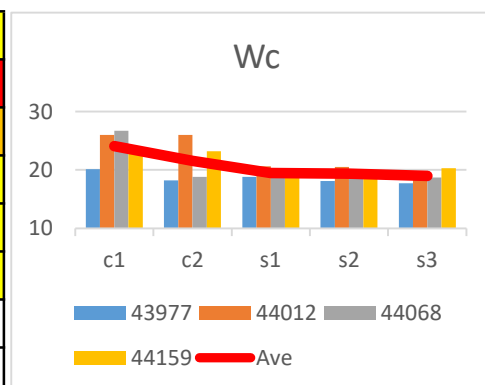


値が大きいほど底質悪化が進んでいる

対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認

W/C(含水率)

	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	20.10	26.00	26.70	23.60	24.10	1
c2	18.20	26.00	18.80	23.20	21.55	2
s1	18.80	20.60	19.20	19.20	19.45	3
s2	18.10	20.50	19.20	19.50	19.33	4
s3	17.70	19.20	18.70	20.30	18.98	5
c1c2平均値	19.15	26.00	22.75	23.40		
s1s2s3平均値	18.20	20.10	19.03	19.67		
s平均/c平均(%)	95.04	77.31	83.66	84.05		

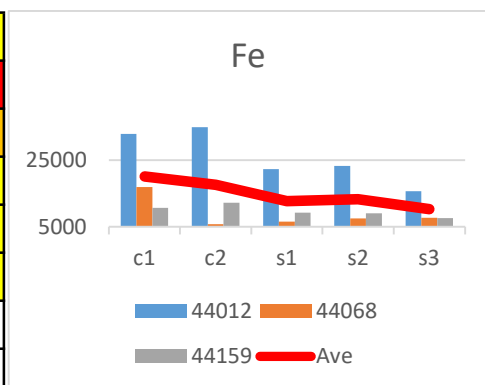


値が大きいほどヘドロ化が進んでいる

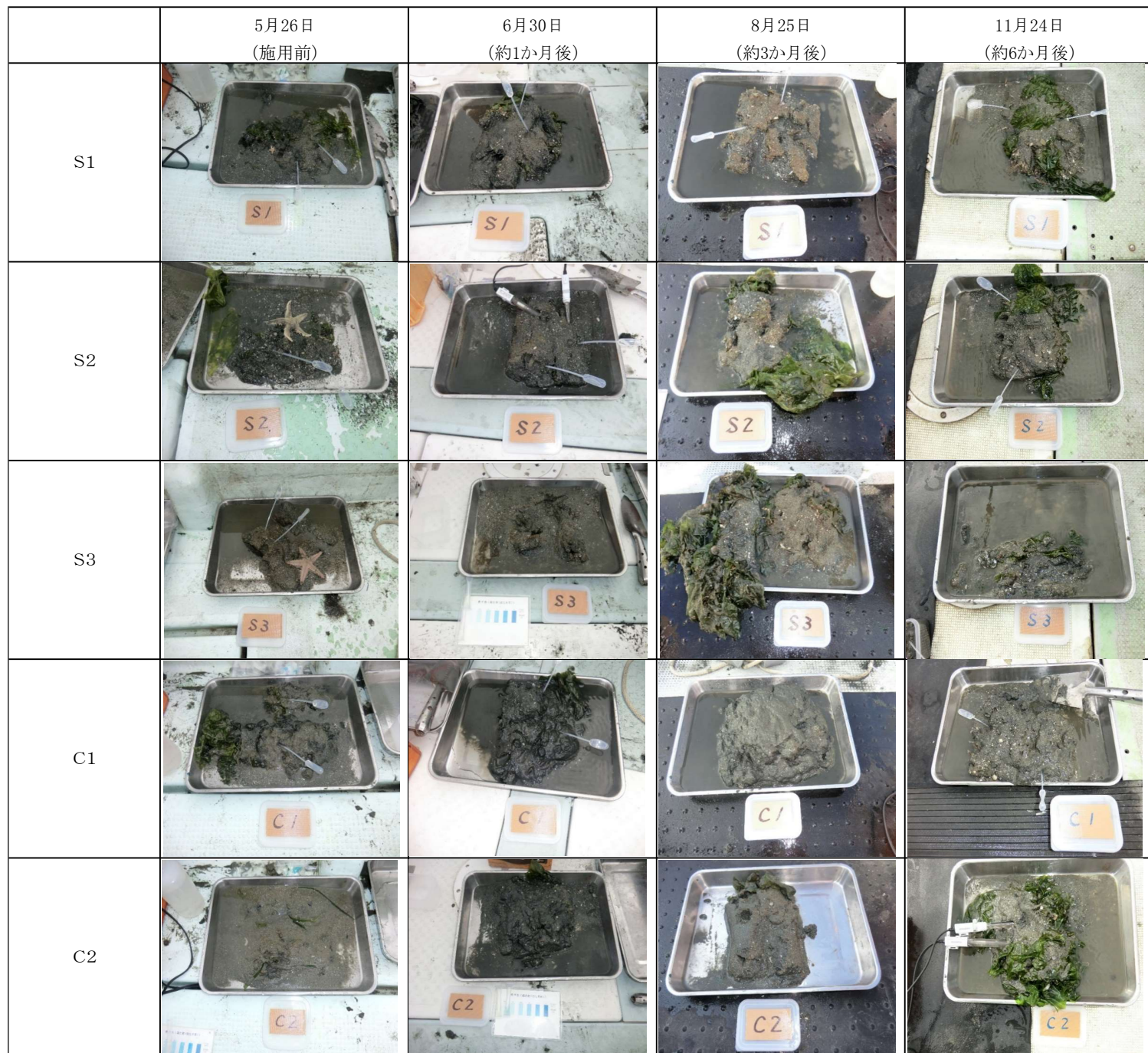
対照区(c1c2)と施用区(s1s2s3)の平均値の比より効果を確認

Fe(鉄)

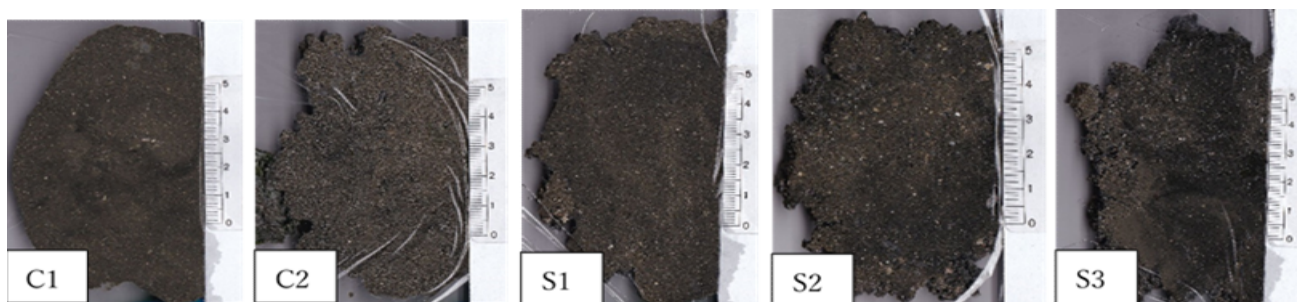
	5月26日	6月30日	8月25日	11月24日	Ave	Order
c1	-	32,800	16,900	10,700	20,133	1
c2	-	34,800	5,800	12,200	17,600	2
s1	-	22,300	6,500	9,200	12,667	4
s2	-	23,200	7,500	9,000	13,233	3
s3	-	15,600	7,700	7,600	10,300	5
c1c2平均値	-	33,800	11,350	11,450		
s1s2s3平均値	-	20,367	7,233	8,600		
s平均/c平均(%)		60.26	63.73	75.11		



5 土色



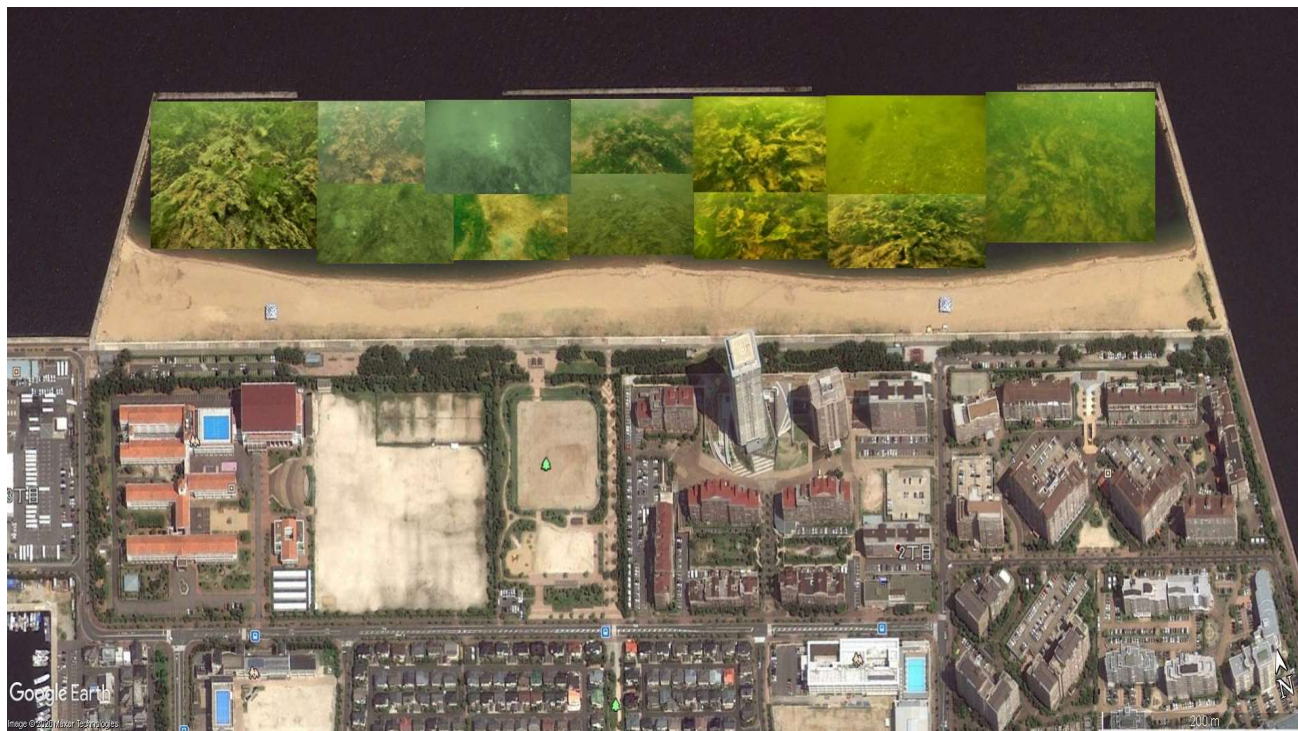
調査最終日(11月24日)に採取した底泥をスキャンして観察した。この結果、対照区のC1、C2では細粒分(泥分)が多く、施用区のS1～S3では砂分が多く見られる。これは含水率や強熱減量などの分析と符合する。



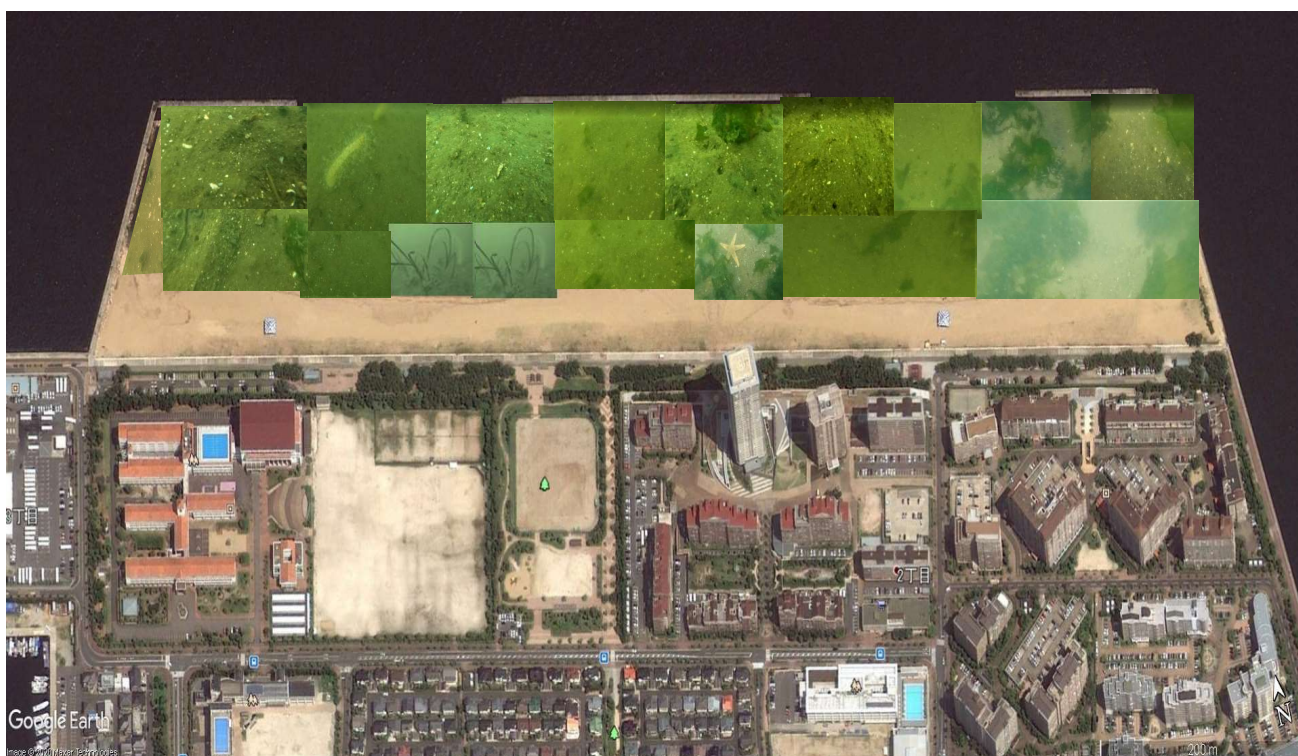
6 アオサ分布(水中写真)

アオサの分布を8月25日、11月24日に水中カメラで調査地の海底写真を撮影し観察した。この結果、8月時点では防波堤内側のほぼ全域にアオサが分布し、防波堤が途切れた2か所でややアオサが少なくなる傾向がある。これに比べ11月時点ではアオサの分布は全体に少なくなり、海底の砂地が良く見える。また、施用区ではヒトデや海サボテン、海底砂地での生痕などが確認できる。

アオサ分布(水中写真) 2020/0825



アオサ分布(水中写真) 2020/1124



マリナタウン海浜公園東側を施用区、西側を対照区(図1参照)とし、施用区には微生物製剤【スラジアウト®】を50個設置(1個/約50㎡)し、両区の底質経過を分析する。

図1 スラジアウト施用区域



調査項目及び回数

調査項目は下記のとおりとする。pH、ORP、温度、間隙水硫化物は3箇所 の平均値を採用。
AVS、COD、Ig-loss、生物調査は3箇所の底泥を混合し分析を行う。

- pH(水素イオン指数):ガラス電極pH計を使用。
- ORP(酸化還元電位):底泥に白金電極を挿入し、参照電極(Ag-AgCl電極)との電位差を測定。
- 間隙水硫化物:間隙水採取ピペットにより間隙水を嫌氣的にろ過採取し、パックテスト®により比色測定。
- AVS(酸揮発性硫化物),COD(化学的酸素要求量),Ig-Loss(強熱減量):底質調査方法(H24年,環境省刊行)に準拠。
- 泥温:サーミスタ温度計を使用。
- 生物調査:底泥を2mmメッシュで篩い、残ったマクロベントスの種類と量を調査。

調査回数は5回(施用前・1か月後・3か月後・6か月後・1年後)とし、生物調査は3回(施用前・3か月後・1年後)。

微生物製剤【スラジアウト】

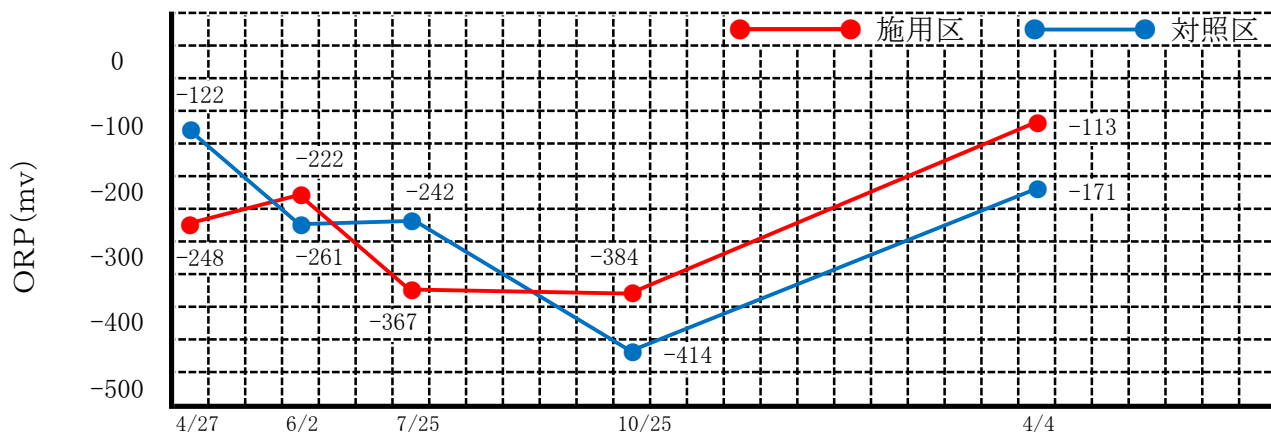


分析状況



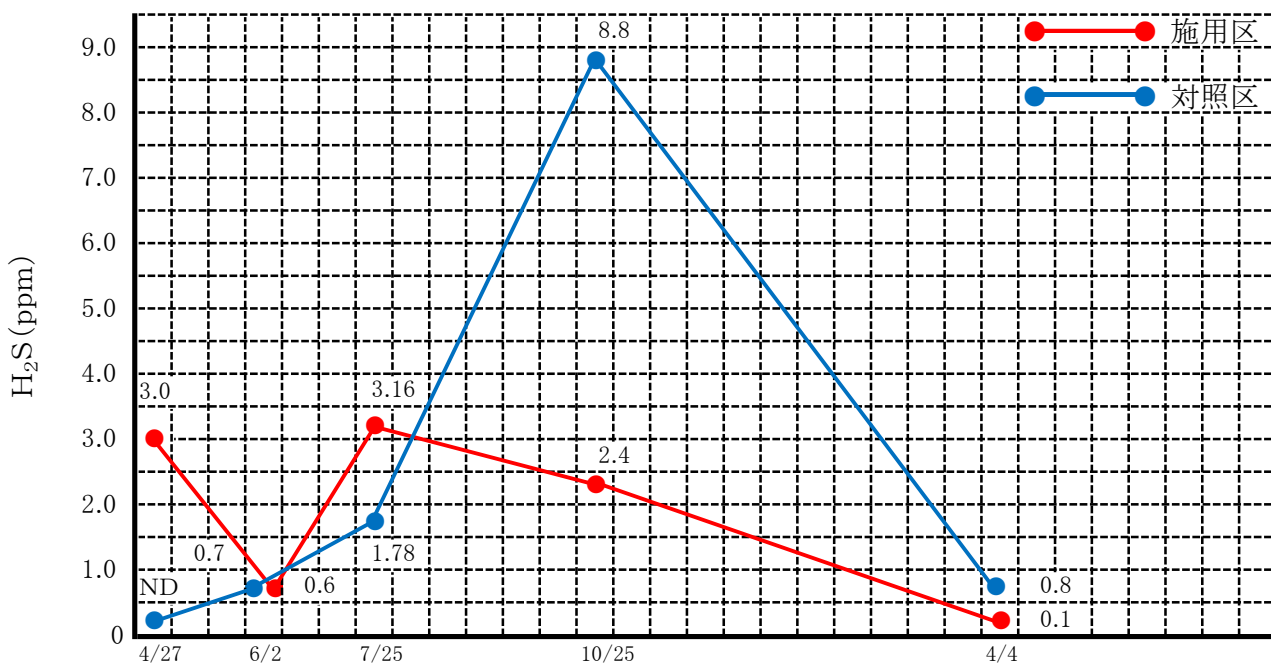
[ORP:酸化還元電位]

グラフ1 ORP(酸化還元電位)の推移



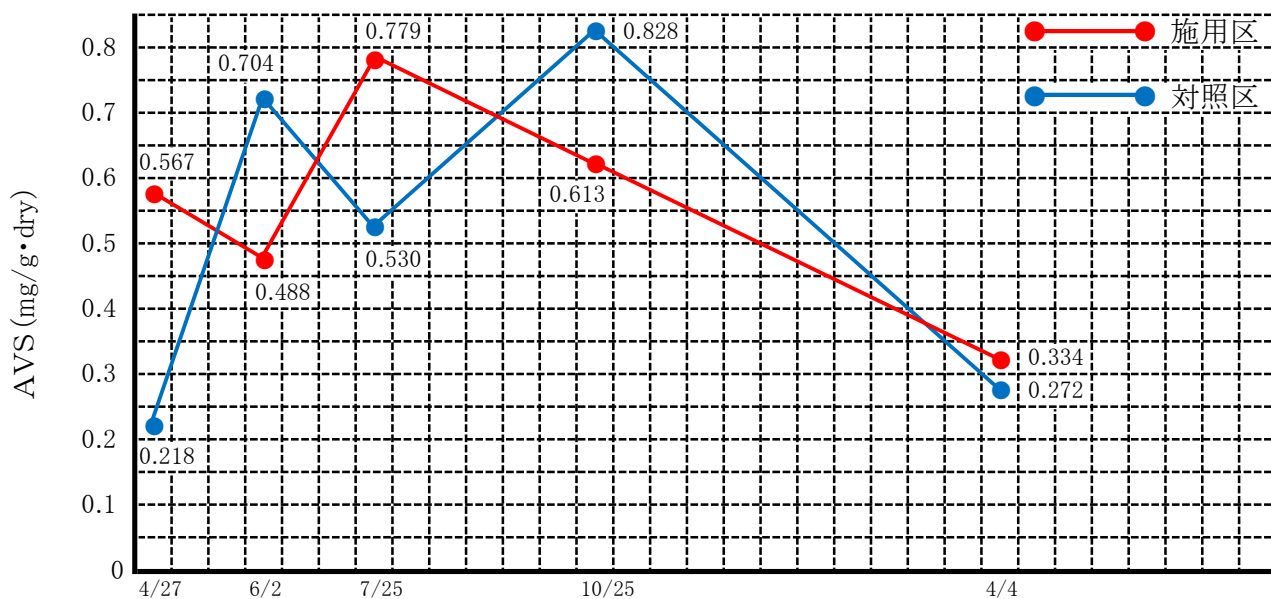
[硫化水素(間隙水)]

グラフ2 間隙水硫化物の推移



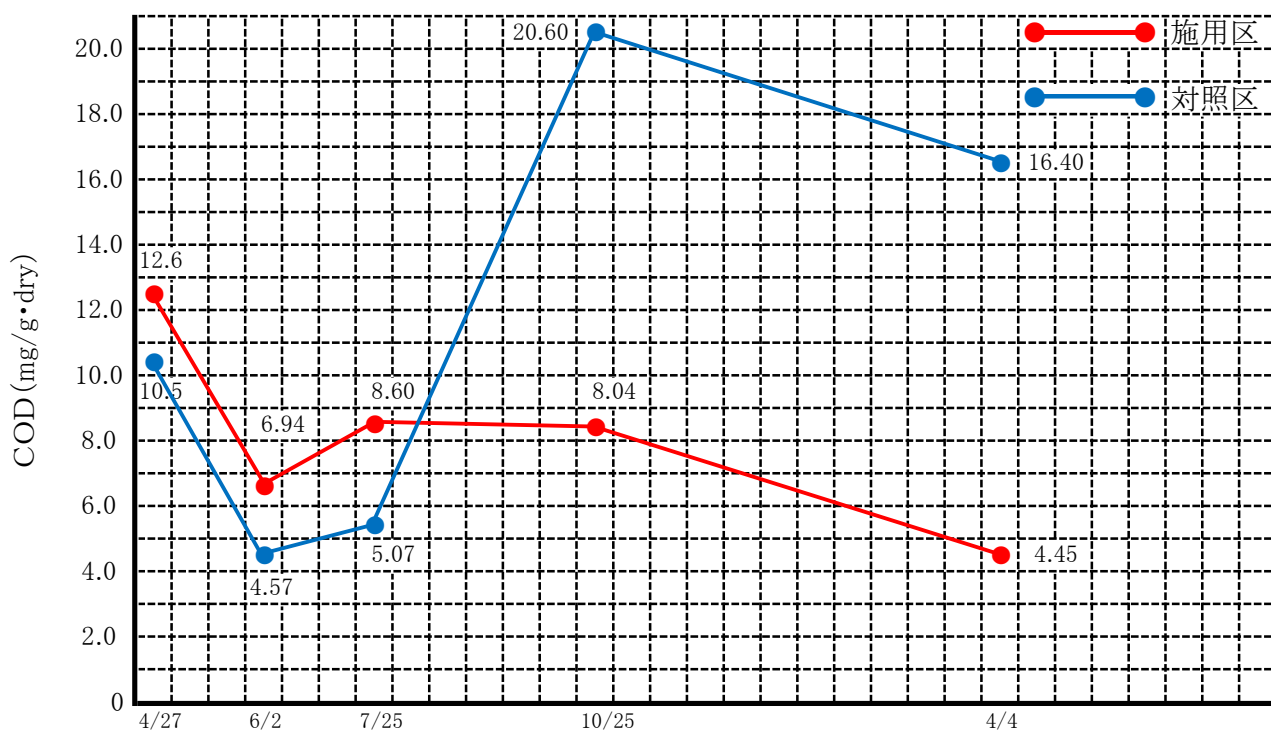
[AVS:揮発性硫化物]

グラフ3 AVS(酸揮発性硫化物)の推移



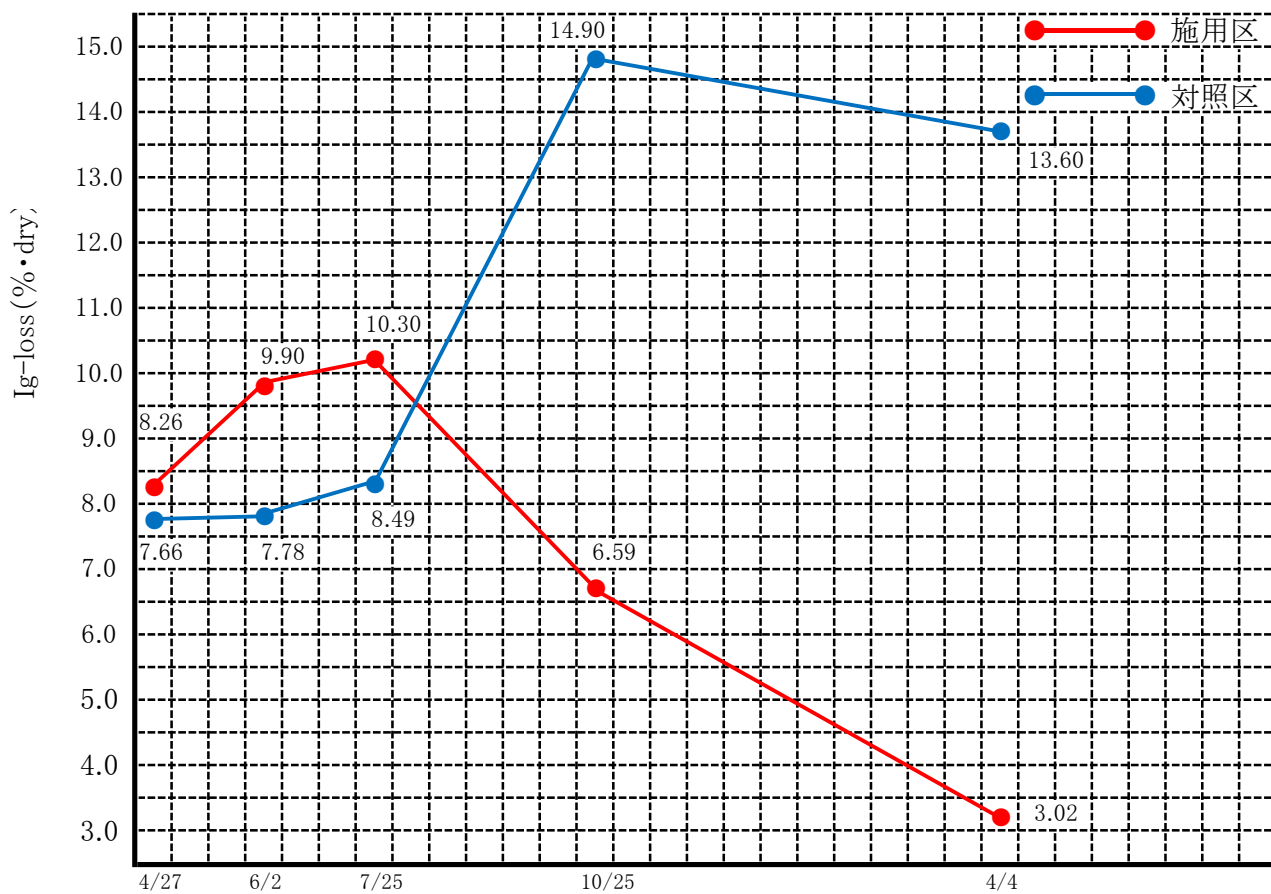
[COD:化学的酸素要求量]

グラフ4 COD(化学的酸素要求量)の推移



[Ig-loss:強熱減量]

グラフ5 Ig-loss(強熱減量)の推移



[生物調査]

日付：平成29年4月4日

単位：個体数・湿重量(g)/m²、+表示は0.01g未満

番号	測点						施用区		対照区		
	門	綱	目	科	学名	和名	個体数	湿重量	個体数	湿重量	
1	扁形動物門	渦虫綱	多岐腸目	－	Polycladida	多岐腸目	5	+			
2	軟体動物門	腹足綱	新腹足目	ムシロカイ科	Niotha livescens	ムシロカイ	5	5.44			
3					Reticunassa festiva	アラムシロ	16	7.20			
4			頭楯目	キセワタカイ科	Philine sp.	キセワタカイ属			5	0.91	
5		二枚貝綱	イカイ目	イカイ科	Musculista senhousia	ホトキススカイ	53	1.23	32	1.12	
6			マルスタレカイ目	ニッコウカイ科	Macoma incongrua	ヒメシラトリ	37	0.80	32	6.08	
7				アサシカイ科	Theora fragilis	シズクカイ	96	1.39	16	0.27	
8				マルスタレカイ科	Ruditapes philippinarum	アサリ	16	13.12	5	3.20	
9	環形動物門	多毛綱	サシハコカイ目	サシハコカイ科	Eteone longa	ホソミサシハ	11	+			
10						Eumida sanguinea	マタラサシハ			11	0.11
11				コカイ科	Neanthes caudata	ヒメコカイ	5	0.05	5	+	
12						Platynereis bicanaliculata	ツルヒゲコカイ	11	0.75		
13					チロリ科	Glycera sp.	Glycera sp.	5	0.32	11	0.05
14					ニカイチロリ科	Glycinde sp.	Glycinde sp.	5	0.05		
15					シロカネコカイ科	Nephtys polybranchia	ミナシロカネコカイ	5	0.05	5	+
16					イソメ目	キホシイソメ科	Scoletoma longifolia	カタマキギホシイソメ			5
17			スビオ目	スビオ科	Paraprionospio patiens	シノフハネエラスビオ	32	0.21			
18						Cirriiformia tentaculata	ミスヒキコカイ	5	0.21	11	0.16
19			イトコカイ目	タマシキコカイ科	Abarenicola pacifica	イソタマシキコカイ			11	0.05	
20			フサコカイ目	ウミイサコムシ科	Pectinaria okudai	オクダウミイサコムシ	5	0.48			
21						カザリコカイ科	Ampharetidae	カザリコカイ科			5
22				ケヤリムシ目	ケヤリムシ科	Chone sp.	Chone sp.	5	0.05	5	0.05
23	節足動物門	軟甲綱	等脚目	ウミナナフシ科	Paranthura sp.	ウミナナフシ属	5	0.05			
24			端脚目	ユンボソコエビ科	Grandidierella japonica	ニホントソコエビ	43	0.48			
25					トロクタコムシ科	Corophiidae	トロクタコムシ科	123	0.32	5	+
26				十脚目	イワカニ科	Hemigrapsus takanoi	タカノケサイソカニ	11	1.33		
合計							499	33.53	164	12.00	
種類数							21		15		