

## 第4章 覆砂場所のモニタリング調査

### 4.1. 水質調査

環境保全研究所水・土壌環境部

#### 4.1.1. 調査目的

沿岸に造成した覆砂試験ヤードを活用して、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。

#### 4.1.2. 調査内容

##### 4.1.2.1. 調査地点

調査地点を表1、図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試験区外側の地点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試験区外側の地点⑥を調査地点とした。

表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	試験区内・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	試験区内・岸から25m	0.9	砂	H28覆砂実施
	⑥	対照区	岸から130m	1.7	泥	

※水深は水質調査日に測定した平均値

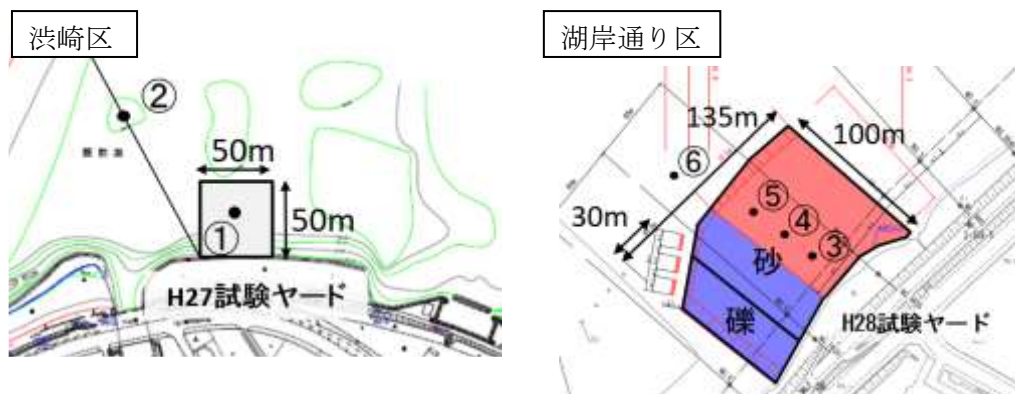


図1 調査地点図

##### 4.1.2.2. 調査日

5月30日、8月7日、11月13日

##### 4.1.2.3. 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(20mL/s程度)でポリバケツに十分な量を採水し、攪

拌混合した後、ポリ瓶に移し入れ試料とした。

#### 4.1.2.4. 測定項目及び分析方法

測定項目及び分析方法を表 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 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 (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 <sub>4</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>3</sub> -N)	イオンクロマトグラフ法 (JIS K0102 43.2.5)
全りん (T-P)	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法 (JIS K0102 46.3.1)
溶解性りん (D-T-P)	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法 (JIS K0102 46.3.1)
りん酸態りん (PO <sub>4</sub> -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)

#### 4.1.3. 調査結果及び考察

##### 4.1.3.1 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 2 に示す。

##### < 窒素 >

渋崎区の底層水のアンモニア性窒素濃度は、5、8月に調査地点間の濃度差は見られず、11月に対照区②に比べて試験区①の方が 0.04 mg/L 低かった。亜硝酸性窒素濃度は、調査地点間の濃度差が見られなかった。硝酸性窒素濃度は、8月に試験区の方が 0.15 mg/L 低かった。また、無機態窒素濃度も同様の傾向が見られ、試験区の方が 0.15 mg/L 低く、全窒素濃度は試験区の方が 0.27

mg/L 低かった。このように夏季の硝酸性窒素の濃度差が無機態窒素や全窒素の濃度に影響し、試験区と対照区の底層水の濃度差を生じていると考えられる。

さらに、地点毎の底層水と表層水の鉛直方向の濃度差（底層水の測定値－表層水の測定値）を比較すると、試験区における各成分の濃度差は小さいが、対照区では5月、8月に全窒素、溶解性窒素、無機態窒素、硝酸性窒素等の濃度が表層水より底層水の方が高く、顕著な濃度差が見られており、対照区において底泥から底層水への窒素成分の供給による影響が考えられる。

#### <りん>

洪崎区の底層水のりん酸態りん濃度は、調査地点間の濃度差が見られなかった。

全りん濃度は、5、8月に試験区の方が0.016～0.022 mg/L程度低く、溶解成分以外を懸濁成分として計算した場合、試験区の懸濁態りん濃度（全りに占める割合：6～8割）が同程度低下したことになる。また、懸濁態成分と関係するSS濃度にも同様の傾向が見られ、試験区の方が5 mg/L程度低く、SS濃度と関係する透視度（底層水）については、8月に試験区の方が30 cm程度高かった。さらに、地点毎の底層水と表層水の濃度差を比較すると、試験区における各成分の濃度差は小さいが、対照区では5月、8月の全りん、SSに顕著な濃度差が見られた。このことは、覆砂による底泥の巻き上げの抑制、栄養塩類の溶出抑制による植物プランクトンの発生抑制等の複数の要因が可能性として挙げられる。

#### <溶存酸素>

調査日時において貧酸素（DO < 3 mg/L）は発生していないが、8月調査日の底層DOは対照区に比べて試験区の方が2.3 mg/L高かった。洪崎区では覆砂による底泥の酸素消費の抑制によるDO濃度への影響は確認されなかった。

### 4.1.3.2 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。底層水の測定項目別の測定結果を図3に、地点毎の底層水と表層水の濃度差を図5に示す。また、信州大学湖沼高地教育研究センター（諏訪臨湖実験所）宮原裕一教授より提供された同調査地点における底層水の溶存酸素連続測定データを図6に示す。

#### <窒素>

湖岸通り区の底層水のアンモニア性窒素濃度は、8月に対照区⑥に比べて試験区③の方が0.05 mg/L低かった。亜硝酸性窒素濃度は、8月に試験区の方が0.007 mg/L低かった。硝酸性窒素濃度は、5、8月に試験区の方が0.26～0.39 mg/L低かった。また、無機態窒素濃度も同様の傾向が見られ、試験区の方が0.28～0.45 mg/L低く、これは全窒素の濃度差（0.32～0.45 mg/L）に影響していた。

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、また、硝酸性窒素の濃度差が無機態窒素や全窒素の濃度差に影響していると考えられる。

さらに、地点毎の底層水と表層水の鉛直方向の濃度差（底層水の測定値－表層水の測定値）を

比較すると、試験区における各成分の濃度差は小さいが、対照区では5月、8月の全窒素、溶解性窒素、無機態窒素、硝酸性窒素及びアンモニア性窒素の濃度が表層水より底層水の方が高く、顕著な濃度差が見られた。対照区において底泥から底層水への栄養塩の供給による影響が考えられる。

#### <りん>

湖岸通り区の底層水のりん酸態りん濃度は、8月に対照区に比べて試験区の方が0.007 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。

全りん濃度は、5、8月に試験区の方が0.01~0.02 mg/L程度低く、溶解成分以外を懸濁成分として計算した場合、試験区の懸濁態りん濃度（全りに占める割合：5~8割）が同程度低下したことになる。また、懸濁態成分と関係するSS濃度にも同様の傾向が見られ、SS濃度と関係する透視度（底層水）については8月に試験区の方が30 cm程度高かった。さらに、地点毎の底層水と表層水の濃度差を比較すると、試験区における各成分の濃度差は小さいが、対照区では5月、8月の全りん、溶解性りん、りん酸態りん等に顕著な濃度差が見られた。このことは、覆砂による底泥の巻き上げの抑制、栄養塩類の溶出抑制による植物プランクトンの発生抑制等の複数の要因が可能性として挙げられる。

#### <溶存酸素>

調査日時において貧酸素（DO < 3 mg/L）は発生していないが、8月調査日の底層DOは、対照区が5.8 mg/Lで、対照区より試験区の方が6.1 mg/L高かった。

また、図6に示すDO連続測定データ（7/2~8/7）より、7月前半の試験区と対照区のDOは同程度で推移していたが、7/18以降水温の上昇とともに夜間を中心に対照区の方がDOが低下する傾向が見られ、7月下旬と8月上旬（図中赤色網掛け）には対照区で貧酸素が発生していた。一方、試験区では期間中貧酸素は発生しなかった。

このことから、夏季に試験区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。ただし、調査エリア内での沈水植物（クロモ等）の繁茂による影響や沿岸域で水深が浅いことの影響も考えられる。

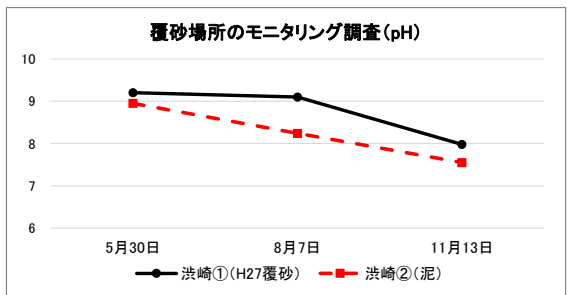
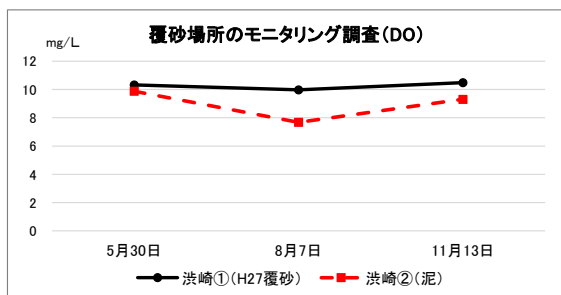
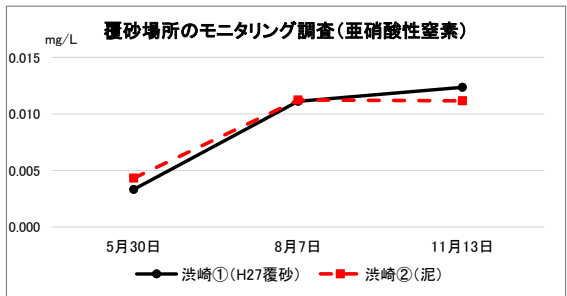
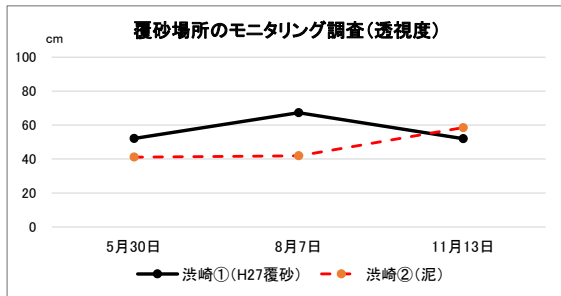
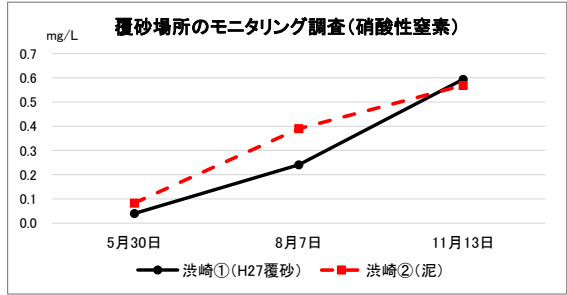
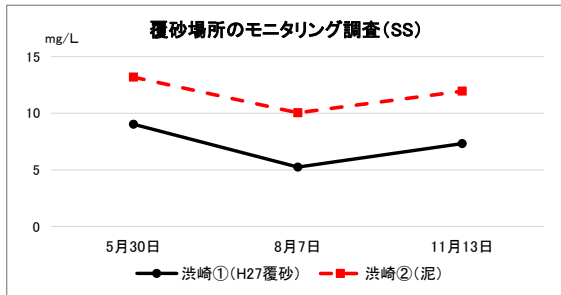
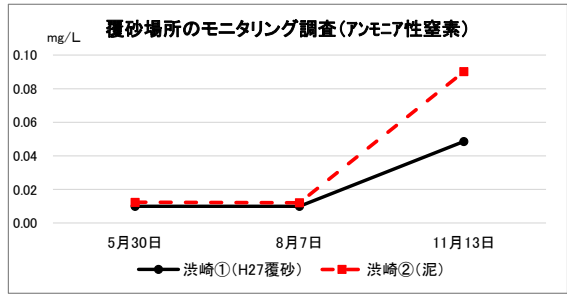
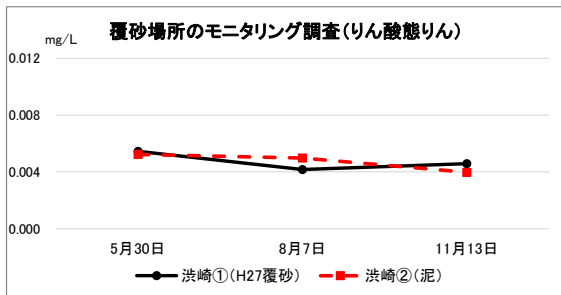
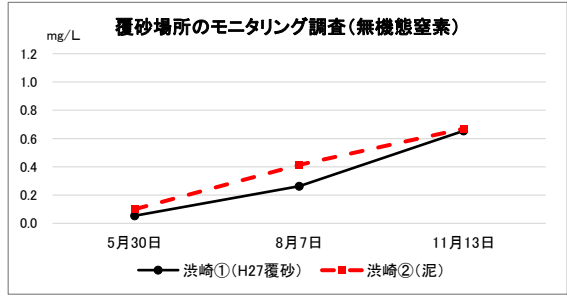
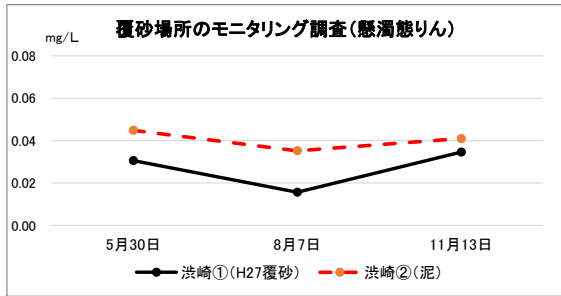
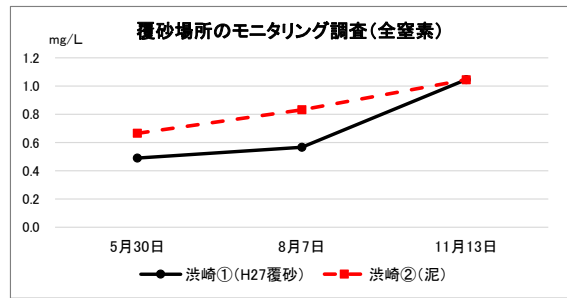
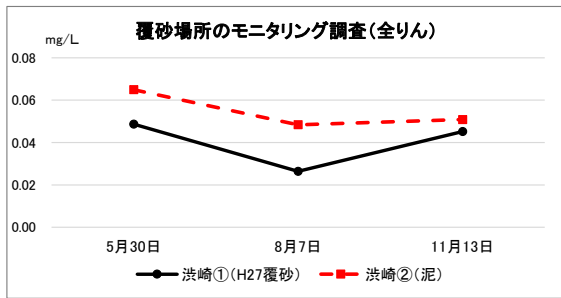


図2 洪崎区における水質測定結果

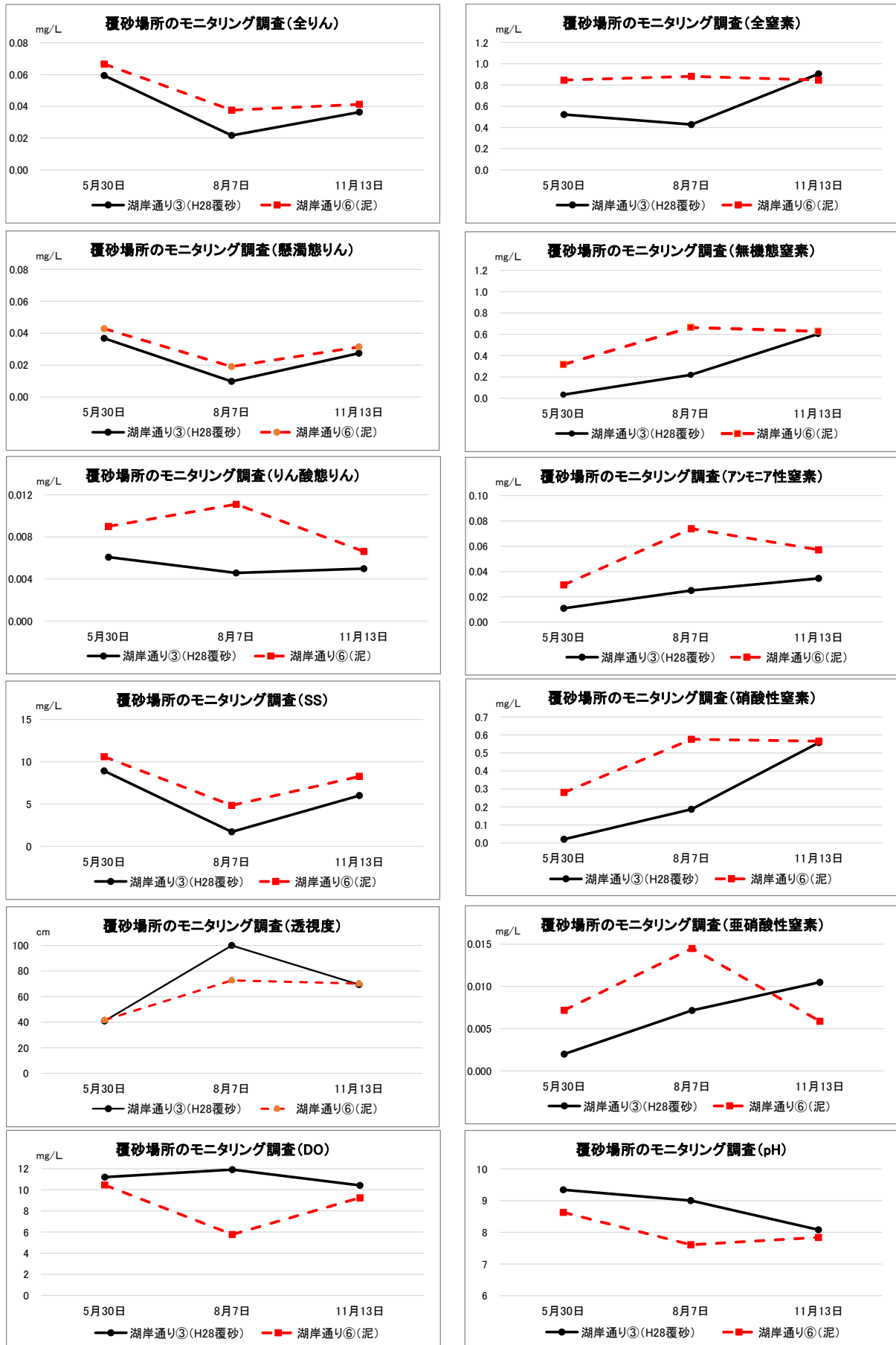


図3 湖岸通り区における水質測定結果

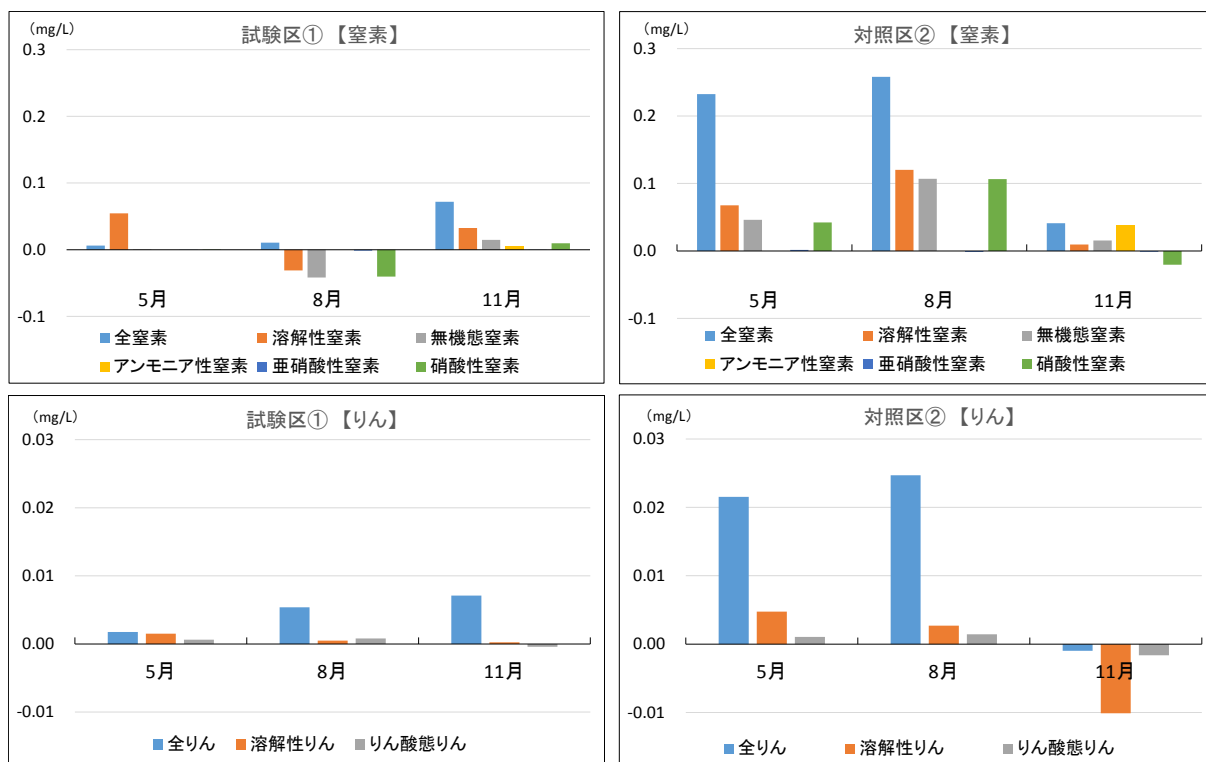


図4 地点毎の底層水と表層水の濃度差【渋崎区】(上段：窒素、下段：りん)  
(縦軸の値：底層水の測定値－表層水の測定値)

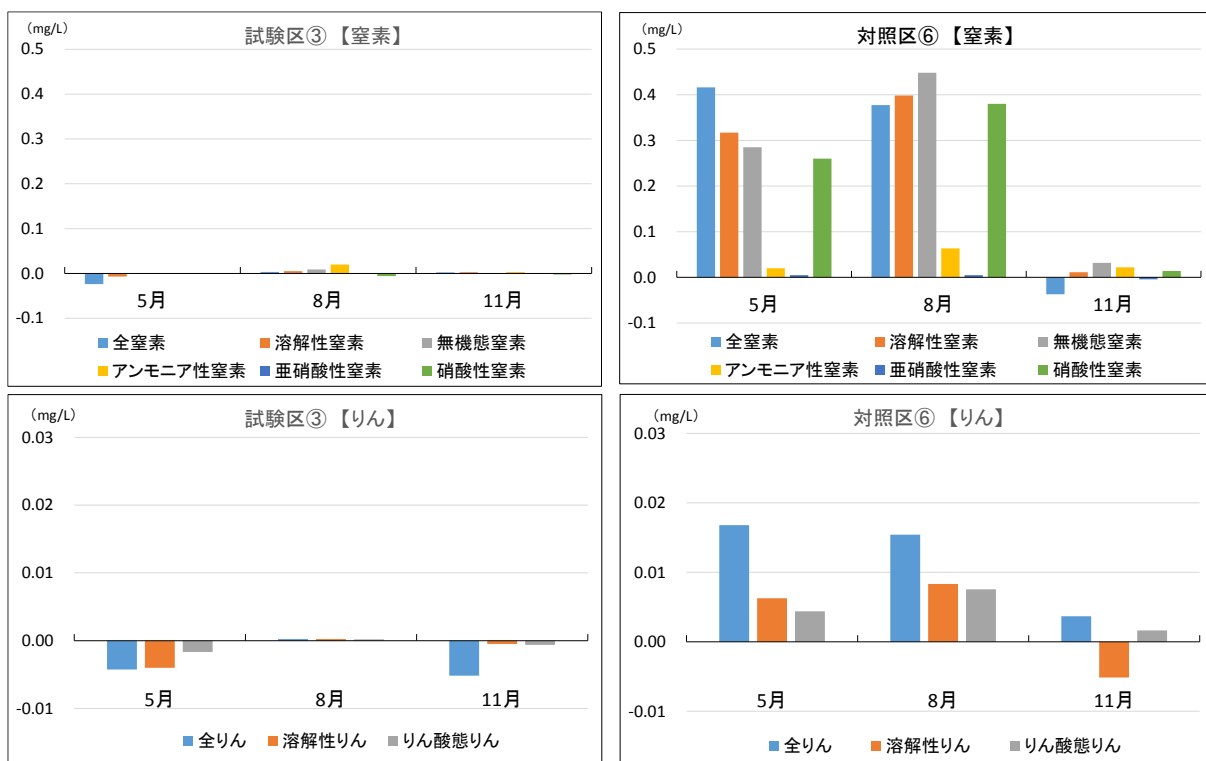


図5 地点毎の底層水と表層水の濃度差【湖岸通り区】(上段：窒素、下段：りん)  
(縦軸の値：底層水の測定値－表層水の測定値)

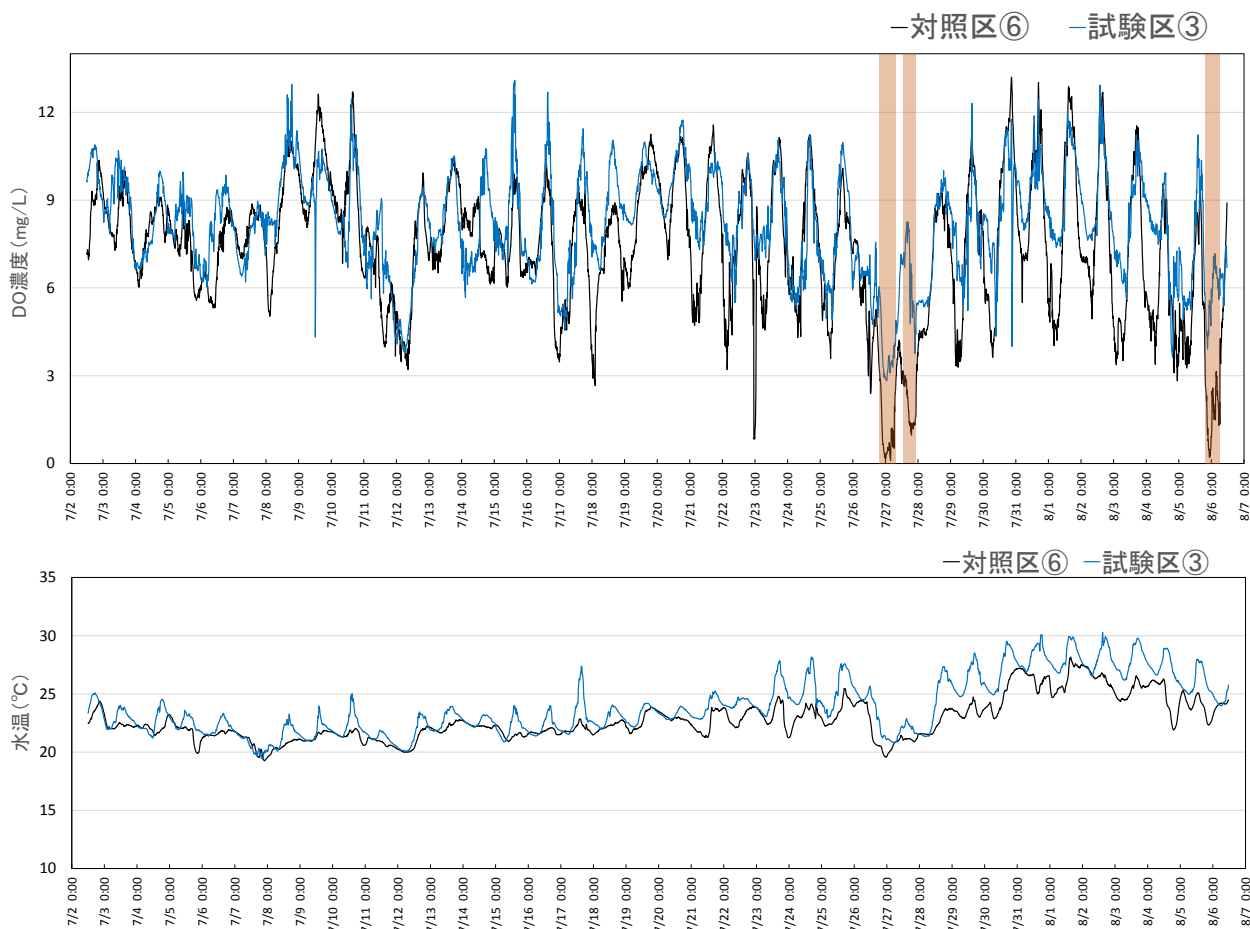


図6 湖岸通り区における DO 濃度、水温の変動（信州大学提供）  
（測定水深：湖底面上 20cm、測定間隔：10 分）

#### 4.1.4. まとめ

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、硝酸性窒素、無機態窒素、全窒素濃度は、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、また、硝酸性窒素の濃度差が無機態窒素や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。（渋崎区では、夏季のアンモニア性窒素の濃度差は見られず、硝酸性窒素、全窒素等の傾向は同様であった。）

湖岸通り区の8月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、渋崎区では濃度差は見られなかった。また、全りん濃度は渋崎区及び湖岸通り区で試験区の方が低い傾向があり、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 濃度について、夏季に対照区より試験区の方が高い傾向があり、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、各地点における水生植物の有無による影響や沿岸域で水深が浅いことの影響も考えられる。今後も底泥の酸素消費速度調査を実施して改善効果をさらに検証する必要がある（後記「4.2.3.3. 酸素消費速度」参照）。

過去の調査との比較について、今年度は、H30 年度調査で水質改善効果が一定程度確認されたため調査回数を減らして実施した。H30 年より夏季の日照時間が少なく、底泥からの汚濁物質の



溶出量に影響すると思われる底層水水温が 8 月調査日で 2~4 °C 程度低かったため（8 月採水日の対照区底層水温平均 H30 : 27.6°C、R1 : 24.8°C）、試験区と対照区の濃度差は小さかったが、概ね昨年度と同様の傾向が確認された。

## 4.2. 底質調査

環境保全研究所水・土壌環境部

### 4.2.1. 調査目的

沿岸に造成した覆砂試験ヤードを活用し、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。

### 4.2.2. 調査内容

#### 4.2.2.1. 調査地点

調査地点を表1、図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試験区外側の地点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試験区外側の地点⑥を調査地点とした。

表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	試験区内・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	試験区内・岸から25m	0.9	砂	H28覆砂実施
	④	試験区	試験区内・岸から50m	1.1	砂	H28覆砂実施
	⑤	試験区	試験区内・岸から75m	1.1	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

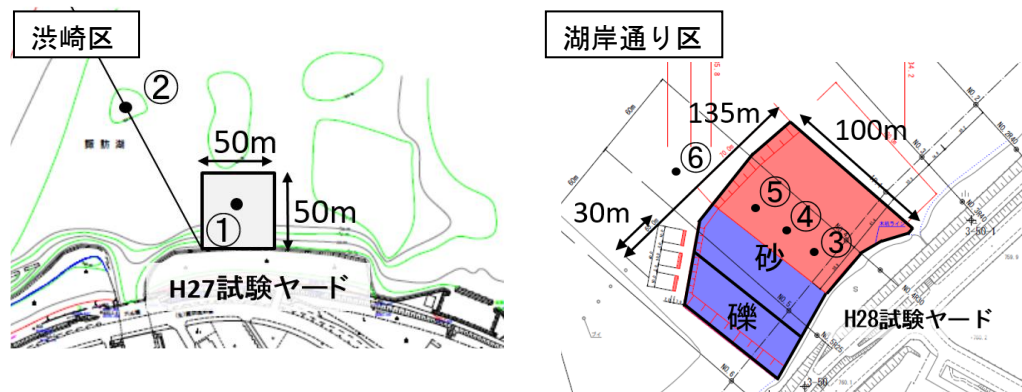


図1 調査地点図

#### 4.2.2.2. 調査時期

春期及び秋期(5月、11月)、酸素消費速度試験のみ夏期及び秋期(7~8月、10~11月)

#### 4.2.2.3. 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。

全硫化物及び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、試料とした。

酸素消費速度試験用試料は、底泥表面を乱さずに採泥可能な不攪乱柱状採泥器(HR型)を用いて、採泥用パイプ(アクリル円筒形：内径11cm、長さ50cm)に採泥厚15cm程度になるよう底泥を採取し、直上水をカラム上部まで満たし上下をゴム栓で密閉した。各地点において6本程度の未攪乱底泥コアを採取し、氷冷して当所へ搬入した。

#### 4.2.2.4. 測定項目及び分析方法

測定項目及び分析方法を表2に示す。

表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、425 $\mu$ m、75 $\mu$ mの試験ふるいによる分別
酸素消費速度	底質調査方法 I 9

#### 4.2.3. 調査結果

##### 4.2.3.1. 洪崎区(地点①、②)

平成27年度に覆砂した試験区について4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に、経年変化(年度別の平均値の推移)を図3に示す。

令和元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1.7~1.8%であり、対照区の地点②の値(9.5~11.5%)と比べて8~10ポイント程度低かった。また、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11月に比べて5月に値が高くなっていた(+2ポイント)。

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、R1年度の値も2%程度を維持していた。

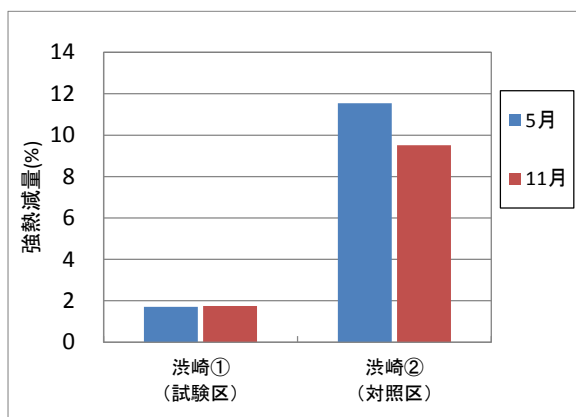


図2 強熱減量の R1 年度測定結果【渋崎区】

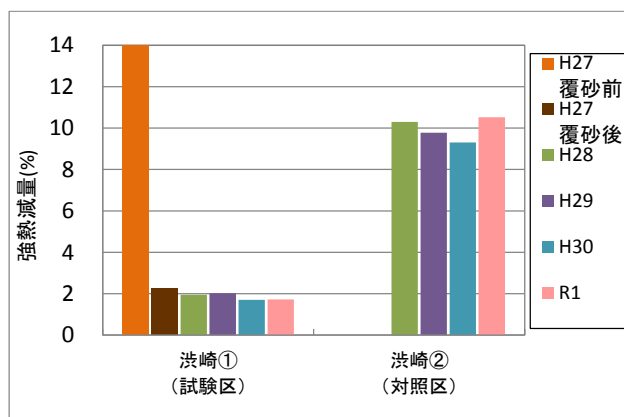


図3 強熱減量の経年変化【渋崎区】

### <全窒素>

測定結果を図4に、経年変化を図5に示す。

令和元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0.20~0.22 mg/gであり、対照区②の濃度(2.50~3.13 mg/g)と比べて2.3~2.9 mg/g程度低かった。また、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、11月に比べて5月に濃度が高くなっていた(+0.6 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、H28、H29年度はそれぞれ0.15~0.17 mg/g、0.12~0.23 mg/gと低い値を維持していた。H30年度はこれまでよりやや高目の値(0.25~0.27 mg/g)であったが、R1年度はこれまでと同程度の低い値(0.21 mg/g程度)であった。

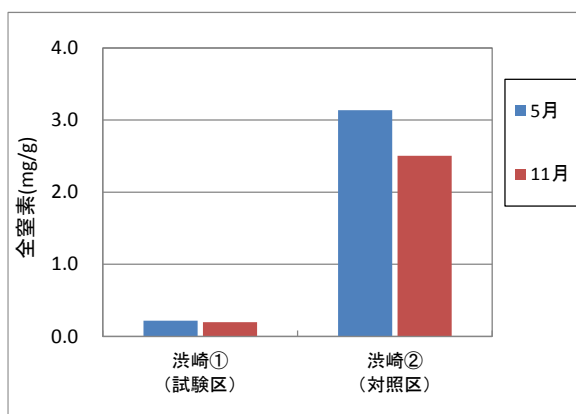


図4 全窒素の R1 年度測定結果【渋崎区】

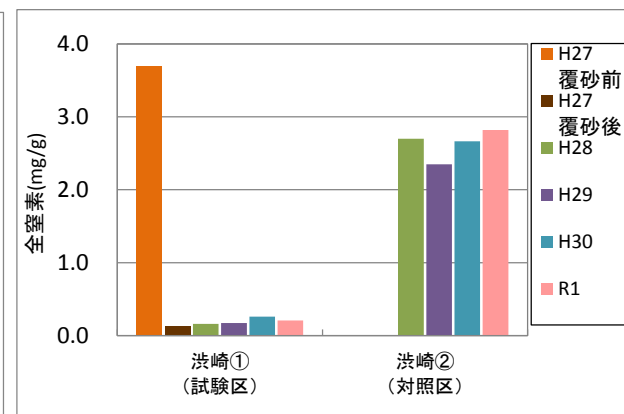


図5 全窒素の経年変化【渋崎区】

### <全りん>

測定結果を図6に、経年変化を図7に示す。

令和元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0.53~0.56 mg/gであり、対照区②の濃度(1.46~1.75 mg/g)と比べて0.9~1.2 mg/g程度低かった。また、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11月に比べて5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、H28、H29、H30 年度はそれぞれ 0.56~0.58 mg/g、0.55~0.62 mg/g、0.55~0.65 mg/g と低い値を維持していた。R1 年度も 0.55 mg/g 程度と低い値を維持していた。

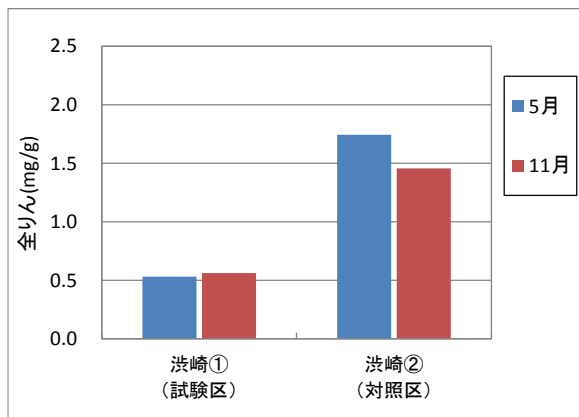


図 6 全りんの R1 年度測定結果【渋崎区】

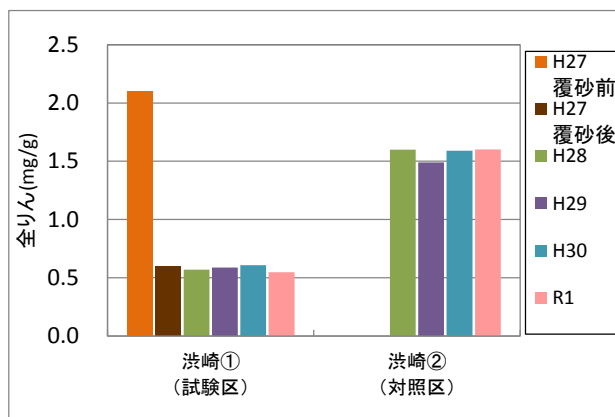


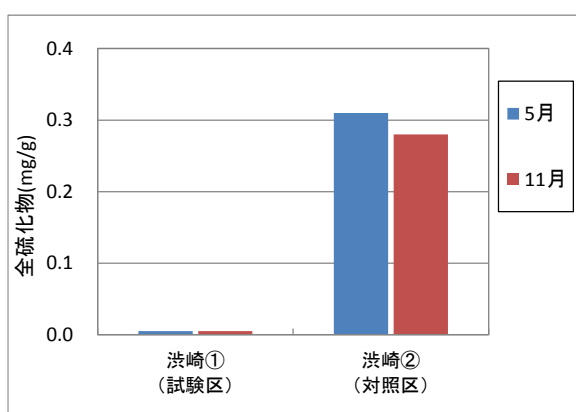
図 7 全りんの経年変化【渋崎区】

### <全硫化物>

測定結果を図 8 に、経年変化を図 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。

令和元年度の測定結果について、覆砂した試験区①の濃度は 0.01 mg/g 未満であり、対照区②の濃度は 0.28~0.31 mg/g で顕著な差が見られた。また、季節変動について、過去の調査では対照区②で春期より秋期の方が濃度が高くなる傾向が見られていたが、R1 年度は 5 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 0.01 mg/g 未満であり、R1 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 8 全硫化物の R1 年度測定結果【渋崎区】

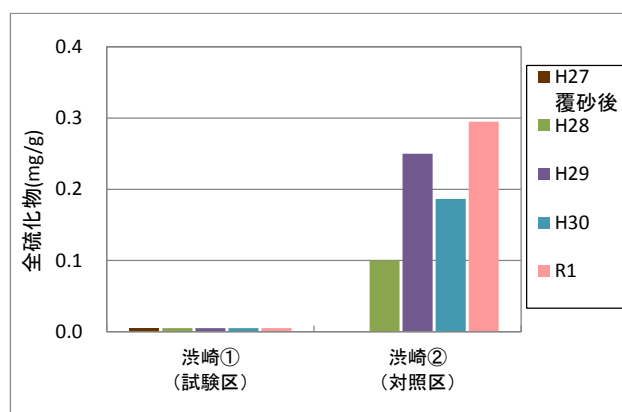


図 9 全硫化物の経年変化【渋崎区】

### <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(概ね1%未満)については、同一地点の試料間でのバラつきがみられる。ここでは2 mm未満の底質について図10に示す。過去の調査では、覆砂施工前(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5%未満になり、H28~H30年度は3%未満、R1年度は1%程度と低い値を維持していた。一方、対照区②の泥分率は40~50%程度であった。

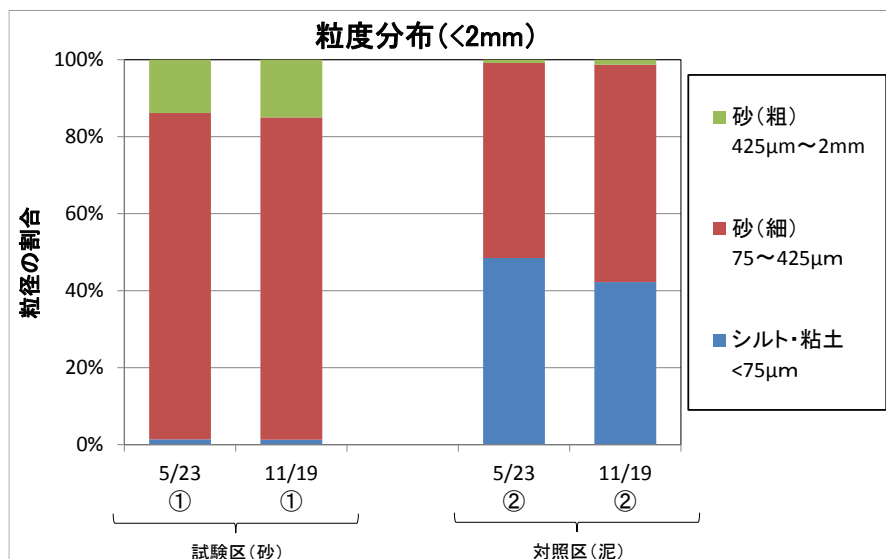


図10 底質の粒度分布組成【浜崎区】

#### 4.2.3.2. 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(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、地点⑥は泥状であった。

#### <強熱減量>

測定結果を図11に、経年変化を図12に示す。

令和元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1.6~2.4%であり、対照区の地点⑥の値(11.5~12.4%)と比べて9~10ポイント程度低かった。また、試験区、対照区とも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)は12%であったが覆砂後は2%程度に改善し、R1年度の値も2%程度を維持していた。

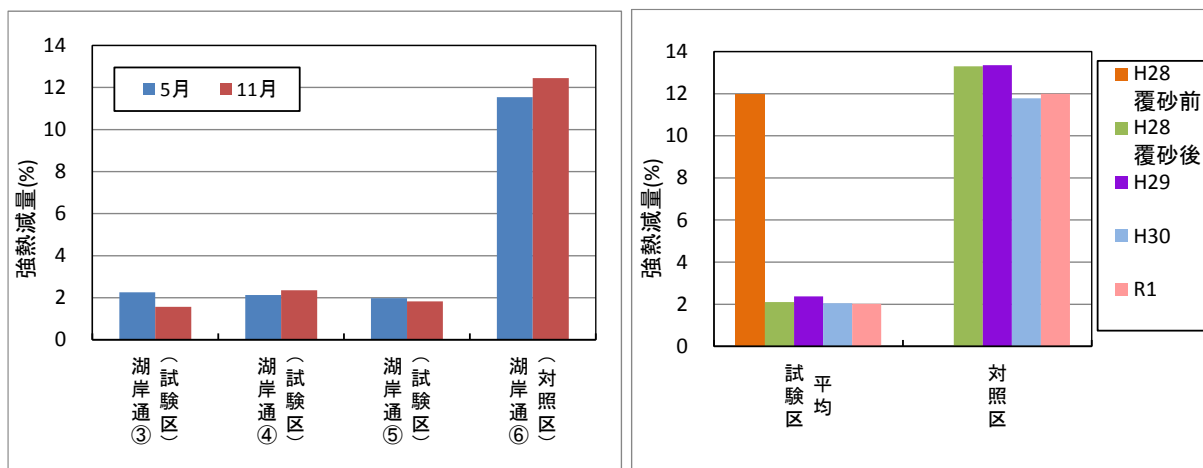


図 11 強熱減量の R1 年度測定結果【湖岸通り区】 図 12 強熱減量の経年変化※【湖岸通り区】

※経年変化について、「試験区平均」は試験区内の複数の調査地点の平均値を示し、H28 年度の数値は H28 年度調査地点番号で試験区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 13 に、経年変化を図 14 に示す。

令和元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 0.15～0.24 mg/g であり、対照区⑥の濃度(2.76～2.99 mg/g)と比べて 2.6～2.8 mg/g 程度低かった。また、試験区、対照区とも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、H29、H30 年度はそれぞれ 0.13～0.29 mg/g、0.22～0.34 mg/g、R1 年度は 0.20 mg/g 程度と低い値を維持していた。

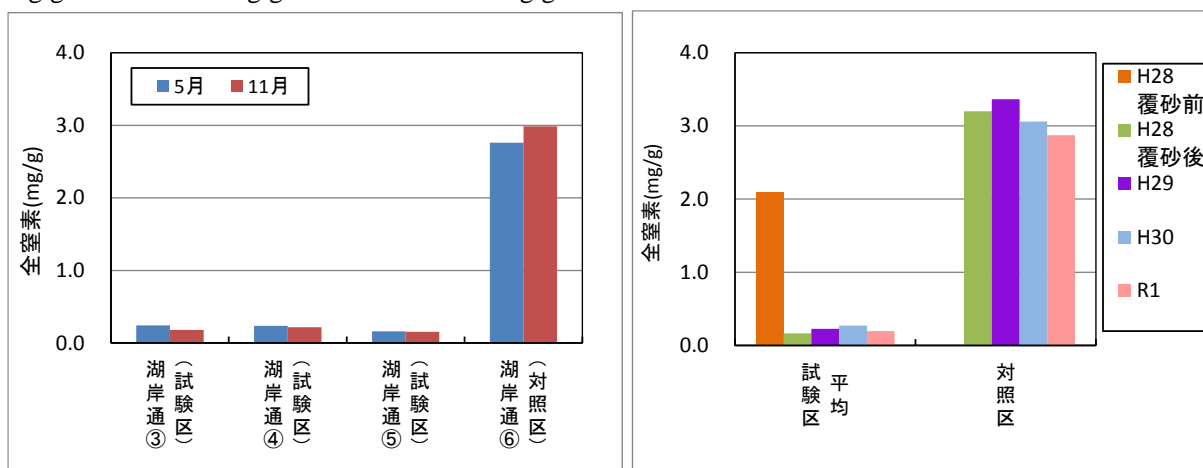


図 13 全窒素の R1 年度測定結果【湖岸通り区】

図 14 全窒素の経年変化【湖岸通り区】

### <全りん>

測定結果を図 15 に、経年変化を図 16 に示す。

令和元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 0.49～0.60 mg/g

であり、対照区⑥の濃度(1.35~1.43 mg/g)と比べて0.8~0.9 mg/g程度低かった。また、試験区、対照区とも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、H29、H30年度はそれぞれ0.53~0.63 mg/g、0.58~0.63 mg/g、R1年度は0.56 mg/g程度と低い値を維持していた。

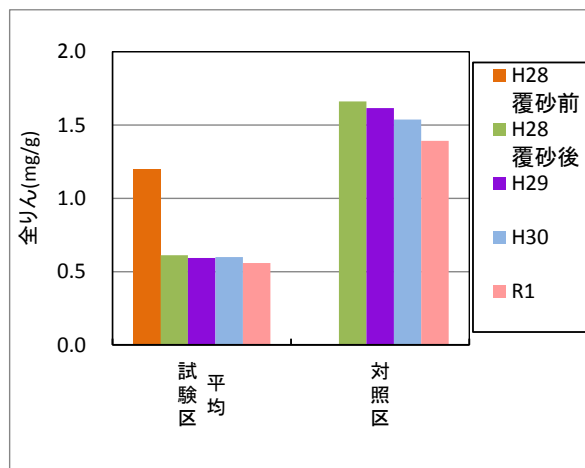
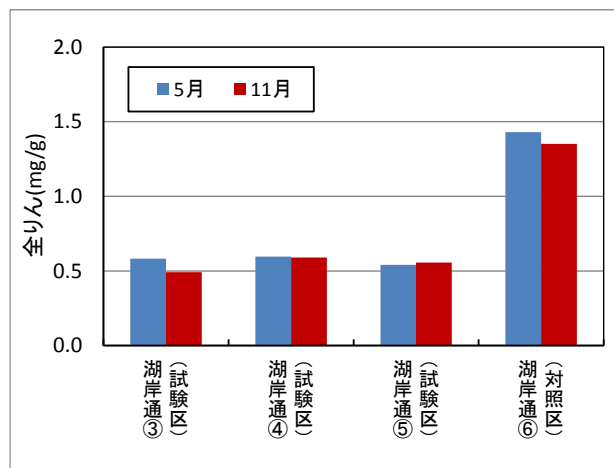


図15 全りんのR1年度測定結果【湖岸通り区】

図16 全りんの経年変化【湖岸通り区】

### <全硫化物>

測定結果を図17に、経年変化を図18に示す。

令和元年度の測定結果について、覆砂した試験区の濃度は、試験区③・11月を除き0.01mg/g未満であり、対照区の濃度は0.23~0.28 mg/gと顕著な差が見られた。また、試験区では調査時期による差は見られなかったが、対照区では5月に比べて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、R1年度も0.01mg/g未満を維持していた。

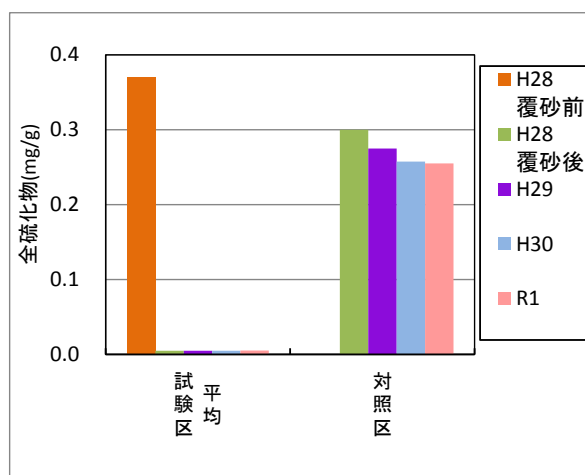
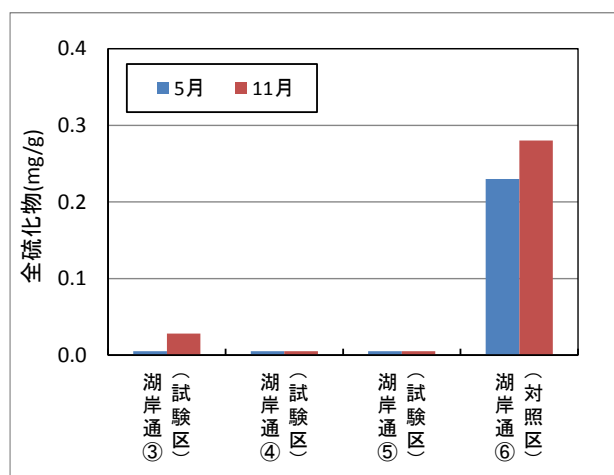


図17 全硫化物のR1年度測定結果【湖岸通り区】

図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(1～4%程度)については、同一地点の試料間でのバラつきがみられる。ここでは2 mm未満の底質について測定結果を図19に示す。覆砂施工前(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、H29、H30年度はそれぞれ8%未満、5%未満、R1年度は3%未満と低い値を維持していた。一方、対照区の泥分率は65%程度であった。

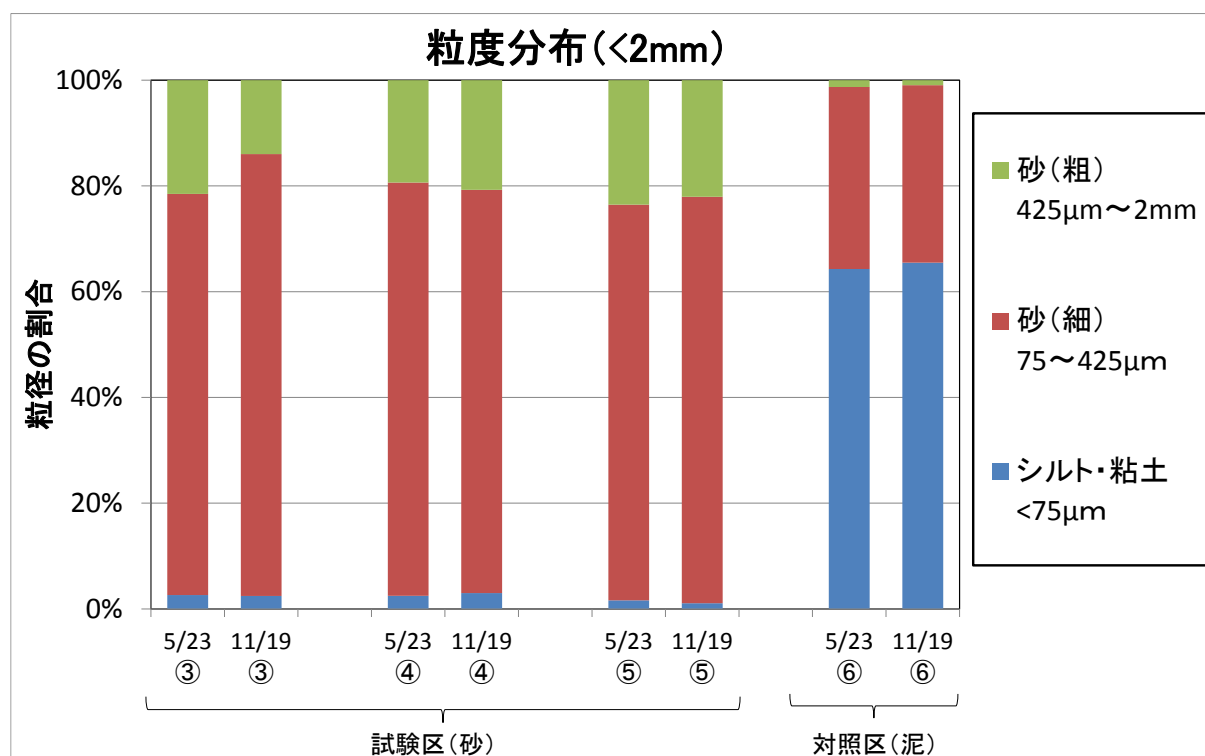


図19 底質の粒度分布組成【湖岸通り区】

### 4.2.3.3. 酸素消費速度

酸素消費速度試験は、浜崎区の地点①及び②で実施した。

#### <試験方法>

底泥コアを試験条件に応じた準備を行った後、恒温槽内に設置し、光学式 DO メーターを用いて直上水の DO 経時変化を10分間隔で計測し、酸素消費速度を算出した。

試験条件：底泥コアの直上水を試験水(採泥地点の底層水をガラス繊維濾紙 Whatman GF/B でろ過し、ばっ気により DO を概ね飽和状態にさせたもの)に入れ替え、直上水表面を流動パラフィンで封じ、暗条件下、温度 20℃とした。試験中は直上水の DO 濃度が均一になるよう攪拌器でゆっくり攪拌した。

#### <測定結果>

測定結果を表3、図20に示す。DO 経時変化は近似曲線の傾きが段階的に変化していたため、酸素消費速度は、試験開始から直線的に DO が減少する期間を対象に、DO 減少量を底泥の表面積

と時間で除して算出した。また、直上水に用いた試験水についても同条件で DO 経時変化を計測して酸素消費速度を算出し、この値を差し引くことで底泥による酸素消費速度とした。

夏期(7~8月)の調査では、覆砂した試験区①の酸素消費速度は平均で 1.68 g/m<sup>2</sup>/d であり、対照区②では平均 1.10 g/m<sup>2</sup>/d であった。試験区①は砂質で有機物量(強熱減量 2.7%)が少ないが対照区②より酸素消費速度が大きく、これは試験区①の底泥表面が付着藻類に覆われており、付着藻類による酸素消費の影響が大きかったためと考えられる。なお、本試験は暗条件下で行っているが、現場環境においては付着藻類の日中の光合成による酸素供給の側面も考慮する必要があるため、夏期の試験方法等については今後検討する必要がある。

秋期(10~11月)の調査では、覆砂した試験区①の酸素消費速度は平均で 0.59 g/m<sup>2</sup>/d であり、対照区②では平均 0.78 g/m<sup>2</sup>/d であった。対照区①の方が酸素消費速度が小さかったが、これは試験区①の底泥表面の成分が砂分及びれき分であり、有機物量(強熱減量 2.0%)が少なかったためと考えられる。2期の調査から季節変動は、両地点において現地水温が低い秋期の方が酸素消費速度が小さい傾向であった。

また、底泥の不均一性を考慮し、サンプル数 4 本以上で測定値のバラつきを確認した。測定結果から、試験区①・夏期を除き変動係数は 1.4~16% であり、基準はないが変動係数 20% 程度を目安とすれば妥当な範囲であった。なお、変動係数が 20% 以上であった渋崎区①・夏期については、底泥コア表面を覆う付着藻類の影響でバラつきが大きくなったと考えられる。

表 3 酸素消費速度測定結果 (g/m<sup>2</sup>/day) 【渋崎区】

試料名	サンプル数	最小値	最大値	平均値	CV %	採泥日	水温 (°C)	強熱減量 (%)
試験区①・夏期	4	1.25	2.46	1.67	32	8/19	26.3	2.7
対照区②・夏期	4	0.89	1.31	1.10	16	7/24	23.6	10.8
試験区①・秋期	4	0.57	0.59	0.58	1.4	11/27	10.7	2.0
対照区②・秋期	6	0.72	1.01	0.82	13	10/24	14.5	10.6

※水温：現地の底層水水温

強熱減量：底泥コアの表層 0-1 cm の測定値

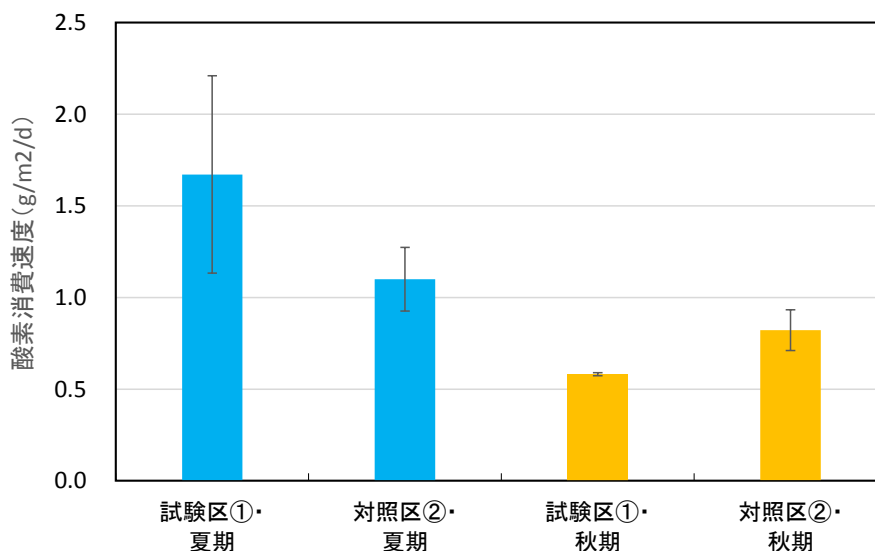


図 20 酸素消費速度測定結果【渋崎区】

※エラーバーは標準偏差を示す

#### 4.2.4 考察・まとめ

渋崎区では、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、覆砂施工直後から概ね同程度で推移しており、覆砂施工から 4 年程度経過してもその明瞭な底質改善効果が維持されていることが確認された。

湖岸通り区では、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、覆砂施工直後から概ね同程度で推移しており、覆砂施工から 3 年程度経過してもその明瞭な底質改善効果が維持されていることが確認された。

酸素消費速度試験について、今年度初めて調査を実施した結果、夏期は覆砂した試験区①の方が酸素消費速度が大きく、一方秋期は小さい値となり、調査地点間に一定の傾向は見られなかった。季節変動は、水温が低い秋期の方が酸素消費速度が小さい傾向が見られた。今後、付着藻類による影響が大きい夏期の調査方法を検討する必要がある。

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。

### 4.3 シジミ調査

水産試験場諏訪支場

#### 4.3.1 調査目的

諏訪湖の湖底覆砂処理によって、淡水性のシジミ（以下、淡水シジミ）およびヤマトシジミの生残、成長および生息状況に与える効果について調査する。

#### 4.3.2 調査方法

##### 4.3.2.1 シジミ放流調査

###### 調査年月日

令和元年6月6日、7月29日、9月27日、11月26日

###### 調査地点

調査地点を図1に、その概況を表1に示す。



図1 渋崎地区（左図）および湖岸通り地区（右図）の調査地点

表1 シジミ放流調査地点の概況

地区	NO.	区分	底質	水深	位置	備考
渋崎地区	①	覆砂区	砂	1.1m	岸から 25m	H27 年度覆砂造成
	②	対照区	泥	2.4m	岸から 100m	
湖岸通り地区	③	覆砂区	砂	0.7m	岸から 25m	
	④	覆砂区	砂	1.0m	岸から 50m	H28 年度覆砂造成
	⑤	覆砂区	砂	0.9m	岸から 75m	
	⑥	対照区	泥	1.7m	岸から 130m	

###### 調査方法

1 地点につき供試員として諏訪湖流入河川で採取した淡水シジミ 10 個体（殻長 10～32mm）および淡水馴致した宍道湖産ヤマトシジミ 30 個体（殻長約 18.8mm）を用意し、殻長を測定した。縦 55cm×横 37cm×高さ 20m のプラスチック製コンテナに園芸用苗ポッド

を 40 個設置し、放流地点の試験区の砂または対照区の泥を厚さ約 5cm になるように入れ、供試貝を 1 個体ずつ収容し、鉄製アングルの枠に固定した後、コンテナ上部に網目 1cm の金網で覆った。これらコンテナを 6 月 6 日に渋崎地区の 2 地点（覆砂区の渋崎①およびその対照区の渋崎②）および湖岸通り地区の 4 地点（覆砂区の湖岸③、④、⑤およびその対照区の湖岸⑥）に設置した。7 月 29 日、9 月 27 日および 11 月 26 日にコンテナごと回収し、淡水シジミおよびヤマトシジミの生残率、殻長を測定した。計測後は同じ地点に再設置した。

#### 4.3.2.2 淡水シジミ生息調査

##### 調査年月日

令和元年 5 月 13 日、8 月 27 日、11 月 21 日

##### 調査地点

渋崎地区および湖岸通り地区の覆砂場所内で無作為に選んだ 3 カ所

##### 調査方法

縦 1m×横 1m×高さ 0.2m のコドラートを湖底に設置し、コドラート内の底層 10cm までの砂を目合い 1mm のタモ網で採取し、再度、目開き 1mm の円形金属ふるいでふるって淡水シジミを抽出した。3 カ所で採取した個体数の平均を取り生息密度とした。採取した淡水シジミは殻長を測定した。

#### 4.3.3 調査結果

##### 4.3.3.1 シジミ放流調査

##### 淡水シジミ

生残率については、渋崎地区の覆砂区の渋崎①および対照区の渋崎②の生残率がそれぞれ 80、60%、湖岸通り地区の覆砂区の湖岸③、④、⑤および対照区の湖岸⑥の生残率がそれぞれ 90、80、80 および 70%で統計的に差はなかったが ( $\chi^2$  独立性の検定、有意水準 5%)、渋崎地区および湖岸通り地区ともに、覆砂区が対照区と比較して生残が良い傾向にあった (表 2)。

殻長の成長については、渋崎地区の覆砂区の渋崎①および対照区の渋崎②の成長倍率はそれぞれ 1.06 および 1.04、湖岸通り地区の覆砂区の湖岸③、④、⑤および対照区の湖岸⑥の成長倍率はそれぞれ 1.04、1.04、1.03 および 1.05 で有意差はなかった (Steel-Dwass 法、有意水準 5%、図 2)。

対照区では確認されなかったが、11 月 26 日に覆砂区である渋崎①、湖岸③および④のコンテナ内に淡水シジミ稚貝を確認し、後日にその個体数を計測したところがそれぞれ 87、448 および 60 個体であった。覆砂場所では淡水シジミが再生産できることが明らかになった。

## ヤマトシジミ

生残率については、渋崎地区の覆砂区の渋崎①および対照区の渋崎②の生残率がそれぞれ 97、93%、湖岸通り地区の覆砂区の湖岸③、④、⑤および対照区の湖岸⑥の生残率がそれぞれ 97、100、93 および 97% で有意差はなかった ( $\chi^2$  独立性の検定、有意水準 5%、表 2)。

殻長の成長については、渋崎地区の覆砂区の渋崎①および対照区の渋崎②の成長倍率はそれぞれ 1.20 および 1.17 で有意差はなかったが、湖岸通り地区では覆砂区の湖岸③、④、⑤および対照区の湖岸⑥の成長倍率はそれぞれ 1.22、1.22、1.20 および 1.17 で、前年に引き続き覆砂区の湖岸③および④が対照区より有意に高かった (Steel-Dwass 法、有意水準 5%、図 3)。

表 2 シジミ放流試験の淡水シジミおよびヤマトシジミの生残率と稚貝確認数

種類	項目	渋崎地区		湖岸通り地区			
		覆砂区	対照区	覆砂区			対照区
		渋崎①	渋崎②	湖岸③	湖岸④	湖岸⑤	湖岸⑥
淡水シジミ	生残数/供試数	8/10	6/10	9/10	8/10	8/10	7/10
	生残率 (%)	80	60	90	80	80	70
	稚貝確認数	87	0	448	60	0	0
ヤマトシジミ	生残数/供試数	29/30	28/30	29/30	30/30	28/30	29/30
	生残率 (%)	97	93	97	100	93	97

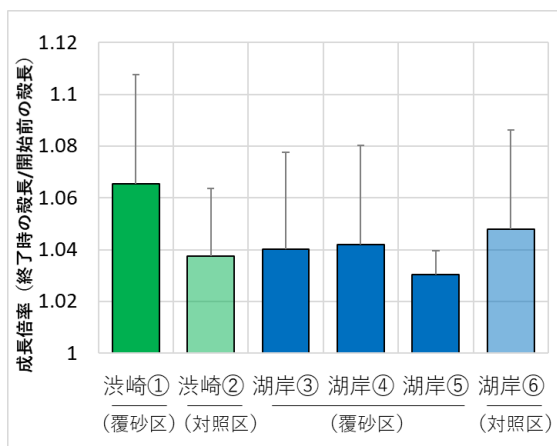


図 2 放流した淡水シジミの殻長の成長倍率

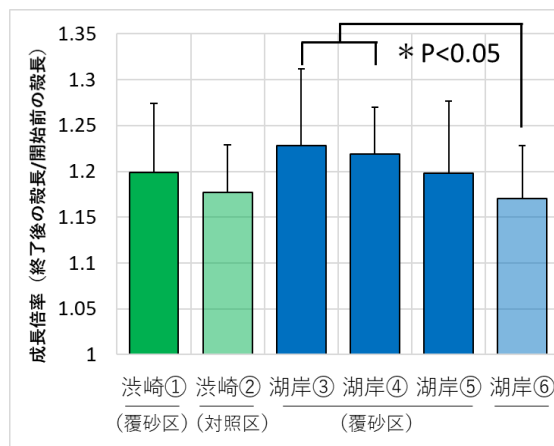


図 3 放流したヤマトシジミの殻長の成長倍率

### 4.3.3.2 淡水シジミ生息調査

#### 生息密度

浜崎地区では、5月、11月に淡水シジミが採取され、生息密度はそれぞれ2.7、7.0個体/m<sup>2</sup>であった。平成30年8月、11月の生息密度13.3、18.3個体/m<sup>2</sup>と比較して生息密度が低下した。湖岸通り地区では、8月、11月に淡水シジミが採取され、生息密度はそれぞれ1.3、5.7個体/m<sup>2</sup>であった。平成30年11月の平均密度1.3個体/m<sup>2</sup>と比較して生息密度は上昇した。

#### 殻長頻度分布

浜崎地区では、5月の調査において殻長5.2～8.8mmの淡水シジミが8個体確認された(図4)。淡水シジミの産卵期は6月から9月下旬であることから、浜崎地区で5月に採取された個体は1～2歳貝であることが示唆された。また、11月の調査において殻長4.8～9.3mmの淡水シジミが21個体確認された。藤原1977<sup>[1]</sup>を参考に、11月時点で殻長が16mm以下の淡水シジミは1歳貝とすると、浜崎地区で11月に採取された個体は1歳貝と考えられた。平成30年度は1～3歳貝が確認されたが、本年度は1歳貝のみが確認され、年級群数が低下した。

湖岸通り地区では、8月の調査において15.1～20.3mmの淡水シジミが4個体確認された(図5)。藤原1977<sup>[1]</sup>を参考に、8月時点で殻長が10mm以上の淡水シジミは2歳貝とすると、8月に採取された個体は2歳貝と考えられた。11月の調査において4.9～11.6mmの淡水シジミが17個体確認された。藤原1977<sup>[1]</sup>を参考に、11月時点で殻長が16mm以下の淡水シジミは1歳貝とすると、11月に採取された個体は1歳貝と考えられた。平成30年度は1歳貝のみが確認されたが、本年度は1～2歳貝が確認され、年級群数が上昇した。

さらに、この殻長20～22mmの2個体を場内で飼育したところ、産卵を確認することができ、覆砂場所に生息する淡水シジミ2歳貝は産卵能力があることが示唆された。

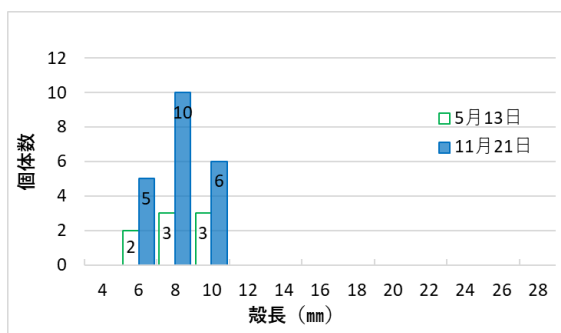


図4 浜崎地区覆砂試験区で採取された淡水シジミの殻長頻度分布

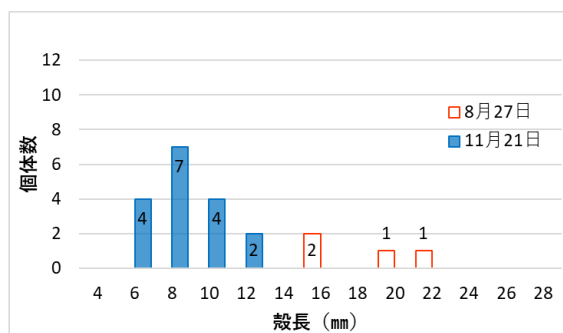


図5 湖岸通り地区覆砂試験区で採取された淡水シジミの殻長頻度分布

#### 4.3.4 まとめ

##### 4.3.4.1 シジミ放流試験

- 淡水シジミの生残率については、覆砂区と対照区に有意差はなかったものの渋崎地区および湖岸通り地区ともに覆砂区が対照区より高い傾向となった。
- 淡水シジミの殻長の成長については、覆砂区と対照区に有意差はなかった。
- 淡水シジミの産卵については、対照区では確認されなかったが覆砂区である渋崎①、湖岸③および④の淡水シジミの苗ポッド内に多数の稚貝が確認され、覆砂場所では淡水シジミが再生産できることが明らかになった。
- ヤマトシジミの生残率については、渋崎地区および湖岸通り地区ともに覆砂区と対照区に有意差はなかった。
- ヤマトシジミの殻長の成長については、湖岸通り地区では覆砂区の湖岸③および④が対照区よりも有意に高く、前年に引き続き、覆砂によるシジミ類の成長改善効果が示された。

##### 4.3.4.2 淡水シジミ生息調査

- 淡水シジミの生息密度については、渋崎地区では前年と比較して低下したが、湖岸通り地区では上昇した。
- 殻長から推定される年級群数については、前年と比較して、渋崎地区では1～2歳貝に低下したが、湖岸通り地区では1～2歳貝に上昇した。
- 8月に湖岸通り地区の覆砂区で採取された殻長20～22mmの推定2歳貝の淡水シジミを水産試験場諏訪支場内で飼育していたところ、産卵を確認することができたことから、覆砂場所に生息する2歳貝は産卵能力があることが示唆された。

#### 4.3.5 参考文献

- [1] 藤原次男 (1977) : マシジミの稚貝の成長について、貝雑 Vol. 36, No. 1 p. 19-24



## 4.4 底生生物調査

水産試験場諏訪支場

### 4.4.1 調査目的

覆砂区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、継続的なモニタリング調査により、底生生物の生息状況から覆砂による底質改善の効果を評価した。本年度は平成 27 年度に造成した渋崎地区の覆砂区の 4 年後および平成 28 年度に造成した湖岸通り地区の覆砂区の 3 年後の底生生物の生息状況を把握した。

### 4.4.2 調査方法

調査は 3 回行い、令和元年 6 月 3 日、8 月 27 日、10 月 28 日に筌網を調査地点に設置し、それぞれ 2 日後の 6 月 5 日、8 月 29 日、10 月 30 日に回収した。調査地点は渋崎地区の覆砂区の渋崎①およびその対照区の渋崎②、湖岸通り地区の覆砂区の湖岸③、④、⑤およびその対照区の湖岸⑥の地点とした。使用漁具は目合い 3 mm、5 mm および 12 mm の筌網（表 1）を調査地点に各 1 個設置し、捕獲した生物は、実験室に持ち帰り、冷蔵庫で凍結保存したのち、種類、個体数を確認し、3 回分の合計個体数を求めた。

表 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

### 4.4.3 調査結果

本年度の底生生物調査では魚類、甲殻類および貝類の種類数はそれぞれ 4、2 および 1 種類捕獲され、その合計は 170 個体だった（表 2）。

捕獲された魚類はモツゴ、ヌマチチブ、ブルーギルおよびカラドジョウだった。渋崎地区および湖岸通り地区ともにモツゴは底質が泥地の対照区の方が砂地の覆砂区よりも多く採捕され、ヌマチチブは覆砂区および対照区で捕獲数に大きな差はなかった。特定外来生物のブルーギルは湖岸通り地区の覆砂区および対照区でそれぞれ 1 尾ずつ捕獲された。要注意外来生物のカラドジョウは湖岸通り地区の対照区で 1 個体が捕獲された。

捕獲された甲殻類はテナガエビおよびスジエビだった。テナガエビは湖岸通り地区の覆砂区で平均 5 尾と対照区の 1 尾に比べ多く捕獲された。一方で、スジエビは湖岸通り地区の対照区で 25 尾と覆砂区の平均 6 尾に比べ多く捕獲された。

捕獲された貝類はタニシで、6 個体ともに覆砂区であった。

表 2 調査地点における網罟で捕獲された種類と個体数

調査地点		魚類				甲殻類		貝類	合計
		モツゴ	ヌマチチブ	ブルーギル	カラドジョウ	テナガエビ	スジエビ	タニシ科	
渋崎 地区	覆砂区 ①	5	7	0	0	0	2	1	15
	対照区 ②	13	7	0	0	1	1	0	22
	③	24	0	0	0	7	9	5	45
湖岸通り 地区	覆砂区 ④	15	3	1	0	3	5	0	27
	⑤	1	1	0	0	4	5	0	11
	対照区 ⑥	17	5	1	1	1	25	0	50
合計		75	23	2	1	16	47	6	170