

第3章 覆砂場所のモニタリング調査

3.1. 水質調査

諏訪湖環境研究センター

3.1.1. 調査目的

沿岸に造成した覆砂試験ヤードを活用した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。

3.1.2. 調査内容

3.1.2.1. 調査地点

調査地点を表1、図1に示す。湖岸通り区（諏訪日赤前）は、平成28年度（2016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。高木沖（高木運動公園前）は、令和元年度から令和2年度（2019-2020年度）に覆砂した試験区内の地点⑦及び比較対照として試験区外側の地点⑧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
湖岸通り区	③	試験区	試験区内・岸から25m	0.8	砂	H28覆砂実施
	⑥	対照区	岸から130m	1.6	泥	
高木沖	⑦	試験区	試験区内・岸から28m	1.8	砂泥	R1-R2覆砂実施
	⑧	対照区	岸から28m、⑦から75m	1.8	泥	

※水深は水質調査日に測定した平均値

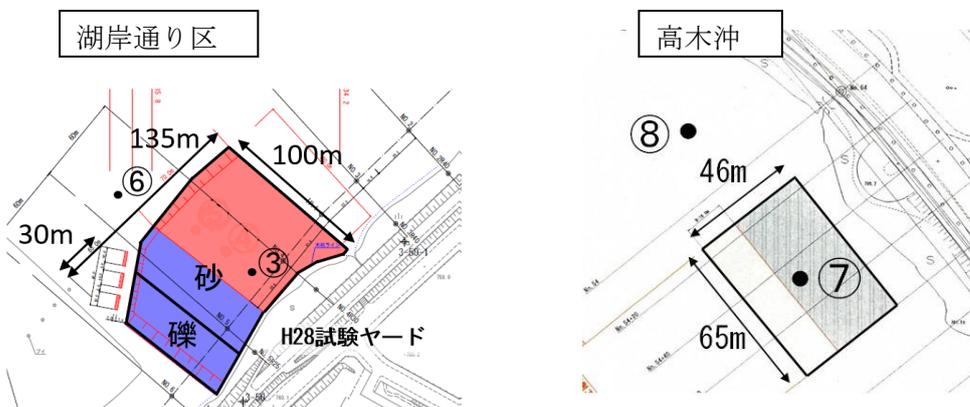


図1 調査地点図

3.1.2.2. 調査日

2024年7月22日、8月5日、12月9日

3.1.2.3. 調査方法

試料は、湖底から20cm上の底層水を水中ポンプ（RYOBI製RMG-3000）により底泥を巻き上げないように静かに（20 mL/s程度に流量を調節）ポリバケツに採取し、攪拌混合した後、2Lポリ瓶に移した。また、表層水を船上から採取した。

3.1.2.4. 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 K0102-16.3)
水素イオン濃度 (pH)	ガラス電極法 (JIS K0102-1 12)
電気伝導率 (EC)	電気伝導率計 (JIS K0102-1 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 K0102-1 8)
溶存酸素 (DO)	光学式センサ法 (JIS K0102-1 21.5)
浮遊物質 (SS)	環境庁告示第59号付表8
化学的酸素要求量(COD)	過マンガン酸カリウム法 (JIS K0102-1 17.2)
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 K0102-1 17.2)
全窒素 (T-N)	酸化分解-紫外線吸光光度法 (JIS K0102-2 17.3)
溶解性窒素 (D-T-N)	酸化分解-紫外線吸光光度法 (JIS K0102-2 17.3)
アンモニア性窒素 (NH ₄ -N)	イオンクロマトグラフィー (JIS K0102-2 13.7)
亜硝酸性窒素 (NO ₂ -N)	イオンクロマトグラフィー (JIS K0102-2 14.4)
硝酸性窒素 (NO ₃ -N)	イオンクロマトグラフィー (JIS K0102-2 15.8)
全りん (T-P)	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法、モリブデン青吸光光度分析法 (JIS K0102-2 18.4.1,18.4.4)
溶解性りん (D-T-P)	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法、モリブデン青吸光光度分析法 (JIS K0102-218.4.1,18.4.4)
りん酸態りん (PO ₄ -P)	モリブデン青吸光光度法 (JIS K0102-2 18.2.1)
有機体炭素(TOC)	紫外線酸化-ガス透過膜式電気伝導率測定法(JIS K0102-1 19.2.1注記)
溶存有機体炭素(DOC)	紫外線酸化-ガス透過膜式電気伝導率測定法(JIS K0102-1 19.2.1注記)

3.1.3. 調査結果及び考察

3.1.3.1. 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2に、地点毎の底層水と表層水の濃度差を図4に示す。

<調査地点の状況 (水生植物) >

7月の調査では、試験区で沈水植物クロモが数株確認され、対照区ではクロモが繁茂し、マツモも観察された。8月の調査でも同様に、試験区でクロモが数株、対照区でクロモの繁茂が確認された。12月の調査では、両区とも水生植物は確認されなかった。試験区周辺はヒシが繁茂する一帯

であるものの、試験区内ではヒシの繁茂が見られず、沈水植物の群落が見られており、覆砂によるヒシの繁茂抑制効果が継続していることが確認された。

<窒素>

覆砂試験区③と対照区⑥の底層水の窒素濃度を比較すると、アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) は、12月に対照区でそれぞれ 0.04、0.08 mg/L であったのに対し、試験区ではいずれも検出されなかった。硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) は、対照区で7月に 0.35 mg/L、8月に 0.27 mg/L であり、試験区ではこれらより 0.26、0.15 mg/L 低い値を示した。亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) は、調査期間を通じて両区とも定量下限値未満であった。無機態窒素 (DIN) の主要な形態は、硝酸性窒素であった。溶存態窒素 (DTN) は試験区で 0.24–0.57 mg/L、対照区で 0.42–0.69 mg/L と、試験区の方が 0.12–0.25 mg/L 低かった。また全窒素 (TN) は、試験区で 0.47–0.60 mg/L、対照区で 0.68–0.81 mg/L であり (参考：環境基準 0.6 mg/L)、試験区の方が 0.20–0.24 mg/L 低い値であった。この全窒素の差は主に溶存態窒素の差によるものであった。これらの結果から、試験区ではアンモニア性窒素、硝酸性窒素、溶存態窒素、全窒素などの濃度低下が認められ、覆砂により底泥からの窒素溶出が抑制された可能性が考えられる。

調査地点ごとに、底層水と表層水の濃度差 (底層水–表層水) を比較すると (図4)、試験区では各成分の鉛直方向の濃度差は小さかった。一方、対照区では7、8月に全窒素、溶存態窒素、無機態窒素、硝酸性窒素で濃度差が大きく底層水の方が濃度が高かった。その差は 0.2–0.3 mg/L 程度で、底層水における調査地点間 (水平方向) の濃度差と同程度であった。これらのことから、対照区では底泥から底層水への窒素成分の供給 (栄養塩の溶出) による影響が考えられる。

<りん>

底層水の全りん (TP) 濃度は、試験区で 0.024–0.044 mg/L、対照区で 0.038–0.052 mg/L であり (参考：環境基準 0.05 mg/L)、7、8、12月に試験区の方が 0.008–0.014 mg/L 低い値を示した。懸濁態りん濃度 (=全りんから溶存態りんを差し引いた値) は全りんの約 7 割を占め、全りんと同様の傾向を示した。りん酸態りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) 濃度は、対照区で 0.005 mg/L であったのに対し、試験区では12月のみに検出され 0.011 mg/L であった。SS 濃度は試験区の方が 2–3 mg/L 低く、懸濁態りん濃度と類似した傾向が見られた。

調査地点ごとに底層水と表層水の鉛直方向の濃度差を比較すると (図4)、試験区では各成分の鉛直方向の濃度差は小さかった。一方、対照区では8月に底層水の方が全りん、懸濁態りんで約 0.02 mg/L、SS で 2 mg/L 高かった。試験区では全りんや SS など懸濁物質に関連する項目の濃度が低く、覆砂による底泥の巻き上げ抑制や、植物プランクトン (デトリタス) 発生の抑制など、複数の要因が影響した可能性が考えられる。

<溶存酸素 (DO) >

底層水の溶存酸素 (DO) 濃度は、8月の調査 (9–12時) において対照区で 5.5 mg/L となり、試験区より低かったものの、貧酸素状態 ($\text{DO} < 4 \text{ mg/L}$) は確認されなかった。また、試験区では鉛直方向の濃度差は見られなかったのに対し、対照区では8月に底層水の方が表層水より約 5 mg/L 低く、底泥による酸素消費量の違いが影響している可能性が考えられる。ただし、調査エリア内で繁茂する沈水植物の影響や、沿岸域で水深が浅いことによる影響も併せて考慮する必要が考えられる。

3.1.3.2. 高木沖(地点⑦、⑧)

令和元年度から2年度に覆砂した試験区の地点⑦について、対照区の地点⑧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。

<調査地点の状況(水生植物)>

調査期間を通じて、試験区および対照区の周辺一帯ではヒシが繁茂していた。7月および8月の調査日においても、両区ともヒシの繁茂が確認された。12月の調査では、両区とも水生植物は確認されなかった。

<窒素>

覆砂試験区⑦と対照区⑧の底層水の窒素濃度について、アンモニア性窒素(NH₄-N)は両区とも定量下限値付近、亜硝酸性窒素(NO₂-N)は定量下限値未満であり、無機態窒素(DIN)は硝酸性窒素が主であった。全窒素濃度は、試験区で0.7-0.8 mg/L、対照区で0.7-0.9 mg/Lで推移した(参考:環境基準0.6 mg/L)。いずれの項目も両区の間で明確な濃度差は認められなかった。なお、溶存態窒素と懸濁態窒素を比較すると、ヒシが繁茂する7、8月は懸濁態窒素が高く、12月は溶存態窒素が高かった。

調査地点ごとに底層水と表層水の鉛直方向の濃度差(底層水-表層水)を比較すると(図5)、両区とも8月には溶存態窒素、無機態窒素が底層で高く、一方、全窒素は表層の方が高かった。特に対照区の8月の表層では、アオコの滞留が確認され、これに伴い全窒素の濃度が底層より高かった。

<りん>

底層水の全りん(TP)濃度は、試験区で0.041-0.14 mg/L、対照区で0.039-0.15 mg/Lであり、両区とも7月に高かった。懸濁態りん濃度は全りんの約7割を占め、全りんと同様の傾向を示した。りん酸態りん(PO₄-P)濃度は、7月に試験区0.021、対照区0.025 mg/L、8月は両区とも0.011 mg/Lであった。いずれの項目についても両区の間で明確な濃度差は認められなかったが、7月は対照区の方がやや高い傾向がみられた。

調査地点ごとに底層水と表層水の鉛直方向の濃度差を比較すると(図5)、両区とも7月は底層の方が各成分の濃度が高かった。一方、8月は対照区でアオコの滞留が見られ、全りん、懸濁態りん、SSが表層で高い値を示した。

<溶存酸素(DO)>

底層水の溶存酸素(DO)濃度は、7、8月の調査(9-12時)において、試験区で1 mg/L以下、対照区で2-3 mg/Lと、両区とも貧酸素状態(DO<4 mg/L)であった。底層水と表層水の鉛直方向の濃度差をみると、7、8月ともに両区で底層水の方が6-9 mg/L程度低かった。これらの結果から、両区ではヒシの繁茂域内に位置していることによる水流阻害などの影響により、7、8月の調査時に底層が貧酸素化していたと考えられる。

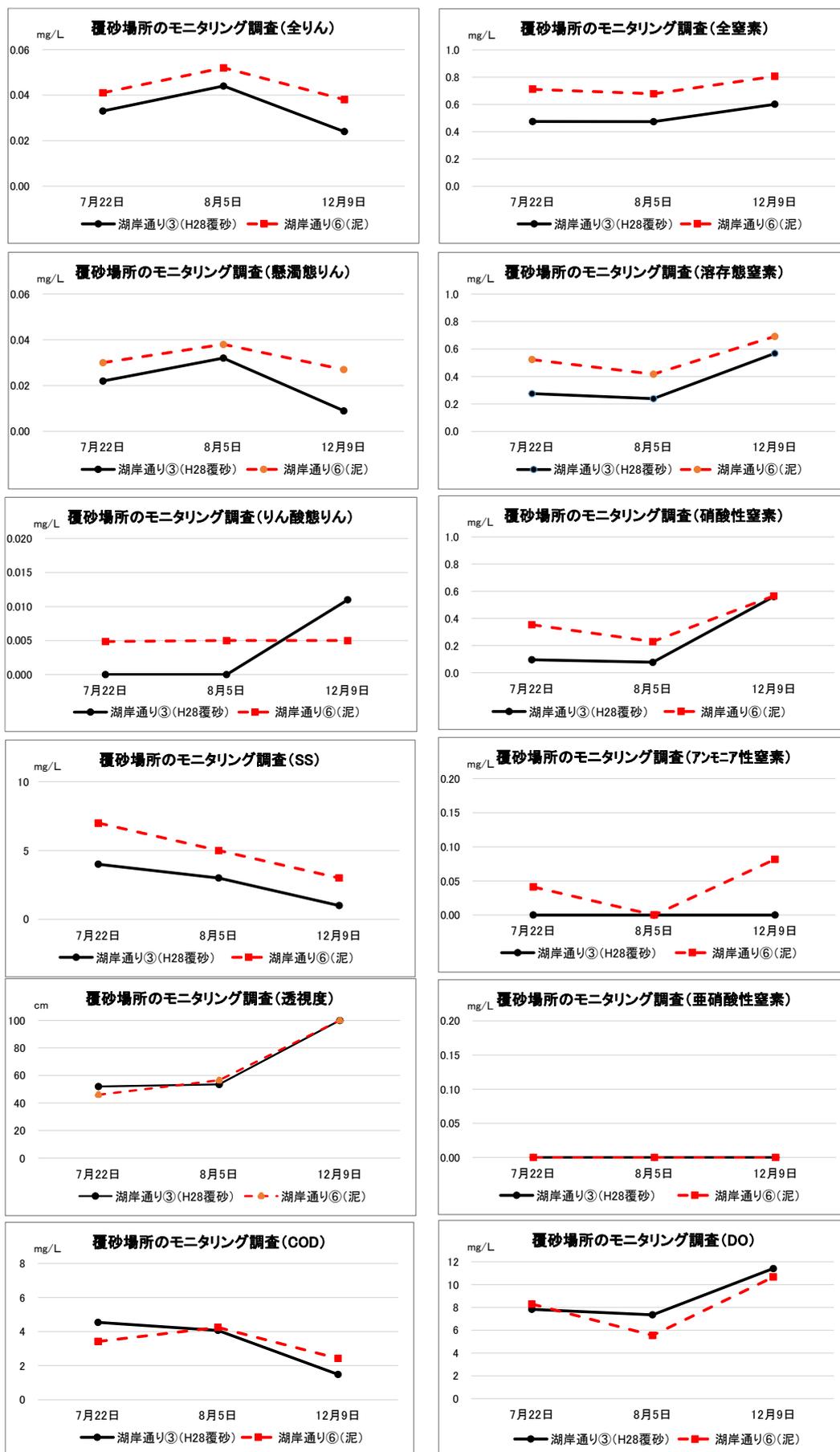


図2 湖岸通り区における水質測定結果(底層水)

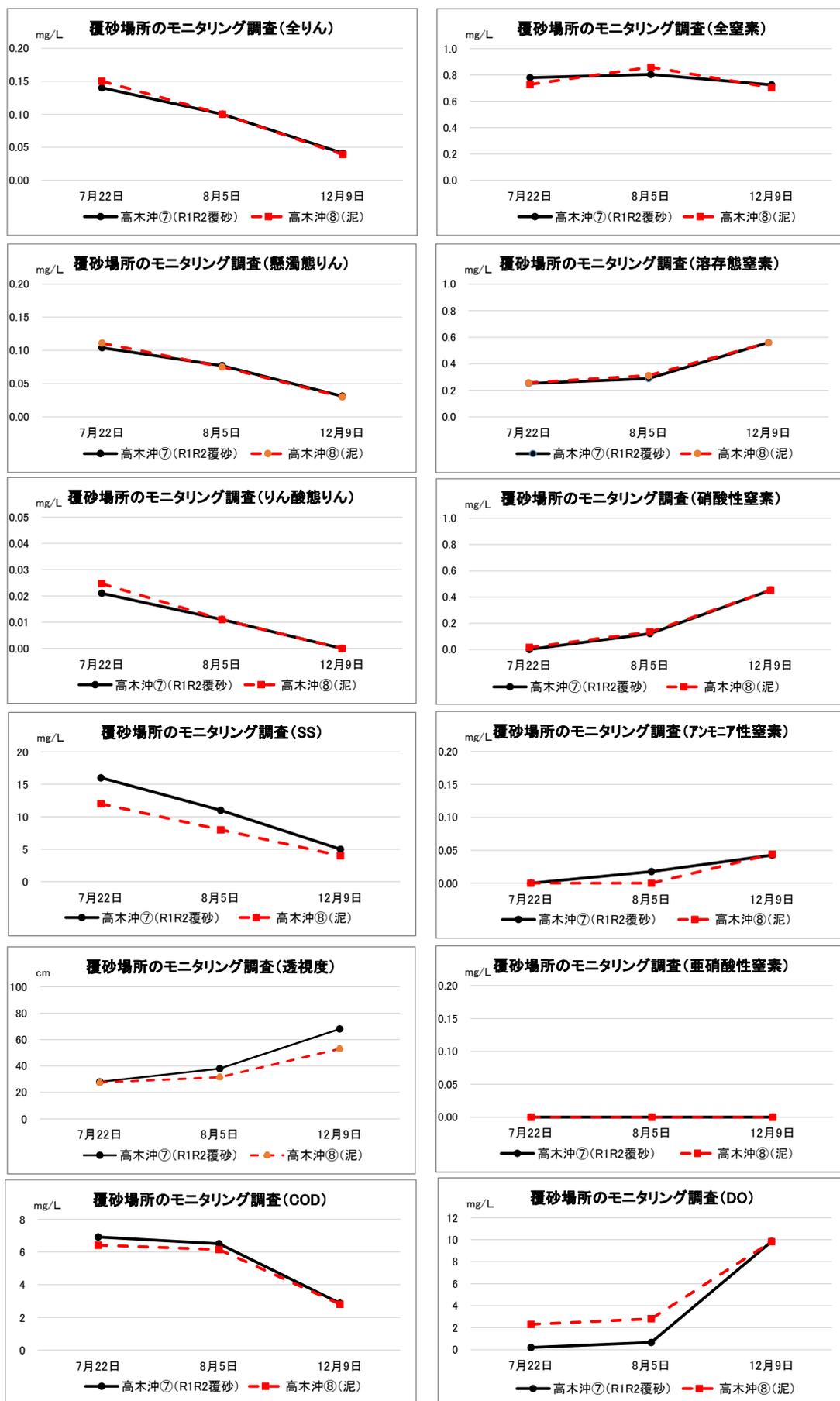


図3 高木沖における水質測定結果(底層水)

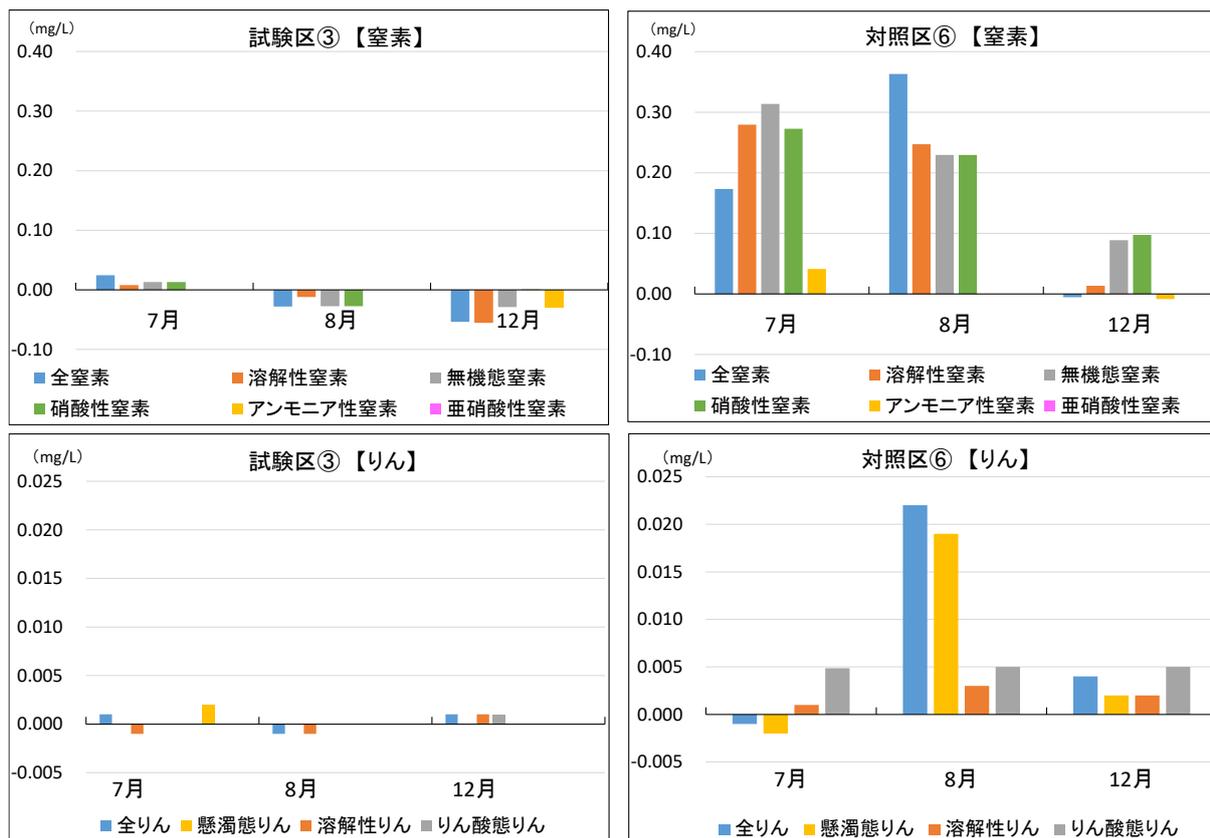


図4 地点毎の底層水と表層水の濃度差【湖岸通り区】(上段:窒素、下段:りん)
(縦軸の値:底層水の測定値-表層水の測定値)

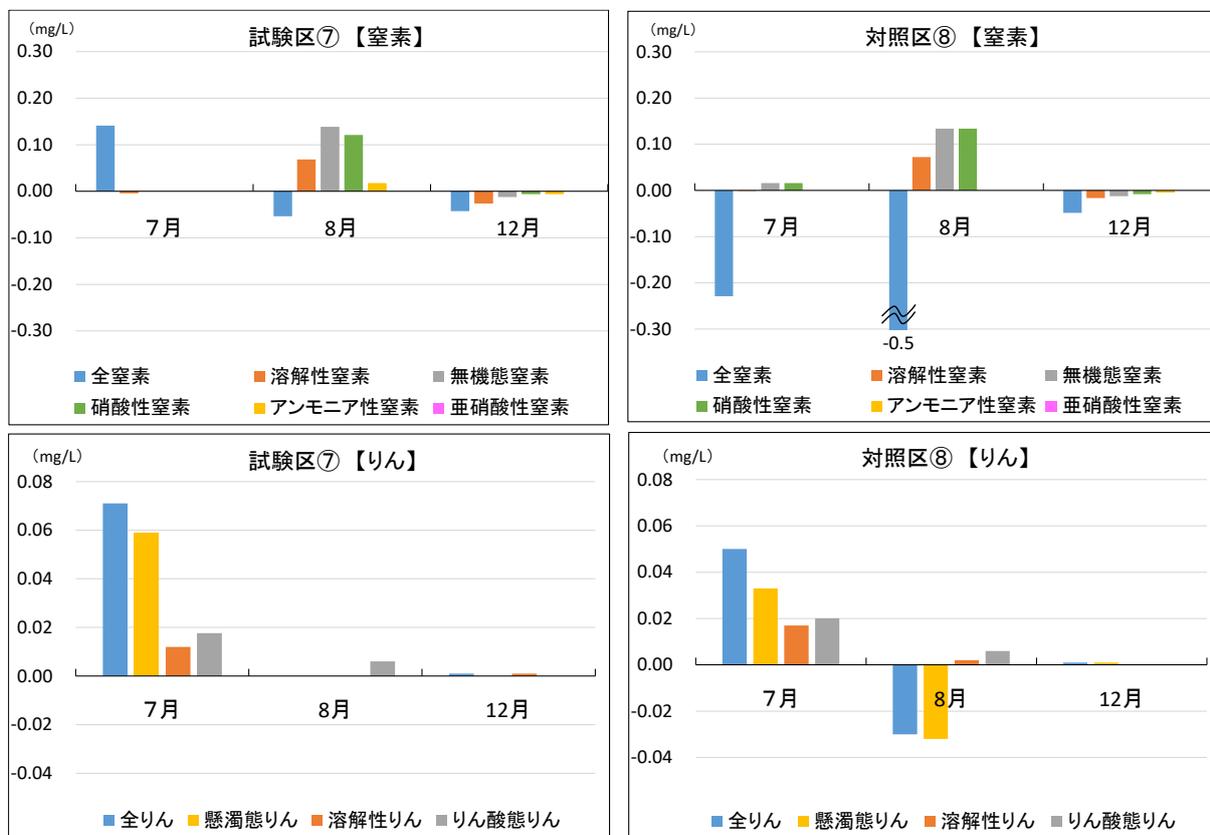


図5 地点毎の底層水と表層水の濃度差【高木沖】(上段:窒素、下段:りん)
(縦軸の値:底層水の測定値-表層水の測定値)

3.1.4. まとめ

覆砂による水質への影響について、2地区で調査を実施した。

窒素について、湖岸通り区では、底層水のアンモニア性窒素、硝酸性窒素、溶存態窒素、全窒素の濃度が、全般に対照区より試験区で低い傾向がみられた。特に、栄養塩であるアンモニア性窒素や硝酸性窒素、また環境基準項目である全窒素の低下が確認され、覆砂による水質改善効果が考えられた。一方、高木沖では、令和5年度までの調査では試験区で硝酸性窒素、溶存態窒素、全窒素などの低下がみられたが、令和6年度は両区間で明確な差は認められなかった。ただし、表層では夏季に対照区でアオコが滞留し、窒素濃度が高くなる状況が確認された。

りんについて、湖岸通り区では、りん酸態りん、懸濁態りん、全りんの濃度が、対照区より試験区で低い傾向を示した（12月のりん酸態りん除く）。試験区では全りんやSSなど懸濁物質に関連する項目の濃度が低く、覆砂による底泥の巻き上げ抑制や、植物プランクトン（デトリタス）発生抑制など複数の要因が影響した可能性が考えられる。高木沖における傾向は、窒素と同様であった。

水平・鉛直方向の濃度差について、湖岸通り区では、調査地点間（底層水）の水平方向の濃度差が確認され、さらに表層・底層の鉛直方向の濃度差からも、覆砂試験区と対照区で底質が底層水に与える影響が異なることが認められた。覆砂により、栄養塩類の底泥溶出、植物プランクトンの増殖・死滅に伴うデトリタスの沈降、底泥巻き上げなどが抑制された可能性が考えられる。今後、要因検討のためには、懸濁粒子の沈降水量、植物プランクトン動態、底泥の巻き上げ量などの実態把握が必要と考える。

溶存酸素（DO）について、湖岸通り区では、8月に対照区のDOが試験区より低く、覆砂による底泥の酸素消費量の違いに加え、水生植物の繁茂状況や水深の違いといった環境条件が影響している可能性が考えられる。目的に応じた対照地点の設定やDOの連続観測などが、覆砂改善効果の把握に有効と考えられる。高木沖では、ヒシの繁茂による水流阻害などの影響により、7、8月に底層が貧酸素化していた。

過年度と比較すると、令和6年度は気温が平年より高く、春から秋にかけて記録的な高温であった。湖岸通り区（覆砂施工後約8年）では、平成30年度以降、概ね同様の傾向（覆砂による水質改善効果）が継続して確認されている。高木沖では、覆砂後約4年が経過し、両区でヒシが繁茂しており、底層水では明確な濃度差は見られなかった。ただし表層では夏季に対照区でアオコの滞留が確認され、高い濃度を示した。

3.2. 底質調査

諏訪湖環境研究センター

3.2.1. 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。

3.2.2. 調査内容

3.2.2.1. 調査地点

調査地点を表1、図1に示す。湖岸通り区（諏訪日赤前）は、平成28年度（2016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。高木沖（高木運動公園前）は、令和元年度から令和2年度（2019-2020年度）に覆砂した試験区内の地点⑦及び比較対照として試験区外側の地点⑧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
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	1.6	泥	
高木沖	⑦	試験区	試験区内・岸から28m	1.8	砂泥	R1-R2 覆砂実施
	⑧	対照区	岸から28m、⑦から75m	1.8	泥	

※水深は底質調査日に測定した平均値。

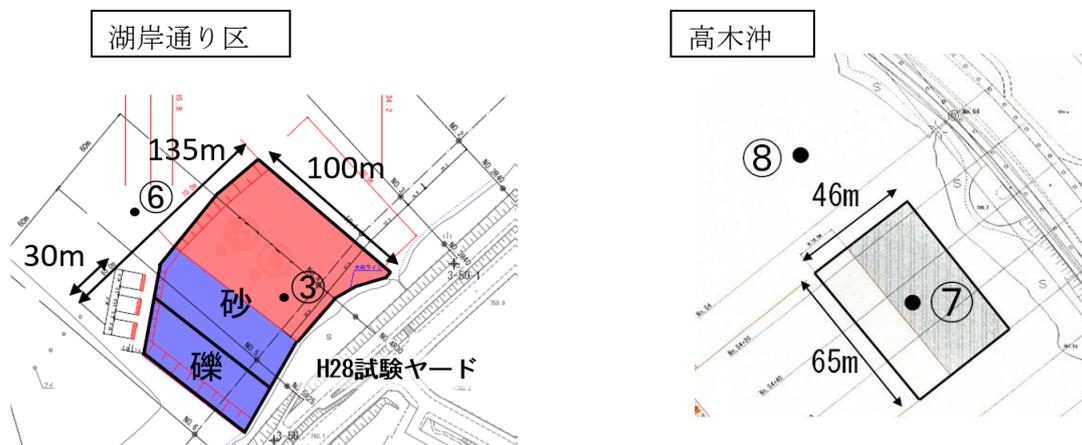


図1 調査地点図

3.2.2.2. 調査日

2024年7月30日、10月24日

3.2.2.3. 採泥方法等

強熱減量、全窒素及び全りん測定用試料について、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。実験室内では採取した試料をステンレスバット上で風乾し、分析に供した。

粒度分布測定用試料について、調査地点ごとに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、分析用試料とした。

3.2.2.4. 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	元素分析計による測定（底質調査方法 II 4.10 備考1）
全りん	硝酸-硫酸分解 モリブデン青吸光度法（底質調査方法 II 4.9.1）
粒度分布	4.75mm、2mm、425 μ m、75 μ mの試験ふるいによる分別土の粒度試験方法（JIS A 1204）、泥分率（底質調査方法 II 4.3）

3.2.3. 調査結果

3.2.3.1. 湖岸通り区(地点③-⑥)

平成28年度に覆砂した試験区③について約8年経過した状況について確認するとともに、対照区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は砂状、地点⑥は泥状であった。水生植物の状況について、7月、10月ともに試験区では水生植物が観察されず、対照区ではクロモ、マツモが繁茂していた。

<強熱減量>

測定結果を図3に、経年変化（年度別の平均値の推移）を図4に示す。

令和6年度の測定結果について、覆砂した試験区の地点③の強熱減量（有機物量の目安）の値は1.6%であり、対照区の地点⑥の値10%と比べて平均9ポイント低かった（対⑥比約2割）。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③の強熱減量の年度別の平均値は、覆砂前（平成28年8月）は12%であったが覆砂後は2.1%に改善し、その後も低い値を維持していた。なお、対照区⑥の平均値は10-13%の範囲で推移していた。

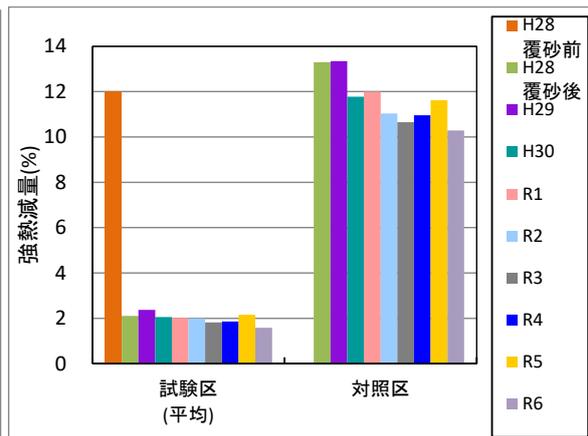
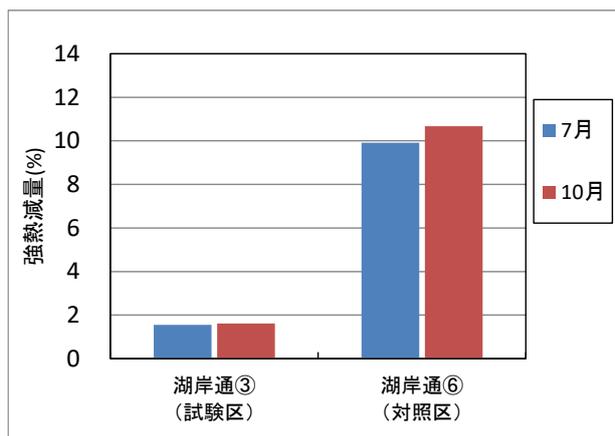


図3 強熱減量のR6年度測定結果【湖岸通り区】 図4 強熱減量の経年変化【湖岸通り区】

※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、平成28年度の値は平成28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5に、経年変化を図6に示す。測定値は、底質試料の乾燥重量に対する物質質量として表示した（全りんについても同様）。

測定結果について、覆砂した試験区③の全窒素濃度（平均）は0.36 mg/gであり、対照区⑥の濃度3.0 mg/gと比べて平均2.6 mg/g低かった（対⑥比12%）。また、調査時期による傾向は見られなかった。

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であったが覆砂後には地点毎の平均値で0.10-0.22 mg/gと大きく低下し、その後も0.19-0.41 mg/gの範囲で推移しており、低い値が維持されていた。なお、対照区⑥の平均値は2.6-3.4 mg/gの範囲で推移していた。

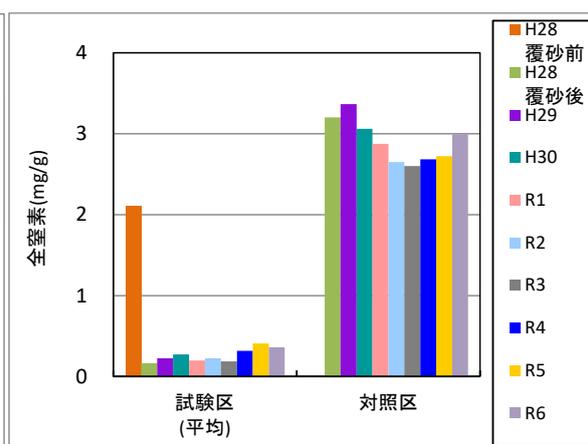
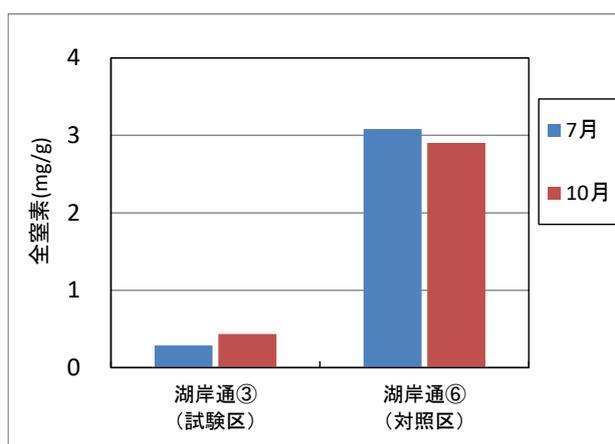


図5 全窒素のR6年度測定結果【湖岸通り区】 図6 全窒素の経年変化【湖岸通り区】

<全りん>

測定結果を図7に、経年変化を図8に示す。

覆砂した試験区の地点③の全りん濃度（平均）は0.61 mg/gであり、対照区⑥の濃度1.5 mg/gと比べて0.86 mg/g低かった（対⑥比41%）。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と大きく低下し、その後も0.31-0.63 mg/gの範囲で推移しており、低い値が維持されていた。なお、対照区⑥は1.2-1.7 mg/gの範囲で推移していた。

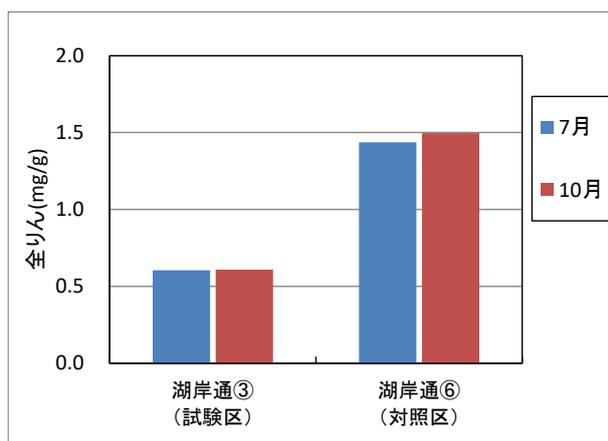


図7 全りんの R6 年度測定結果【湖岸通り区】

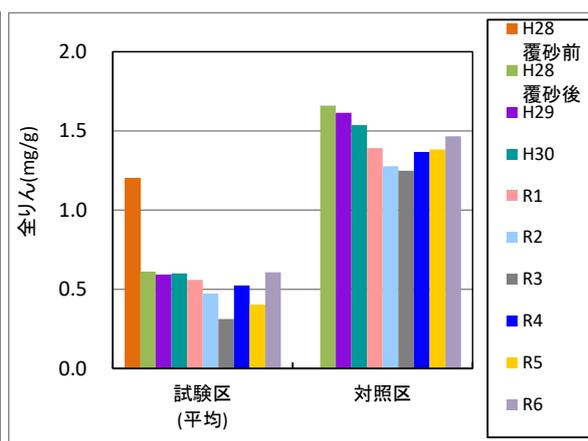


図8 全りんの経年変化【湖岸通り区】

<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（粒径別の乾燥重量の割合）を求めた。以下、粒径2 mm未満の底質について測定結果を図9に示す。

75 μm未満のシルト・粘土分の割合（泥分率）について、試験区では覆砂施工前（平成28年8月）は43%であったが覆砂実施後には10%未満になり、平成29年度から令和5年度は1-8%で推移し、令和6年度も1%と低い値を維持していた（砂分が99%を占めていた）。一方、対照区の令和6年度の泥分率は64%（砂分36%）であり、過去の調査と同程度であった。対照区の底泥は泥状であるのに対し、試験区では泥分率が小さく、覆砂の効果が維持されていた。

なお、採泥試料における2 mm以上の礫の割合については、試験区が2%、対照区が1%であった。

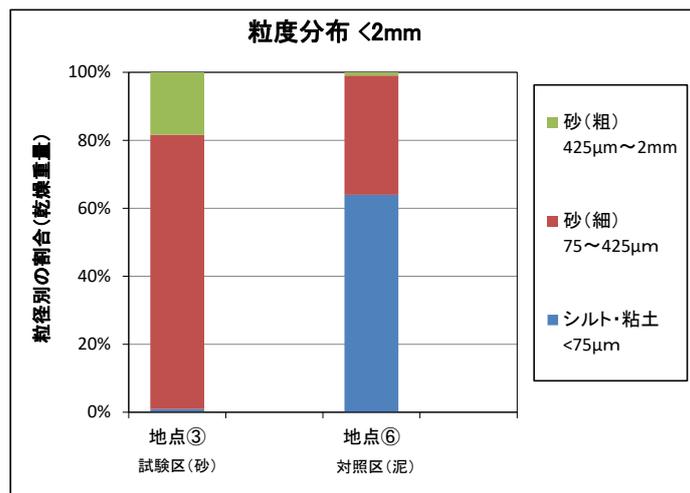


図9 底質の粒度分布組成【湖岸通り区】

3.2.3.2. 高木沖(地点⑦、⑧)

令和元年度から2年度に覆砂した試験区⑦について約4年経過した時点の状況を確認するとともに、対照区⑧と比較して底質の改善状況を調査した。水生植物の状況については、7月調査日に両区でヒシが繁茂し、クロモおよびマツモも確認された。10月調査日には水生植物は観察されなかった。

<強熱減量>

測定結果を図10に、経年変化(年度別の平均値の推移)を図11に示す。

令和6年度の測定結果について、覆砂した試験区の地点⑦の強熱減量(%) (有機物量の目安)の値(平均)は4.9%であり、対照区の地点⑧の値18%と比べて13ポイント低かった(対⑧比約3割)。両区とも調査時期による傾向は見られなかった。

経年変化について、試験区の強熱減量の年度別の平均値は、覆砂前(令和元年12月)は11%であったが覆砂後の令和3年度は2.9%に改善し、令和6年度の平均値は4.9%と低い値で推移していた。対照区の値は18-19%の範囲で推移していた。

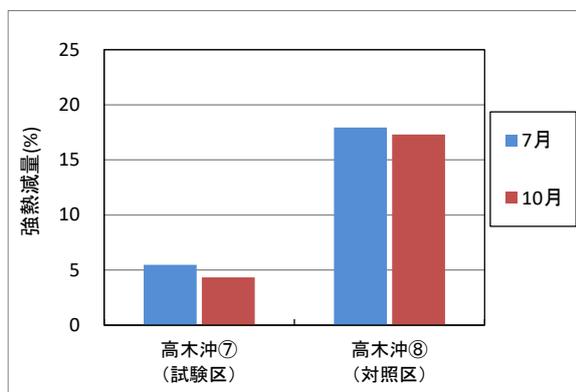


図10 強熱減量のR6年度測定結果【高木沖】

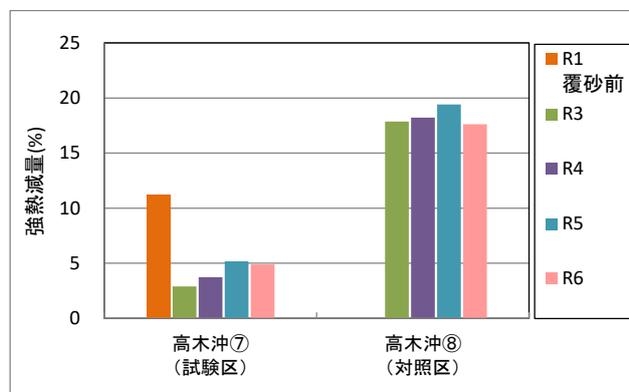


図11 強熱減量の経年変化【高木沖】

<全窒素>

測定結果を図12に、経年変化を図13に示す。

令和6年度の測定結果について、覆砂した試験区の全窒素濃度（平均）は1.5 mg/gであり、対照区の8.5 mg/gと比べて7.0 mg/g低かった（対⑧比17%）。また、調査時期による違いは見られなかった。

経年変化をみると、試験区の全窒素濃度は覆砂前（令和元年12月）には2.8 mg/gであったが、覆砂後には0.35 mg/gと大きく低下し、その後も低い値を維持していた。一方、対照区の値は6.8-8.5 mg/gの範囲で推移していた。

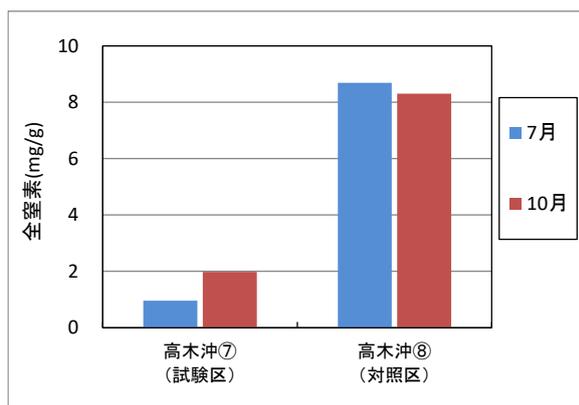


図12 全窒素のR6年度測定結果【高木沖】

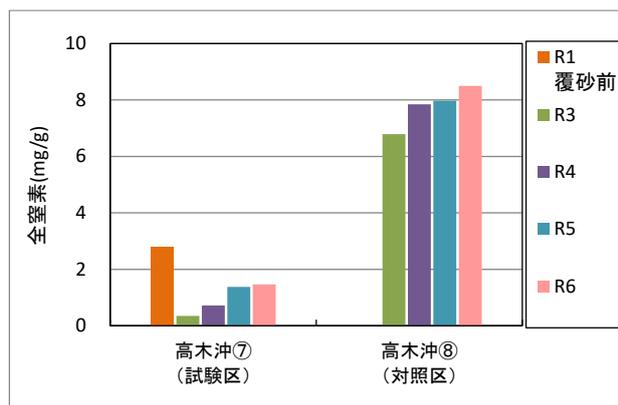


図13 全窒素の経年変化【高木沖】

<全りん>

測定結果を図14に、経年変化を図15に示す。

令和6年度の測定結果について、覆砂した試験区的全りん濃度（平均）は0.92 mg/gであり、対照区の濃度1.7 mg/gと比べて0.82 mg/g低かった（対⑧比53%）。両区とも調査時期による違いは見られなかった。

経年変化をみると、試験区的全りん濃度は、覆砂前（令和元年12月）には1.4 mg/gであったが、覆砂後には0.57 mg/gと大きく低下し、その後も低い値を維持していた。一方、対照区の値は1.6-1.7 mg/gの範囲で推移していた。

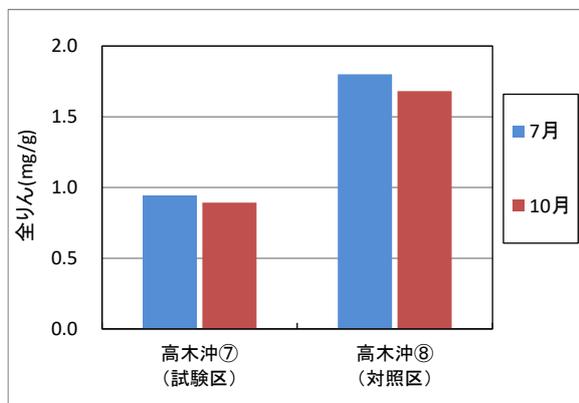


図14 全りんのR6年度測定結果【高木沖】

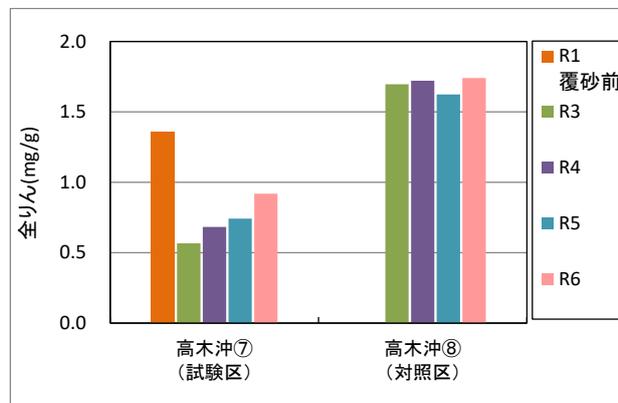


図15 全りんの経年変化【高木沖】

<粒度分布>

底質調査方法を参考に、礫（細）(>2 mm)、砂（粗）(425 μm-2 mm)、砂（細）(75-425 μm)、シルト・粘土 (<75 μm) の4つの粒度分布組成（粒径別の乾燥重量の割合）を求めた。以下、粒径2 mm未満の底質について測定結果を図16に示す。

75 μm未満のシルト・粘土分の割合（泥分率）は、試験区で66%、対照区で90%であり、試験区の泥分率は対照区より低かった。ただし、試験区の泥分率は前年（令和5年度：26%）と比べて増加していた。

また、採泥試料における2 mm以上の礫の割合は、試験区が1%、対照区が4%であり、植物残渣が多く見られた。

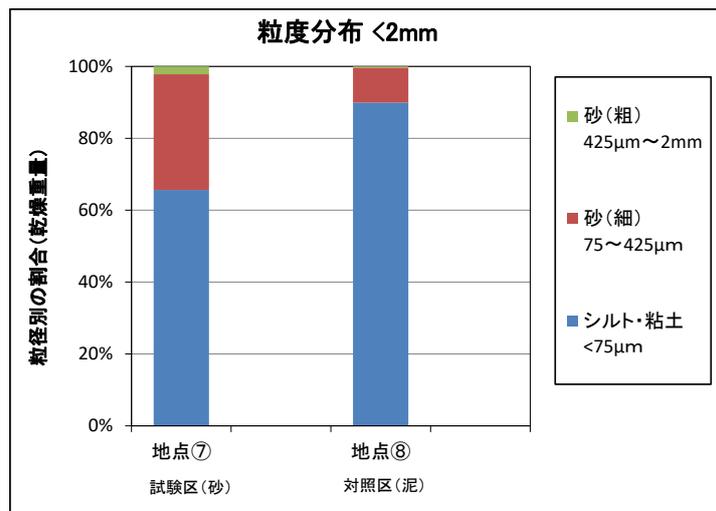


図16 底質の粒度分布組成【高木沖】

3.2.4. 考察・まとめ

湖岸通り区では、平成28年度に覆砂を実施した試験区③において、対照区⑥と比較して有機物量および栄養塩類（強熱減量、全窒素、全りん）の測定値が低く、覆砂施工直後から概ね同程度の値で推移している。覆砂施工から約8年が経過した時点においても、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。

高木沖では、令和元年度から2年度に覆砂を実施した試験区⑦において、対照区⑧と比較して有機物量および栄養塩類（強熱減量、全窒素、全りん）の測定値が低く、覆砂施工から約4年が経過した時点において、底質の改善効果が維持されていることが確認された。ただし、試験区においてもヒシの繁茂が見られ、その影響によりシルト・粘土分の割合は上昇していた。

また、測定項目別に底質改善効果をみると、試験区の値は対照区と比較して、強熱減量で約8割、全窒素で約8割、全りんでは約5割の減少が認められた（湖岸通り区および高木沖の平均）。

底質については、継続的な調査により、底質性状の推移や改善効果の維持状況が把握されている。今後も長期的に状況の変化を把握することが重要である。

3.3. 淡水シジミ生息調査

水産試験場諏訪支場

3.3.1. 調査目的

渋崎、湖岸通りおよび高木地区の覆砂場所およびその対照区(図1)における淡水シジミの生息状況を調査・比較し、覆砂による底質改善の効果を検証する。

3.3.2. 調査方法

調査は令和6年5月15日、8月13日、11月8日に行った。渋崎および湖岸通り地区の覆砂区では、覆砂場所内で無作為に選んだ3カ所に縦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。高木地区の覆砂区ならびに渋崎、湖岸通りおよび高木地区の対照区では水深が深く同様の調査が困難なため、調査地点付近で無作為に選んだ1カ所で船上から目合1mmの網を付けたジョレンを用いて1m²を目安に底質を採取し、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。

淡水シジミの産卵期の盛期はおおよそ6月から9月とされている。また、藤原(1977)によると、8月、11月および翌5月のシジミ0+個体の最大殻長はそれぞれ10、16および21mmとされている。そこで、本調査では採捕した淡水シジミの殻長を測定し、各月でその殻長未満であったものを令和5年生まれの個体(以下:0+個体)、それ以上であったものを令和4年以前に生まれた個体(以下:1+以上の個体)と区分した。覆砂区では3カ所で採捕した0+個体および1+以上の個体それぞれの個体数の平均をその時期の生息密度とした。なお、調査地点である渋崎、湖岸通りおよび高木地区の覆砂区はそれぞれ平成26年度、平成28年度および令和元年に造成されており、今年で造成されてから10、8および5年が経過した。

3.3.3. 結果

3.3.3.1. 採捕結果

渋崎および湖岸通り地区の覆砂区では淡水シジミが採捕されたが、高木地区の覆砂区及び各地区の対照区ではいずれの月においても淡水シジミは採捕されなかった。

3.3.3.2. 年齢組成

渋崎地区および湖岸通り地区の殻長頻度分布をそれぞれ図2および図3に示す。

渋崎地区の覆砂区において採捕した淡水シジミ0+個体および1+以上の個体の個体数は、5月が10および2個体、8月が19および0個体、11月が14および4個体であった(表)。5月、8月および11月の0+個体の割合はそれぞれ83、100および78%と、ほとんどが0+個体であった。

湖岸通り地区の覆砂区において採捕した淡水シジミ0+個体および1+以上の個体の個体数は、5月が4および0個体、8月が89および13個体、11月が10および0個体であった。5月、8月および11月の0+個体の割合はそれぞれ100、87および100%と、ほとんどが0+個体であった。



図1 調査地点位置図

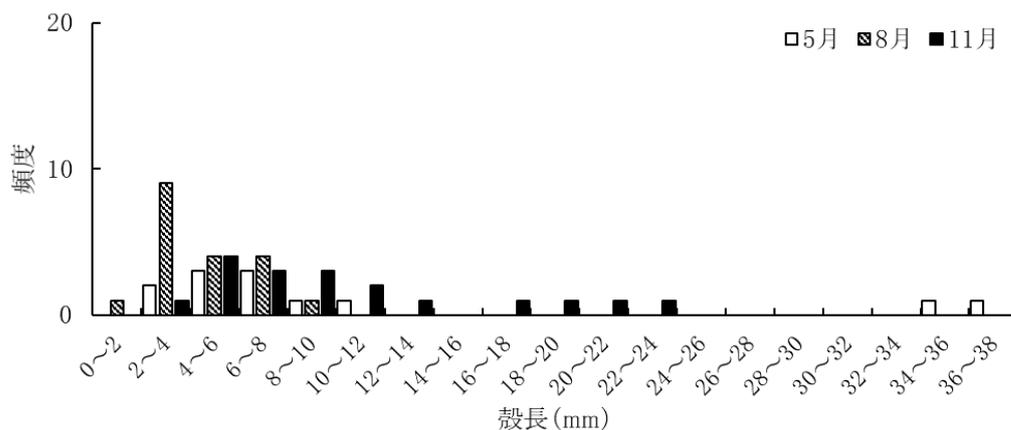


図2 渋崎地区の覆砂区における5、8、11月の淡水シジミの殻長頻度分布

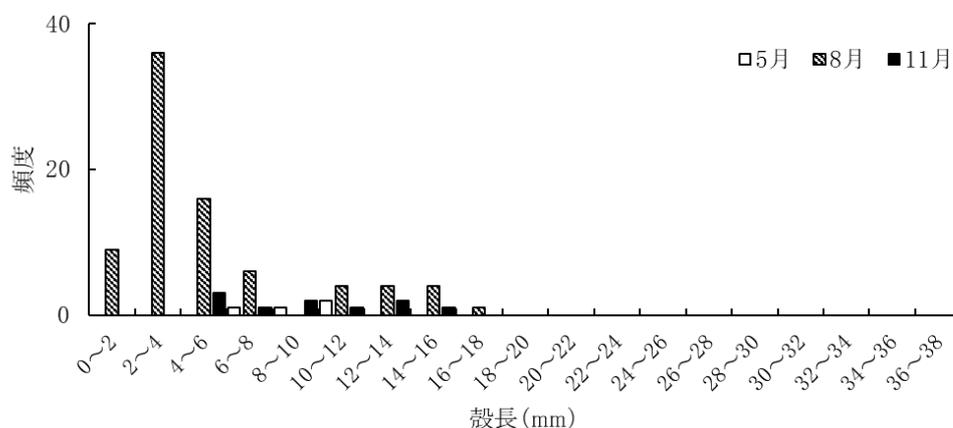


図3 湖岸通り地区の覆砂区における5、8、11月の淡水シジミの殻長頻度分布

表 渋崎および湖岸通り地区における淡水シジミの個体数と年齢組成

年齢	渋崎地区覆砂区の個体数			湖岸通り地区覆砂区の個体数			高木地区覆砂区の個体数		
	5月 (%)	8月 (%)	11月 (%)	5月 (%)	8月 (%)	11月 (%)	5月 (%)	8月 (%)	11月 (%)
0+	10 (83)	19 (100)	14 (78)	4 (100)	89 (87)	10 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
1+以上	2 (17)	0 (0)	4 (22)	0 (0)	13 (13)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

3.3.3.3. 生息密度

渋崎地区の覆砂区において採捕した淡水シジミ 0+個体および1+以上の個体の生息密度（平均値±標準偏差）は、5月が 3.3±1.5 および 0.7±0.6 個体/m²、8月が 6.3±2.9 および 0 個体/m²、11月が 4.7±3.5 および 1.3±1.2 個体/m²であった（図4）。

湖岸通り地区の覆砂区において採取した淡水シジミ 0+個体および1+以上の個体の生息密度は、5月が 1.3±1.2 および 0 個体/m²、8月が 29.7±34.9 および 4.3±4.9 個体/m²、11月が 3.3±3.2 および 0 個体/m²であった（図5）。

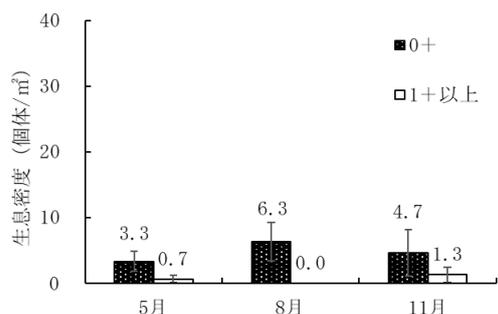


図4 渋崎地区の覆砂区における淡水シジミの生息密度 (Iは標準偏差)

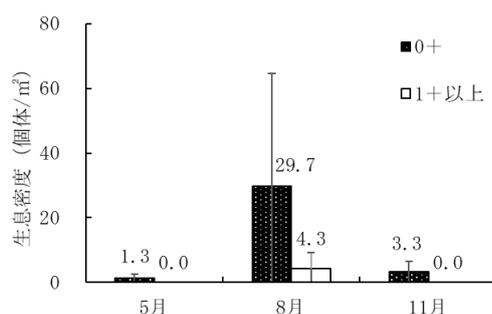


図5 湖岸通り地区の覆砂区における淡水シジミの生息密度 (Iは標準偏差)

3.3.4. 過去の調査結果を踏まえた経年変化等

採捕された0+個体と1+以上の個体の5年間の渋崎および湖岸通り地区の生息密度の推移をそれぞれ図6および図7に示した。渋崎地区では令和3年以降は横ばいで推移した。湖岸通り地区においては、令和6年はやや減少したものの、全体としては増加傾向であった。また、両地区とも0+個体を中心に春から夏に増える傾向を示した。淡水シジミの産卵期の盛期は6月から9月とされていることから、5月から8月にかけて観察された0+個体の増加要因としては産卵による0+個体の新規加入が考えられた。また、マシジミは浮遊幼生期を持たないことから産卵初期における拡散性は低く、覆砂区内で再生産が行われていると考えられた。8月から翌年の5月にかけて観察された0+個体や1+以上の個体の減少要因は水温の低下(平野・藤原, 1987)や魚類、鳥類および甲殻類による被食(粕谷・陣野, 2014、北野ら, 2017)が考えられた。

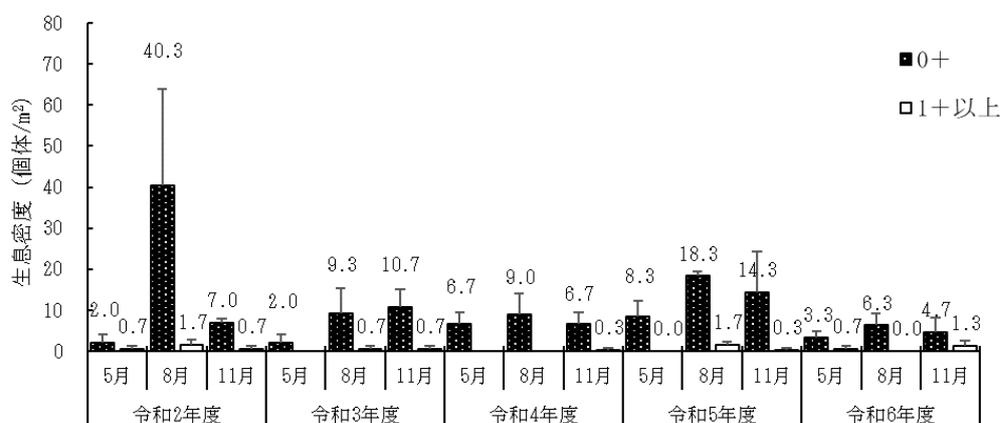


図6 渋崎地区の覆砂区における淡水シジミの生息密度の推移 (Iは標準偏差)

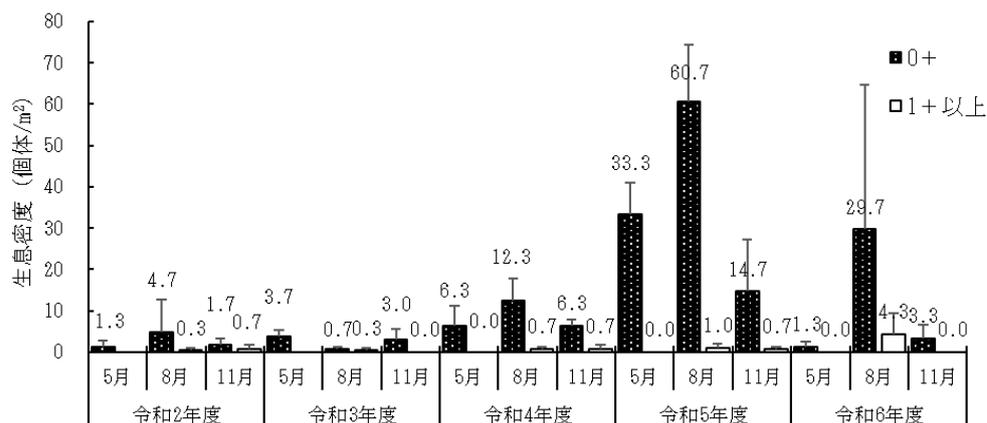


図7 湖岸通り地区の覆砂区における淡水シジミの生息密度の推移(Iは標準偏差)

3.3.5. 覆砂区におけるシジミの有無について

渋崎および湖岸通り地区において、初めて淡水シジミが確認されたのは覆砂区が造成されてからそれぞれ約1および2年後であった。淡水シジミは浮遊幼生期を持たないことから、河川等の影響で周辺の生息地から流されてきたものが定着したと考えられた。また、初めてシジミが確認されてから継続して確認されていることから、造成から10年および8年が経過しても淡水シジミの生息に適した環境が維持されていると考えられた。両地区で定着した淡水シジミがどこから流れ着いたものなのか推定するためには、覆砂区以外の砂地における淡水シジミの生息状況を確認する必要がある。

一方で、高木地区の覆砂区では造成から4年が経過しても生息が確認されていない。高木地区の覆砂区はヒシ帯の中に造成されたが、ヒシ帯の底層は水の流れが弱く貧酸素になりやすいことや、枯れたヒシが砂底を覆ったことにより、シジミの生息に不利な条件になっていると考えられた。このため、覆砂によりシジミの生息できる環境を造成するには、他の生息地からの加入が期待できる場所で、かつ長期間砂地が維持されるような場所を選定する必要があると考えられた。

3.3.6. まとめ

- 渋崎および湖岸通り地区の覆砂区では淡水シジミが採捕され、それ以外の地区では採捕されなかった。
- 渋崎地区の生息密度は令和3年から横ばいで、湖岸通り地区は増加傾向であった。
- 生息密度は0+個体を中心に春から夏に増加する傾向を示した。

参考文献

- 藤原 (1977) : マシジミの稚貝の成長について. 貝雑 Vol.36, No.1 p.19-24
 平野・藤原 (1987) : マシジミの成長と寿命. 水産増殖 35, p.183-189
 北野ら (2017) : 琵琶湖につながる農業水路における淡水シジミの生息状況と絶滅危惧種マシジミの保全に係る水路管理手法の検討. 伊豆沼・内沼研究報告 11, p.55-66

3.4. 底生生物および魚類調査

水産試験場諏訪支場

3.4.1. 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する。本年度は平成26年度に造成した渋崎地区の覆砂区の10年後、平成28年度に造成した湖岸通り地区の覆砂区の8年後および令和元年に造成した高木地区の覆砂区の5年後の底生生物および魚類の生息状況を把握する。

3.4.2. 調査方法

3.4.2.1. 底生生物調査

調査は令和6年6月3日、8月5日、10月15日に筌網を調査地点に設置することにより行い、それぞれ2日後の6月5日、8月7日、10月17日に回収した。調査地点は渋崎、湖岸通りおよび高木地区のそれぞれ覆砂区および対照区の合計6地点とした。筌網は目合い3mm、5mmおよび12mmの3種類（表1）を使用し、調査地点に各1個設置した。採捕した生物は、実験室に持ち帰り、種類ごとに3回分の総個体数を求めた。

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	45×30×15cm	1	金属製
5 mm	45×30×15cm	1	金属製
12 mm	67×47×12cm	2	小判型

3.4.2.2. 魚類調査

調査は令和6年6月5日、8月7日、10月17日に調査地点における投網により行った。調査地点は底生生物調査と同様に渋崎、湖岸通りおよび高木地区のそれぞれの覆砂区および対照区の合計6地点とした。投網は目合い1cmのものを使用し、調査地点ごとに5回ずつ行った。採捕した生物は、実験室に持ち帰り、種類ごとに3回分の総個体数を求めた。

3.4.3. 調査結果

3.4.3.1. 底生生物調査

採捕種数は渋崎地区の覆砂区および対照区で3および4種、湖岸通り地区の覆砂区および対照区で6および4種、高木地区の覆砂区および対照区で2および3種であった（表2）。

採捕個体数は渋崎地区の覆砂区および対照区で28および45個体、湖岸通り地区の覆砂区および対照区は65および19個体、高木地区の覆砂区および対照区は21および4個体であった。

採捕された魚類はモツゴ、ウキゴリ、ヌマチチブ、ヨシノボリおよびブルーギルであった。渋崎地区における覆砂区および対照区の魚類の採捕種数はヌマチチブ1種で、採捕個体数は2および8個体であった。湖岸通り地区における覆砂区および対照区の魚類の採捕種数は3および2種で、採捕個体数は10および11個体であった。高木地区における覆砂区および対照区の魚類の採

捕種数は1および2種で、採捕個体数は両区とも2個体であった。

採捕された甲殻類はテナガエビおよびスジエビであった。渋崎地区における覆砂区および対照区のテナガエビの採捕個体数は9および3個体、スジエビの採捕個体数は0および33個体であった。湖岸通り地区における覆砂区および対照区のテナガエビの採捕個体数は30および4個体、スジエビの採捕個体数は17および0個体であった。高木地区における覆砂区および対照区のテナガエビの採捕個体数は19および0個体、スジエビの採捕個体数は0および2個体であった。テナガエビについてはすべての調査地点において覆砂区の方が対照区より多く採捕された。スジエビについては渋崎および高木地区において対照区の方が覆砂区より多く採捕された。

採捕された貝類はタニシ科のみであった。渋崎地区の覆砂区および対照区の採捕個体数は17および1個体であった。湖岸通り地区における覆砂区および対照区の採捕個体数は8および4個体であった。高木地区では両区とも採捕されなかった。

表2 渋崎、湖岸通り及び高木地区で採捕された種類および個体数

調査地点		魚類					甲殻類		貝類	合計
		モツゴ	ウキゴリ	ヌマチチブ	ヨシノボリ	ブルーギル	テナガエビ	スジエビ	タニシ科	
渋崎	覆砂区			2			9		17	28
	対照区			8			3	33	1	45
湖岸通り	覆砂区		5	4	1		30	17	8	65
	対照区			9	2		4		4	19
高木	覆砂区					2	19			21
	対照区	1				1		2		4
合計		1	5	23	3	3	65	52	30	182

3.4.3.2. 魚類調査

採捕種数は渋崎地区の覆砂区および対照区とともに2種、湖岸通り地区の覆砂区および対照区とともに6種、高木地区の覆砂区および対照区では5および7種であった(表3)。

採捕された魚類はワカサギ、モツゴ、タモロコ、ビワヒガイ、フナ、ウキゴリ、オオクチバスおよびブルーギルの8種であった。渋崎地区における覆砂区および対照区の総採捕個体数は32および3個体であった。湖岸通り地区における覆砂区および対照区の総採捕個体数は6および26個体であった。高木地区における覆砂区および対照区の総採捕個体数はそれぞれ101および160個体であった。

表3 渋崎、湖岸通りおよび高木地区で採捕された種類および個体数

調査地点		ワカサギ	モツゴ	タモロコ	ビワヒガイ	フナ	ウキゴリ	オオクチバス	ブルーギル	合計
渋崎	覆砂区							2	30	32
	対照区			1			2			3
湖岸通り	覆砂区	1		1	1		1	1	1	6
	対照区	11		10	2		1	1	1	26
高木	覆砂区	78	2				4	2	15	101
	対照区	129	1	12		3	11	1	3	160
合計		219	3	24	3	3	19	7	50	328

3.4.4. 過去の調査結果を踏まえた考察

直近5年間の底生生物調査で採捕された種類および個体数の一覧を表4に、直近4年間の魚類調査で採捕された種および個体数の一覧を表5に示した。5年間の底生生物調査で採捕された種

は、魚類が11種、甲殻類が2種、貝類が2種であった。4年間の魚類調査で採捕された魚類は11種であった。

これら直近の調査結果をもとに、採捕個体数が50尾以上の魚介類について、覆砂区と対照区の採捕個体数の比較を行ったところ、テナガエビは対照区より覆砂区の方が有意に採捕個体数が多いことが分かった（Welchのt検定、 $p < 0.05$ ）。山根（1991）はテナガエビの底質選択制を室内実験で調査し、テナガエビは礫等の粒径が小さい底質より小石等の粒径が大きい底質の方を好適な生息場として選択していることを示唆しており、本調査で覆砂区の方が泥地の対照区よりテナガエビが多く採捕された結果を支持している。

一方でタモロコは対照区の方が有意に多かった（マン・ホイットニ検定、 $p < 0.05$ ）。これは対照区でヒシやクロモといった水生植物が繁茂したことが、タモロコを含む小型魚類の隠れ家となったことによるものと考えられた。

参考文献

山根（1991）：テナガエビ（*Macrobrachium nipponense*）の底質荒度評価について．近畿大学農学部紀要，第24号，p.25-27

表4 直近5年間の底生生物調査で採捕された種類および個体

年度	R2			R3			R4			R5			R6			総個体数														
	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区															
	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6														
タモロコ	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4														
コイ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1														
トシヨウ	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2														
カマトジョウ	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1														
ウナギ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1														
ウキゴリ	1	6	1	1	3	5	7	7	3	1	3	9	1	5	60															
スマチチブ	5	13	2	7	2	4	2	4	1	7	3	10	10	2	2	8	4	9	106											
ヨシノボリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	1	2	6												
オオクチバス	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1												
ブルーギル	-	-	-	-	-	6	5	5	6	5	4	8	2	3	12	2	1	44												
甲	23	3	10	2	-	2	2	4	1	3	24	9	10	1	3	31	3	18	10	3	6	9	3	30	4	19	233			
般	5	12	-	15	-	4	16	1	11	14	2	9	4	35	9	6	3	20	4	9	6	3	33	17	2	222				
類	3	4	2	-	-	6	7	5	3	3	7	5	1	2	6	1	5	3	17	1	8	4	90							
貝	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2			
カワニナ科	38	39	16	28	-	19	30	21	26	28	5	41	17	25	61	5	7	57	15	41	45	13	20	28	45	65	19	21	4	779
合計	23	3	10	2	-	2	2	4	1	3	24	9	10	1	3	31	3	18	10	3	6	9	3	30	4	19	233			
類	5	12	-	15	-	4	16	1	11	14	2	9	4	35	9	6	3	20	4	9	6	3	33	17	2	222				
貝	3	4	2	-	-	6	7	5	3	3	7	5	1	2	6	1	5	3	17	1	8	4	90							
カワニナ科	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2			
合計	38	39	16	28	-	19	30	21	26	28	5	41	17	25	61	5	7	57	15	41	45	13	20	28	45	65	19	21	4	779

表5 直近4年間の魚類調査で採捕された種類および種数

年度	R3			R4			R5			R6			総個体数												
	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区	浪崎 覆砂区 対照区	湖岸通り 覆砂区 対照区	高木 覆砂区 対照区													
ワカサギ	8	134	10	46	1	2	276	12	8	81	124	110	33	1	84	56	1	11	78	129	1205				
モツゴ	1	1	7	-	-	-	1	-	2	2	2	-	-	-	5	2	2	1	2	1	24				
タモロコ	2	1	1	2	2	1	1	1	7	1	1	1	1	1	9	1	1	1	10	12	58				
ビワヒガイ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	2	1	2	8				
カマツカ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	4				
フナ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	8				
ウキゴリ	-	-	-	-	-	-	2	1	3	2	2	3	6	1	1	2	1	1	4	11	46				
スマチチブ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	5				
ヨシノボリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
オオクチバス	4	5	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3	2	1	2	4	3	2	1	2	1	33			
ブルーギル	4	3	11	1	1	1	3	11	1	13	30	10	8	1	13	30	1	1	15	3	102				
合計	20	135	6	21	66	4	4	280	13	20	86	126	118	50	18	28	95	76	32	3	6	26	101	160	1494