

4.1. 調査地点及び調査項目

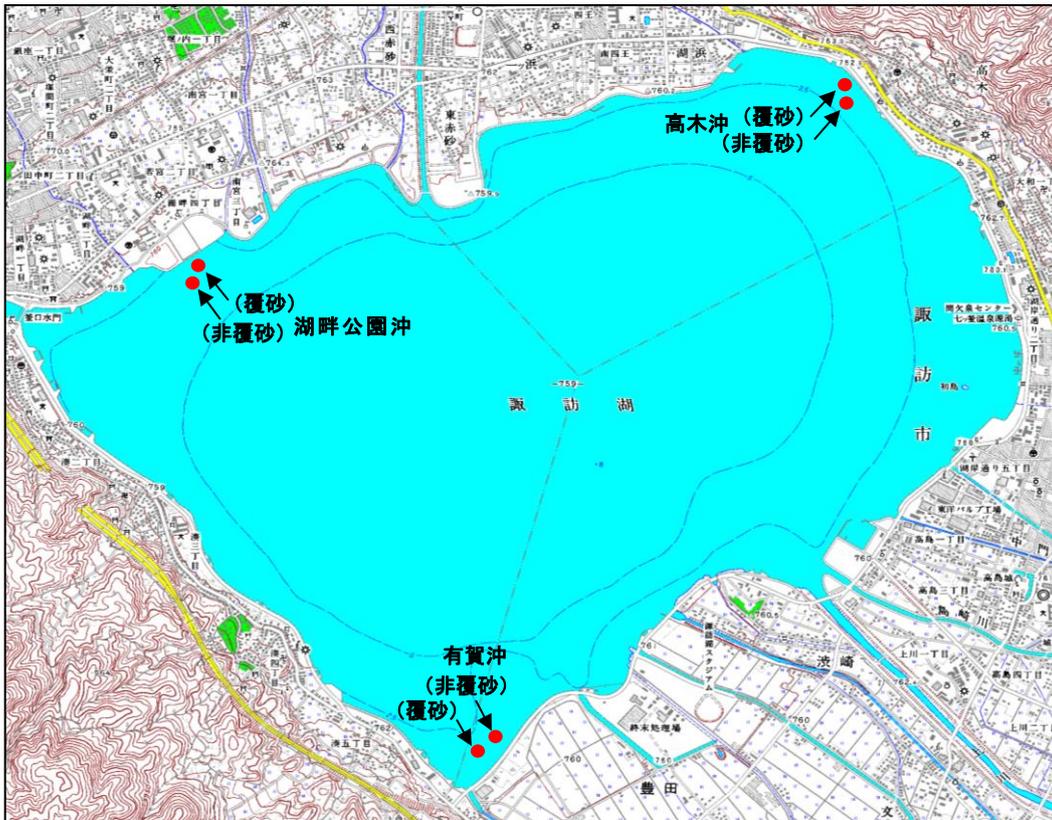


図1 調査地点位置図（背景図は国土地理院数値地図使用）

調査項目

- ①水質環境調査：水質調査（計6地点）、底質調査（計6地点）
- ②水生植物の回復状況調査：水草調査（計6地点）、水草分析（ヒシ・クロモ）

| 測定分析（水質）1地点1水深当たりの分析項目 | | 測定分析（底質）1検体の分析項目 | |
|------------------------|------|------------------|------|
| 水温 | 1 検体 | 全窒素（含有） | 1 検体 |
| 溶存酸素量（DO） | 1 検体 | 全リン（含有） | 1 検体 |
| 酸化還元電位（ORP） | 1 検体 | 含水率 | 1 検体 |
| 電気伝導率（EC） | 1 検体 | 全窒素（溶出） | 1 検体 |
| 水素イオン濃度（pH） | 1 検体 | 全リン（溶出） | 1 検体 |
| 浮遊物質（SS） | 1 検体 | | |
| クロロフィル a | 1 検体 | 測定分析（水草）1検体の分析項目 | |
| 化学的酸素要求量（COD） | 1 検体 | 湿潤重量 | 1 検体 |
| 溶解性 COD（d-COD） | 1 検体 | 乾燥重量 | 1 検体 |
| 全窒素（TN） | 1 検体 | 全炭素（TC） | 1 検体 |
| 溶存態全窒素（d-TN） | 1 検体 | 全リン（TP） | 1 検体 |
| アンモニア態窒素 | 1 検体 | 全窒素（TN） | 1 検体 |
| 全リン（TP） | 1 検体 | | |
| 溶存態全リン（d-TP） | 1 検体 | | |

注）水質分析は1地点3水深（表層・中層・底層）で7.8.9.10月に実施

表 1 ヒシの繁茂状況

| 調査地点 | | ヒシの植被率(10×10m) | | | |
|-------|-----|----------------|----------|----------|------------|
| | | 7月(7/19) | 8月(8/28) | 9月(9/14) | 10月(10/14) |
| 湖畔公園沖 | 覆砂 | 0.05% | 0.02% | 0% | 0% |
| | 非覆砂 | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 高木沖 | 覆砂 | 2% | 20% | 25% | 10% |
| | 非覆砂 | 95% | 100% | 100% | 85% |
| 有賀沖 | 覆砂 | 15% | 20% | 25% | 0.01% |
| | 非覆砂 | 90% | 100% | 45% | 0% |

水面のヒシ繁茂状況の凡例

- 植被率100～75% (密)
- 植被率74～25% (中)
- 植被率24～5% (疎)
- 植被率4～0% (ほぼ無し)

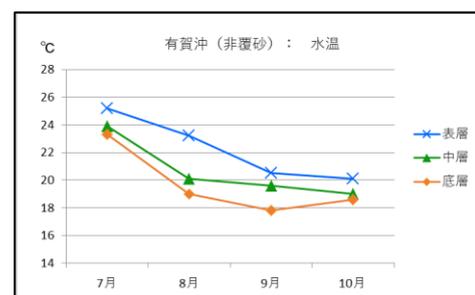
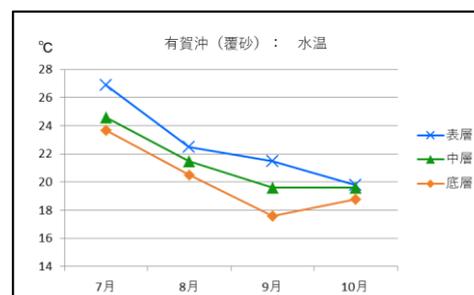
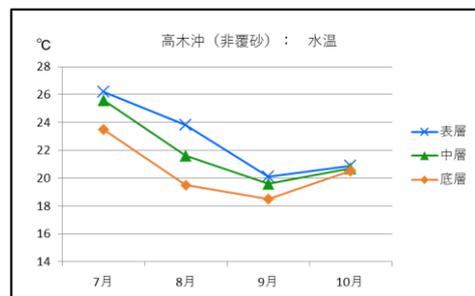
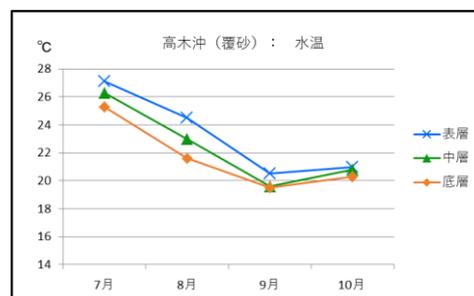
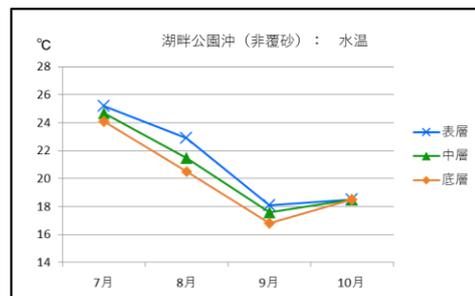
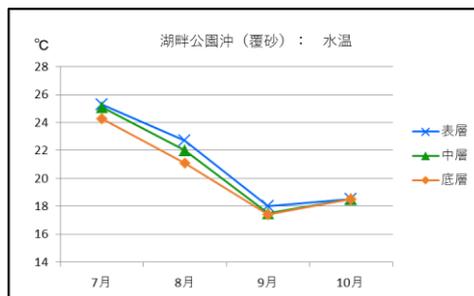
4.2. 水質等調査結果の概要

4.2.1. 今年度の調査結果概要

(1) 水質調査結果

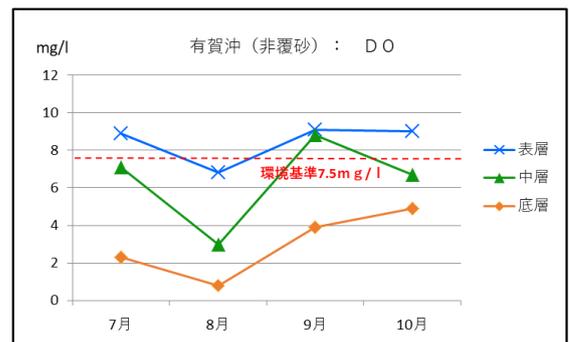
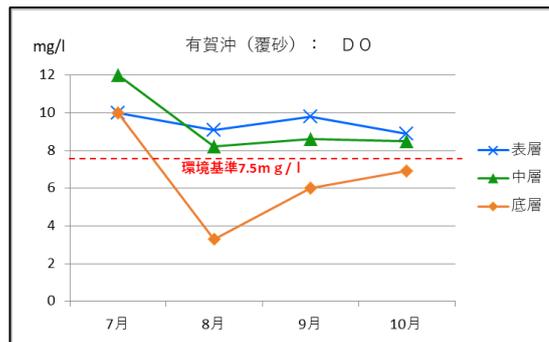
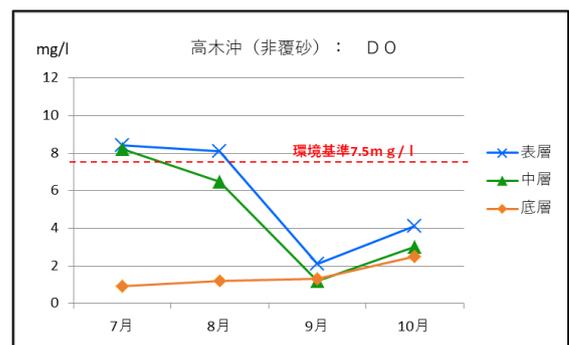
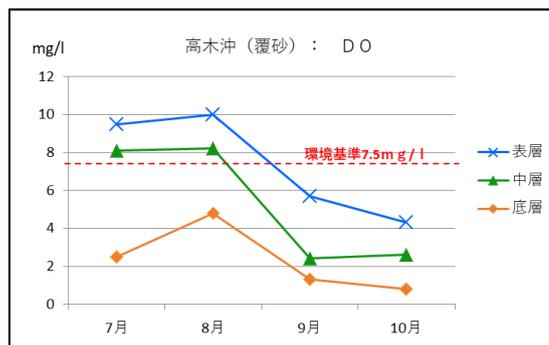
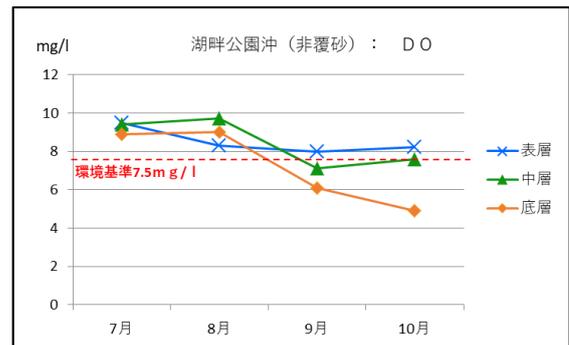
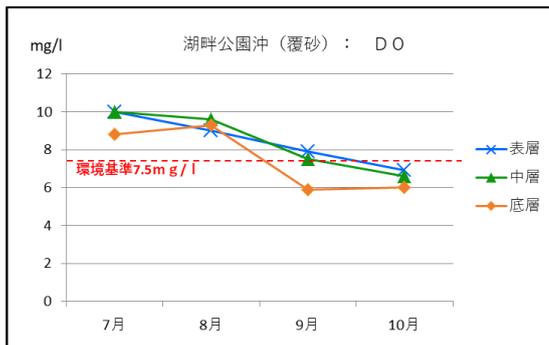
①水温

7月をピークにして8月以後はいずれの調査地点でも水温が低下していったが、10月には少し上がる傾向が見られた。階層別水温については、底層から中層、表層になるに従って水温が高くなるとともに、7～9月はヒシの植被率が高かった高木沖（非覆砂）、有賀沖（覆砂）、有賀沖（非覆砂）で表層から底層までの水温差が大きい傾向が見られた。ヒシの浮葉が表層付近の水温を上げている影響によるものと思われる。一方で、ヒシの全くなかった湖畔公園沖（非覆砂）及びヒシのほとんどなかった湖畔公園沖（覆砂）では表層から底層までの水温差が小さかった。10月になると湖畔公園沖及び高木沖では覆砂の有無に関係なく表層から底層までの水温差がほとんどなくなったが、有賀沖では水温差が顕著に小さくならなかった。10月の有賀沖では流入河川の冷たい水が底層付近に潜り込んでいる影響があるものと思われる。



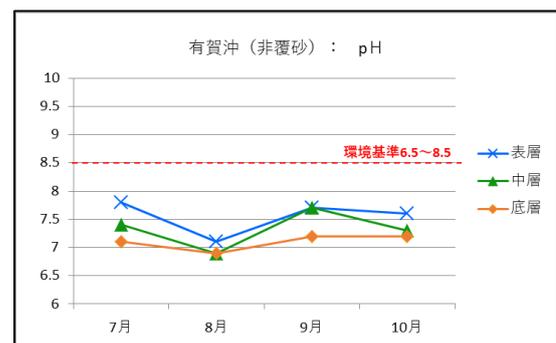
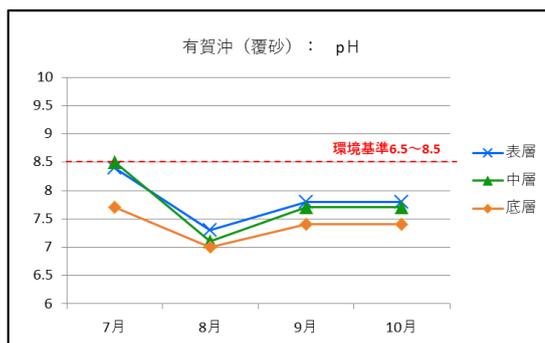
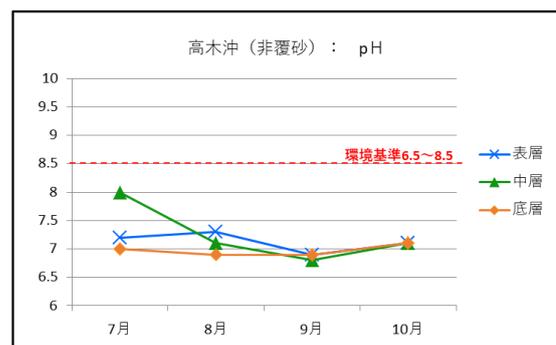
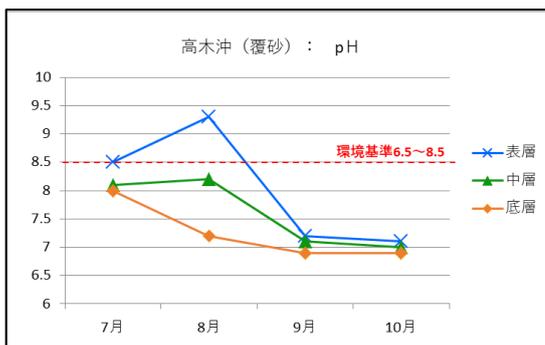
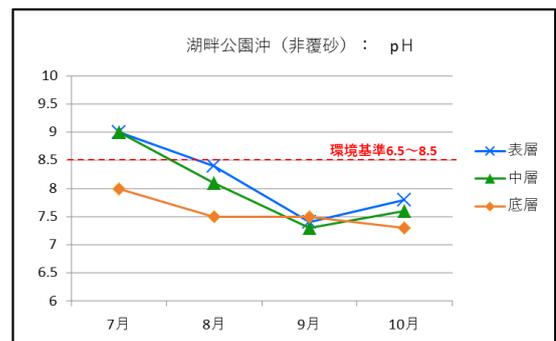
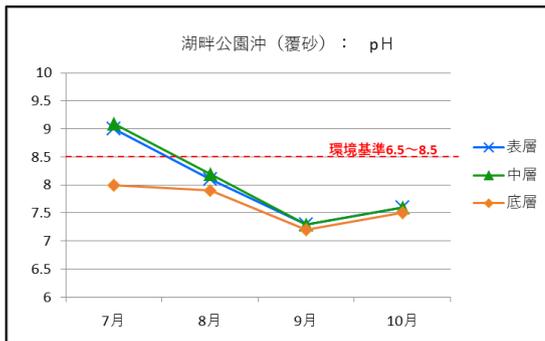
②DO（溶存酸素量）

階層的特徴として底層におけるDOが低い傾向が見られ、特にヒシの繁茂していた7～10月の高木沖（非覆砂）及び7～8月の有賀沖（非覆砂）では低く、ヒシ繁茂の影響によるものと思われる。また、高木沖（覆砂）における7月及び9～10月の底層もDOが低く、沈水植物のクロモが繁茂していた影響があるものと思われる。一方で、表層及び中層ではDOが高い傾向が見られ、7～8月は有賀沖（非覆砂）を除き概ね環境基準を満たした。しかし、9～10月になるとDOの低下傾向が見られ、特に高木沖では覆砂の有無に関係なくすべての階層で環境基準値以下に低下した。



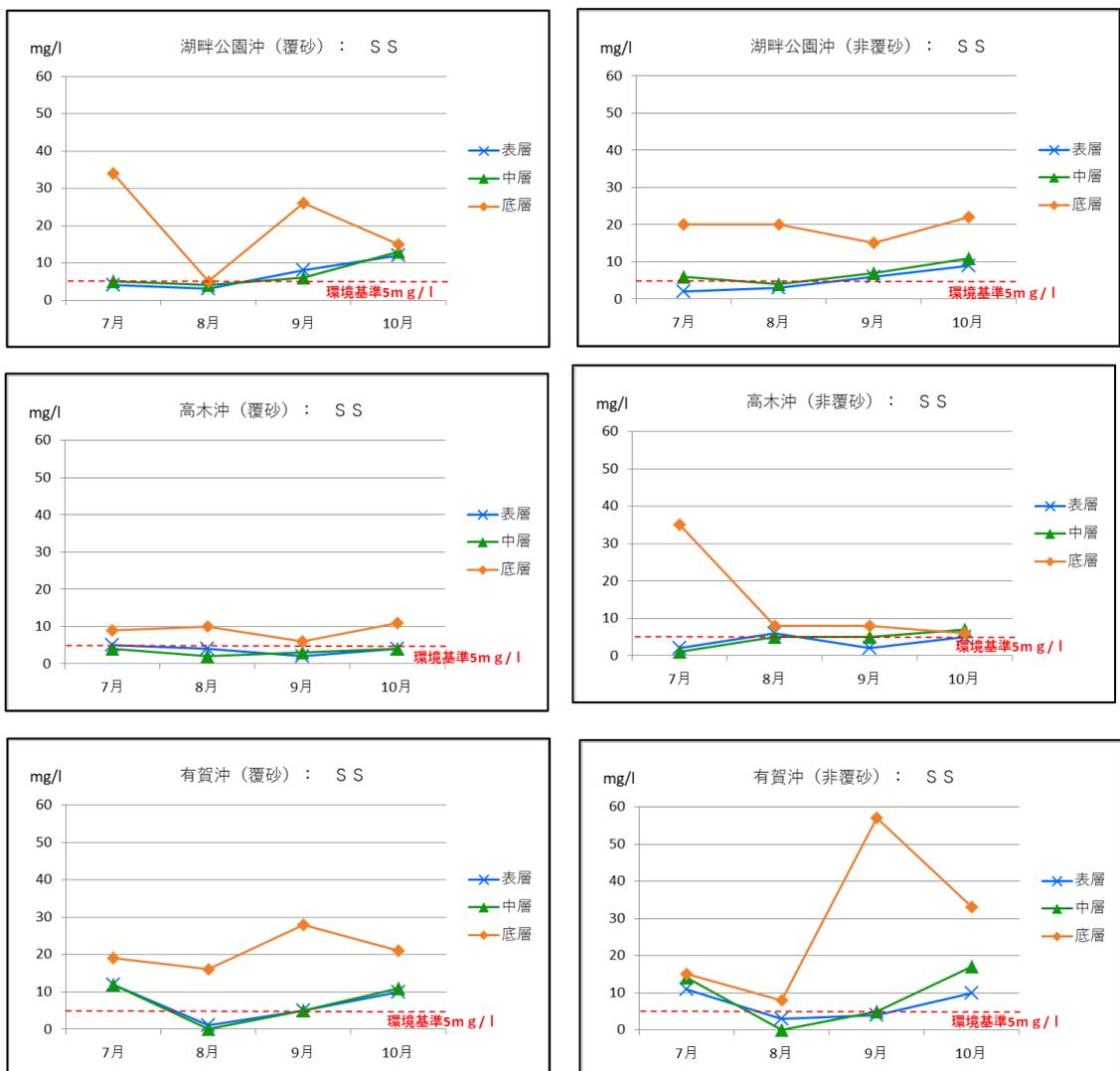
③ pH（水素イオン濃度）

季節的変動特性として、7月に高木沖（覆砂）を除いて表層・中層のpHが高い傾向が見られ、特に湖畔公園沖では覆砂の有無に関係なく環境基準を超えるまでの高さになった。一般的に、植物プランクトン量の増加に伴い水中の二酸化炭素（CO₂）が減少してpHが高くなると言われているが、7月の湖畔公園沖では覆砂の有無に関係なくクロロフィル濃度がそれ程高くなかった。また、高木沖（覆砂）では、8月に表層のみが環境基準を超えるまでに高くなった。一方で、底層においては表・中層よりpHが低くなる傾向が見られ、いずれの地点でもすべての階層において環境基準を超えるまでに高くなることはなかった。



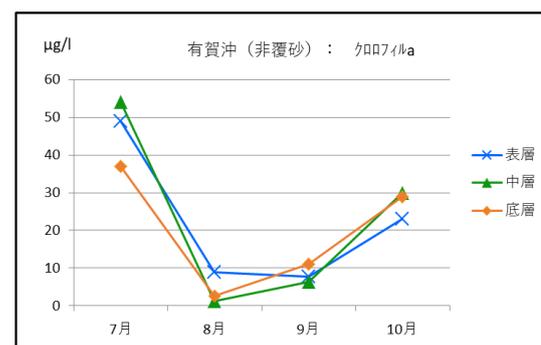
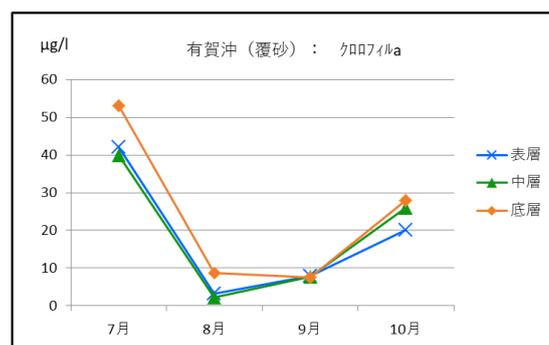
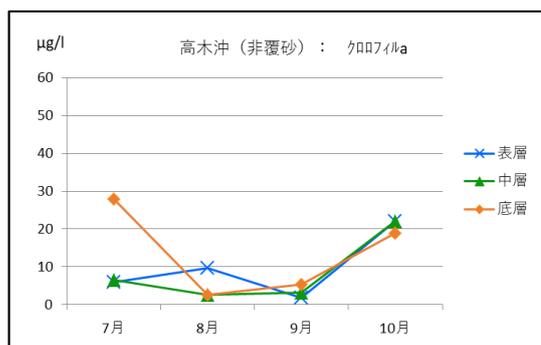
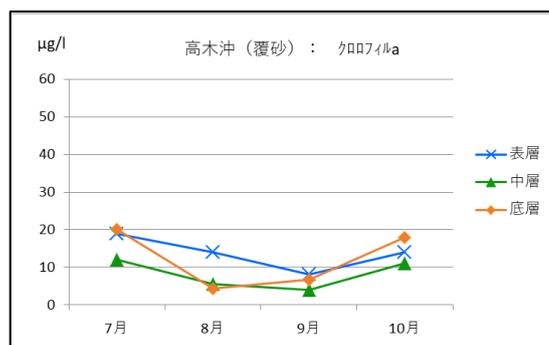
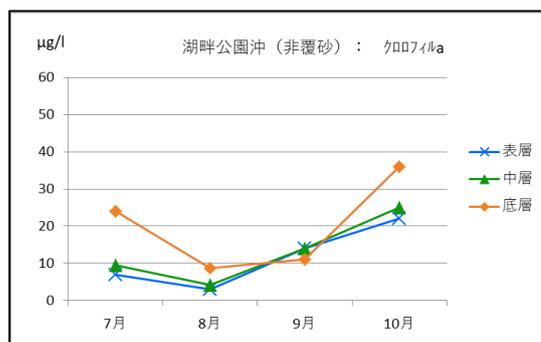
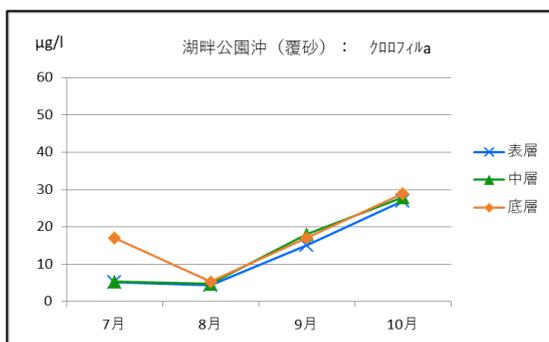
④SS（浮遊物質）

底層においていずれの地点でもSSが高く、特に有賀沖（非覆砂）の底層で9月にSSが高くなった。底層のSSが高くなる要因としては、藻類を含む有機質などの沈降や荒波に伴う底質や沈降物の巻き上げなどが考えられる。有賀沖（非覆砂）では9月にヒシが枯れ始めているが、9月にはクロロフィルaの値がそれ程高くないにもかかわらず底層の全窒素と全リンが高く、特に全リンはすべての地点・時期において最も高くなった。これらの状況から、離脱・沈降して分解しつつある付着藻類や、腐って分解しつつある水草の小さな破片のようなものが、底層付近に多量に浮遊していたためにSSが高くなったのではないかとと思われる。一方で、表層・中層ではSSが低く、また表層と中層のSSの差も小さかった。特に沈水植物の繁茂していた高木沖（覆砂）の表層・中層では、SSが全期間を通して環境基準の5mg/l以下の低い値で推移し、底層でも6~11mg/lの低い値で推移し、全地点における最もSSの低い地点であった。また、ヒシの繁茂していた高木沖（非覆砂）の表層・中層でも、SSが全期間を通して概ね環境基準の5mg/lを越えない程度の低い値で推移した。



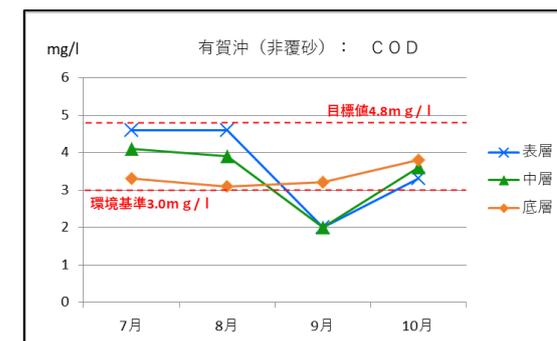
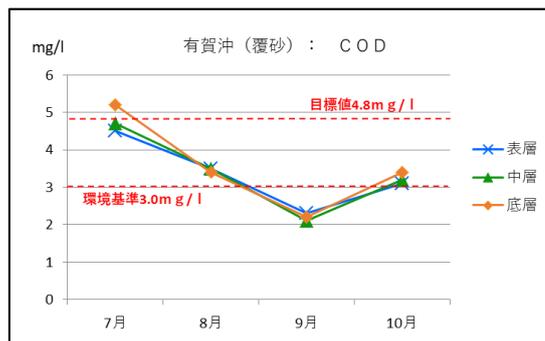
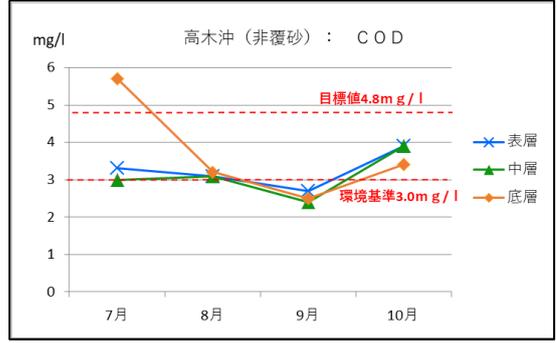
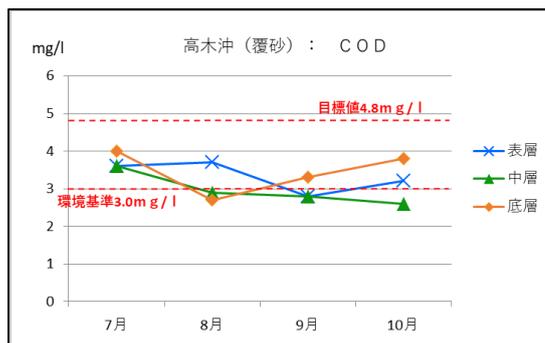
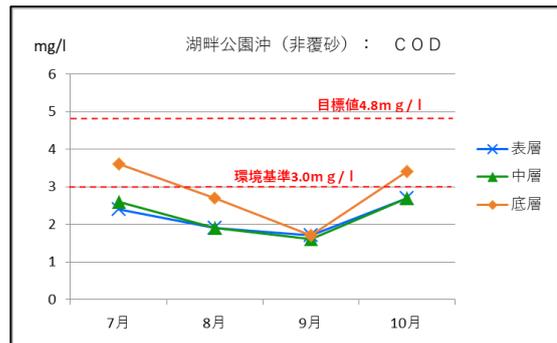
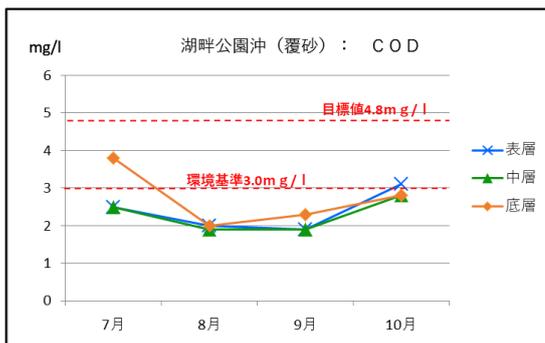
⑤クロロフィル a

季節的変動特性として8月にクロロフィルaの低い傾向が見られた。本年度は8月に豪雨・長雨があり、その影響もあったものと思われる。秋になるとクロロフィルaが徐々に高くなったが、このような変動は最近の諏訪湖における特徴的傾向でもあり、本年度は10月になり上昇が顕著になった。調査地点別の特徴として、有賀沖では覆砂の有無に関係なく7月にクロロフィルaが際立って高かった。その要因としては、有賀沖（非覆砂）ではヒシが繁茂していたとはいっても植被率が90%であり、浮葉の間から太陽光が水中に差し込む余地があったとともに、ヒシの繁茂などにより水温が上がり易い中で、ジュンサイハムシの食害により水中に窒素や特にリンが供給され易い状況があったためではないかと思われる。また、その変動の波形も覆砂箇所と非覆砂箇所と近似していた。ヒシの繁茂状況等から考えて、覆砂箇所と非覆砂箇所との間で水の移動がある程度可能であり、近似した水質になったのではないかと思われる。一方で、水面でヒシの繁茂していた8月の有賀沖（非覆砂）ではクロロフィルaが低く、7～9月の高木沖（非覆砂）も7月の底層を除くとクロロフィルaが低かった。また、水中でクロモの繁茂していた7～10月の高木沖（覆砂）もクロロフィルaが低く、8月の有賀沖（覆砂）も、クロモの成長に伴い水中全体での植被率が高かった時期であり、クロロフィルaが低かった。



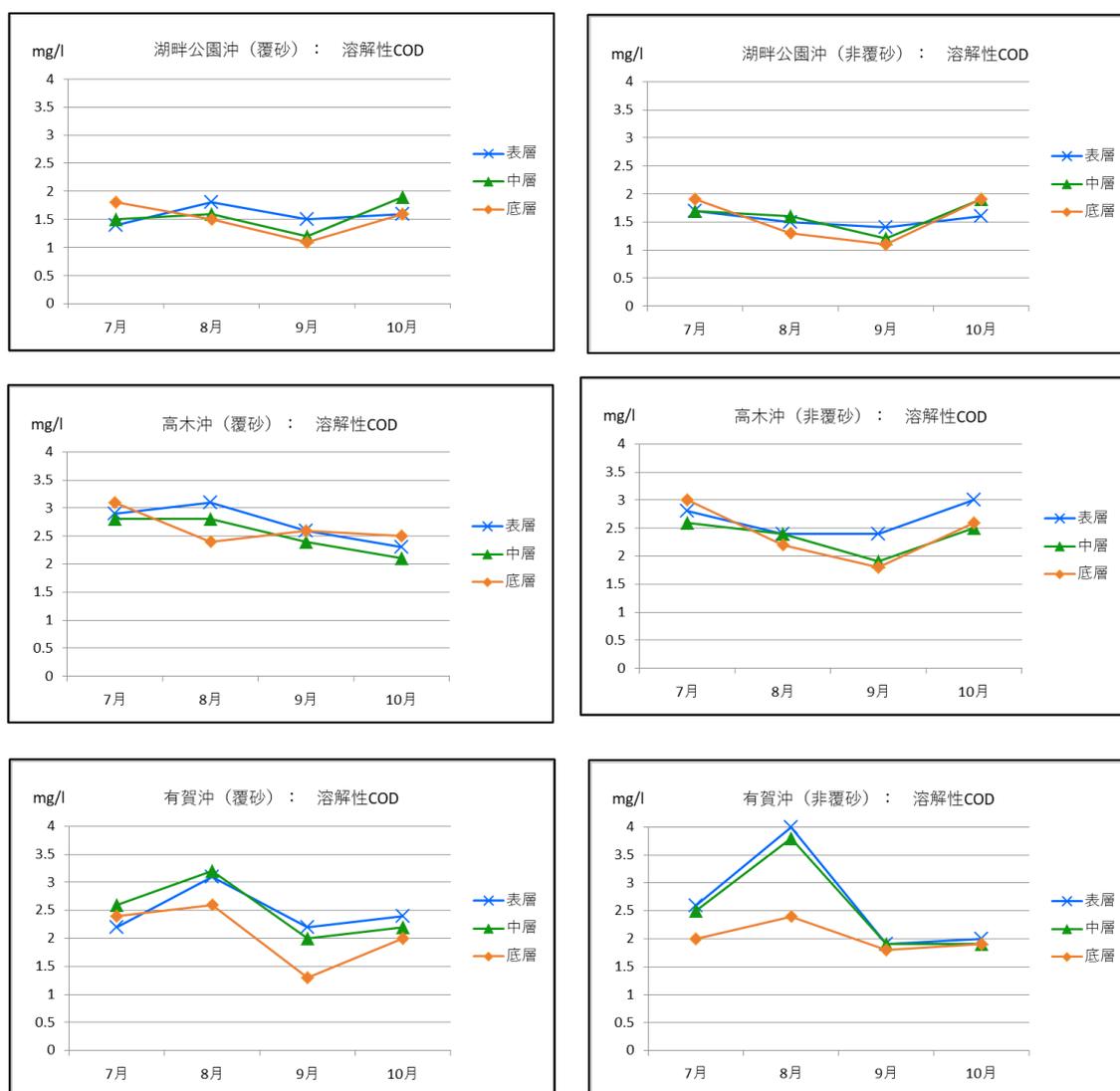
⑥COD（化学的酸素要求量）

水草の貧弱であった湖畔公園沖のCODは、覆砂の有無に関係なく底層を除き概ね環境基準以下で低く推移した。しかし、その他の地点におけるCODは、9月を除き概ね環境基準以上に高くなった。CODが高くなる要因のひとつに植物プランクトン量の増加があるが、8月の有賀沖では覆砂の有無に関係なくクロロフィルaが低いにもかかわらず、特に有賀沖（非覆砂）ではCODも低くはならなかった。植物プランクトン量の増加以外にCODを高くする要因があるものと考えられるが、この時期にジュンサイハムシの幼虫が多く見られたことから、ヒシの浮葉が食べられて糞となった有機質が水中に多量に供給された可能性が考えられる。また、10月になると沈降したヒシの葉が分解する過程でCODを高くしているものと考えられる。一方で、ヒシのあまり繁茂しなかった高木沖（覆砂）ではクロモが繁茂していた。クロモはある程度繁茂すると、湖底付近の十分に陽光の差し込まない部分の葉は順次腐っていくので、この腐った葉もCODを高くしているものと考えられる。適度に水草があることは一般的にはCODを高めない効果があると言われているが、一定の限度を超えての水草の存在は、水草の分解過程などにおいてCODを高くする可能性があると思われる。また、水草の貧弱であった湖畔公園沖では、表層・中層と比較して底層でCODが高い傾向が見られ、底層にCODを高くする有機質などが溜まり易かったものと思われる。



⑦溶解性COD (d-COD)

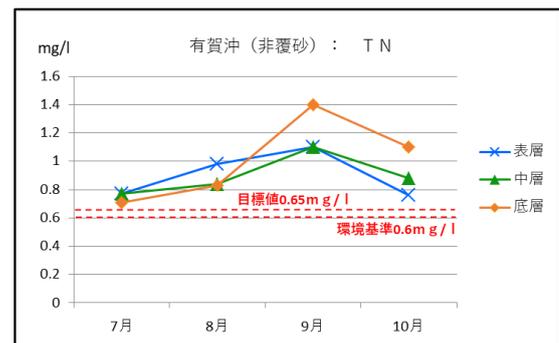
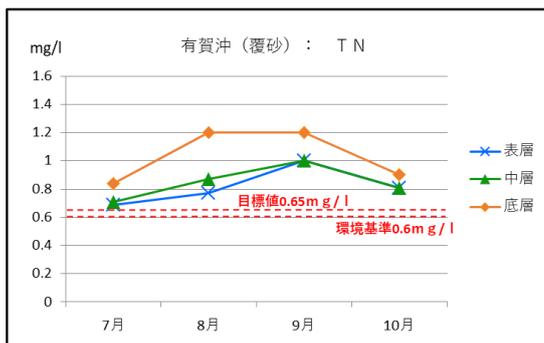
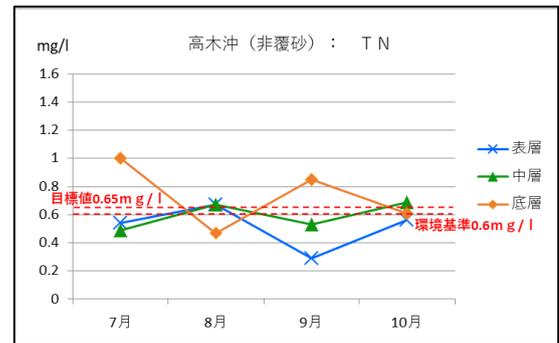
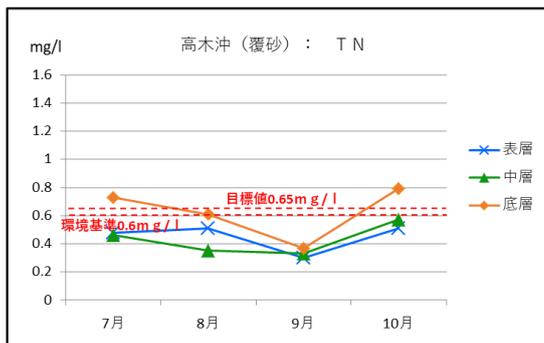
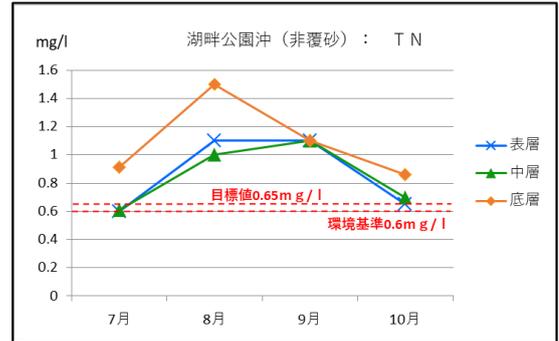
8月～10月の溶解性CODの季節的変動の波形は、湖畔公園沖及び高木沖では覆砂の有無に係らず概ねCODの季節的変動の波形に近似している。一方で、有賀沖ではCODの季節的変動の波形と比較し、8月に溶解性CODの値が高く、特に有賀沖（非覆砂）の表層・中層の値が著しく高くなった。この時期にジュンサイハムシの幼虫が多く見られたことから、ヒシの浮葉が食べられ糞となった有機質が水中に多量に供給された可能性が考えられ、底層と比較して特に表層・中層の値が著しく高くなったこともそれを裏付けるひとつの根拠のように思われる。



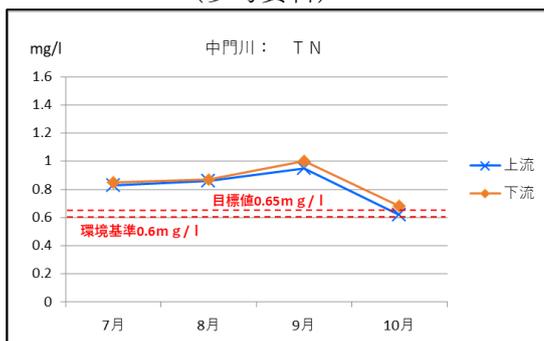
⑧TN (全窒素)

高木沖（覆砂）の表層・中層のTNは、7～10月の全期間において環境基準の0.6mg/l以下で低く推移した。高木沖（非覆砂）の表層・中層のTNも、7～10月の全期間において概ね目標値の0.65mg/l以下でやや低く推移した。高木沖（覆砂）はクロモが繁茂していた場所であり、高木沖（非覆砂）もヒシが繁茂していた場所であり、どちらも水草が繁茂していた。参考資料として示した上川の分流である中門川上流付近のTNの値と比較すると、ヒシの枯れ始めた10月の高木沖（非覆砂）を除き、水草が繁茂していた高木沖の方がTNの値が低い。中門川は諏訪湖における最大の流入河川である上川の分流に当たるため、諏訪湖へ流入する概ねの水質を示すものと考えられることから、諏訪湖への流入直後の水質に対し、繁茂する水草が高木沖のTNの低下

に大きな影響を与えているように思われる。一方で、有賀沖では覆砂の有無に関係なく表層・中層のTNが、参考資料として示した中門川上流付近の7~10月のTNの推移に近似し、9月に最も高くなった。有賀沖は新川の河口付近に位置し、上川や中門川の河口からは離れているものの、流入河川の大まかなTNとの関連性を見る上では参考になると考えられるが、両者の7~10月のTNの推移が近似していることから、有賀沖のTNは流入河川のTNの影響を受け易いのではないかとと思われる。湖畔公園沖では覆砂の有無に関係なく、7月の表層・中層のTNは中門川のTNより低いものの、8~9月は目標値を大幅に超え、9月をピークにして中門川のTNより高く推移した。湖畔公園沖特有のTNを高くする要因があるものと考えられる。

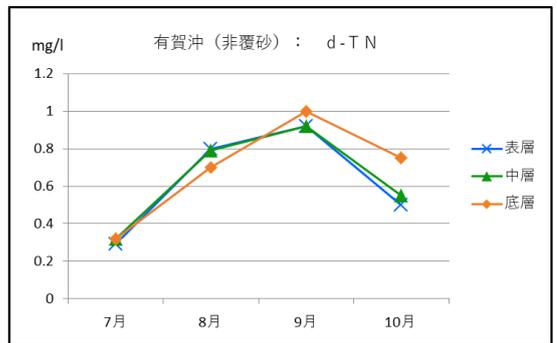
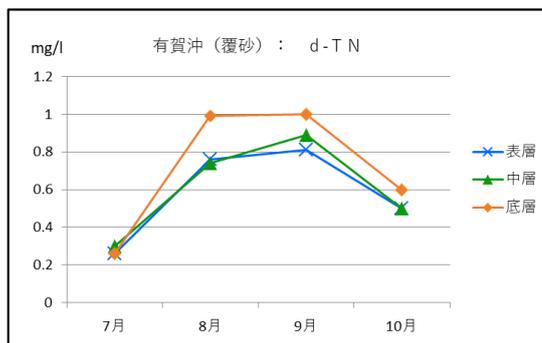
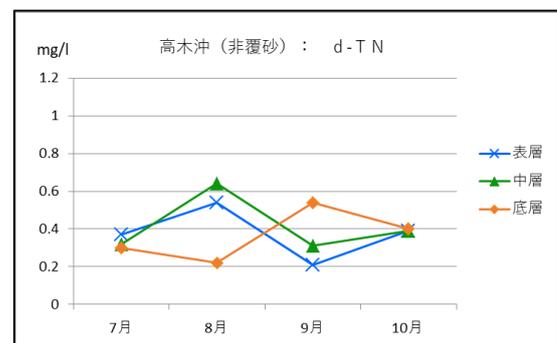
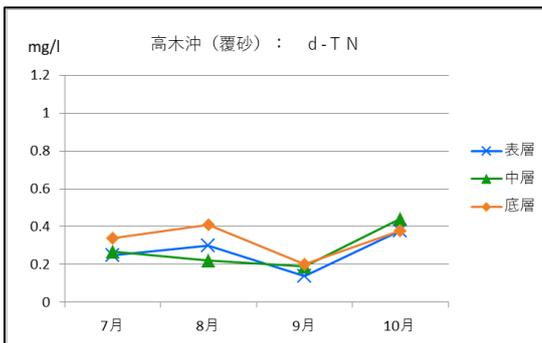
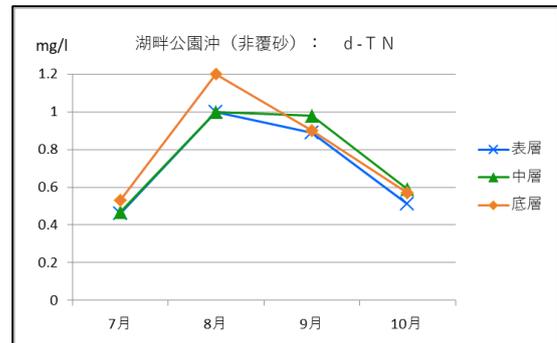
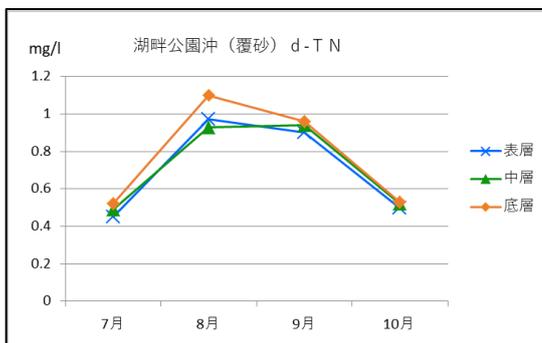


(参考資料)

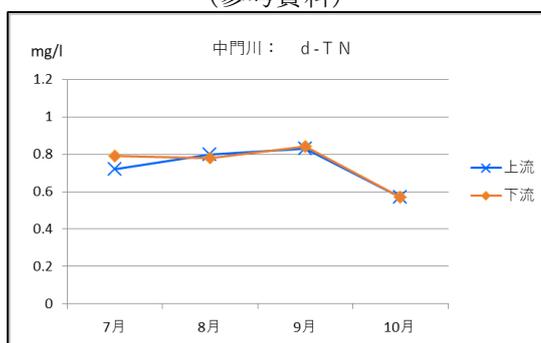


⑨ d-TN (溶存態全窒素)

7月のd-TNは、いずれの地点・階層ともに中門川のd-TNより低かったが、8~9月は湖畔公園沖では覆砂の有無に関係なく中門川のd-TNより高くなり、有賀沖では覆砂の有無に関係なく中門川のd-TNと概ね同じ高さになった。水草が特に繁茂していた高木沖では覆砂の有無に関係なく中門川のd-TNより低く推移した。そして、10月にはいずれの地点・階層ともに概ね中門川のd-TNの値に近づいた。高木沖のd-TNが中門川のd-TNより低く推移したのはクロモヤヒシなどの水草による消費が考えられる。7月にいずれの地点・階層ともに中門川のd-TNより低かったことも、水草による消費が考えられ、それが全地点に及んだのは、諏訪湖内の水の移動がある程度スムーズに行えるような状態にあったためではないかと考えられる。ただし、湖畔公園沖で8~9月に中門川のd-TNより高く推移した要因は不明であり、湖畔公園沖特有のd-TNを高くする要因があるものと考えられる。

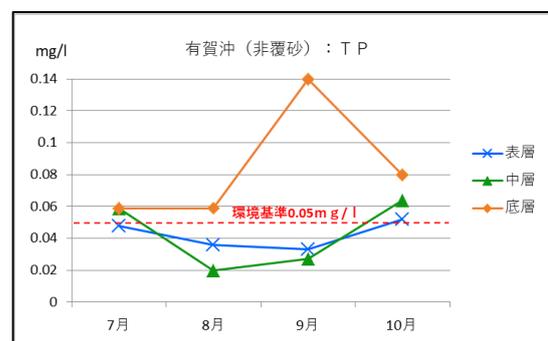
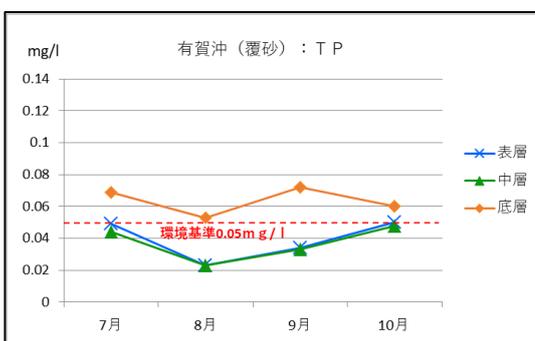
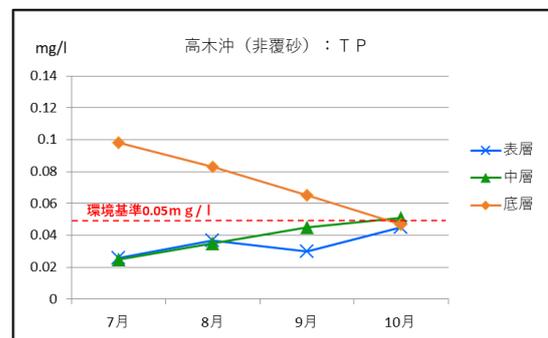
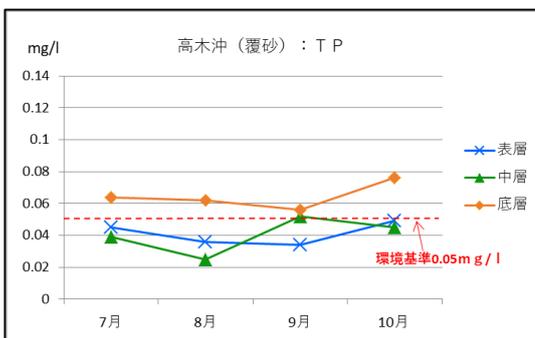
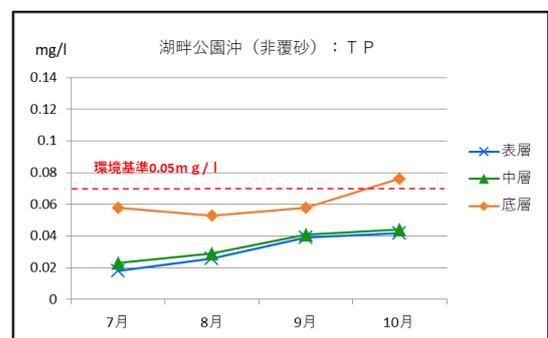
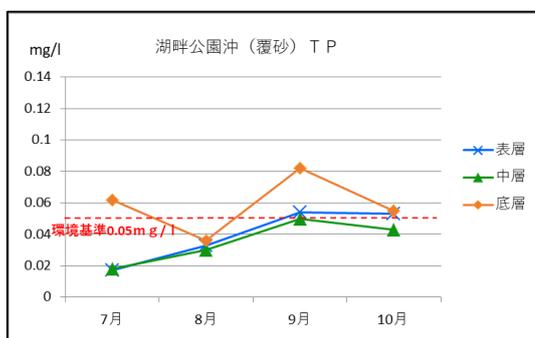


(参考資料)

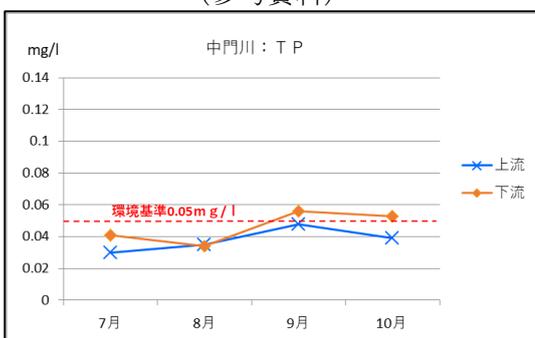


⑩TP (全リン)

湖畔公園沖 (覆砂) の9~10月の表層及び有賀沖 (非覆砂) の7月と10月の中層を除く、すべての地点・時期における表層・中層のTPは概ね環境基準を満たした。なお、底層でリンが高くなるのは、リンが沈降し易いためであると考えられる。わずかではあるが9~10月の表層のTPが環境基準を超えた湖畔公園沖 (覆砂) では、川砂を覆砂材料として使用しているの、その川砂のリン含有量が高いとこのような結果になることがある。有賀沖 (非覆砂) の7月及び10月の中層のTPが環境基準を超えた要因については不明である。水深のやや深い湖畔公園沖 (覆砂)、湖畔公園沖 (非覆砂)、高木沖 (非覆砂) における7月の表層・中層のTPが特に低いのは、調査の前の大雨の有無、調査時及び直前の強風の有無、及びヒシ繁茂の有無の影響により湖水に成層が形成されていたためではないかと思われる。なお、参考資料の中門川下流における9~10月のTPが高いのは、調査地点のすぐ下にある堰の堰板が外され、流速が増した影響が考えられる。

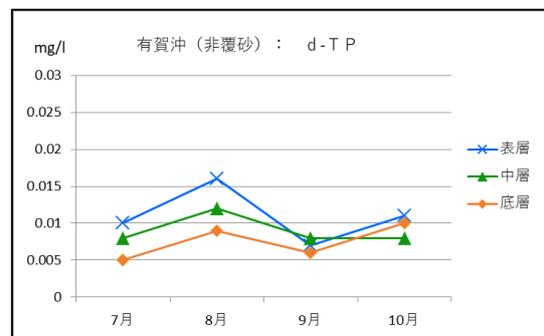
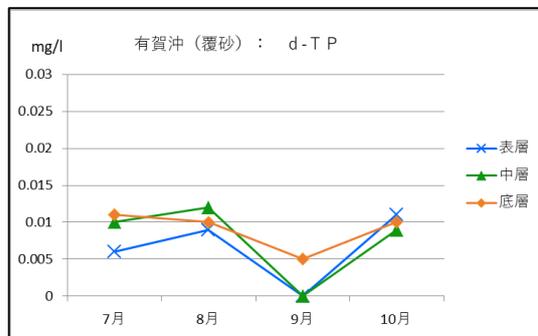
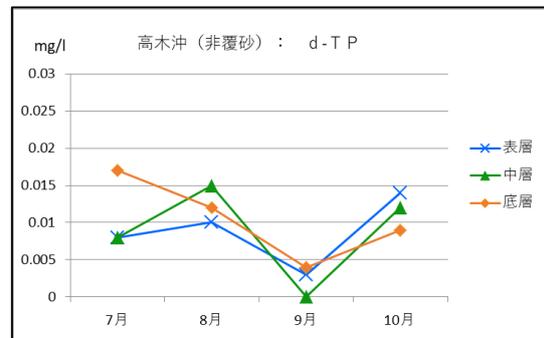
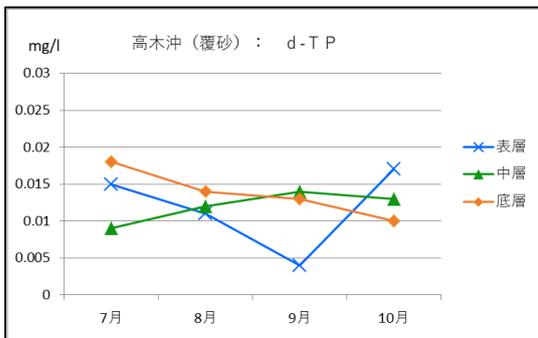
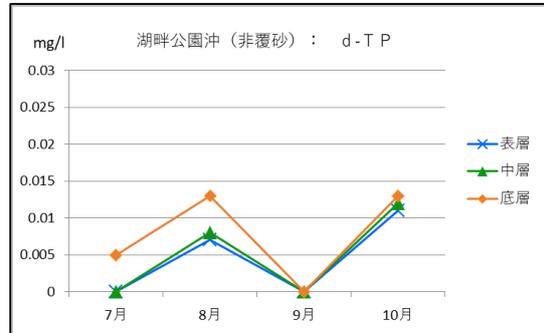
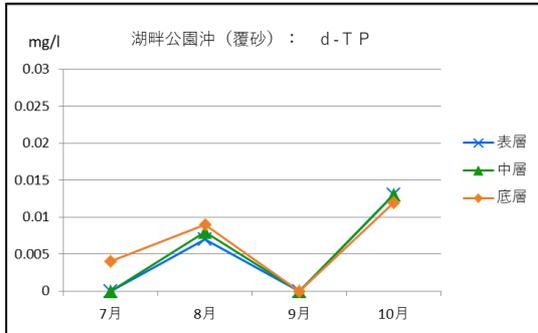


(参考資料)

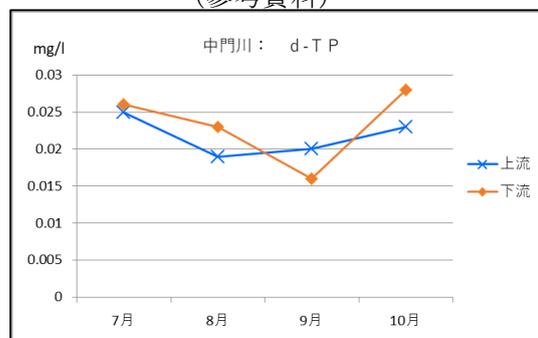


⑪ d-T P (溶存態全リン)

すべての地点・時期・階層において中門川より d-T P が低く、諏訪湖に流入する d-T P 以上に諏訪湖内で消費される d-T P の方が上回っていたものと思われる。それが、本年度の 7~10 月における植物プランクトン発生を少なくしていた要因のひとつとなっていたと思われる。なお、d-T P は T P のように顕著に底層で高くなる傾向は見られなかった。



(参考資料)



(2) 底質調査結果

含有試験による全窒素（TN）は、湖畔公園沖、高木沖及び有賀沖のいずれにおいても非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高く、顕著な季節変動はないように思われた。

含有試験による全リン（TP）も、湖畔公園沖、高木沖及び有賀沖のいずれにおいても非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高く、非覆砂箇所においては7月から10月にかけて高くなる傾向が見られたが、覆砂箇所では顕著な季節変動はないように思われた。

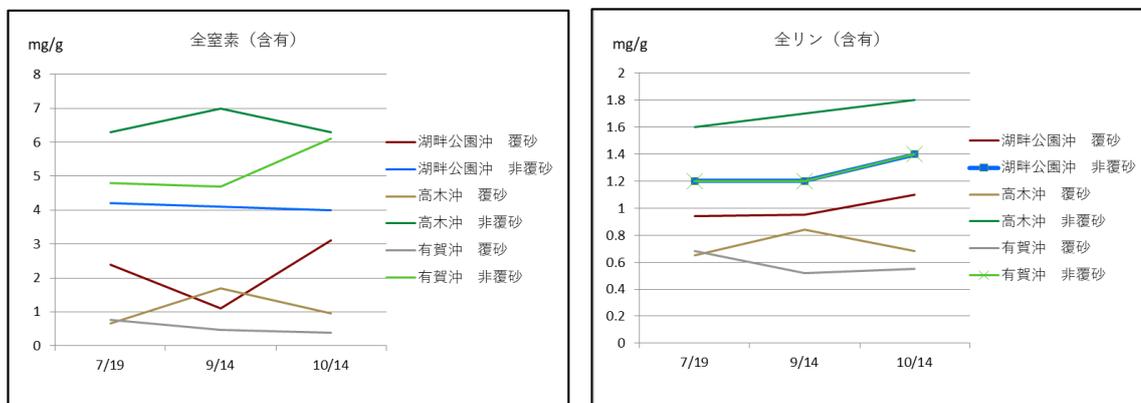


図2 底質分析結果（含有）

溶出試験による全窒素（TN）は、高木沖及び有賀沖で非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高い傾向が見られ、特に10月は著しく非覆砂箇所が高かった。一方で、湖畔公園沖では覆砂箇所が非覆砂箇所より全窒素（TN）が高い傾向が見られ、10月にそれが顕著になった。

溶出試験による全リン（TP）は高木沖及び有賀沖で7月は覆砂箇所が非覆砂箇所よりも高かったが、10月には非覆砂箇所が覆砂箇所よりも著しく高くなった。一方で、湖畔公園沖では非覆砂箇所が覆砂箇所より全リン（TP）が高い傾向が見られ、7月と10月にそれが顕著であった。季節変動として、全リン（TP）は7月から9月に一旦低下する傾向が見られたが、その後10月にはすべての地点で上昇した。

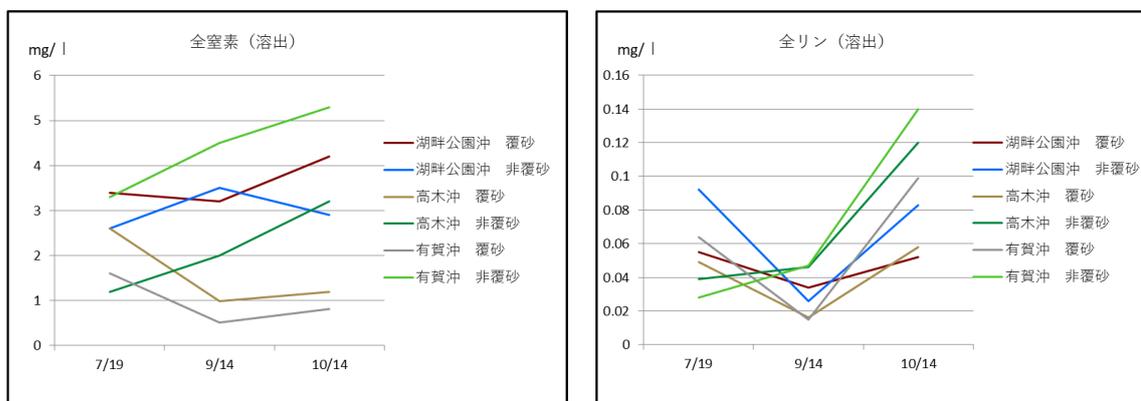


図3 底質分析結果（溶出）

(3) 水草調査結果

①確認種（水草のフローラ）の特徴（表2参照）

- ・全体で4科8種の水草が確認され、その中の2種は切れ藻であった。
- ・確認種の中でコオニビシ、クロモ、ホソバミズヒキモ（水中葉）、センニンモ、マツモの5種と、流れ藻のセキショウモ、ヒロハノエビモの2種、計7種は重要種であり、ヒシ以外はすべて重要種であった。
- ・覆砂箇所における確認種数は、覆砂後の年数を経過するに従い多くなり、湖畔公園（覆砂）が2種、高木沖（覆砂）が4種、有賀沖（覆砂）が5種であった。また、重要種数も覆砂後の年数を経過するに従い多くなり、湖畔公園（覆砂）が1種、高木沖（覆砂）が3種、有賀沖（覆砂）が4種であった。以上から、覆砂直後は一時的に確認種数及び重要種数が減少するが、その後は非覆砂箇所よりも増加していくと思われる。
- ・非覆砂箇所における確認種数は、覆砂後の年数を経過しても3種と変わりなく、重要種数も、覆砂後の年数を経過しても2種と変わらなかった。
- ・覆砂箇所及び非覆砂箇所を合わせた地区（各沖）ごとの流れ藻を除く確認種数は、覆砂後の年数を経過するに従い多くなり、湖畔公園が3種、高木沖が4種、有賀沖が5種であった。また、切れ藻を除く重要種数も覆砂後の年数を経過するに従い多くなり、湖畔公園が2種、高木沖が3種、有賀沖が4種であった。以上から、覆砂直後は一時的に確認種数及び重要種数が減少することもあるが、その後は覆砂箇所の確認種数及び重要種数の増加が、非覆砂箇所を合わせた地区（各沖）ごとの確認種数及び重要種数も増加させていると考えられる。

表2 現地確認水生植物リスト

| No | 生態的区分 | 科名 | 和名 | 種名(学名) | 湖畔公園沖 | | 高木沖 | | 有賀沖 | | 他 Bゾーンの浅瀬 | 重要種 | | 備考 |
|---------|---------|-------|--------------------------------|---------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------|--------------|--------|--------|--------|
| | | | | | 覆砂 | 非覆砂 | 覆砂 | 非覆砂 | 覆砂 | 非覆砂 | | 環境省R/L | 長野県R/L | |
| 1 | 浮葉植物 | ヒシ | ヒシ | <i>Trapa japonica</i> | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | イボビシ含む |
| 2 | | | コオニビシ | <i>Trapa natans var. pumila</i> | | | ● | ● | ● | | | | CR | |
| 3 | 沈水植物 | トチカガミ | クロモ | <i>Hydrilla verticillata</i> | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | CR | |
| 4 | | | セキショウモ | <i>Vallisneria asiatica</i> | | | | | | △ | ● | | EN | |
| 5 | | ヒルムシロ | ホソバミズヒキモ(沈水葉) | <i>Potamogeton octandrus</i> | | | | | ● | | | | NT | |
| 6 | | | センニンモ | <i>Potamogeton maackianus</i> | | ● | | | | | | | | EN |
| 7 | ヒロハノエビモ | | <i>Potamogeton perfoliatus</i> | | | | | | △ | ● | | | VU | |
| 8 | 浮遊植物 | マツモ | マツモ | <i>Ceratophyllum demersum</i> | | | ● | | ● | ● | | | EN | |
| 重要種数計 | | | | | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2(4) | | 0 | 7 | |
| 在来種数計 | | | | | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3(5) | | 7 | | |
| 全体 4科8種 | | | | | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3(5) | | | | |
| 確認種数計 | | | | | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5(7) | | | | |

注1: は重要種を示す。

注2: △ は流れ藻または切れ藻のみの確認を示し、カッコ内の数字は流れ藻または切れ藻を含む種数を示す。

② 調査地点別水生植物の生育状況とその特性

ヒシの植被率が低かった有賀沖及び高木沖の覆砂箇所では水中でクロモが生育するようになり、ヒシの植被率の低い状態が継続すると、時間経過とともに水中でクロモが繁茂するようになった。ただし、高木沖の覆砂箇所のように短期間でクロモの植被率が極めて高くなると、ヒシの繁茂を多少なりとも抑制する効果があるかもしれない。一方で、有賀沖の覆砂箇所を確認されたホソバミズヒキモのような他の沈水植物の生育も困難にし、種の多様性を高めづらくすると考えられる。覆砂によりヒシの繁茂を抑制することは、種の多様性を高めるうえで有効であると考えられるが、ヒシに変わってクロモが必要以上に繁茂する状態になることも、種の多様性を高めていくうえでの阻害要因になっていくものと考えられる。なお、高木沖（覆砂）でクロモの植被率が極めて高くなった要因として、有賀沖（覆砂）とは異なり覆砂範囲の形状が帯状であるとともに、覆砂を行わない周辺部との高低差が少なく、覆砂範囲に粘性土が堆積し易くなったことなどが影響しているものと考えられる。

表3 水草調査結果の概要

| No. | 科名 | 種名 | 湖畔公園沖 (R2度覆砂) | | | | 湖畔公園沖 (非覆砂) | | | | 高木沖 (R元年度覆砂) | | | | 高木沖 (非覆砂) | | | | 有賀沖 (H30年度覆砂) | | | | 有賀沖 (非覆砂) | | | | 環境省 R L | 長野県 R L | 外来種 | |
|--------------|-------|----------|---------------|----|----|-----|-------------|----|----|-----|--------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|---------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|---------|---------|-----|----|
| | | | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | | | | |
| 1 | マツモ | マツモ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | EN |
| 2 | ヒシ | ヒシ | ● | ● | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | |
| 3 | トチカガミ | クロモ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | CR |
| 4 | | セキシウモ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | | | EN |
| 5 | ヒルムシロ | ホソバミズヒキモ | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | NT |
| 6 | | センニンモ | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | EN |
| 7 | | ヒロハノエビモ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | △ | | | | VU |
| 地点・調査時期別確認種数 | | | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 6 | 0 | |
| 地点・調査時期別確認種数 | | | 2 | | | | 2 | | | | 2 (3) | | | | 2 | | | | 3 (4) | | | | 2 (5) | | | | | | | |

注1: ●: 湖底から生えている植物体、△: 浮遊植物(マツモ)、流れ藻または切れ葉を確認

注2: RLカテゴリー凡例 CR: 絶滅危惧 I A類、EN: 絶滅危惧 I B類、VU: 絶滅危惧 II 類、NT: 準絶滅危惧

注3: ヒシの水面の植被率 100~75%(密) 74~25%(中) 24~5%(疎) 4~1%(僅か~稀)

注4: クロモの水中の植被率 100~75%(密) 74~25%(中) 24~5%(疎) 4~1%(僅か~稀)

注5: 上表のヒシは、ヒシとイボビシに重要種のコオニビシを含む(浮葉のみでは識別困難、種子で識別可能)

湖畔公園沖（非覆砂）は、水深が3m以上で深いこともあり、ヒシが生育していなかったが、センニンモが確認された。過年の調査においもセンニンモが確認されたのはヒシの植被率の低い場所であった。センニンモは沈水植物の中では深い場所まで生育できるため、ヒシが生育困難になるような深い場所でも生育可能であり、本調査では湖畔公園沖（非覆砂）で確認されたと考えられる。以上から、ヒシ刈りを実施しなくてもヒシの植被率の低い深い場所は、センニンモが生育する可能性のある場所であると考えられる。

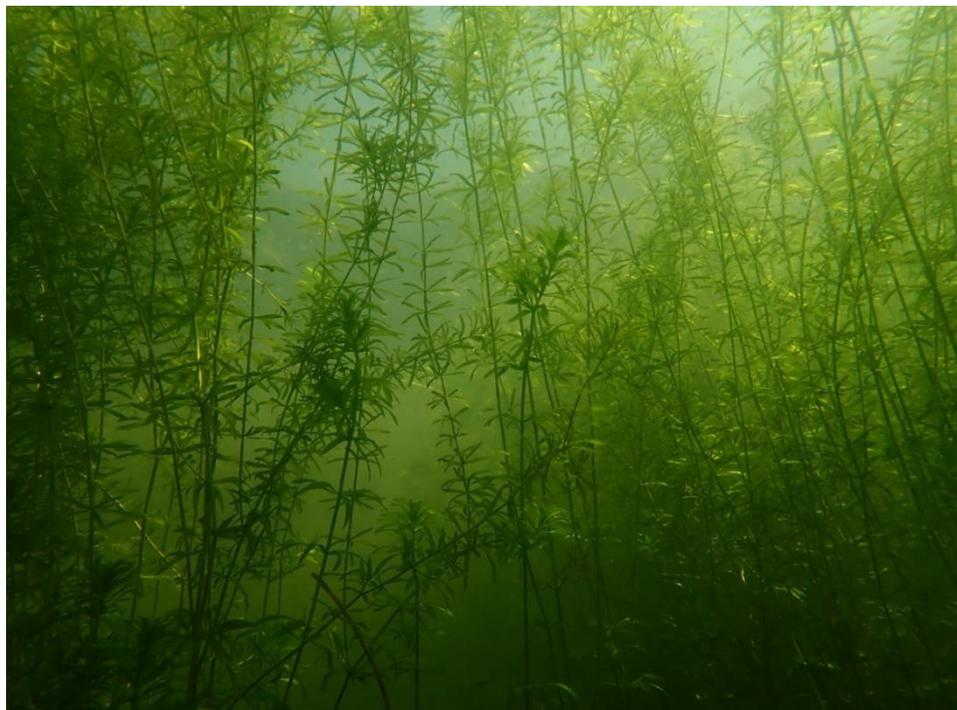
ホソバミズヒキモは、有賀沖（覆砂）のみで確認された。クロモの植被率が高木沖（覆砂）と比較して低く、覆砂によりヒシの繁茂が抑制されている中で、クロモ以外の沈水植物が生育できる余地があったためと考えられる。覆砂方法として、有賀沖（覆砂）は大面積で方形に覆砂を行い、覆砂を行わない周辺部より湖底を高くする際に高低差を十分確保したため、覆砂範囲に粘性土が堆積しづらかったことなどが影響していると考えられる。

一方で、有賀沖（非覆砂）ではセキシウモとヒロハノエビモの流れ藻が確認された。隣接する有賀沖（覆砂）より湖底標高が低いために流れ藻がたどり着き易かったと考えられる。同時に、

付近にセキショウモやヒロハノエビモの繁茂する浅瀬があり、流れ藻がたどり着き易い位置関係にあったことも重要になると考えられる。以上から、水生植物の回復を進めていくにあたり、覆砂箇所だけで考えるのではなく、覆砂箇所とその周辺の非覆砂範囲の関係に、種の供給場所となるような水生植物の良好な生育地も加えた3者の関係で考えていくべきであると考え。そして、流れ藻がたどり着いた先でヒシやクロモの繁茂がある程度抑制されて、根のある流れ藻が湖底に定着するか、根元付近まである流れ藻が発根して湖底に定着していけば、分布域が拡大していくと考えられる。



ヒシの茎と水中葉（高木沖（非覆砂）にて 2021.8.28 撮影）



繁茂するクロモ（重要種、高木沖（覆砂）にて 2021.8.28 撮影）



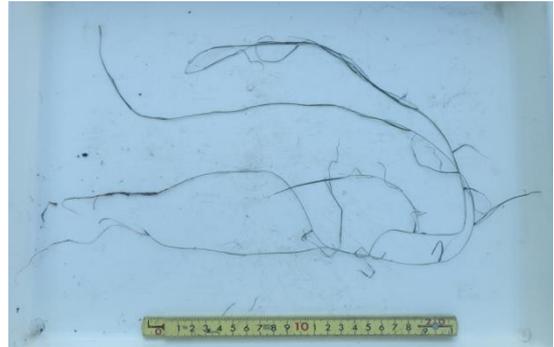
コオニビシの種子（重要種、
高木沖（非覆砂）にて 2021.7.19 採取）



水中のセンニンモ（重要種、
湖畔公園沖（非覆砂）にて 2021.8.28 撮影）



引き上げ後のセンニンモ（重要種、
湖畔公園（非覆砂）にて 2021.8.28 撮影）



ホソバミズヒキモ（重要種、
有賀沖（覆砂）にて 2021.7.19 撮影）



水中のマツモ（重要種、
有賀沖（覆砂）にて 2021.9.14 撮影）



引き上げ後のマツモ（重要種、
有賀沖（覆砂）にて 2021.9.14 撮影）



セキシヨウモ（重要種）の流れ藻
（有賀沖（非覆砂）にて 2021.10.14 撮影）



ヒロハノエビモ（重要種）の流れ藻
（有賀沖（非覆砂）にて 2021.10.14 撮影）

(4) 水草分析結果

ヒシの葉・茎、クロモともに乾燥重量当たりの全窒素、全リンが7月に最も高い傾向が見られた。ヒシの乾燥重量当たりの全炭素については、8月に最も高く、その後低下するものの10月に再び高くなっている。そもそもヒシは10月にほとんど腐ってなくなってしまうなかで、生き残っている個体を採取したため、10月に再び高くなったのかもしれない。クロモは乾燥重量当たりの全炭素が8月に最も高くなり、その後は10月まで低下していった。

乾燥重量当たりの全窒素、全リンは全期間クロモがヒシより高く、全炭素は全期間ヒシがクロモより高かった。

ヒシの茎の乾燥重量当たりのC/Nは10月に最も高く、クロモの乾燥重量当たりのC/Nは9月に最も高かった。

C/Nが20以下の有機物は一般に分解が速いと言われおり、クロモ及びヒシの葉は分解が速く、特にクロモは分解が速いと考えられる。なお、ヒシの茎及び根は葉と比較すると分解が遅いと考えられる。

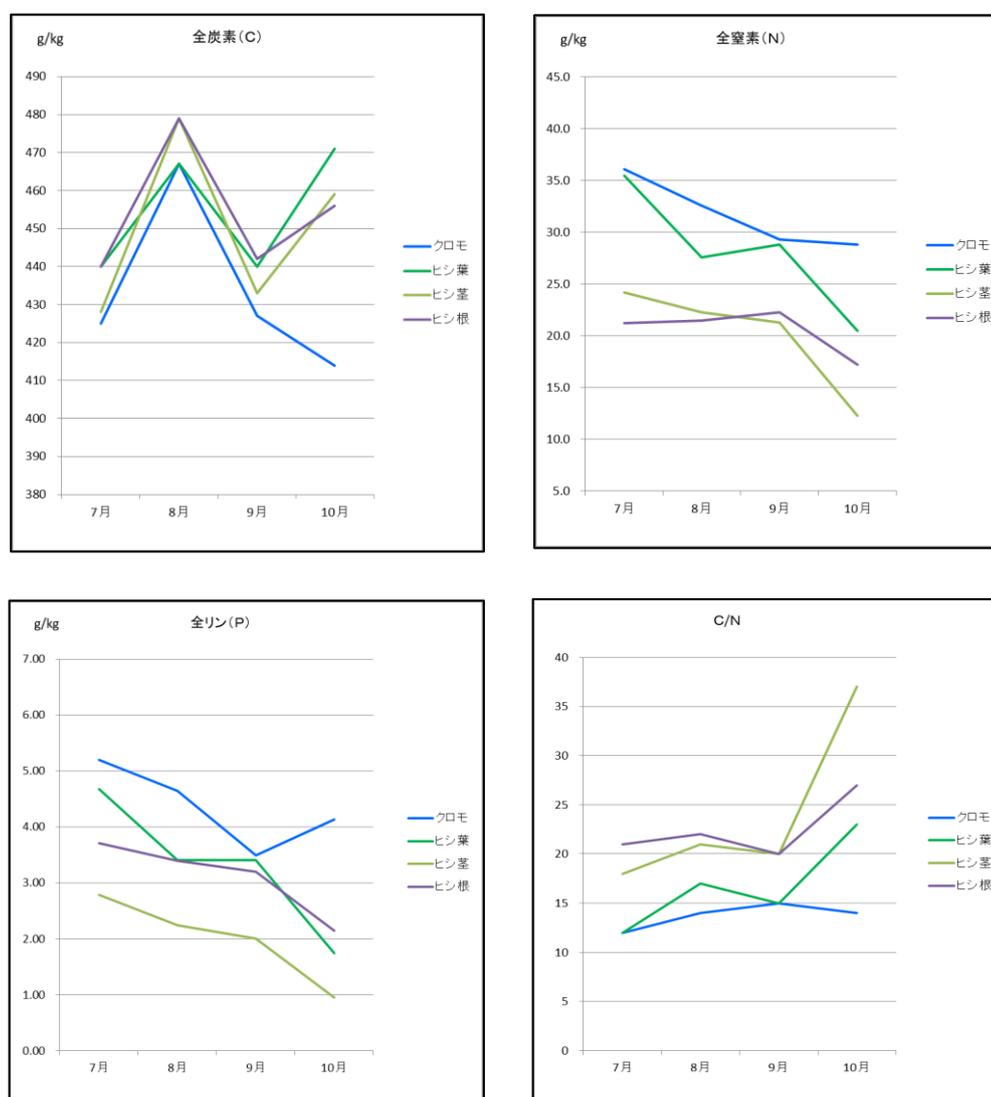


図4 水草分析結果（乾燥重量当たり）

ヒシ刈りを行う場合湿潤重量が重要になるが、特にヒシの葉は湿潤重量当たりの全炭素、全窒素、全リンが7月に最も高くなり、全炭素、全窒素はその後低下していったが、全リンは8月に最も下がった後再度上昇していった。

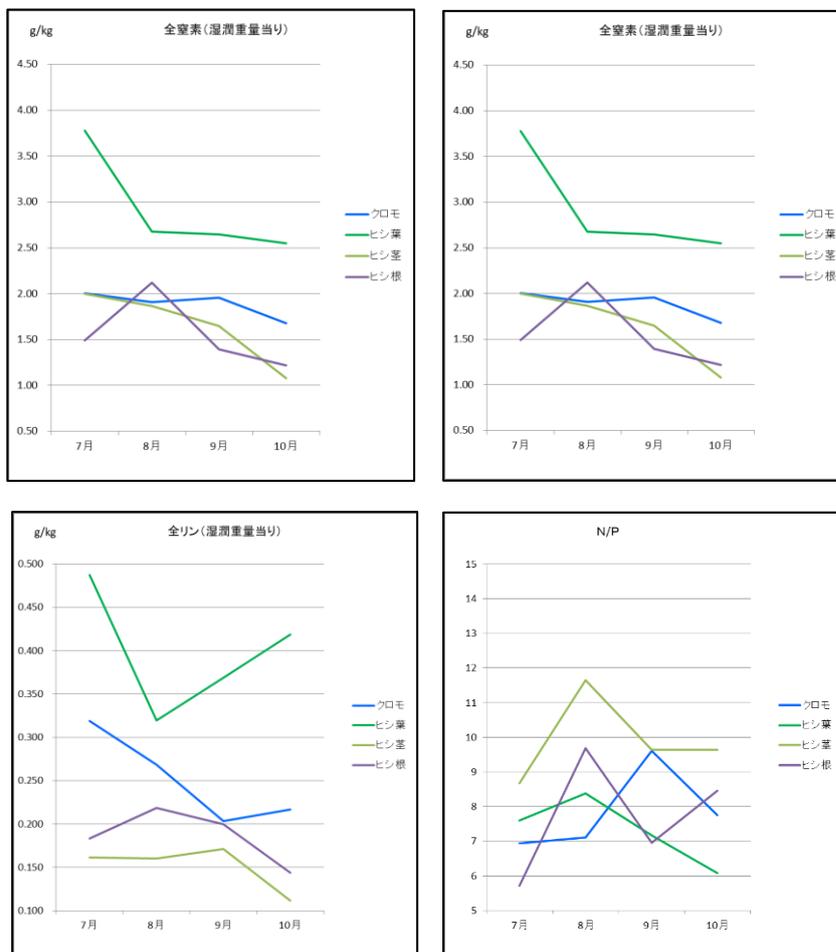


図5 水草分析結果（湿潤重量当たり）

水分についてはヒシよりクロモの方が多く、ヒシの中では葉が水分の少ない部位であった。ヒシの葉及びクロモは7月に最も水分の割合（重量比）が高く、7月のクロモは重量比で95%以上が水分であった。

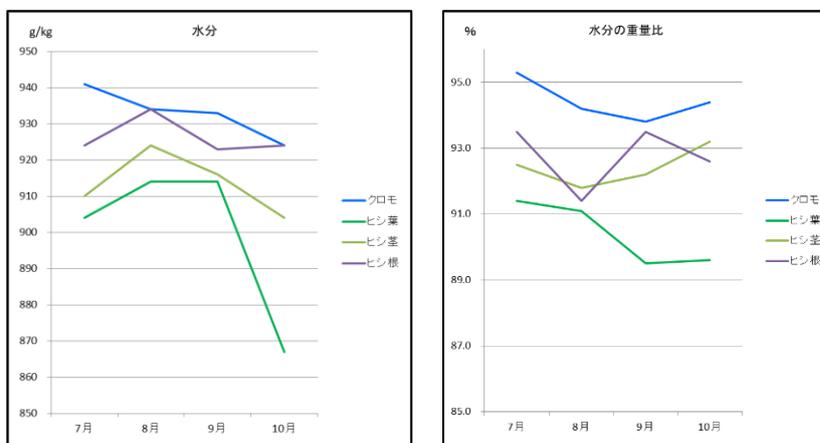


図6 水草分析結果（水分）

(5) 過年度調査結果との比較

①高木沖（覆砂箇所：H28～R1-ヒシ刈り有、R1-覆砂工事、非覆砂箇所：ヒシ刈り無し）

COD（化学的酸素要求量）については、令和1年度に覆砂工事の行われた高木沖（覆砂）で工事中の9月に突出して高くなったものの、その後は環境基準の 3mg/l （グラフ中の赤線）の前後の工事前より低い状態で安定し推移している。覆砂工事による改善が見られるように思われる。一方で、高木沖（非覆砂）は覆砂工事もヒシ刈りも行われていない場所であるが、年々僅かずつ低下傾向にあるように思われる。

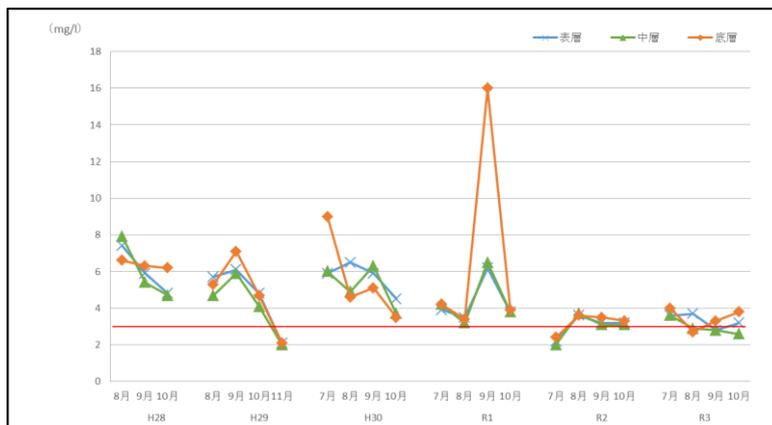


図7 高木沖（覆砂・COD）

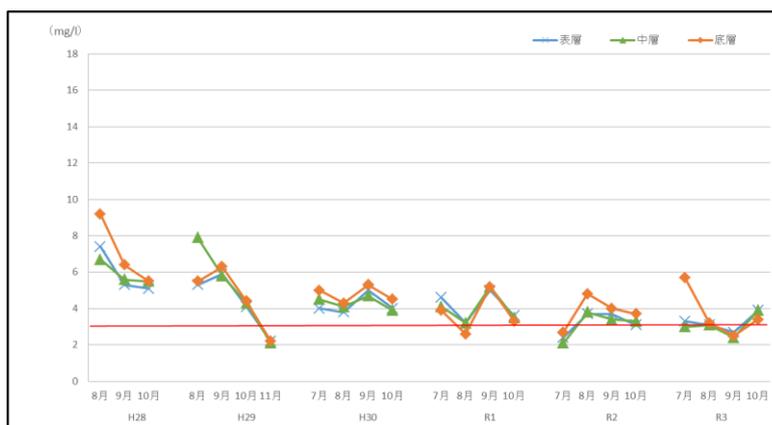


図8 高木沖（非覆砂・COD）

TN（全窒素）についても、覆砂工事後は改善傾向にあるように思われ、R2年の高木沖（覆砂）の表層・中層は環境基準の 0.6mg/l （グラフ中の赤線）以下で推移した。覆砂箇所と非覆砂箇所での違いは、覆砂工事の行われたR1年の9月の覆砂箇所の底層は例外とし、R2年にはほとんどなかったが、R3年の覆砂箇所の表層・中層において非覆砂箇所より良好となった。

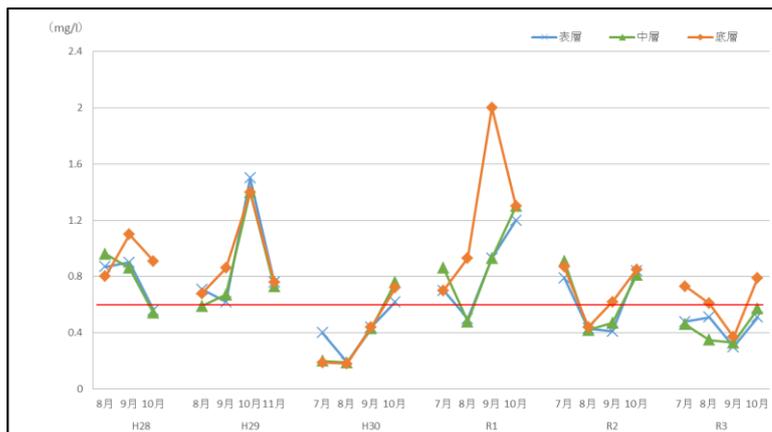


図9 高木沖（覆砂・TN）

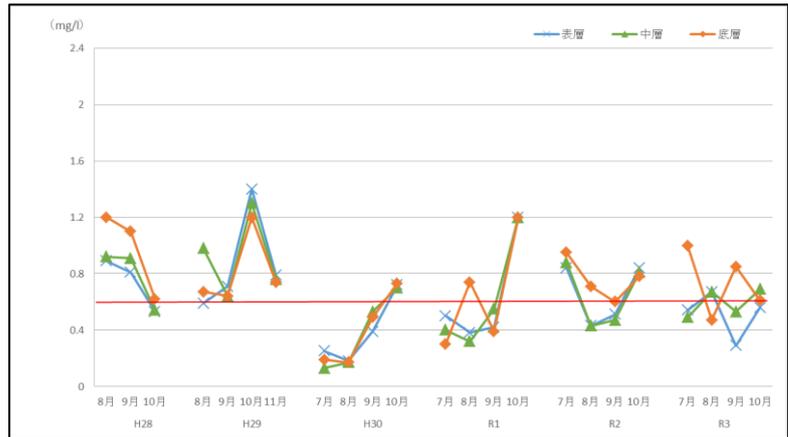


図 10 高木沖（非覆砂・TN）

TP（全リン）についても、年を経過するにつれてやや改善傾向にあるように思われ、高木沖（覆砂）のR2～R3年の表層・中層は環境基準の 0.05mg/l （グラフ中の赤線）以下で推移した。また、覆砂工事の行われたR1年の9月の覆砂箇所の底層は例外とし、覆砂箇所と非覆砂箇所での顕著な違いはないように思われる。ただし、R3年の7～9月は底層だけではあるが、非覆砂箇所の方が環境基準を超えて高くなり、特に7～8月が高かった。

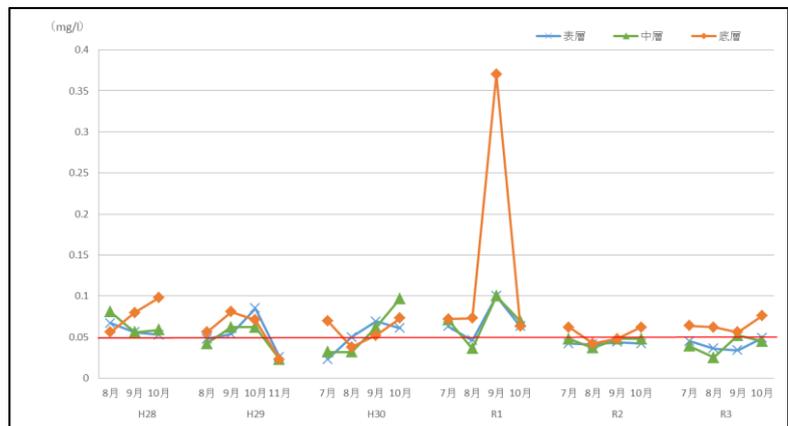


図 11 高木沖（覆砂・TP）

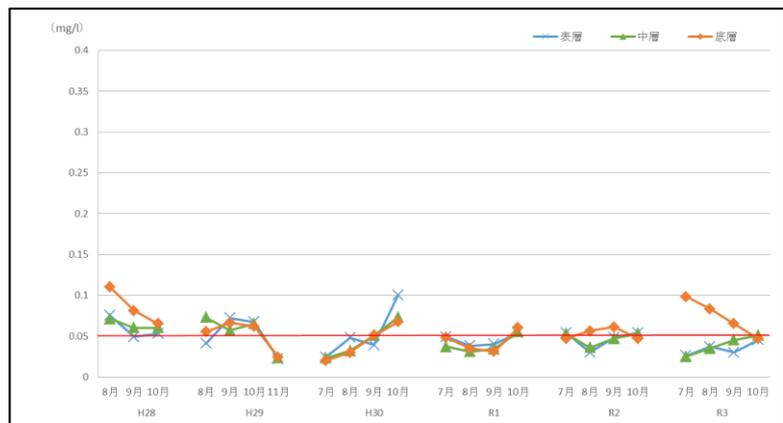


図 12 高木沖（非覆砂・TP）

DO（溶存酸素量）については、これまでヒシ刈りを行ってこなかった非覆砂箇所ではH28年をピークにしてDOの悪化傾向があるように思われる。その要因については不明である。一方で、H28年からR1年までヒシ刈りを行った覆砂箇所では、覆砂工事を行ったR1年までは悪化傾向があるように思われるが、覆砂工事の翌年のR2年にはDOの改善傾向が見られた。ただし、R3年にはクロモが繁茂するようになり、9～10月には底層とともに表層・中層でも環境基準の7.5mg/l（グラフ中の赤線）より大幅に低下した。なお、9～10月はクロモなどの水草が枯れ始めた時期に当たる。R3年に非覆砂箇所でも表層・中層のDOが最も低下したのも、ヒシが枯れ始めた時期に当たる。



図 13 高木沖（覆砂・DO）



図 14 高木沖（非覆砂・DO）

②有賀沖（覆砂箇所：R1までヒシ刈り有、H30-覆砂工事、非覆砂箇所：ヒシ刈り無し）

COD（化学的酸素要求量）については、覆砂箇所は水質調査を行うようになったR1年と比較し改善傾向にあるように思われる。ただし、R2年の7月やR3年の9月などのように環境基準の3.0mg/l（グラフ中の赤線）以下に低下することは少なく、環境基準を満たさない月の方が多い。非覆砂箇所はR2年にはR1年と比較して少し改善されたように思われたが、その後の顕著な変化はないように思われる。

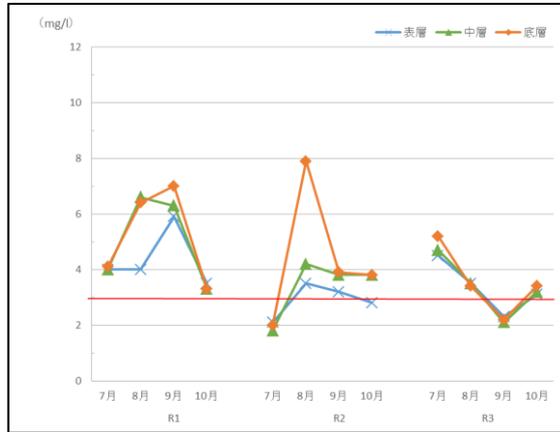


図 15 有賀沖（覆砂・COD）

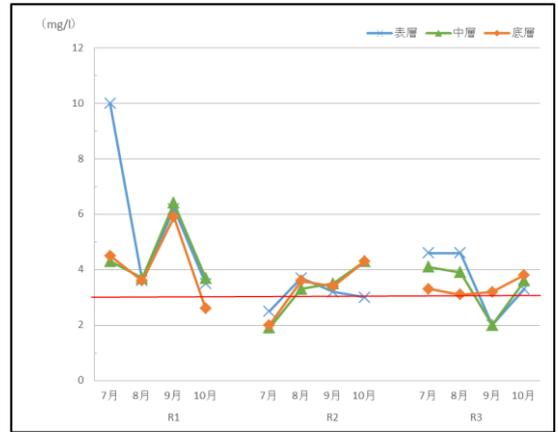


図 16 有賀沖（非覆砂・COD）

TN（全窒素）についても、覆砂箇所、非覆砂箇所ともに水質調査を行うようになったR1年と比較してR2年には僅かに改善傾向が見られたものの、R3年に僅かに悪化してR1年の状態に戻ったようにも思われ、R3年は覆砂箇所、非覆砂箇所ともに環境基準の0.6mg/l（グラフ中の赤線）以下になることはなかった。ただし、過去3年間で特に大きな変動はないようにも思われる。

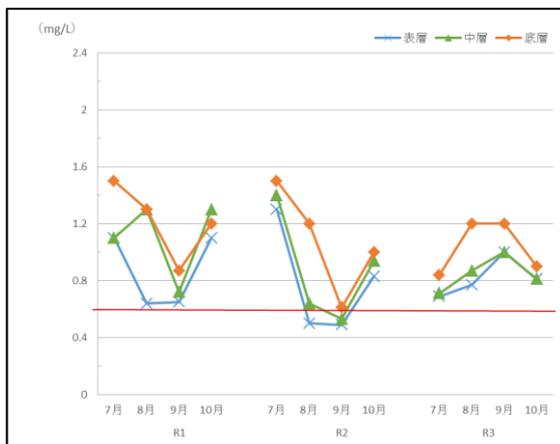


図 17 有賀沖（覆砂・TN）

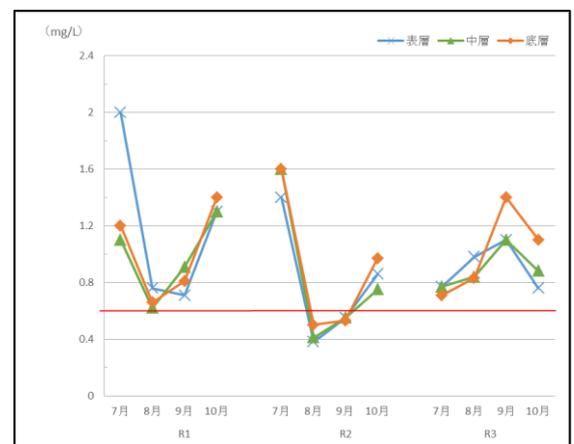


図 18 有賀沖（非覆砂・TN）

TP（全リン）については、覆砂箇所の表層・中層でR2～R3年に環境基準の0.05mg/l（グラフ中の赤線）以下で推移し、水質調査を行うようになったR1年と比較しやや改善傾向にあると思われる。非覆砂箇所では表層・中層でR2年に環境基準以下となり前年と比較し改善が見られものの、R3年には中層で7月及び10月に環境基準を超え、底層でも7～10月に環境基準を超えて推移した。

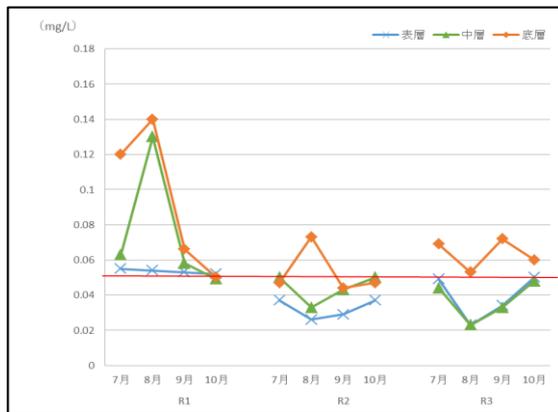


図 19 有賀沖（覆砂・TP）

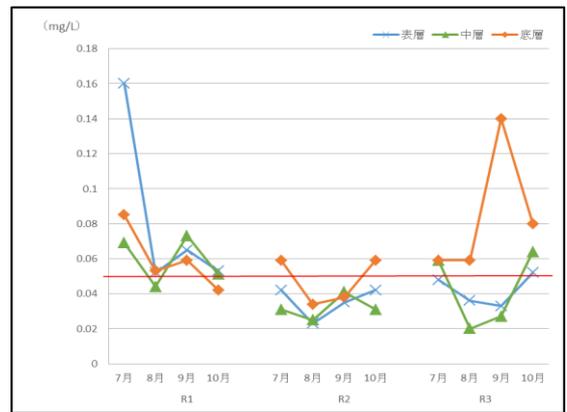


図 20 有賀沖（非覆砂・TP）

DO（溶存酸素量）については、覆砂箇所では水質調査を行うようになったR1年以後概ね環境基準の7.5mg/l（グラフ中の赤線）以上で推移してきたが、R3年には8～10月に底層で環境基準以下に低下した。非覆砂箇所では全体として覆砂箇所よりDOが低い傾向が見られるものの、R1年及びR2年の7月のように、表層におけるDOが覆砂箇所より高くなることもある。

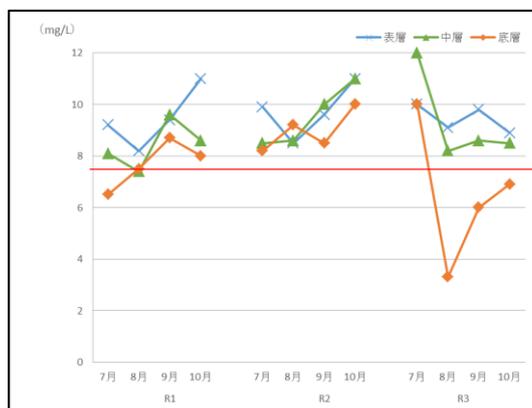


図 21 有賀沖（覆砂・DO）

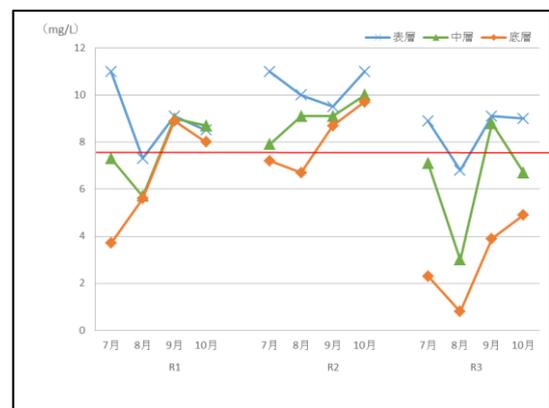


図 22 有賀沖（非覆砂・DO）

(6) 考察

諏訪湖の水質は、調査の地点、時期、水深（表層・中層・底層）により様々であるとともに、水質の階層構造も場所により様々であるが、H28年以後の概況としてやや改善傾向にあるように思われる。これまで行ってきたヒシ刈りや覆砂工事に伴うヒシやクロモなどの水草の有無や種類、底質の変化、さらにはヒシの葉を食うジュンサイハムシの多量発生などがこのような水質特性に影響を与えているものと考えられる。そして、有機態及び無機態の窒素やリン等が水中、植物の体内、底質中を、量と時期を変えながら循環している状況が徐々にではあるが見えてきた。

諏訪湖の水草に関しても、ヒシ刈りや覆砂工事を行うことによりヒシの繁茂が抑制されて、クロモなどの沈水植物が生育・繁茂するようになる状況が確認された。また、ヒシ刈りを行わなくてもヒシの葉を食うジュンサイハムシにより水面を覆っていたヒシの植被率がわずかに低下し、クロモなどの沈水植物が生育し易くなった状況も確認された。ただし、沈水植物であるクロモが繁茂し過ぎると、それが腐る過程でCODを高くしている可能性があることも示唆された。水草においても多様性が高いことが重要であり、湖畔公園沖や有賀沖のようにクロモ以外にもホソバミズヒキモ、マツモ、センニンモなどの多種の水草が確認された場所もある。

以上から、ヒシ刈りや覆砂工事が進められる中で、湖底環境の多様性が徐々に高まり、水質もやや改善傾向にあるように思われるなかで、ヒシ刈りや覆砂工事を行わなかった周辺の場所も含めて、諏訪湖全体としての水草の多様性が徐々にではあるが高まりつつあるように思われる。