第４章　覆砂場所のモニタリング調査

１　水質調査

環境保全研究所水・土壌環境部

１）調査目的

沿岸に造成した覆砂場所を活用して、覆砂によるシジミ等に及ぼす影響調査として、試験区及びその周辺において水質の状況を調査し、覆砂による環境改善効果を把握することを目的とした。

２）調査内容

ア　調査地点

調査地点を表 1-1、図 1-1 に示す。渋崎区は、平成 27 年度に覆砂した試験区内の地点①及び比較対照として覆砂場所外側の地点②を調査地点とした。湖岸通り区は、平成 28 年度に覆砂した試験区内の地点③及び比較対照として覆砂場所外側の地点⑥を調査地点とした。

表 1-1　調査地点一覧

地区	No.	区分	位置	水深(m)※	底質	備考
渋崎区	①	試験区	覆砂場所内・岸から 25m	1.1	砂	H27 覆砂実施
	②	対照区	岸から 100m（湖心線）	2.3	泥	
湖岸通り区	③	試験区	覆砂場所内・岸から 25m	0.7	砂	H28 覆砂実施
	⑥	対照区	岸から 130m	1.6	泥	

※水深は水質調査日に測定した平均値

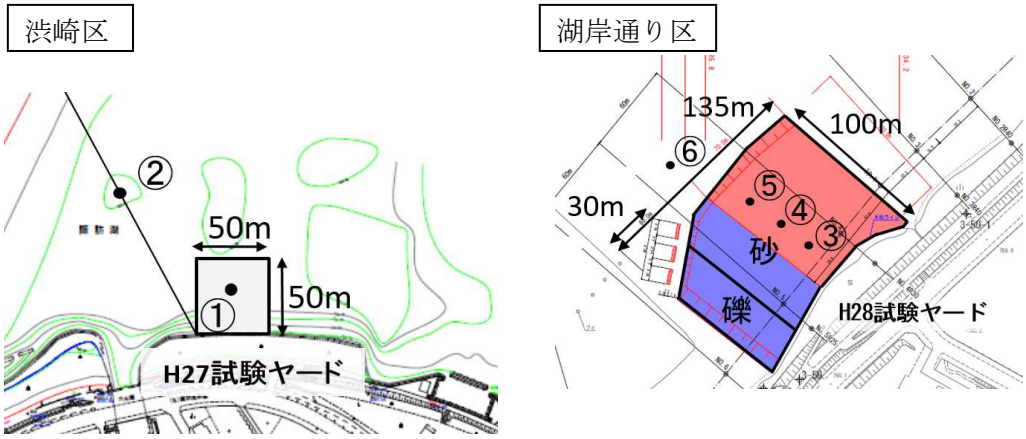


図 1-1　調査地点図

イ　調査日時

５月 15 日、７月 25 日、８月６日、９月 10 日、11 月 21 日

ウ　採水深度・採水方法

湖底から 20cm 上の湖水（以下「底層水」という。）を採取し、調査対象とした。

採水方法について、スライダックで水中ポンプ（RYOBI 製 RMG-3000）の流量を調節し、底泥を巻き上げない程度にゆっくりとした速度（20 mL/s 程度）でポリバケツに十分な量を

採水し、撹拌混合した後、ポリ瓶に移し入れ試料とした。

エ　測定項目及び分析方法

測定項目及び分析方法を表 1-2 に示す。なお、溶存態成分はガラス繊維ろ紙 GF/B でろ過したろ液を用いて測定した。

表 1-2 水質分析方法

項目	分析方法
水温	サーミスター温度計（JIS K0102 7.2）
水素イオン濃度（pH）	ガラス電極法（JIS K0102 12.1）
電気伝導率（EC）	電気伝導率計（JIS K0102 13）
酸化還元電位（ORP）	酸化還元電位計
透明度	透明度法（上水試験法 Ⅱ-3-5）
透視度	透視度計（JIS K0102 9）
溶存酸素（DO）	よう素滴定法（JIS K0102 32.1）
浮遊物質量（SS）	環境庁告示第59号付表9
化学的酸素要求量(COD)	過マンガン酸カリウム法　（JIS K0102 17）
溶解性化学的酸素要求量(D-COD)	過マンガン酸カリウム法　（JIS K0102 17）
全窒素（T-N）	紫外線吸光光度法（JIS K0102 45.2）
溶解性窒素（D-T-N）	紫外線吸光光度法（JIS K0102 45.2）
アンモニア性窒素（NH_4-N）	インドフェノール青吸光光度法(上水試験法 Ⅲ-2 8.4)
亜硝酸性窒素（NO_2-N）	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法（JIS K0102 43.1.1）
硝酸性窒素（NO_3-N）	イオンクロマトグラフ法（JIS K0102 43.2.5）
全りん（T-P）	ペルオキソ二硫酸カリウム分解法（JIS K0102 46.3.1）
溶解性りん（D-T-P）	ペルオキソ二硫酸カリウム分解法（JIS K0102 46.3.1）
りん酸態りん（PO_4-P）	モリブデン青吸光光度法（JIS K0102 46.1.1）
有機体炭素(TOC)	燃焼酸化-赤外線式TOC分析法(JIS K0102 22.1)
溶存有機体炭素(DOC)	燃焼酸化-赤外線式TOC分析法(JIS K0102 22.1)

3）調査結果及び考察

ア　渋崎区（地点①、②）

平成 27 年度に覆砂した試験区の地点①について、対照区の地点②と比較して覆砂による水質への影響を調査した。測定項目別の測定結果を図 1-2 に示す。

＜窒素＞

７月、９月の渋崎区の試験区①のアンモニア性窒素濃度は、対照区②の濃度に比べて 0.1～0.2 mg/L 程度低かった。亜硝酸性窒素について、７、８、９月に試験区の濃度は対照区に比べて 0.005 mg/L 程度低かった。硝酸性窒素について、５、７、８、９月に、試験区の濃度は対照区に比べて 0.1～0.46 mg/L 程度低かった。また、無機態窒素の濃度（各態窒素濃度の合計）も同様の傾向となり、対照区に比べて 0.12～0.45 mg/L 程度低かった。また、これは全窒素の濃度差（0.21～0.45 mg/L 程度）にも影響している。

このように試験区と対照区の底層水に濃度差を生じていることから、特に、水温が上昇する夏季については、試験区において覆砂により底泥からのアンモニア性窒素の溶出が抑制され、その抑制効果が無機態窒素又は全窒素の濃度差に影響していると考えられる。

なお、５月の硝酸性窒素濃度は他の調査日より顕著に高く、過去の調査結果から推測すると、春季に上川流入水が底層へ移流することによる影響も受けている可能性が考えられる。

＜りん＞

７月の渋崎区のりん酸態りん濃度は、試験区の濃度が対照区に比べて 0.008 mg/L 低かった。水温が上昇する夏季において、覆砂により底泥からのりん酸態りんの溶出が抑制された可能性が考えられるが、他の調査日では濃度差は見られなかった。

全りんについて、７、８月に試験区の濃度が対照区に比べて 0.02～0.04 mg/L 程度低かった。これは、夏季に試験区の懸濁態りん濃度（全りんに占める割合：7～9 割）が低下したことによるが、懸濁態成分と関係する SS 濃度にも同様の傾向が見られた。SS 濃度の減少は、覆砂による底泥の巻き上げや浮泥の抑制、栄養塩類の溶出抑制による植物プランクトンの発生の抑制等の複数の要因が可能性として挙げられるが、今年度の調査では明確な要因は不明であった。

なお、SS 濃度と関係する透明度については、調査期間を通じて試験区では全透であったため比較できないが、底層水の透視度については、夏季に試験区の方が若干高く、特に７月は顕著に高かった。

＜溶存酸素＞

沿岸域で水深が浅く調査日時において貧酸素は発生していないが、夏季（７～９月）に底層 DO が 8 mg/L 程度以下となっており、試験区は対照区に比べて 2.4～3.6 mg/L 程度高かった。夏季において、覆砂により底泥の酸素消費が抑えられた可能性が考えられるが、水草（クロモ）が７～９月に調査エリア内で繁茂しており、各調査地点における水草の有無による影響や水深が浅い影響も考えられる。

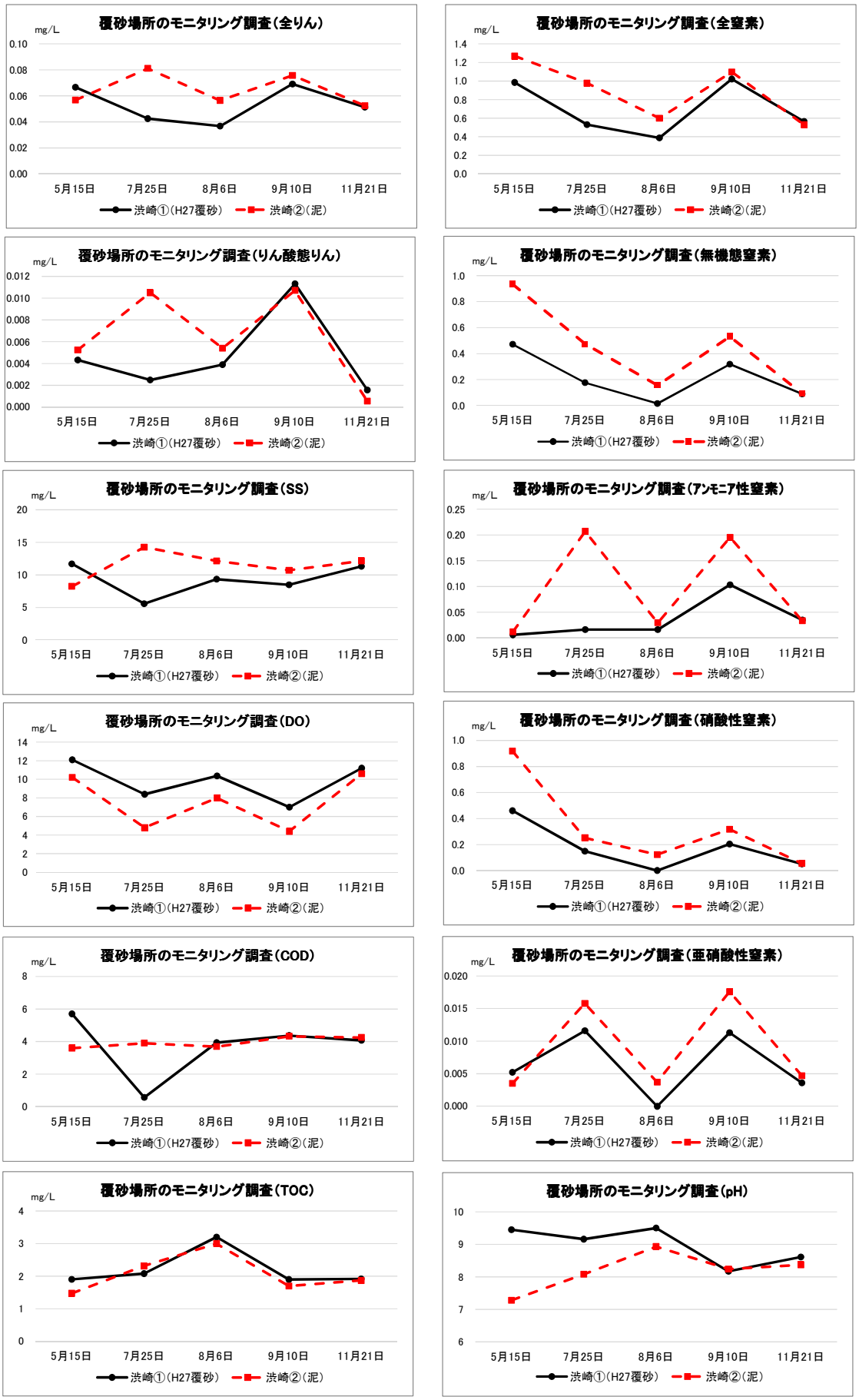


図 1-2　渋崎区における水質測定結果

イ　湖岸通り区（地点③、⑥）

平成 28 年度に覆砂した試験区の地点③について、対照区の地点⑥と比較して覆砂による水質への影響を調査した。測定項目別の測定結果を図 1-3 に示す。

＜窒素＞

７月、９月の湖岸通り区の試験区③のアンモニア性窒素濃度は、対照区⑥の濃度に比べて 0.07～0.1 mg/L 程度低かった。亜硝酸性窒素について、７、９月に試験区の濃度は対照区に比べて 0.007～0.01 mg/L 程度低かった。硝酸性窒素について、７、９、11 月（５月は２地点の表層間に同程度の濃度差があるため除く）に、試験区の濃度は対照区に比べて 0.21～0.29 mg/L 程度低かった。また、無機態窒素の濃度も同様の傾向となり、対照区に比べて 0.23～0.37 mg/L 程度低かった。また、これは全窒素の濃度差（0.25～0.31 mg/L 程度）にも影響している。

このように試験区と対照区の底層水に濃度差を生じていることから、特に、水温が上昇する夏季については、試験区において覆砂により底泥からのアンモニア性窒素の溶出が抑制され、その抑制効果が無機態窒素又は全窒素の濃度差に影響していると考えられる。

なお、８月の各態窒素濃度に差が見られなかったが、これは採水時に風速 5 m/s 程度の風が吹いており、風による上下混合や水平方向の移流等による影響が考えられる。覆砂による水質改善効果を本調査方法により確認するためには、安定した気象条件下での採水が必要だと思われる。

＜りん＞

７月の湖岸通り区のりん酸態りん濃度は、試験区の濃度が対照区に比べて 0.004 mg/L 低かった。水温が上昇する夏季において、覆砂により底泥からのりん酸態りんの溶出が抑制された可能性が考えられるが、他の調査日では濃度差は見られなかった。

全りんについて、５～11 月に試験区の濃度が対照区に比べて 0.008～0.016 mg/L 程度低かった。これは、夏季に試験区の懸濁態りん濃度（全りんに占める割合：7～8 割）が低下したことによるが、懸濁態成分と関係する SS 濃度にも同様の傾向が見られた。

なお、SS 濃度と関係する透明度については、調査期間を通じて全透であることが多かったため比較できず、底層水の透視度については、明確な差は見られなかった。

＜溶存酸素＞

沿岸域で水深が浅く調査日時において貧酸素は発生していないが、夏季（７～９月）に底層 DO が 8 mg/L 程度以下となっており、試験区は対照区に比べて 1.1～3.6 mg/L 程度高かった。夏季において、覆砂により底泥の酸素消費が抑えられた可能性が考えられるが、水草（クロモ）が８～９月に調査エリア内で繁茂しており、各調査地点における水草の有無による影響や水深が浅い影響も考えられる。

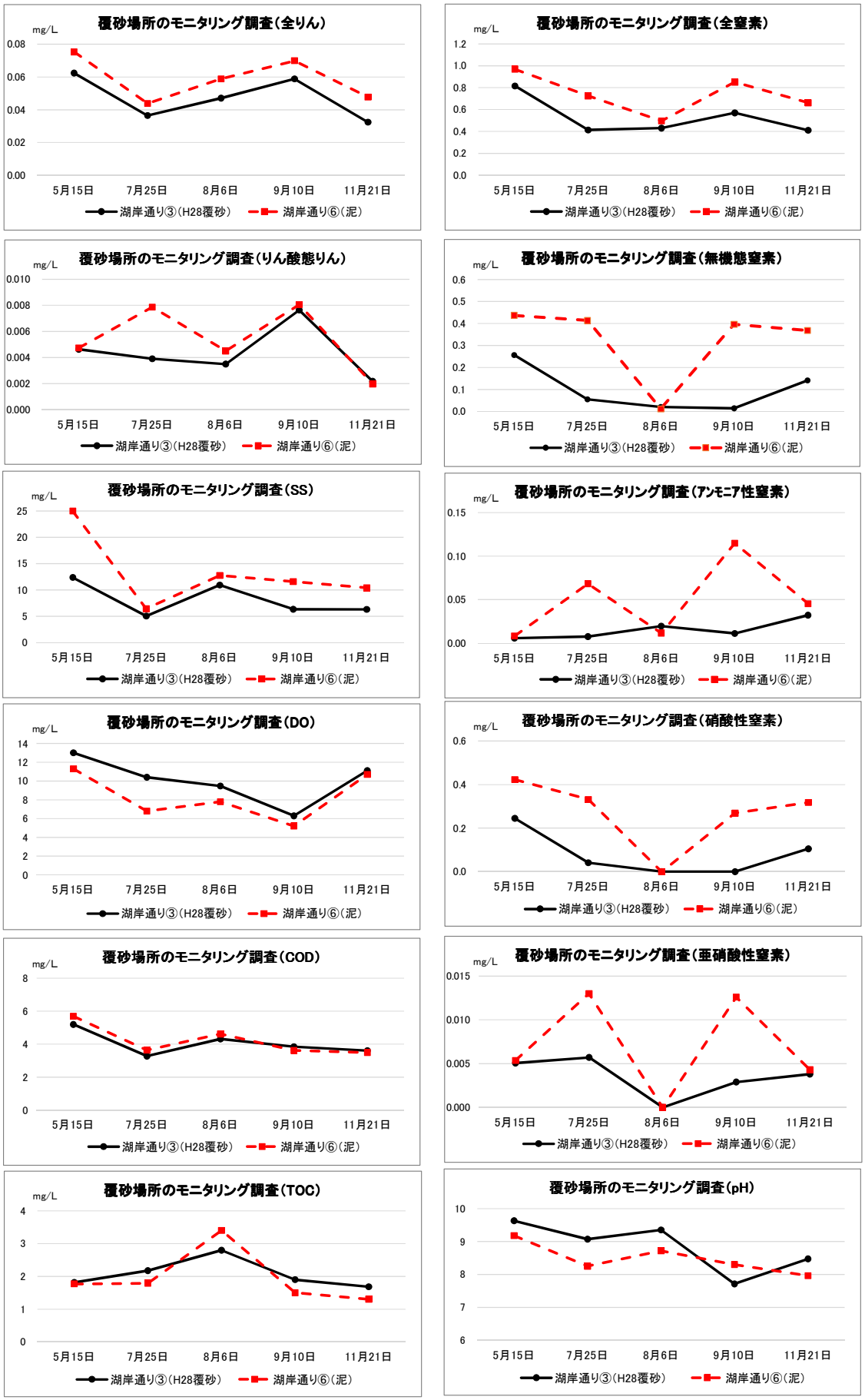


図 1-3　湖岸通り区における水質測定結果

４）まとめ

渋崎区及び湖岸通り区における覆砂した試験区のアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、無機態窒素濃度は、対照区に比べて低い傾向があった。特に、水温が上昇する夏季については、試験区において底泥からのアンモニア性窒素の溶出が抑制され、その抑制効果が無機態窒素又は全窒素の濃度差に影響し、覆砂による水質改善効果として現れたものと考えられる（湖岸通り区の８月除く）。

７月の渋崎区及び湖岸通り区のりん酸態りん濃度は、試験区の濃度が対照区に比べて低く、覆砂により底泥からのりん酸態りんの溶出が抑制された可能性が考えられるが、他の調査日に差は確認されなかった。また、全りんについては、試験区の濃度が対照区に比べて低い傾向があり（渋崎区の５月除く）、覆砂による水質改善効果である可能性が考えられるが、その要因については今後も検討が必要である。

DO について、渋崎区、湖岸通り区ともに試験区は対照区に比べて DO 濃度が高く、夏季において覆砂により底泥の酸素消費が抑えられた可能性が考えられるが、各地点における水草の有無による影響や水深が浅いことの影響も考えられるため、覆砂による DO の改善効果については、今後の調査でさらに検証する必要がある。

過去の調査との比較について、H29 年度までは明確な水質改善効果を確認できなかった。今年度は、猛暑で気温及び水温が高く（７月同日採水日の底層水温平均 H29：24.7℃、H30：28.1℃）底泥からの汚濁物質の溶出が活発に行われ、また気象条件が安定した日が続き水平方向の移流や周囲との水交換が小さいと推測される条件下において、採水日当日も気象が安定し底層水を乱さずに採取できたため、水質改善効果を一定程度確認できたものと推察する。

２　底質調査

環境保全研究所水・土壌環境部

１）調査目的

沿岸に造成した覆砂場所を活用し、覆砂によるシジミ等に及ぼす影響調査として、試験区及びその周辺において底質の状況を調査し、覆砂による環境改善効果を把握することを目的とした。

２）調査内容

ア　調査地点

調査地点を表 2-1、図 2-1 に示す。渋崎区は、平成 27 年度に覆砂した試験区内の地点①及び比較対照として覆砂場所外側の地点②を調査地点とした。湖岸通り区は、平成 28 年度に覆砂した試験区内の地点③、④、⑤及び比較対照として覆砂場所外側の地点⑥を調査地点とした。

表 2-1　調査地点一覧

地区	No.	区分	位置	水深(m)※	底質	備考
渋崎区	①	試験区	覆砂場所内・岸から 25m	1.1	砂	H27 覆砂実施
	②	対照区	岸から 100m（湖心線）	2.4	泥	
湖岸通り区	③	試験区	覆砂場所内・岸から 25m	0.8	砂	H28 覆砂実施
	④	試験区	覆砂場所内・岸から 50m	1.0	砂	H28 覆砂実施
	⑤	試験区	覆砂場所内・岸から 75m	0.9	砂	H28 覆砂実施
	⑥	対照区	岸から 130m	1.7	泥	

※水深は底質調査日に測定した平均値

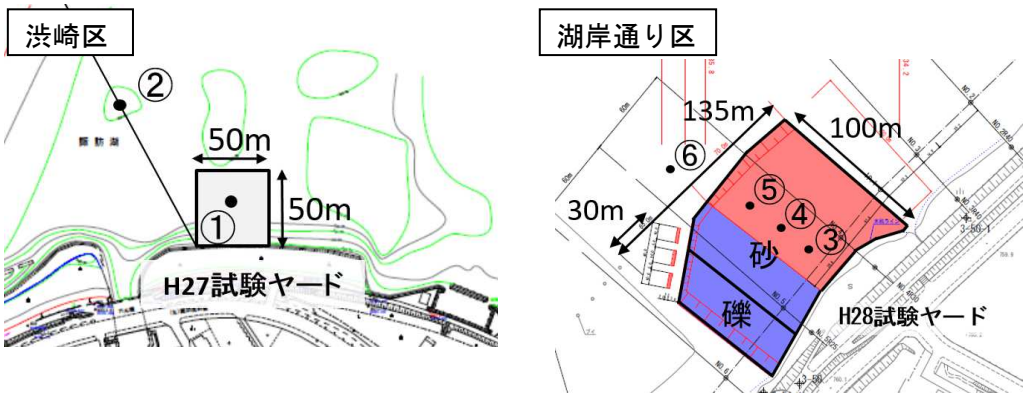


図 2-1　調査地点図

イ　調査時期（調査日）

５月、７月、９月、11 月の年４回（５月 21 日、７月 10 日、９月６日、11 月 13 日）

ウ　採泥方法

強熱減量、全窒素及び全りん測定用試料は、調査地点ごとにエクマンバージ型採泥器で３回採取し、ステンレス製バット中で混合した後、2mm のふるいで小石などの異物を除いたものをガラス瓶（１L）に採取した。また、粒度分布測定用試料は、エクマンバージ型採泥器でポリエチレン製容器（12L）に３回採取し、全量を試料とした。

エ　測定項目及び分析方法

測定項目及び分析方法を表 2-2 に示す。

表 2-2　底質分析方法

測定項目	分析方法
泥温	サーミスタ温度計
強熱減量	底質調査法 Ⅱ 4.2
全窒素	底質調査法 Ⅱ 4.8.1.1（中和滴定法）
全りん	底質調査法 Ⅱ 4.9.1
全硫化物	検知管法（全国漁業協同組合連合会（社）全国かん水養魚協会　硫化物の簡易測定法マニュアル）
粒度分布	4.75mm、2mm、425μm、75μmの試験ふるいによる分別

３）調査結果

ア　渋崎区（地点①、②）

平成 27 年度に覆砂した試験区について３年程度経過した状況について確認するとともに、対照区と比較して覆砂による底質改善状況を調査した。なお、地点①は砂状、地点②は泥状であった。

＜強熱減量＞

測定結果を図 2-2 に、経年変化（年度別の平均値の推移）を図 2-3 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区の地点①の強熱減量（有機物含有量の目安）の値は 1.6～1.9%であり、対照区の地点②の値（8.5～9.9%）と比べて 7～8%程度低かった。なお、試験区①では調査時期による差は見られなかったが、対照区②では５月に比べて夏季（７月、９月）に値が高くなっていた（+1.4 程度）。

経年変化について、試験区①の強熱減量の値は、覆砂前（平成 27 年 4 月）が 14%であったが覆砂後は 2%程度に改善し、３年程度経過した平成 30 年度の値も 2%程度を維持していた。

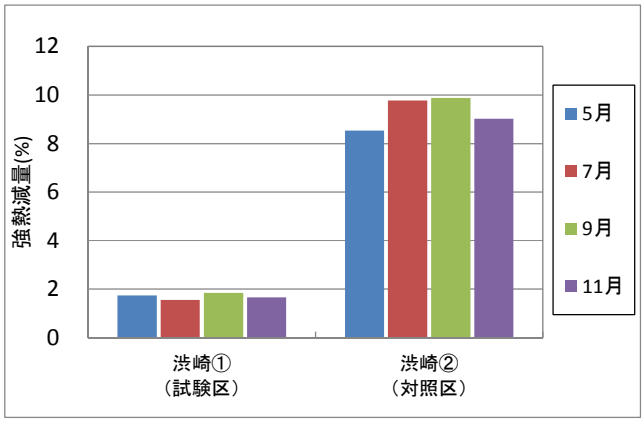


図 2-2 平成 30 年度 強熱減量の測定結果【渋崎区】

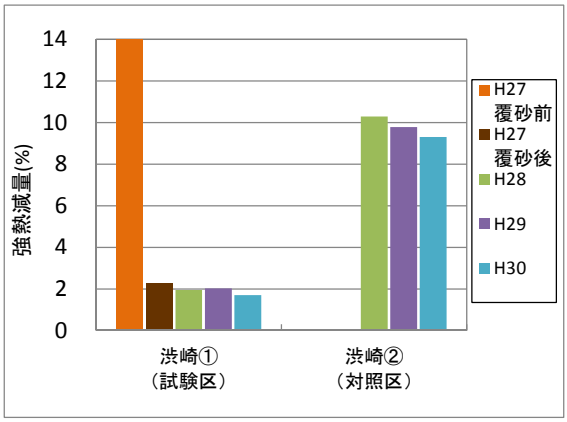


図 2-3 強熱減量の経年変化【渋崎区】

＜全窒素＞

測定結果を図 2-4 に、経年変化を図 2-5 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区①の全窒素濃度は 0.25～0.27 mg/g であり、対照区②の濃度（2.21～2.87 mg/g）と比べて 1.9～2.6 mg/g 程度低かった。なお、試験区①では調査時期による差は見られなかったが、対照区②については、５月に比べて夏季（７月、９月）に濃度が高くなっていた（+0.7 mg/g 程度）。

経年変化について、試験区①の全窒素濃度は、平成 27 年度の覆砂前が 3.7 mg/g であったが覆砂後は 0.08～0.16 mg/g と非常に低い値に改善され、平成 28 年度、29 年度もそれぞれ 0.15～0.17 mg/g、0.12～0.23 mg/g と低い値を維持していた。３年程度経過した平成 30 年度は、0.27 mg/g 程度とこれまでよりやや高目の値ではあるものの低い値を維持していた。

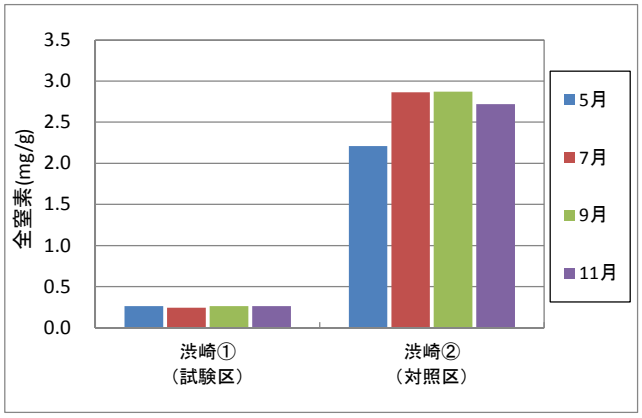


図 2-4 平成 30 年度 全窒素の測定結果【渋崎区】

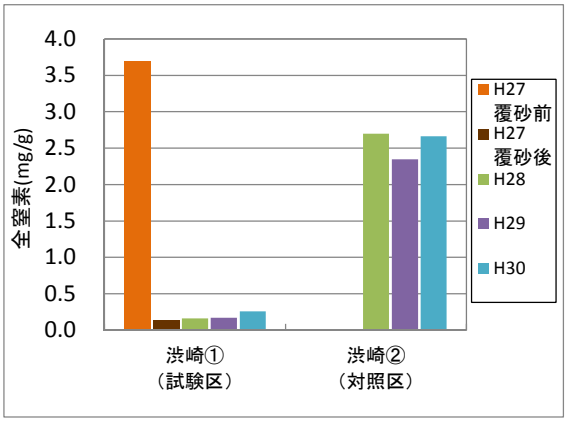


図 2-5 全窒素の経年変化【渋崎区】

＜全りん＞

測定結果を図 2-6 に、経年変化を図 2-7 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区①の全りん濃度は 0.55～0.65 mg/g であり、対照区②の濃度（1.51～1.67 mg/g）と比べて 0.9～1.0 mg/g 程度低かった。なお、試験区①では調査時期による傾向は見られなかったが、対照区②については、５月に比べて９月に濃度が高くなっていた（+0.2 mg/g 程度）。

経年変化について、試験区①の全りん濃度は、平成 27 年度の覆砂前が 2.1 mg/g であったが覆砂後は 0.54～0.64 mg/g と低い値に改善され、平成 28 年度、29 年度はそれぞれ 0.56～0.58 mg/g、0.55～0.62 mg/g と低い値を維持していた。３年程度経過した平成 30 年度も 0.61 mg/g 程度と低い値を維持していた。

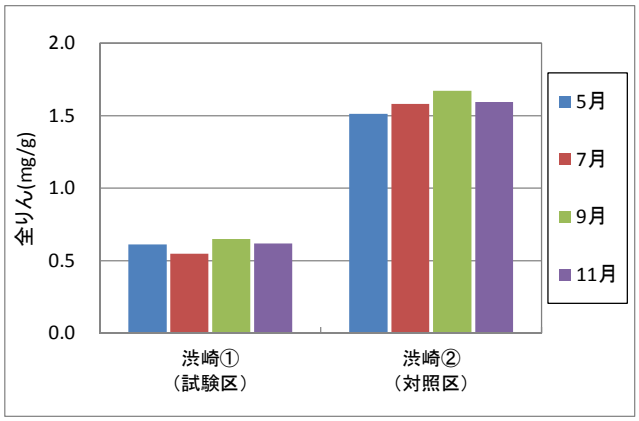


図 2-6 全りんの平成 30 年度測定結果【渋崎区】

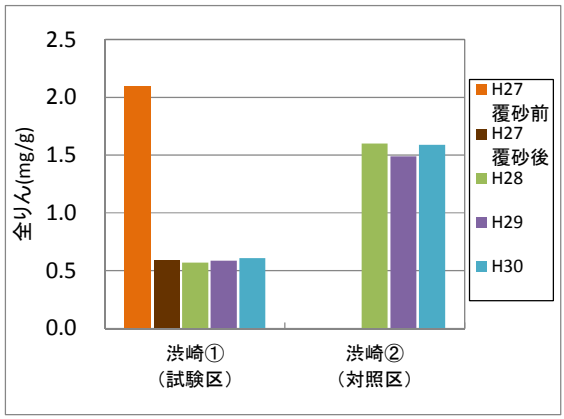


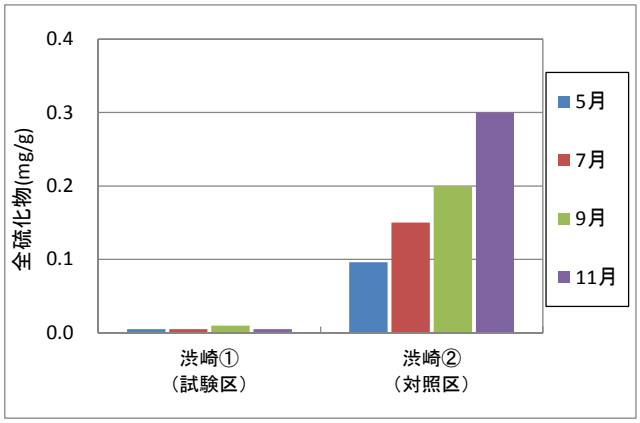
図 2-7 全りんの経年変化【渋崎区】

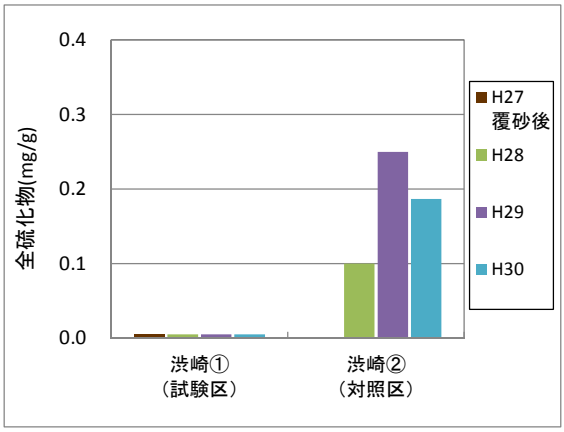
＜全硫化物＞

測定結果を図 2-8 に、経年変化を図 2-9 に示す。測定は検知管法により、採取した試料（湿泥）の水分率から乾泥換算した。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区①の濃度は 0.01mg/g 未満であり、対照区②の濃度は 0.1～0.3 mg/g 程度と顕著な差が見られた。なお、試験区①では調査時期による差は見られなかったが、対照区②については、５月に比べて７、９、11 月の方が濃度が高くなっていた。

経年変化について、試験区①の濃度は、平成 27 年度の覆砂後に 0.01mg/g 未満であり、３年程度経過した平成 30 年度も 0.01mg/g 未満を維持していた。





※グラフの表示の都合上、0.005 未満の値は 0.005 として表示した（以下、全硫化物のグラフについて同様）

図 2-8 全硫化物の平成 30 年度測定結果【渋崎区】

図 2-9 全硫化物の経年変化【渋崎区】

＜粒度分布＞

底質調査方法を参考に、礫(粗)（4.75 mm～）、礫(細)（2 mm～4.75 mm）、砂(粗)（425 µm～2 mm）、砂(細)（75～425 µm）、シルト・粘土（～75 µm）の５つの粒度分布組成を求めた。全底質に対する 2 mm 以上の礫の割合については、同一地点の複数の試料間でのバラツキがみられる。ここでは、2 mm 未満の底質について比較した。

測定結果を図 2-10 に示す。過去の調査では、覆砂前（平成 27 年 4 月）の試験区①のシ

ルト・粘土分の割合（泥分率）は 71%であったが覆砂後には 5%未満になり、平成 28 年度及び 29 年度は 3%未満であった。３年程度経過した平成 30 年度の調査では 2%程度と低い値を維持していた。一方、対照区②の泥分率は 30～40%程度であった。

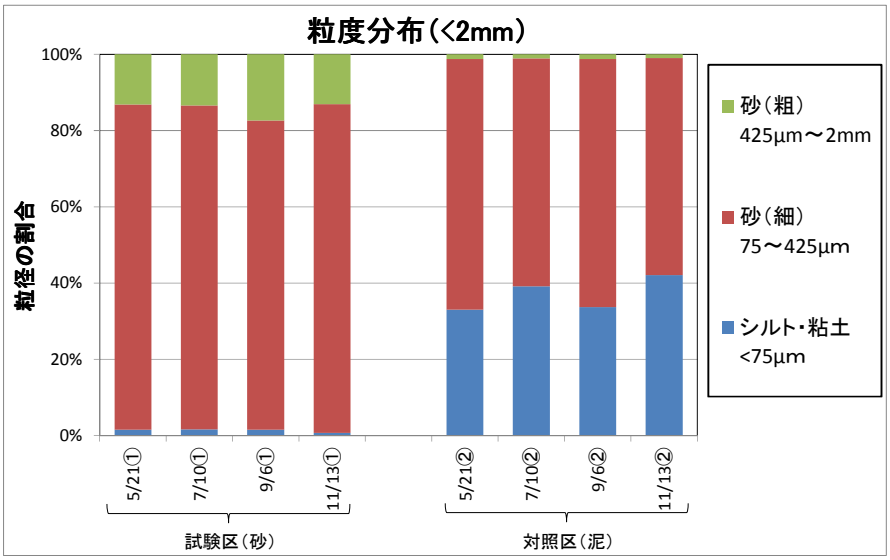


図 2-10　底質の粒度分布組成【渋崎区】

イ　湖岸通り区（地点③～⑥）

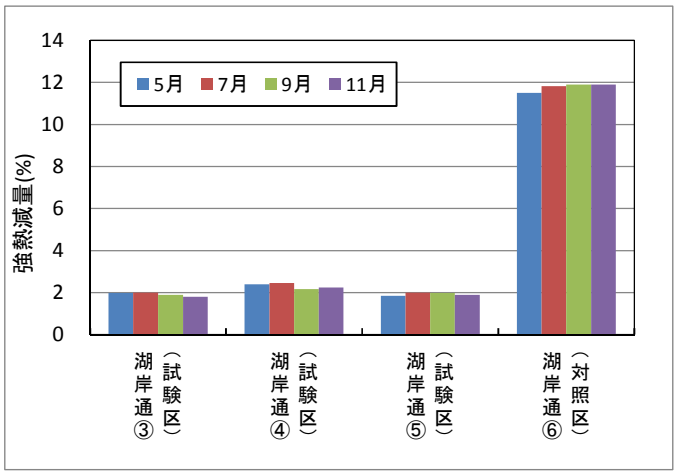
平成 28 年度に覆砂した試験区（地点③～⑤）について２年程度経過した状況について確認するとともに、対照区（地点⑥）と比較して覆砂による底質改善状況を確認した。なお、地点③、④、⑤は砂状又は砂泥状、地点⑥は泥状であった。

＜強熱減量＞

測定結果を図 2-11 に、経年変化を図 2-12 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区の地点③、④、⑤の強熱減量（有機物含有量の目安）の値は 1.8～2.5%であり、対照区の地点⑥の値（11.5～11.9%）と比べて 9～10%程度低かった。なお、試験区、対照区ともに調査時期による差は見られなかった。

経年変化について、試験区の強熱減量の値は、覆砂前（平成 28 年 8 月）が 12%であったが覆砂後は 2%程度に改善し、３年程度経過した平成 30 年度の値も 2%程度を維持していた。



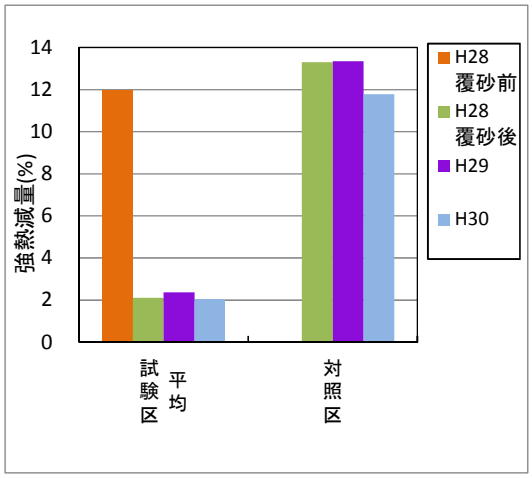


図 2-11 強熱減量の平成 30 年度測定結果【湖岸通り区】図 2-12 強熱減量の経年変化【湖岸通り区】

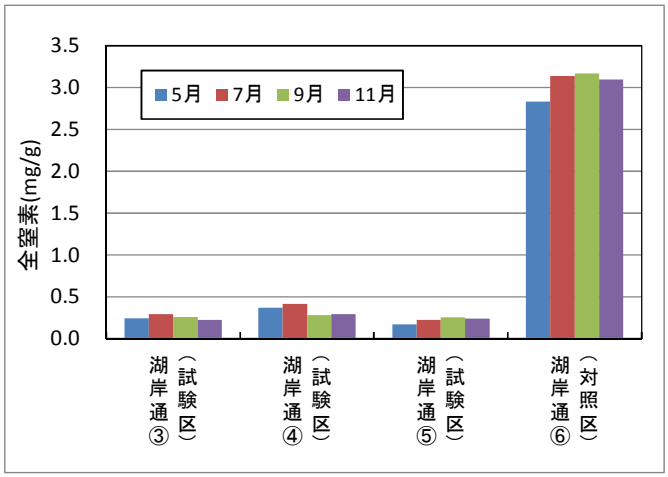
※経年変化図について、「試験区平均」は試験区内の調査地点の平均値を示し、また H28 年度の数値は H28 年度調査地点番号で試験区内⑦～⑨及び対照区⑬の値を示した（以下、湖岸通り区のグラフについて同様）

＜全窒素＞

測定結果を図 2-13 に、経年変化を図 2-14 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区③～⑤の全窒素濃度は 0.17～0.42 mg/g であり、対照区⑥の濃度（2.83～3.17 mg/g）と比べて 2.6～2.9 mg/g 程度低かった。なお、試験区では調査時期による差は見られなかったが、対照区については、５月に比べて夏季（７月、９月）に濃度が高くなっていた（+0.3 mg/g 程度）。

経年変化について、試験区の全窒素濃度は、平成 28 年度の覆砂前が 2.1 mg/g であったが覆砂後は地点毎の平均値で 0.10～0.22 mg/g と低い値に改善され、平成 29 年度は 0.13～0.29 mg/g、２年程度経過した平成 30 年度は 0.22～0.34 mg/g と低い値を維持していた。



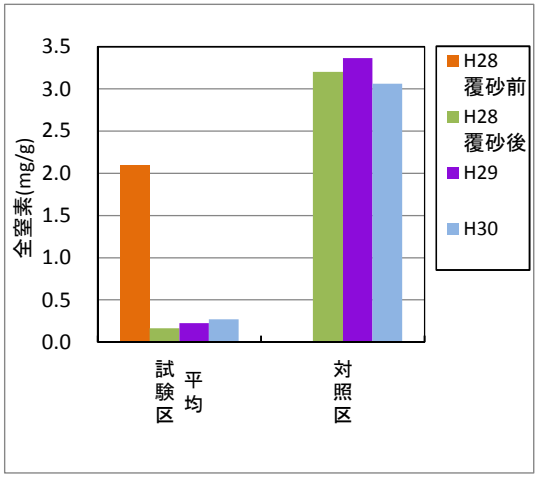


図 2-13 全窒素の平成 30 年度測定結果【湖岸通り区】　　図 2-14 全窒素の経年変化【湖岸通り区】

＜全りん＞

測定結果を図 2-15 に、経年変化を図 2-16 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区の地点③～⑤の全りん濃度は 0.57～0.66 mg/g であり、対照区⑥の濃度（1.41～1.59 mg/g）と比べて 0.8～1.0 mg/g 程度低かった。なお、試験区、対照区ともに調査時期による差は見られなかった。

経年変化について、試験区の全りん濃度は、平成 28 年度の覆砂前が 1.2 mg/g であったが覆砂後は地点毎の平均値で 0.58～0.63 mg/g と低い値に改善され、平成 29 年度は 0.53～0.63 mg/g、２年程度経過した平成 30 年度は 0.58～0.63 mg/g と低い値を維持していた。

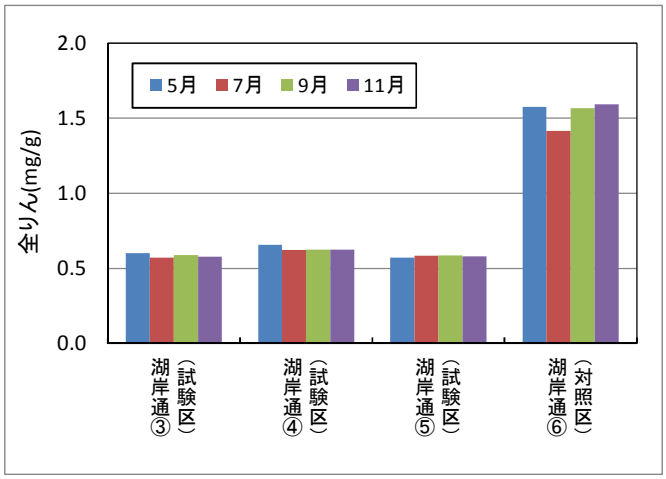


図 2-15 全りんの平成 30 年度測定結果【湖岸通り区】

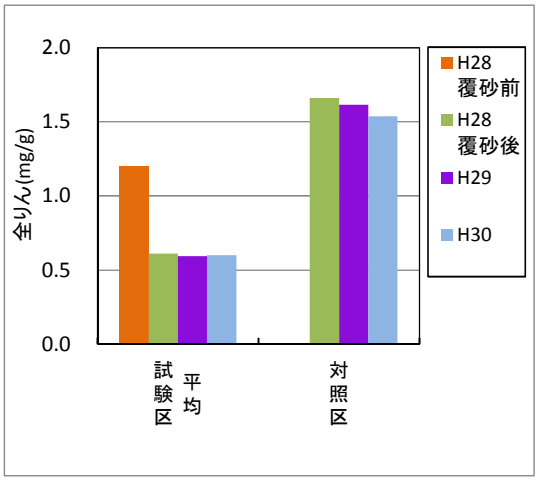


図 2-16 全りんの経年変化【湖岸通り区】

＜全硫化物＞

測定結果を図 2-17 に、経年変化を図 2-18 に示す。

平成 30 年度の測定結果について、覆砂した試験区の濃度は 0.01mg/g 未満であり、対照区の濃度は 0.18～0.31 mg/g と顕著な差が見られた。なお、試験区では調査時期による差は見られなかったが、対照区については、５月に比べて７、９、11 月の方が濃度が高くなっていた。

経年変化について、試験区の濃度は、平成 28 年度の覆砂前は 0.37 mg/g であったが覆砂後に 0.01mg/g 未満に低下し、３年程度経過した平成 30 年度も 0.01mg/g 未満を維持していた。

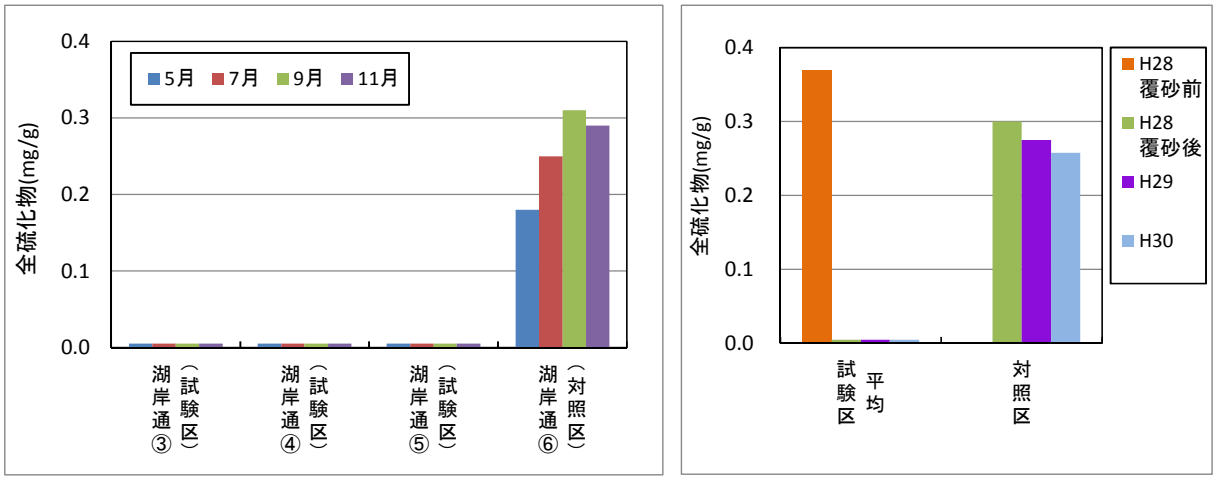


図 2-17 全硫化物の平成 30 年度測定結果【湖岸通り区】図 2-18 全硫化物の経年変化【湖岸通り区

＜粒度分布＞

底質調査方法を参考に、礫(粗)（4.75 mm～）、礫(細)（2 mm～4.75 mm）、砂(粗)（425 µm～2 mm）、砂(細)（75～425 µm）、シルト・粘土（～75 µm）の５つの粒度分布組成を求めた。全底質に対する 2 mm 以上の礫の割合については、同一地点の複数の試料間でのバラツキがみられる。ここでは、2 mm 未満の底質について比較した。

測定結果を図 2-19 に示す。覆砂前（平成 28 年 8 月）の試験区のシルト・粘土分の割合（泥分率）は 43%であったが覆砂後には 10%未満になり、平成 29 年度は 8%未満、２年程度経過した平成 30 年度の調査では 5%未満と低い値を維持していた。一方、対照区の泥分率は 60%程度であった。

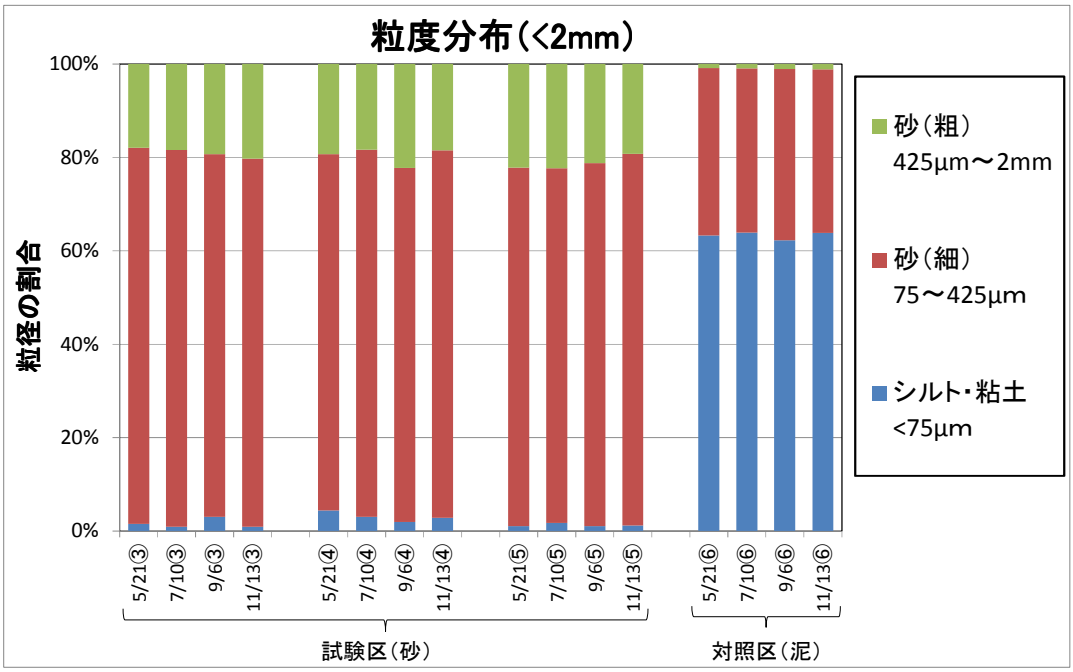


図 2-19 底質の粒度分布組成【湖岸通り区】

３）考察・まとめ

ア　渋崎区

平成 27 年度に覆砂を実施した試験区①において、対照区②と比較して強熱減量、全窒素、全りん、全硫化物及び粒度分布（泥分率）の測定値は低く、覆砂による明瞭な底質の改善効果が見られた。また、試験区の測定値は覆砂直後から概ね同程度で推移しており、覆砂から３年程度経過してもその改善効果が維持されていることが確認された。

イ　湖岸通り区

平成 28 年度に覆砂を実施した試験区③～⑤において、対照区⑥と比較して強熱減量、全窒素、全りん、全硫化物及び粒度分布（泥分率）の測定値は低く、覆砂による明瞭な底質の改善効果が見られた。また、試験区の測定値は覆砂直後から概ね同程度で推移しており、覆砂から２年程度経過してもその改善効果が維持されていることが確認された。

底質調査については、今後も引き続き調査を継続して行い、その改善効果の維持の状況を確認していくことが必要と考えられる。

3　生簀シジミ調査

水産試験場諏訪支場

覆砂による底質改善を行った覆砂場所およびその対照地点において、シジミを放流し、生残および成長を指標としたモニタリング調査を行った。

3-1 調査目的

平成 27 年度および平成 28 年度に造成した覆砂場所及びその外側の対照地点（それぞれ渋崎区および湖岸通り区）において、生簀を用いたヤマトシジミの放流試験を行い、水質等の調査結果と比較することでシジミ生息環境の改善効果を検討する。

3-2 調査方法

1）調査実施日

平成 30 年 5 月 30 日～11 月 27 日

2）調査地点

調査地点を表 3-1 に示す。主な底質は粒度分布の割合が高い順に並べてある。
なお、ヤマトシジミの放流調査地点は、覆砂場所及びその周辺における底質調査地点と同一の地点である。

表 3-1 ヤマトシジミの放流調査地点と主な底質

	地点名	主な底質
覆砂場所	渋崎区①	砂（細）、砂（粗）
	湖岸通り区③	砂（細）、砂（粗）
	湖岸通り区④	砂（細）、砂（粗）
	湖岸通り区⑤	砂（細）、砂（粗）
対照地点	渋崎区②	砂（細）、粘度・シルト
	湖岸通り区⑥	粘土・シルト、砂（細）

3）調査方法

調査に用いた供試貝および放流環境を表 3-2 に示す。7 月、10 月および 11 月にヤマトシジミを回収し、個体重と殻長を測定した。7 月と 10 月は測定後、同じ地点に再設置した。

表 3-2 供試貝および放流環境

供試貝		宍道湖産のヤマトシジミを 5 月 15 日に導入、河川水で蓄養 開始時の平均個体重および殻長：1.96 g、16.55～16.57 mm
放流方法	使用生簀	プラスチック製コンテナ：縦 55 cm×横 37 cm×高さ 20 cm
	底質	それぞれの地点の砂または泥：厚さ約 5 ㎝
	設置方法	40 個の園芸用苗ポットを苗ポット用トレーに固定し、ヤマトシジミと底質を投入した。苗ポット用トレーをプラスチック製コンテナに収容し、鉄製アングルの枠に固定した後、網目 1 cm の金網で覆い調査地点に着底させた。 設置時のコンテナ
測定		7 月 31 日、10 月 2 日および 11 月 27 日に地点毎に生簀を回収し、生残個体および死亡・不明減耗個体を計数し、生残個体の個体重と殻長を測定した。

3-3 調査結果

1）生残

放流したシジミの生残率を表 3-3 および図 3-1 に示す。試験終了時の各地点の生残率は、88～95%であった。各地点間で生残率に差は見られなかった（χ 二乗検定、ボンフェローニ補正、危険率 5%）。

表 3-3 各回収日におけるヤマトシジミの生残率

項目\ 試験区	渋崎区		湖岸通り区			
	砂地	砂泥地	砂地			泥地
	①	②	③	④	⑤	⑥
5月 30日	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7月 31日	93%	90%	95%	95%	90%	95%
10月 2日	88%	88%	88%	95%	90%	93%
11月 27日	88%	88%	85%	95%	90%	93%

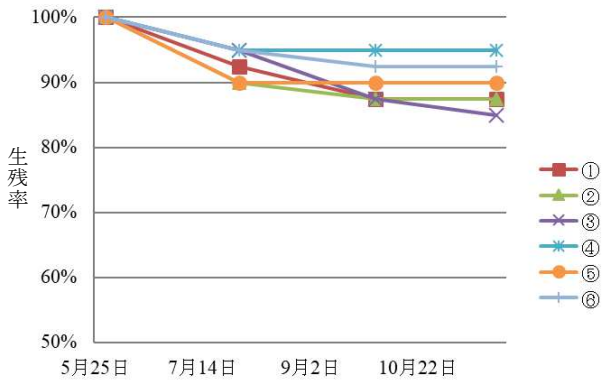


図 3-1 放流したヤマトシジミの生残率の推移

２）成長

放流したヤマトシジミの平均個体重と平均殻長を表 3-4、5 および図 3-2 に示す。個体重は 5 月の調査開始時で 1.96 g であったが、11 月の調査終了時には 2.72-3.51 g となり、いずれの地点においても個体重の増加が見られた。開始時には各地点とも個体重に差がなかったが、終了時は③～⑤が①、②および⑥に比べて有意に大きかった（Tukey-Kramer 法　危険率 5%）。また、殻長においても、開始時の 16.55-16.57 mm から終了時の 18.40-20.24 mm と、いずれの地点でも成長が見られた。地点間で比較すると、個体重と同様に開始時では差がなく、終了時には③～⑤が①、②および⑥に比べて有意に大きかった（Tukey-Kramer 法　危険率 5%）。

表 3-4 各回収日におけるヤマトシジミの平均個体重±標準偏差

項目\ 試験区	渋崎区		湖岸通り区			
	砂地	砂泥地	砂地			泥地
	①	②	③	④	⑤	⑥
5月 30日	1.96±0.12	1.96±0.11	1.96±0.11	1.96±0.12	1.96±0.12	1.96±0.11
7月 31日	2.46±0.22	2.43±0.22	2.65±0.32	2.72±0.20	2.71±0.27	2.49±0.18
10月 2日	2.77±0.35	2.64±0.27	3.05±0.53	3.28±0.35	3.23±0.44	2.69±0.25
11月 27日	2.91±0.41	2.72±0.31	3.25±0.65	3.51±0.39	3.48±0.51	2.81±0.28

表 3-5 各回収日におけるヤマトシジミの平均殻長±標準偏差

項目\ 試験区	渋崎区		湖岸通り区			
	砂地	砂泥地	砂地			泥地
	①	②	③	④	⑤	⑥
5月 30日	16.57±0.35	16.57±0.42	16.55±0.47	16.56±0.56	16.57±0.43	16.56±0.55
7月 31日	17.79±0.67	17.70±0.67	18.27±0.97	18.46±0.77	18.50±0.74	17.79±0.73
10月 2日	18.62±0.87	18.32±0.78	19.32±1.36	19.85±1.02	19.75±0.97	18.15±0.85
11月 27日	18.91±0.92	18.52±0.85	19.70±1.48	20.24±1.06	20.16±1.06	18.40±0.89

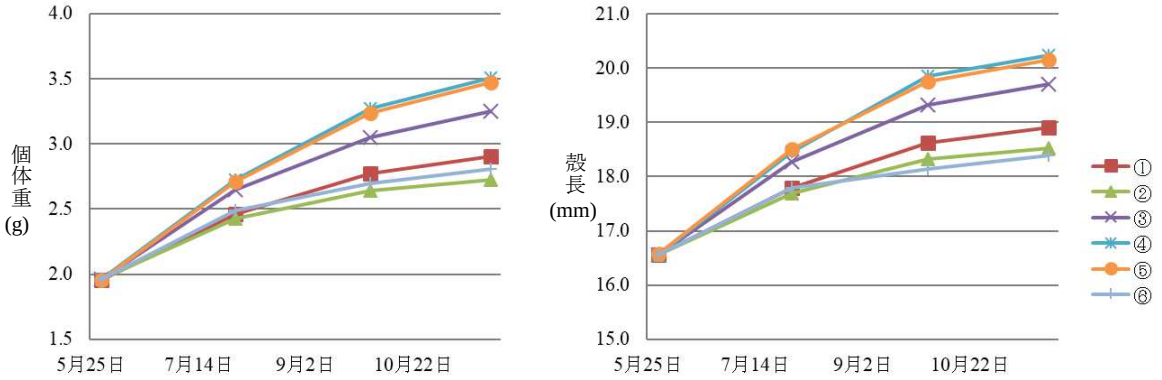


図 3-2 放流したヤマトシジミの平均個体重（左図）と平均殻長（右図）の推移

昨年度に同地点で行った放流調査では、泥地である対照地点（⑥）に比べて、砂地である覆砂場所（③～⑤）と砂泥地である対照地点（②）でヤマトシジミの成長が良かった。本年度は①、②および⑥に比べて、③～⑤での成長が良いという結果であった。したがって、湖岸通り区では覆砂による生息環境改善の効果があったと考えられる。また、その効果が維持されてい

るものと推測される。一方、渋崎区では覆砂場所と対照地点に差が見られなかった。渋崎区では、同地点における本年度の水質調査で覆砂による水質改善効果が確認されているため、水質以外の何らかの要因がヤマトシジミの成長に影響したと推測される。今後も同様のモニタリング調査の継続が必要と考える。

3-4 まとめ

・湖岸通り区におけるヤマトシジミの個体重および殻長は、泥地よりも覆砂場所で有意に大きく、覆砂によるシジミの生息環境改善の効果があった。
・渋崎区におけるヤマトシジミの個体重および殻長は覆砂場所と砂泥地で差が見られなかった。水質以外の要因によると推測されるため、今後も同様のモニタリング調査が必要である。

４　淡水シジミ調査

水産試験場諏訪支場

覆砂場所で確認された淡水性シジミの生息状況を調査した。

4-1 調査目的

平成 28 年度事業の中で、平成 27 年度に造成した覆砂場所（渋崎区）から淡水性のシジミ（以下「淡水シジミ」という。）が確認された。渋崎区および平成 28 年度に造成した覆砂場所（湖岸通り区）における淡水シジミの新規加入の状況および現状での個体数密度の把握を目的に、調査を実施した。

4-2 調査方法

(1)　定性調査

1)調査実施日

5 月 8 日、8 月 20 日

2)調査地点

湖岸通り区内で無作為に選んだ 5 箇所

3)調査方法

縦 15 cm×横 31 cm×深さ 23 cm のかごの内側に 2 mm×4 mm の目合いの網を張ったジョレン（図 4-1）で、各地点で船の右舷側、左舷側から 1 回ずつ表層の砂を採取した。この砂を目合い 2 mm のふるいでふるい、淡水シジミを取り出した後、個体重と殻長を測定した。

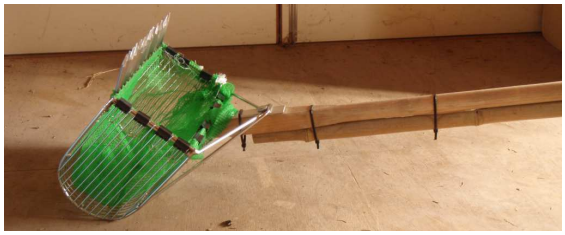


図 4-1　淡水シジミの採取に使用したジョレン

（２）定量調査

1)調査実施日

渋崎区；5 月 10 日、8 月 31 日、11 月 28 日

湖岸通り区；11 月 21 日

2)調査地点

各区内で無作為に選んだ 3 箇所

3)調査方法

縦 1 m×横 1 m×高さ 0.2 m の金属枠を湖底に設置し、枠内の湖底表層から深さ約 10 cm までの砂を採取した。この砂を目合い 1 mm のタモ網でふるい、淡水シジミを取り出した。この砂を目合い 2 mm のふるいでふるい、淡水シジミを取り出した後、個体重と殻長を測定した。

4-3 調査結果

（1）湖岸通り区

1）定性調査

5 月 8 日の調査では淡水シジミを確認することができなかったが、8 月の調査において、11 個体のシジミを確認した（図 4-2）。

個体重の頻度分布は、0.03 g 以下の個体が多かった（図 4-3）。殻長の頻度分布については、3-4 mm の階級が最も多かった。昨年度の調査では淡水シジミを確認することができなかったことから、本年度加入した 1 年目のシジミと考えられる。

図 4-2　定性調査で採取された淡水シジミ（8 月 20 日）

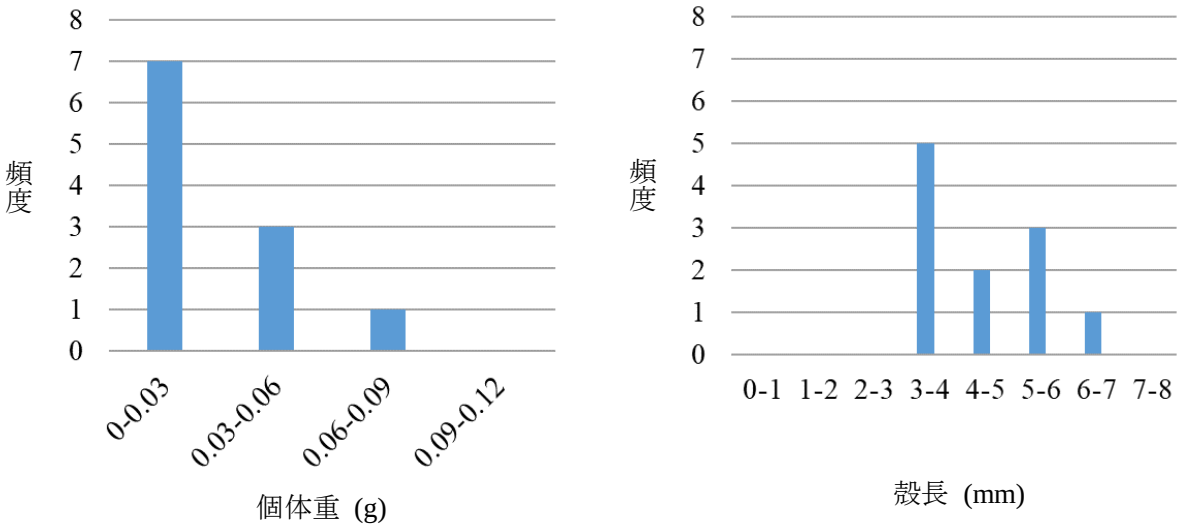


図 4-3　定性調査で採取された淡水シジミの個体重と殻長の頻度分布（8 月 20 日）

2)定量調査

湖岸通り区のシジミの個体数密度を把握するため、11 月に定量調査を行ったところ、1 m^2 あたり 0-3（平均 1.3）個体の淡水シジミが確認された（表 4-1）。

採取した淡水シジミの個体重および殻長はそれぞれ、0.04-0.97 g および 5.48-13.88 mm であった（表 4-2)。8 月の定性調査に比べて、採取された個体が大きい傾向が認められた。

表 4-1　定量調査における淡水シジミの 1 ㎡ あたりの採取数

採取日	地点	採取数
11月21日	湖岸通り区A	3
	湖岸通り区B	0
	湖岸通り区C	1
	平均	1.3

表 4-2　定量調査で採取された淡水シジミの個体重および殻長

採取日	地点	個体重(g)	殻長(mm)
11月21日	湖岸通り区A	0.04	5.48
		0.68	11.29
		0.85	13.33
	湖岸通り区C	0.97	13.88

（２）渋崎区

5 月の調査では淡水シジミは採取されなかった。8 月の調査において、1 m^2 あたり 12-15（平均 13.3）個体が採取され、個体重および殻長はおおむね 4 つのグループに分かれていた（表 4-3、図 4-4 左図および図 4-5)。採取した淡水シジミの大部分は体重 0-0.2 g、殻長 2-8 mm と小型で、同時期の湖岸通り区の淡水シジミと近いサイズであることから、これらは本年度加入した 1 年目の淡水シジミであると考える。

11 月の 1 m^2 あたりの密度は 10-27（平均 18.3）個体であり、8 月の調査時よりも多くの淡水シジミが採取された（表 4-3 図および 4-4 右図)。また、昨年度の同区での淡水シジミの密度は 1 m^2 あたり 4-13（平均 7.3）個体であったことから、昨年度よりも密度が増加していた。

3 箇所で採取した淡水シジミの頻度分布は、個体重で 0-0.2 g に、殻長で 3-5 mm にピークが見られた（図 4-6)。採取した淡水シジミの大部分は小型であったが、殻長 10-12 mm、14-19 mm および 28-29 mm と大型のものも見られた。昨年度の調査では生まれてから 1～3 年目の 3 グループが存在すると考えられた。本年度はこれらが生残・成長したものに加えて、本年度生まれたグループが新規に加入し、少なくとも 4 つのグループになったと考えられる。

表 4-3　定量調査における淡水シジミの 1 ㎡ あたりの採取数

調査日	地点	採取数	平均
5月 10日	渋崎区A	0	0
	渋崎区B	0	
	渋崎区C	0	
8月 31日	渋崎区D	13	13.3
	渋崎区E	12	
	渋崎区F	15	
11月 28日	渋崎区G	27	18.3
	渋崎区H	10	
	渋崎区I	18	

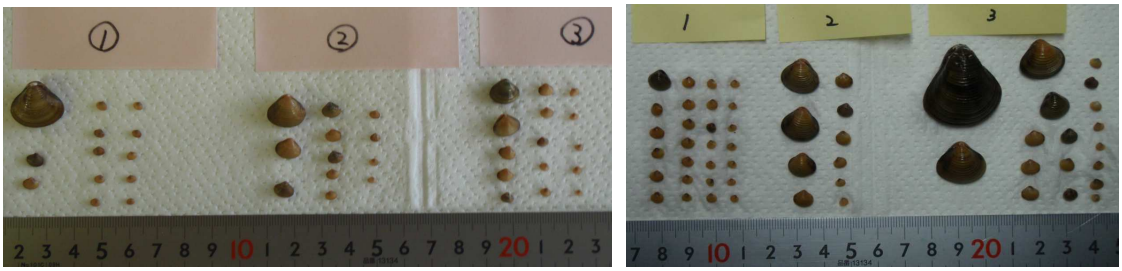


図 4-4　渋崎区で採取された淡水シジミ（左図：8 月 31 日採取、右図：11 月 28 日採取）

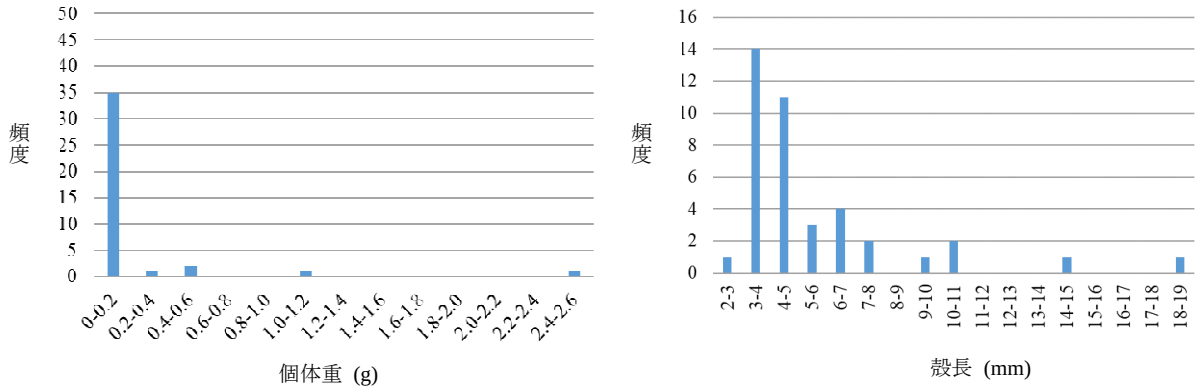


図 4-5　定量調査で採取された淡水シジミの個体重と殻長の頻度分布（8 月 31 日）

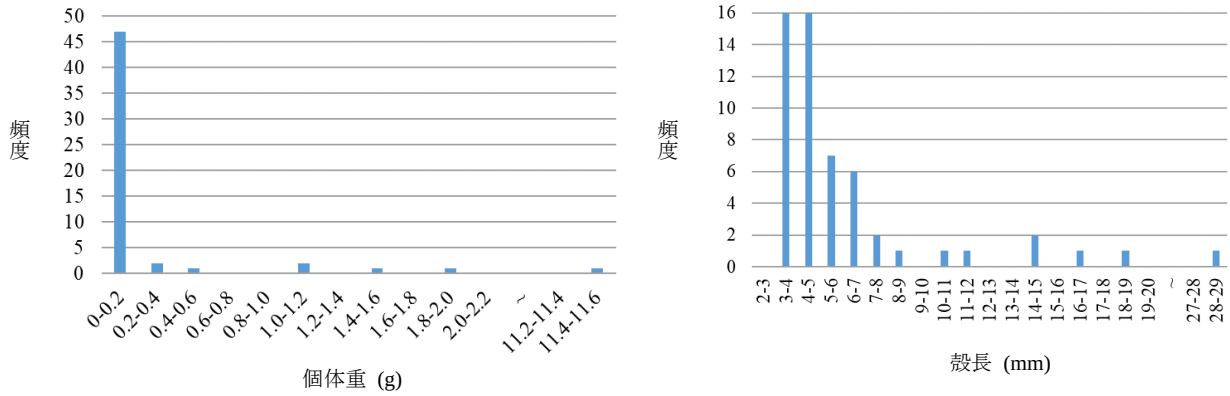


図 4-6　定量調査で採取された淡水シジミの個体重と殻長の頻度分布（11 月 28 日）

4-4 まとめ

・湖岸通り区では 8 月の定性調査で淡水シジミが確認され、11 月に定量調査を実施したところ、平均個体数密度は 1.3 個体/ m^2 であった。これらは本年度に新規加入したものと考えられる。

・渋崎区では 5 月には淡水シジミが採取されなかったが、8 月と 11 月の平均個体数密度はそれぞれ 13.3 個体/ m^2 と 18.3 個体/ m^2 であった。

・本年度の渋崎区内の淡水シジミの平均個体数密度は、昨年度の同時期（7.3 個体/ m^2）よりも増加していた。

・渋崎区内の 8 月および 11 月に採取した淡水シジミの頻度分布から、生まれてから 1～4 年目の少なくとも 4 グループが存在すると考えられる。昨年度確認されていた 3 グループに加えて、本年度生まれのものが新規に加入したと考えられる。

5　底生生物定性調査

水産試験場諏訪支場

覆砂場所およびその周辺の底生生物の生息状況を確認した。

5-1 調査目的

覆砂による底質改善の効果を底生生物の生息状況から評価する。評価にあたっては、覆砂場所及びその周辺の生物相が安定するまでにある程度の時間を要することが想定されるため、継続的な調査が必要と考えられる。本年度は、平成 27 年度に造成した覆砂場所（渋崎区）の 3 年後および平成 28 年度に造成した覆砂場所（湖岸通り区）の 2 年後の底生生物の生息状況を把握し、昨年度の結果と比較した。

5-2 調査方法

調査日　　5 月 22 日設置、5 月 24 日回収
　　8 月 13 日設置、8 月 15 日回収
　　10 月 22 日設置、10 月 24 日回収

調査地点　　渋崎区①および②、湖岸通り区③～⑥地点
　　（底質調査と同一の地点）

使用漁具　　3 mm、5 mm および 12 mm の網筌（表○-Δ-1）を各 1 個設置

表 5-1　調査に使用した網筌の仕様

目合い	大きさ	開口部数	備考
3 mm	45×30×15 cm	1	金属製
5 mm	45×30×15 cm	1	〃
12 mm	67×47×12 cm	2	小判型

5-3 調査結果

網筌で採捕された魚介類を表 5-2、図 5-1、2 および 3 に示す。確認種の多くは底生性の生物であったが、遊泳性のモツゴ、ビワヒガイも採捕された。底質が砂の地点でのみ捕獲された魚介類はヨシノボリのみで、底質が泥の地点でのみ捕獲された魚介類はビワヒガイおよびタニシ科であった。

5 月の調査では渋崎区で底生性のヌマチチブおよびテナガエビが、湖岸通り区でそれらに加えてスジエビが多く採捕された。8 月は渋崎区、湖岸通り区とも、テナガエビが多く採捕された。10 月は渋崎区でヌマチチブおよびテナガエビ、湖岸通り区でヌマチチブ、モツゴおよびスジエビが多く採捕された。両区とも採捕数に変動が見られるが、5 月から 10 月にかけてほぼすべての地点でヌマチチブとテナガエビが採捕されることから、この 2 種が優占種と考えられる。また、他の魚介類については 10 月に⑥でモツゴが 15 個体採捕された以外は、1 地点あたり 1～4 個体が散発的に採捕された。

昨年度は 6 月から 10 月の調査において、総数で 233 個体の魚介類が採捕された（表 5-3）。

一方、本年度は総採捕数が昨年度よりも少なく、5 月から 10 月の調査で 187 個体であった。昨年度 6 月の調査では 109 個体採捕されたのに対し、本年度 5 月の調査では 28 個体であったことから、調査開始時期が昨年度より 1 ヶ月早かったことにより総採捕数が少なくなったと考えられる。

また、本年度は採捕された魚介類の種類が少なくなり、ウキゴリ、ウナギ、ブルーギル、アメリカザリガニおよびモノアラガイが採捕されなかった。しかし、これらの採捕されなかった種については、昨年度でも数個体程度しか採捕されていないものが多く、たまたま本年度は採捕されなかったと考える。覆砂後に生態系が安定するまでには時間がかかると考えられるため、魚介類の生息状況への影響を評価するには、今後も継続してモニタリング調査を行う必要があると考える。

表 5-2　網筌で採捕された魚介類（平成 30 年度）

調査日	調査地点			魚類				甲殻類		貝類	合計
				ビワヒガイ	ヌマチチブ	ヨシノボリ	モツゴ	テナガエビ	スジエビ	タニシ科	
5月24日	渋崎区	砂地	①		2			1			3
		泥地	②		2			1		1	4
	湖岸通り区	砂地	③		1			3	1		5
			④								
			⑤		3	3	1	1			8
		泥地	⑥		2				4	2	8
8月15日	渋崎区	砂地	①			2		31	1		34
		泥地	②		1			2	2		5
	湖岸通り区	砂地	③		3			14			17
			④		2	2		36			40
			⑤		2	1		8			11
		泥地	⑥				2	11		3	16
10月24日	渋崎区	砂地	①		1	1		2			4
		泥地	②		2		2	1			5
	湖岸通り区	砂地	③		2						2
			④						2		2
			⑤		3						3
		泥地	⑥	1			15	1	3		20
合計				1	26	9	20	112	13	6	187

表 5-3　網筌で採捕された魚介類（平成 29 年度）

調査日	調査地点			魚類							甲殻類			貝類		合計
				ビワヒガイ	ウキゴリ	ヌマチチブ	ヨシノボリ	モツゴ	ウナギ	ブルーギル	テナガエビ	スジエビ	アメリカザリガニ	モノアラガイ	タニシ科	
6月23日	渋崎区	砂地	①			10					6					16
		泥地	②		1	7					3	10		1		22
	湖岸通り区	砂地	③			9					5		1			15
			④			8					6					14
			⑤			13		1			6					20
		泥地	⑥			4					15	2			1	22
8月16日	渋崎区	砂地	①			1					26					27
		泥地	②								2					2
	湖岸通り区	砂地	③		1		1				22					24
			④			2					16					18
			⑤			3					1					4
		泥地	⑥		3			1	2		5					11
10月13日	渋崎区	砂地	①								4					4
		泥地	②							12	4					16
	湖岸通り区	砂地	③			1		2		1	4					8
			④	1							1				1	3
			⑤							2	1					3
		泥地	⑥								3				1	4
合計				1	5	58	1	4	2	15	130	12	1	1	3	233

地点		3 mm	5 mm	12 mm
渋崎区	①			
	②			
湖岸通り区	③	採捕なし		採捕なし
	④	採捕なし	採捕なし	採捕なし
	⑤			採捕なし
	⑥	採捕なし		

図 5-1 各調査区で採捕された魚介類（5 月）

地点		3 mm	5 mm	12 mm
渋崎区	①			採捕なし
	②			採捕なし
湖岸通り区	③			
	④			
	⑤			
	⑥			

図 5-2 各調査区で採捕された魚介類（8 月）

地点		3 mm	5 mm	12 mm
渋崎区	①		採捕なし	採捕なし
	②			採捕なし
湖岸通り区	③	採捕なし		採捕なし
	④		採捕なし	採捕なし
	⑤		採捕なし	採捕なし
	⑥			

図 5-3 各調査区で採捕された魚介類（11 月）

6　覆砂形状調査

諏訪建設事務所

1）調査方法

渋崎区と湖岸通り区で実施した覆砂　**図 1** について、工事直後と平成 30 年度及び平成 29 年度と平成 30 年度の湖底形状の変化について比較した。

比較方法は、覆砂工完成図に基づき 3D 地形図を作成し、今回調査による 3D 地形図　完成時→平成 30 年比較**図 2、3・図 6、7** と平成 29 年→平成 30 年比較**図 4、5・図 8、9** についてそれぞれ比較した。

図 1　覆砂位置図

2）渋崎区結果【完成時（平成 27 年）→平成 30 年比較】

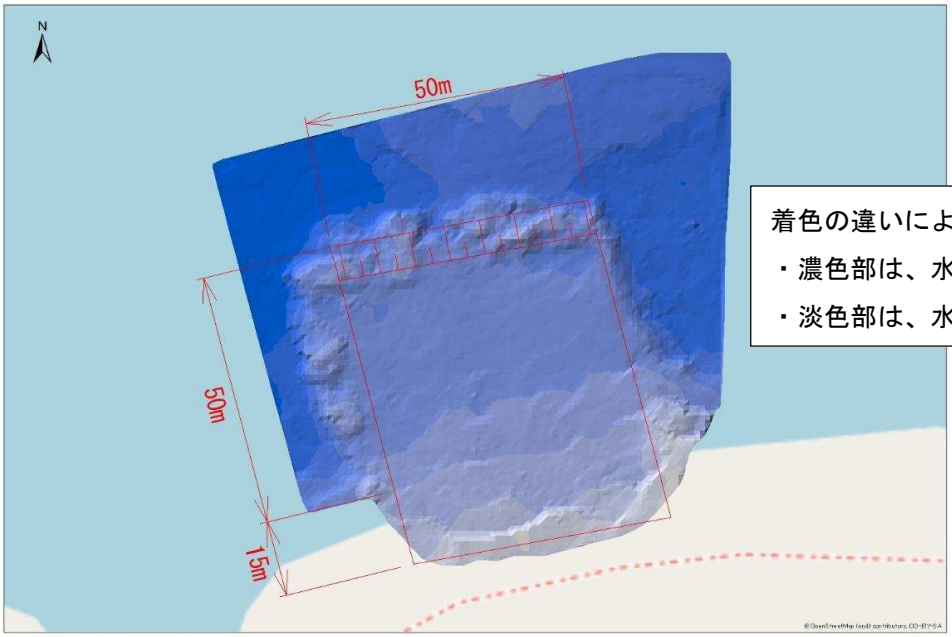


図 2　渋崎区　今回調査(H30.12.25)による 3D 地形図(実線は完成時（H27.6 月時点）の形状)

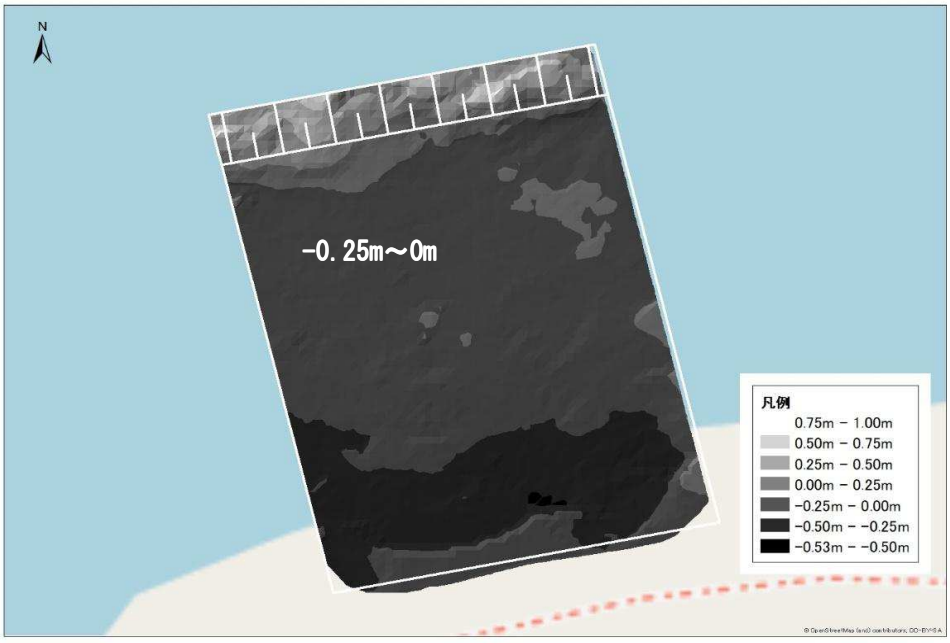


図 3　渋崎区標高差比較図

渋崎区は、完成時から全体的に-25cm～0cm 程度の洗掘が認められる。この洗掘された砂が沖と側端部に移動している傾向があり、東側即端部では湖底から最大 0.8m 程度の堆砂が確認できた。

渋崎区【平成 29 年→平成 30 年比較】

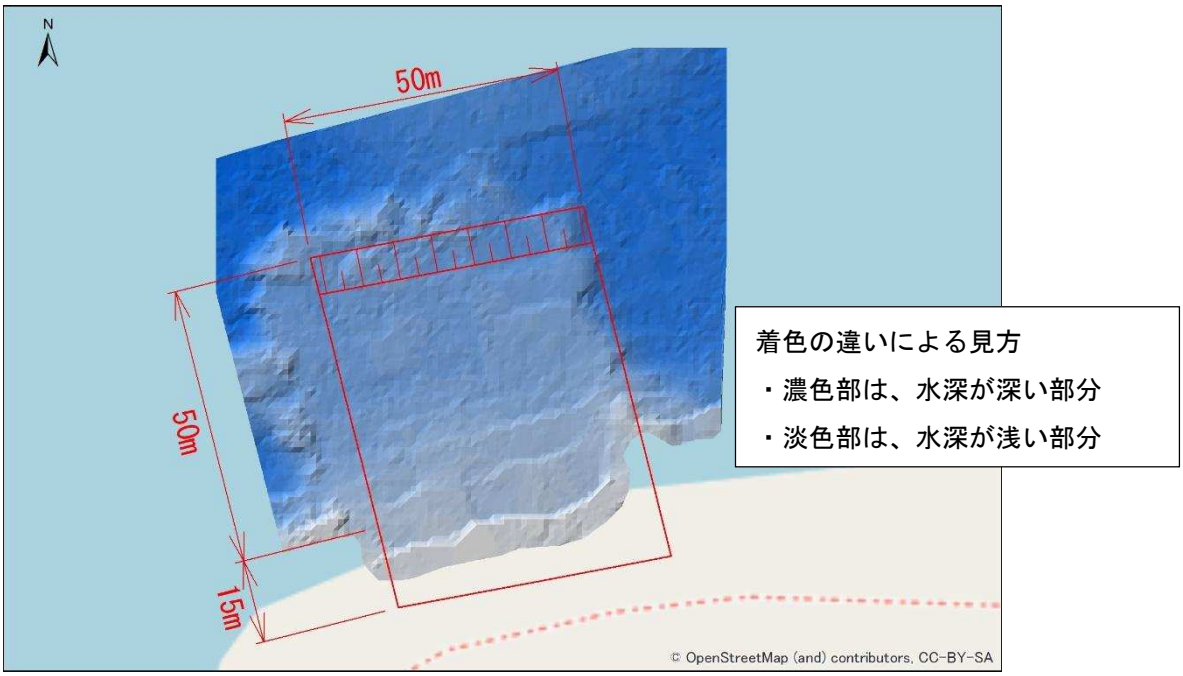


図 4　渋崎区　昨年調査(H30.3.2)による 3D 地形図　(実線は完成時（H27.6 月時点）の形状)

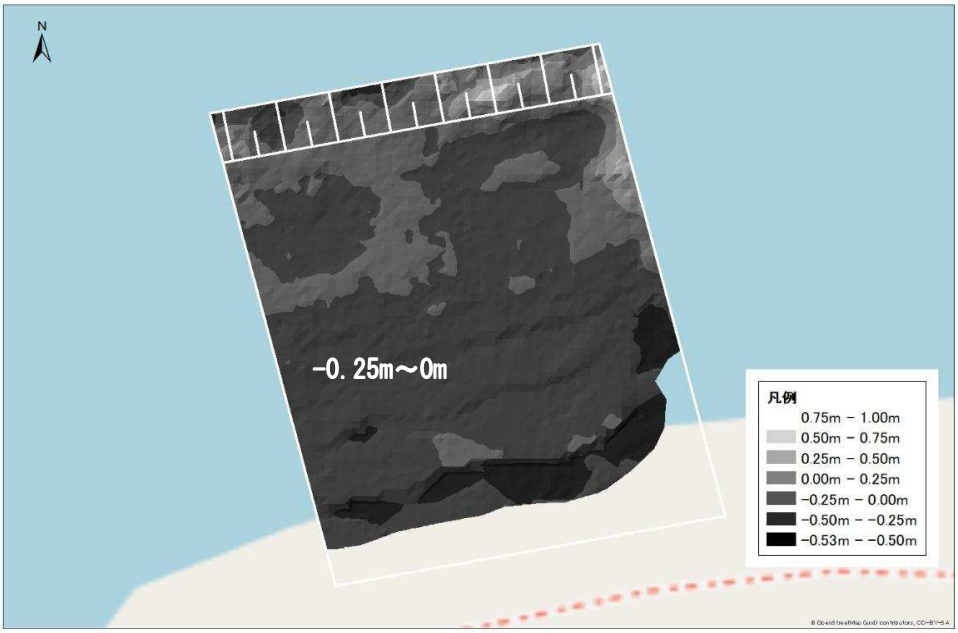


図 5　渋崎区標高差比較図(昨年度調査 H30.3.2 と今年度調査 H30.12.25 の高低差比較)

渋崎区の昨年度との計測結果については、3D 地形図上**図 2、4** では、全体的に大きな変化は見られないが、若干の洗掘エリアが増えている。

標高差比較図**図 5** から水際の浸食が進行している一方で、沖側に概ね 0.2cm 程度の堆砂が確認された。

3）湖岸通り区結果【完成時（平成 28 年度）→平成 30 年比較】

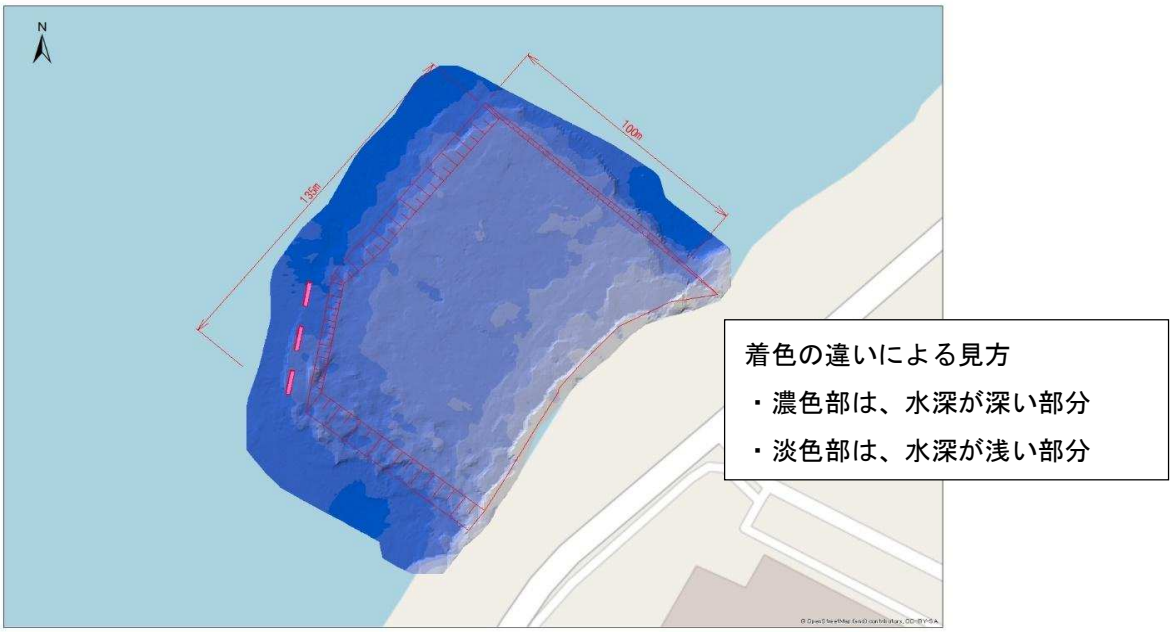


図 6　湖岸通り区　今回調査(H30.12.25)による 3D 地形図　（実線は完成時（H29.4 月時点）の形状）

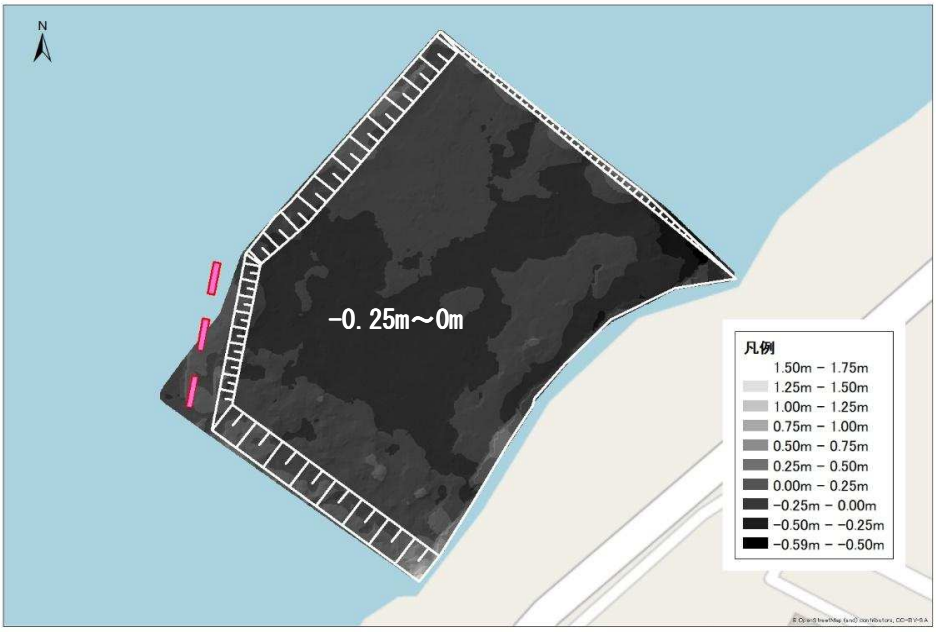


図 7　湖岸通り区標高差比較図

湖岸通り区は、完成時から全体的に-10cm～0cm とわずかな洗掘が確認できたが、施工誤差に含まれる範囲である。覆砂工端部は、概ね 30ｃｍ程度の堆砂が確認されたが、渋崎区と比較すると堆積量は小さく、洗掘砂による影響なのか経過観察が必要。

湖岸通り区【平成 29 年→平成 30 年比較】

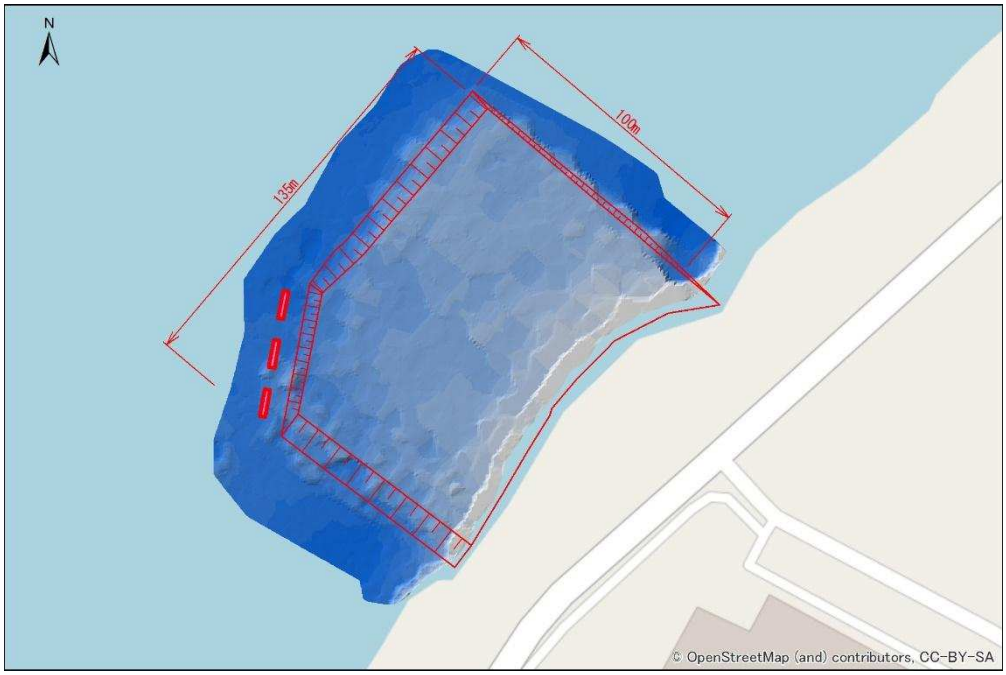


図 8　湖岸通り区　今回調査(H30.3.2)による 3D 地形図　(実線は完成時（H29.4 月時点）の形状)

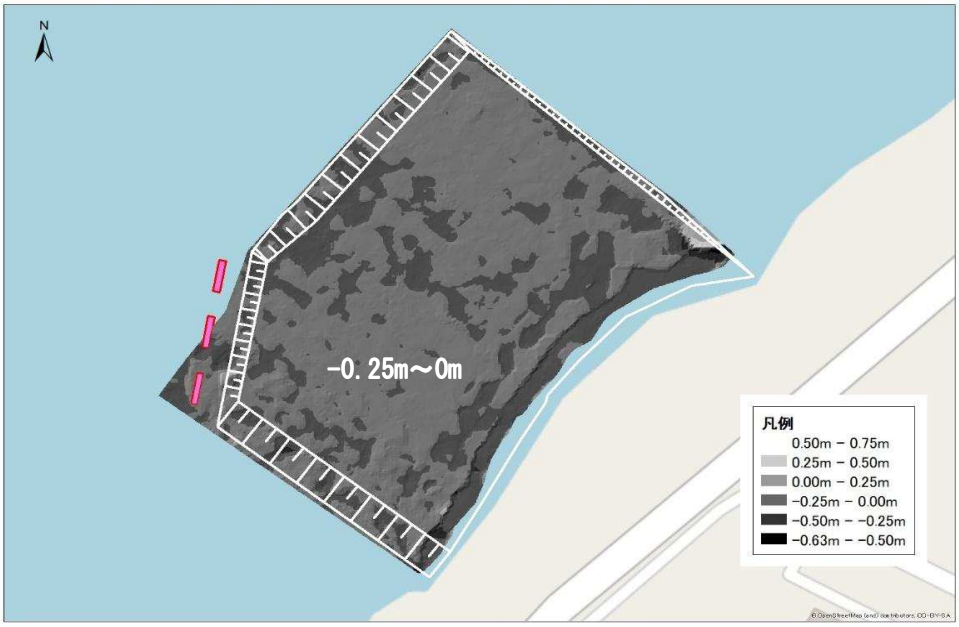


図 9　湖岸通り区標高差比較図

湖岸通り区の昨年度との計測結果については、3D 地形図上**図 6、8** では、全体的に大きな変化は見られないが、若干の洗掘エリアが増えている

また、標高差比較図**図 9** から全体的に０ｃｍから-0.１ｃｍの洗堀が確認された、特に水際の洗掘がやや目立つ状況である。