

4.1. 調査地点及び調査項目

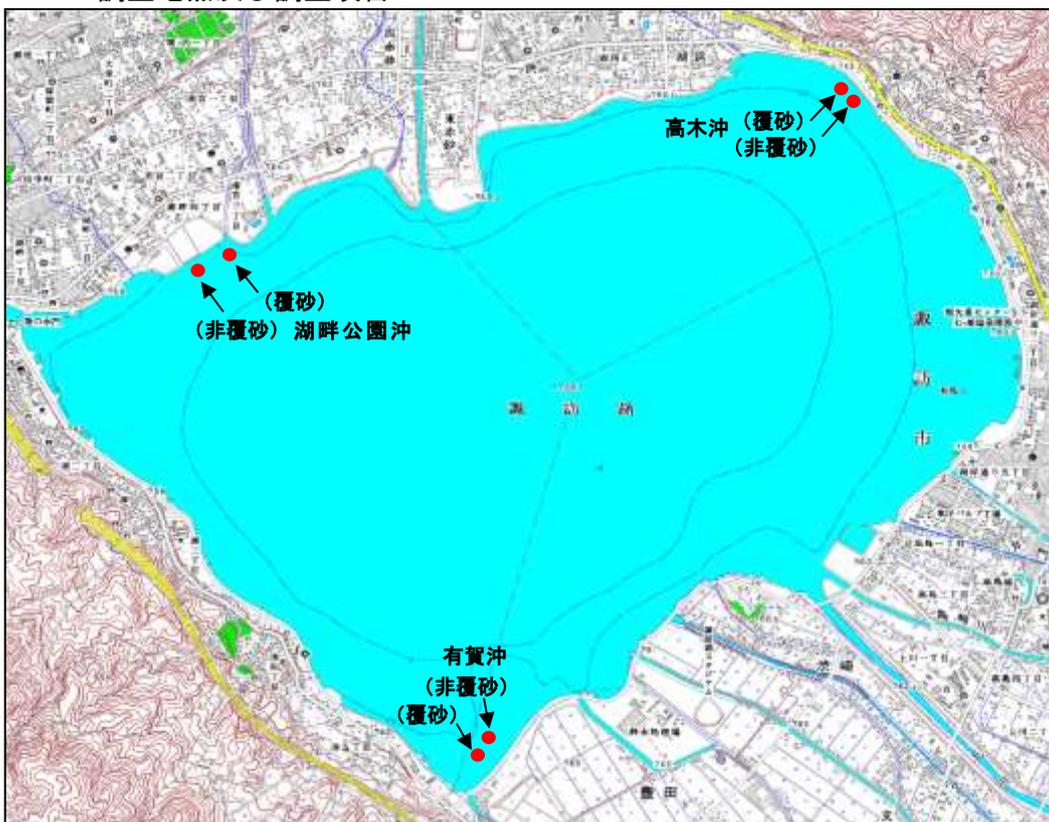


図1 調査地点位置図（背景図は国土地理院数値地図使用）

調査項目

- ①水質環境調査：水質調査（計6地点）、底質調査（高木沖・有賀沖の計4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）

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（T-N）	1 検体	全炭素（T-C）	1 検体
溶存態全窒素（d-T-N）	1 検体	全リン（T-P）	1 検体
アンモニア態窒素	1 検体	全窒素（T-N）	1 検体
全リン（T-P）	1 検体		
溶存態全リン（d-T-P）	1 検体		

注）水質分析は湖畔公園沖（非覆砂）を除き1地点3水深（表層・中層・底層）で7.8.9.10月に実施

表1 ヒシの繁茂状況及び覆砂工事・ヒシ刈り等の人為的影響

調査地点		工事・ヒシ刈り等の人為的影響			
		7月(7/30.31)	8月(8/26.27)	9月(9/28.29)	10月(10/20.21)
湖畔公園沖	覆砂			覆砂工事中 (ヒシ刈り後、湖底掘削前)	覆砂工事中 (湖底掘削直後、隣接部は掘削中)
	非覆砂				
高木沖	覆砂				
	非覆砂				
有賀沖	覆砂				
	非覆砂				

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)

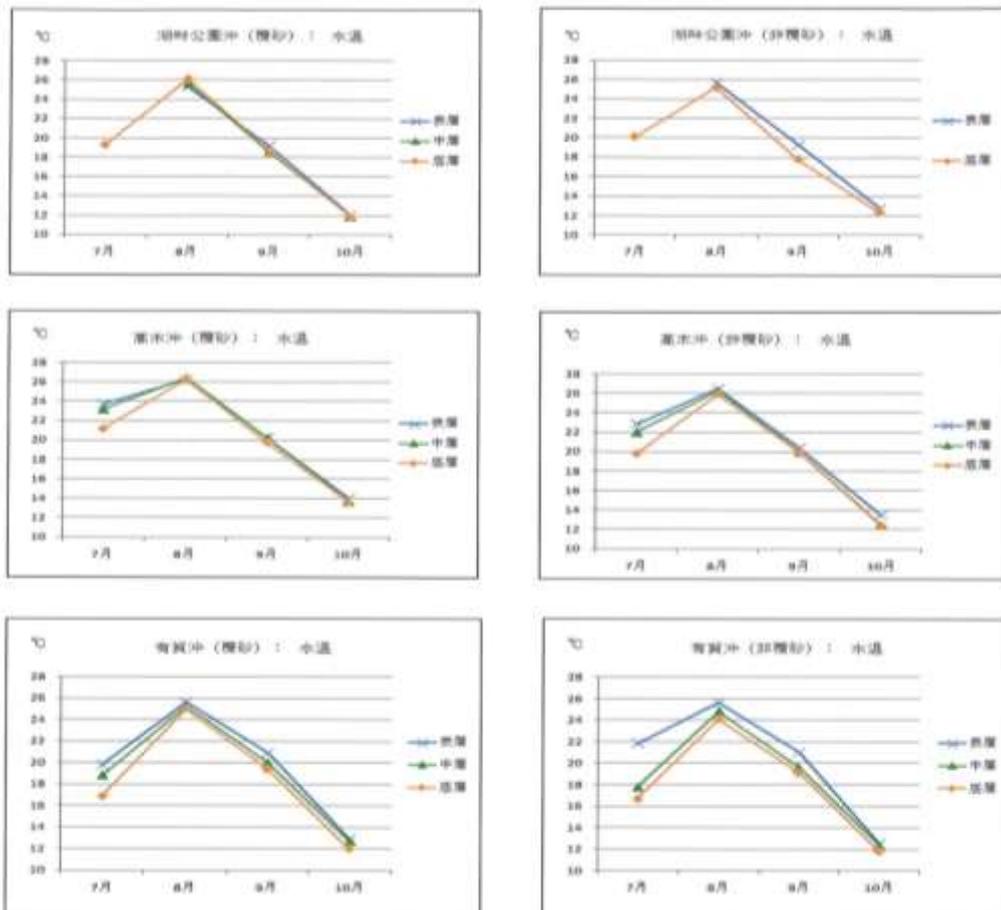
## 4.2. 水質等調査結果の概要

### 4.2.1. 今年度の調査結果概要

#### (1) 水質調査結果

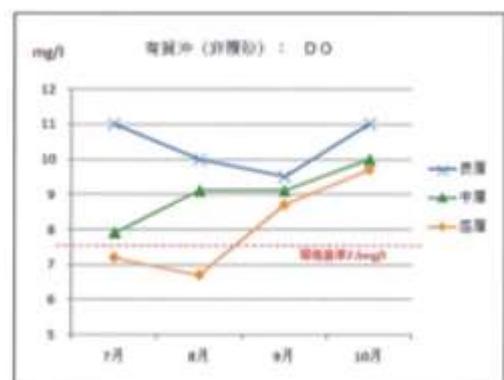
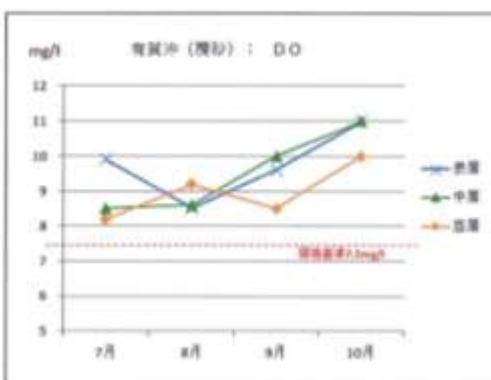
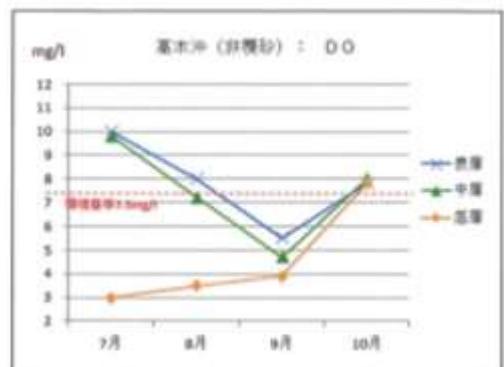
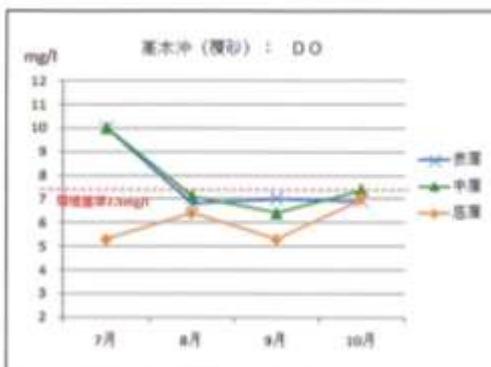
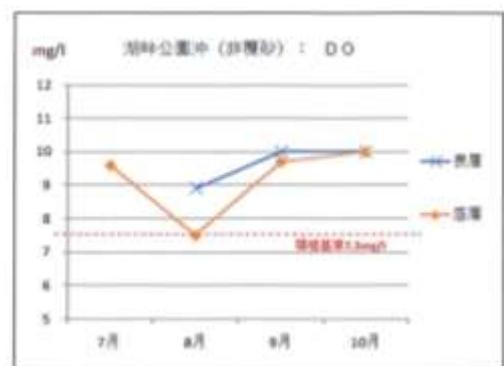
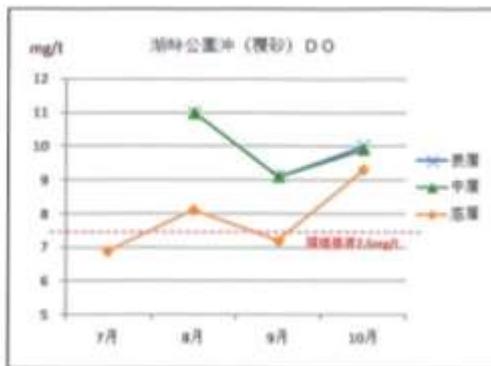
##### ①水温

いずれの調査地点でも8月をピークに水温が高くなり、その後は水温が低下していった。階層別水温については、覆砂工事を行った湖畔公園沖（覆砂）を除き、いずれの調査地点でも底層から表層にかけて水温が高くなるとともに、7月にその水温差が最も大きかった。7月調査の前は雨の日が多く、入流河川の水質の影響を受けた可能性があり、特に新川に近い有賀沖（覆砂・非覆砂）の7月の水温が低かった。また、7月～9月にヒシの繁茂していた非覆砂箇所はヒシがあまり繁茂していなかった覆砂箇所よりも底層から表層にかけての水温差が大きくなる傾向が見られた。



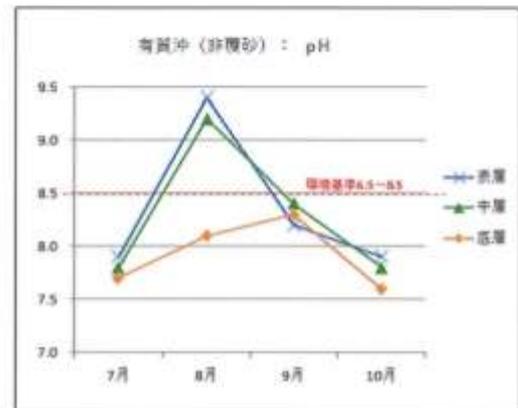
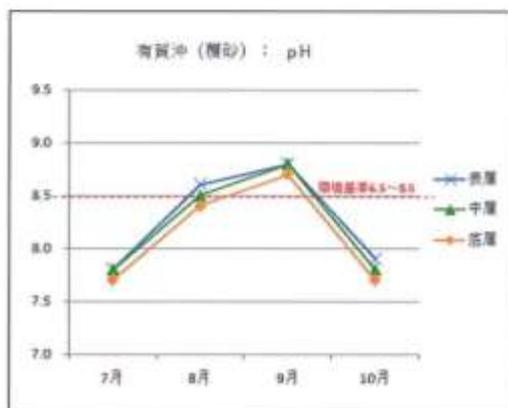
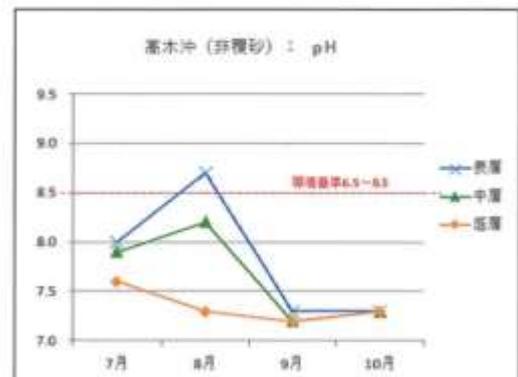
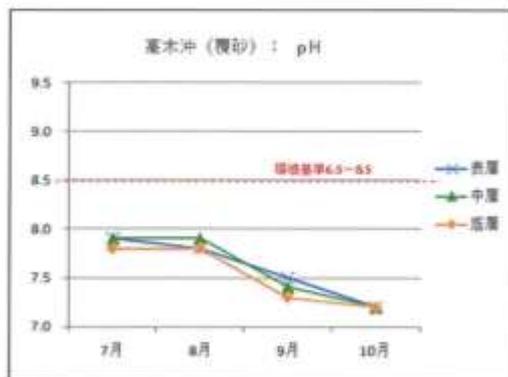
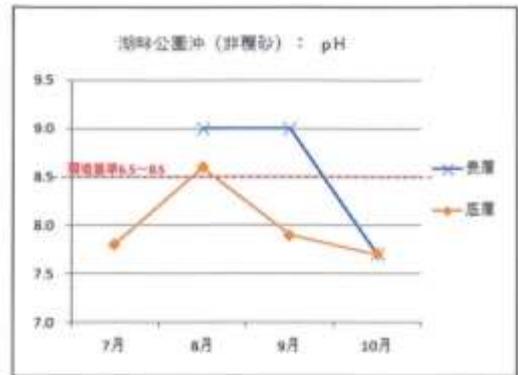
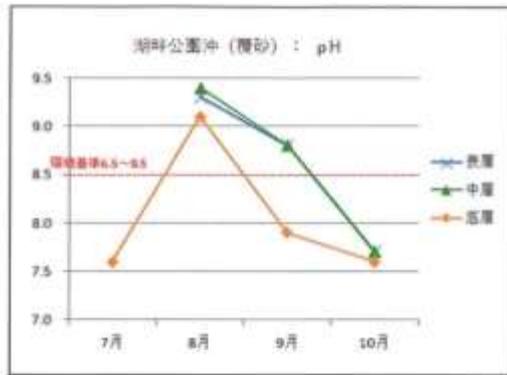
## ②DO（溶存酸素量）

7月～9月に底層でDOが低い傾向が見られ、特にヒシの繁茂していた高木沖（非覆砂）では低く、ヒシ繁茂の影響によるものと思われた。しかし、いずれの地点も10月には再度DOが高くなり、底層から表層にかけての差もほとんどなくなった。一方で、覆砂工事の行われた有賀沖（覆砂）は底層も含めてすべて環境基準を満たしており、ヒシがあまりなかったことなどが影響しているものと考えられる。また、覆砂の有無やヒシの繁茂状況に関わらず、高木沖はDOが低い傾向が見られた。



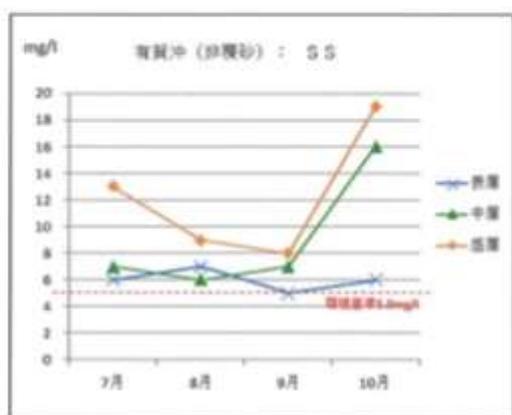
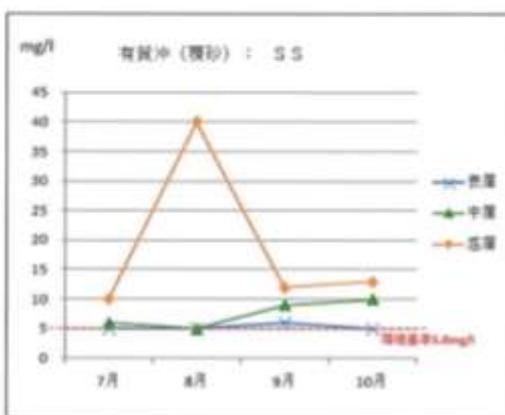
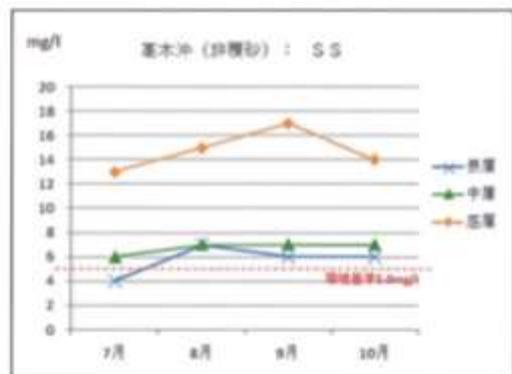
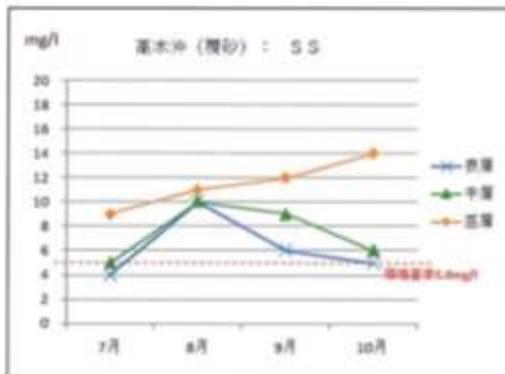
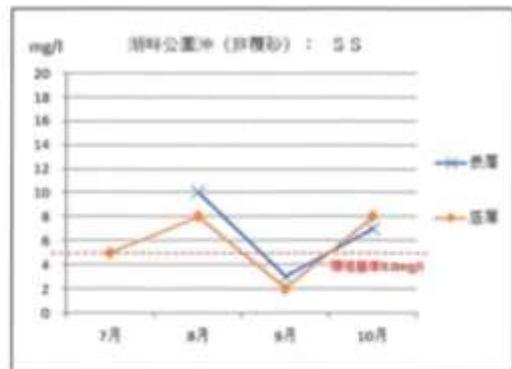
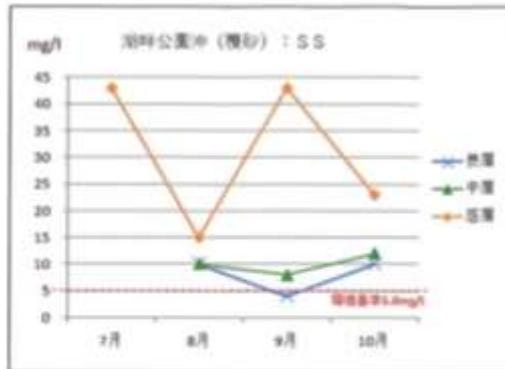
### ③ pH（水素イオン濃度）

高木沖（覆砂）を除き8月に表層・中層のpHが環境基準を超えるまで高くなる傾向が見られた。その要因として植物プランクトン量の増加に伴う水中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の減少の影響があると考えられる。一方で、高木沖（覆砂）は環境基準を超えるまで高くなることはなく、その変動も少なく推移した。また、表層・中層のpHが高くなる傾向にある8月でもヒシの繁茂していた高木沖（非覆砂）と有賀沖（非覆砂）では、底層のpHが高くなることはなかった。



#### ④SS（浮遊物質）

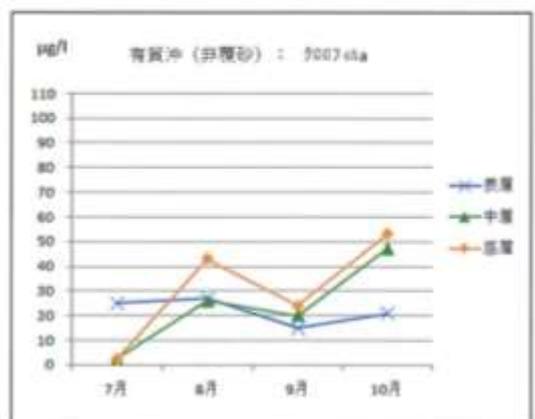
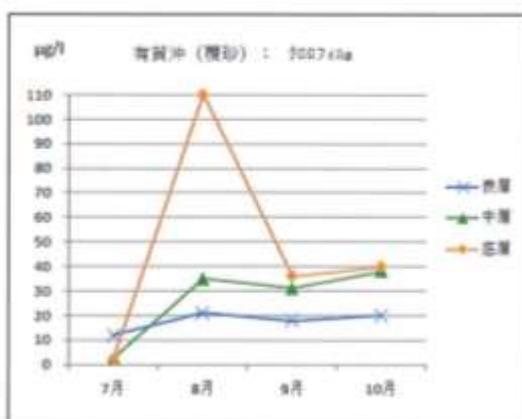
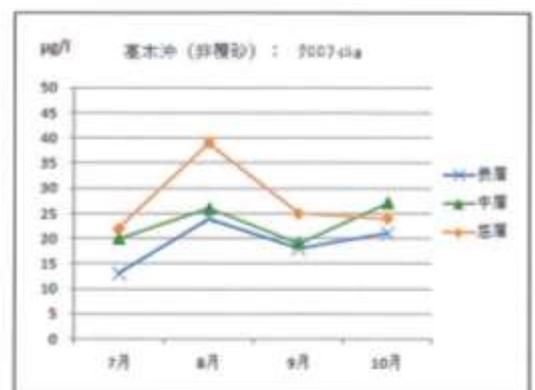
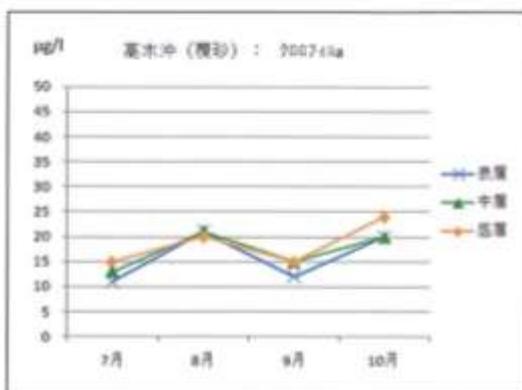
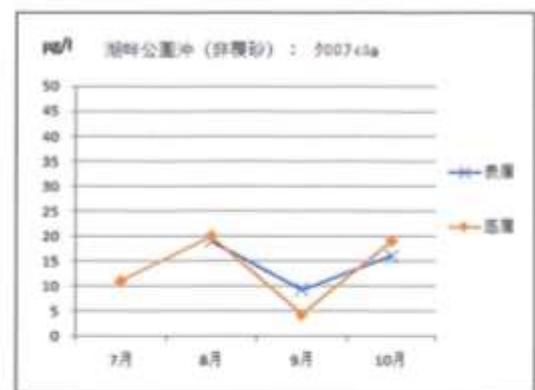
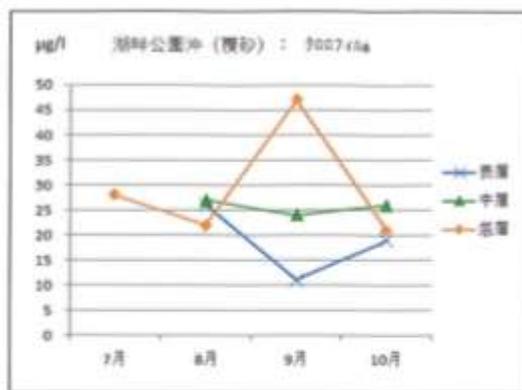
いずれの地点も底層のSSが高い値を示しており、中層と表層はSSが低いとともにその差も小さかった。底層のSSが高い値を示す要因としては、有機質などの沈降や荒波に伴う底質や沈降物の巻き上げなどが考えられ、湖畔公園沖（覆砂）の底層で9月にSSが高いのは直前の覆砂工事に伴うヒシ刈りの影響があったものと思われる。有賀沖（覆砂）の底層で8月にSSが高いのは調査時の荒波の影響が考えられるが、調査時同様の荒波のあった有賀沖（非覆砂）ではヒシが繁茂していたため、荒波の影響がほとんどなかったものと考えられる。



### ⑤クロロフィル a

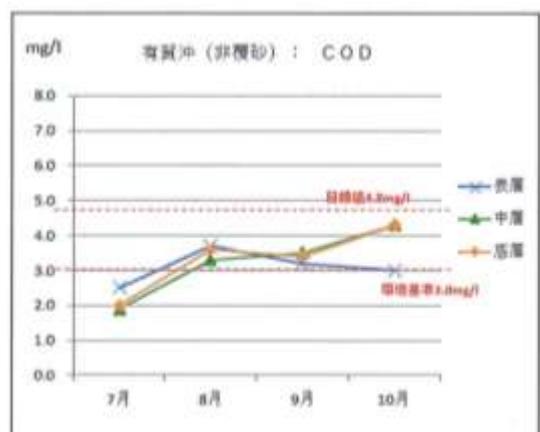
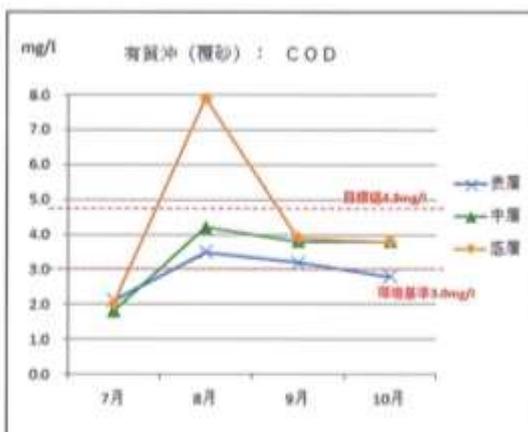
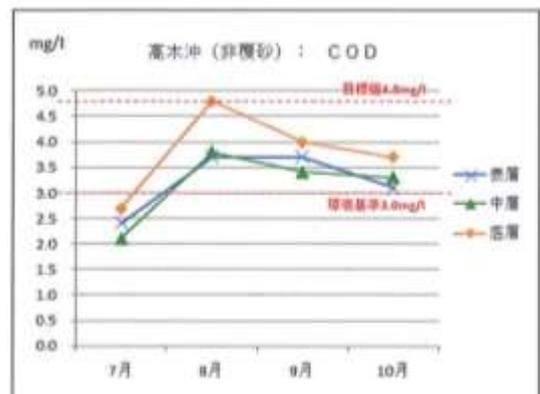
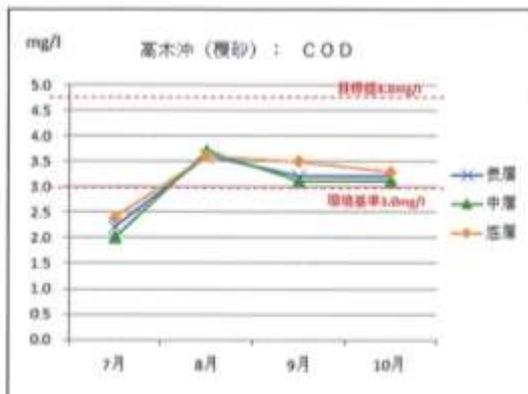
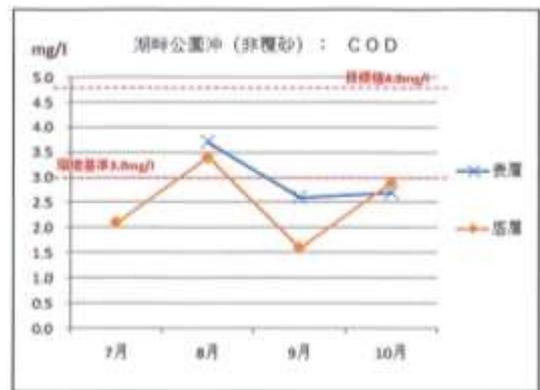
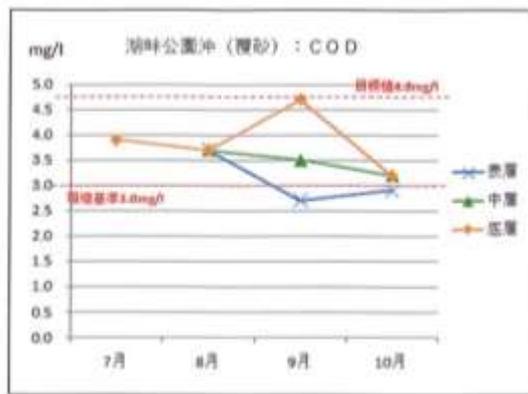
8月と10月にクロロフィル a の高い傾向が見られるが、8月に高いのは調査を行った8月27日頃には植物プランクトン量（細胞数）が多かったためと考えられる。また、ヒシの繁茂していた高木沖（非覆砂）及び有賀沖（非覆砂）の底層のクロロフィル a は、それらの表層・中層より高くなったが、その要因としては離脱・沈降する付着藻類が影響している可能性がある。一方で、10月にクロロフィル a が高いのは、この時期になると植物プランクトン量（細胞数）及び離脱・沈降する付着藻類量も減少してくるため、植物プランクトンの種構成において珪藻が優占する状態から緑藻の割合が増えてきたことが影響している可能性が考えられる。

湖畔公園沖（覆砂）の底層で9月にクロロフィル a が高いのは、直前の覆砂工事に伴うヒシ刈りの影響があったものと思われる。有賀沖（覆砂）の底層で8月にクロロフィル a が高いのは調査時の荒波の影響が考えられる。湖畔公園沖（非覆砂）の底層で9月にクロロフィル a が低いのは流入河川からの冷水の潜り込みの影響が考えられる。



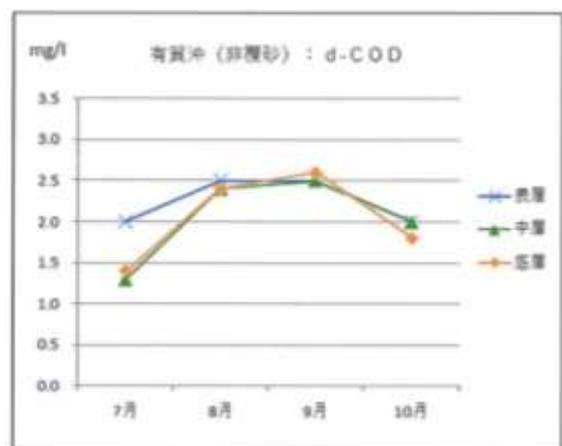
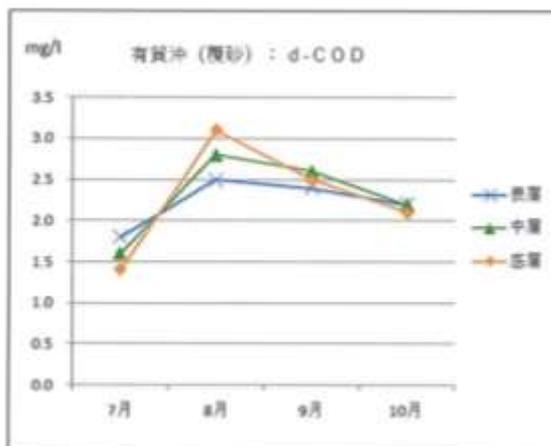
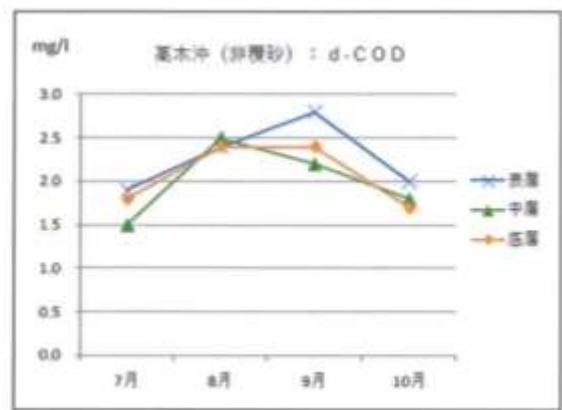
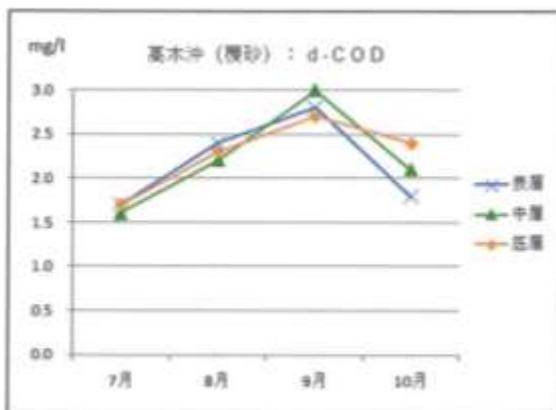
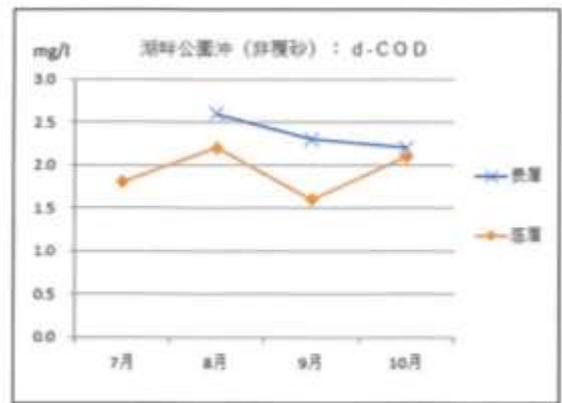
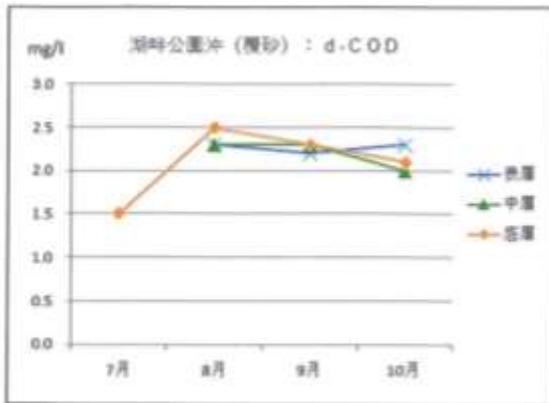
## ⑥COD（化学的酸素要求量）

8月の有賀沖（覆砂）を除きいずれの地点でも概ね水質目標値を満たす値であったが、環境基準については満たさない地点・時期があり、ヒシの繁茂状況にかかわらず特に8月にCODが高い傾向が見られた。その要因として植物プランクトン量が影響しているものと考えられる。その他の特殊な要因として、クロロフィルaと同様に湖畔公園沖（覆砂）の底層で9月にCODが高いのは直前の覆砂工事に伴うヒシ刈りの影響があったものと思われる。有賀沖（覆砂）の底層で8月にCODが高いのは調査時の荒波の影響が考えられるが、調査時同様の荒波のあった有賀沖（非覆砂）ではヒシが繁茂していたため、荒波の影響がほとんどなかったものと考えられる。湖畔公園沖（非覆砂）の底層で9月にCODが低いのは流入河川からの冷水の潜り込みの影響が考えられる。



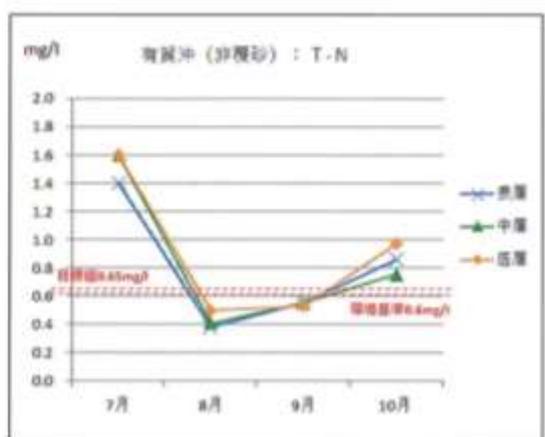
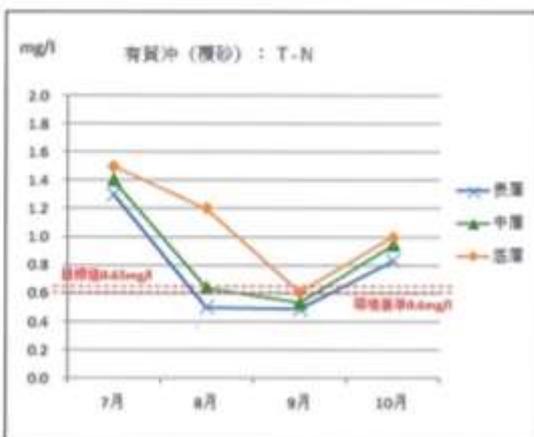
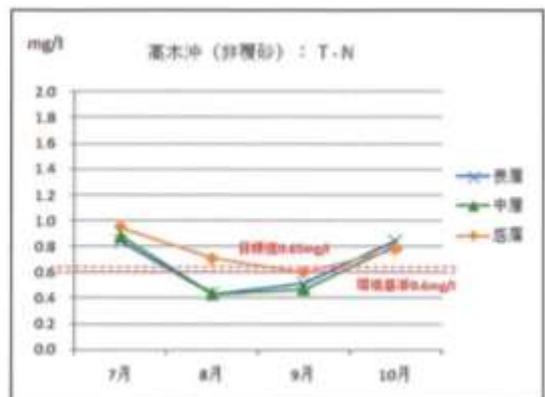
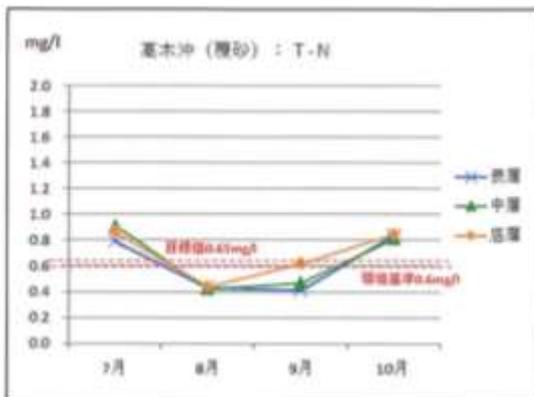
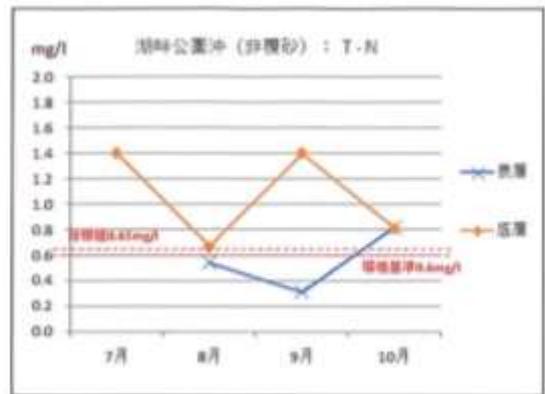
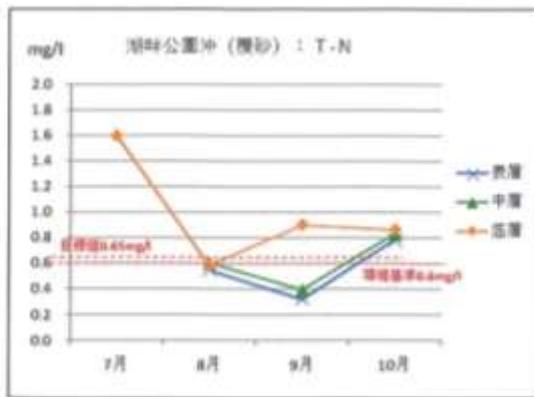
⑦ d-COD (溶解性COD)

8月～9月にd-CODの高い傾向が見られ、高木沖(覆砂)では9月に最もd-CODが高かった。概ねCODの推移に近似しているものの、CODの高いピークより1月程度遅れてピークが来たような傾向が見られる。その要因として有機質が8月から9月にかけて微細化が進んだものと思われる。また、湖畔公園沖(覆砂)の9月と有賀沖(覆砂)の8月において底層で特にCODが高かったが、d-CODについては底層と表層・中層との差があまりなかった。



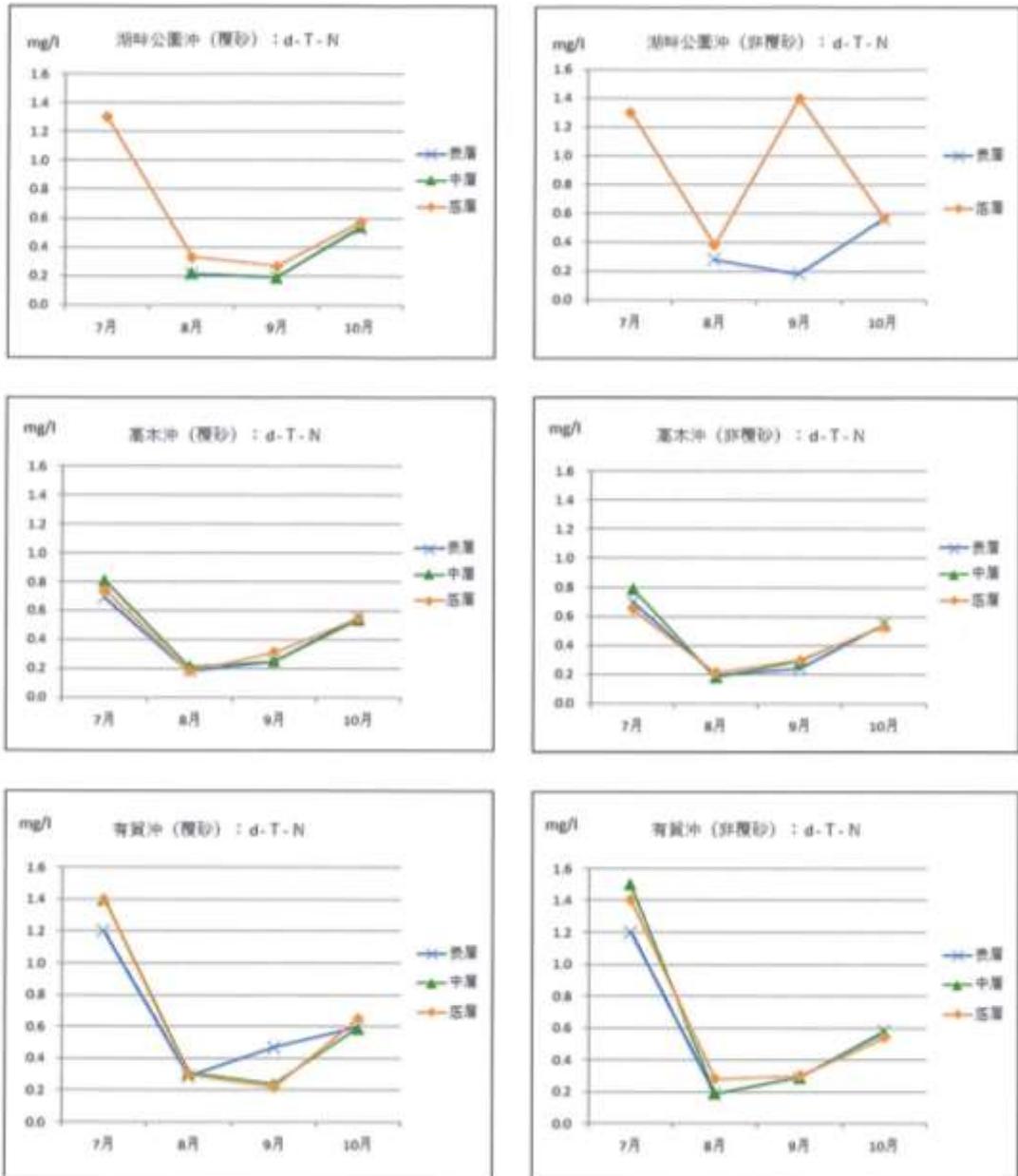
### ⑧ TN（全窒素）

8月は植物プランクトン量が多かったにもかかわらず、TNが8～9月に低い傾向が見られた。その要因として、TNが植物プランクトンに固定されている量以上にヒシやクロモなどの水草に固定されているものと考えられる。なお、湖畔公園沖（非覆砂）の底層では9月にTNが高く、流入河川からのTNを多く含んだ冷水の潜り込みの影響が考えられる。また、湖畔公園沖（覆砂）の9月と有賀沖（覆砂）の8月において底層で特にCODが高かったが、TNについてもCOD程ではないが、底層のTNが表層・中層より高かった。



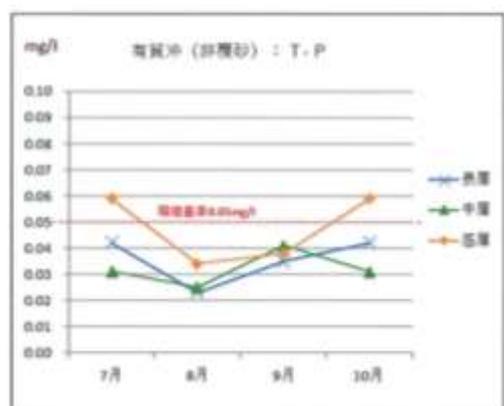
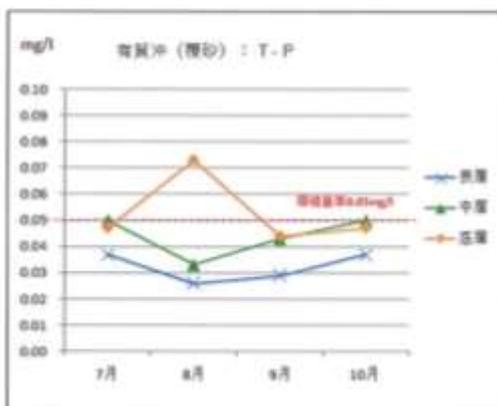
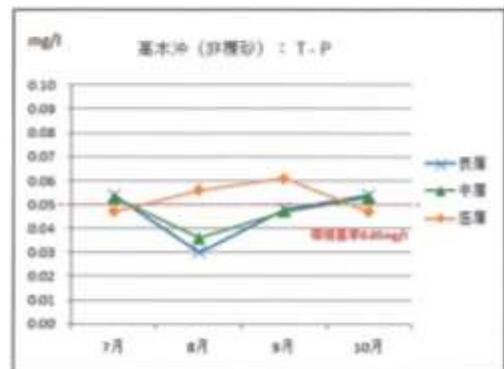
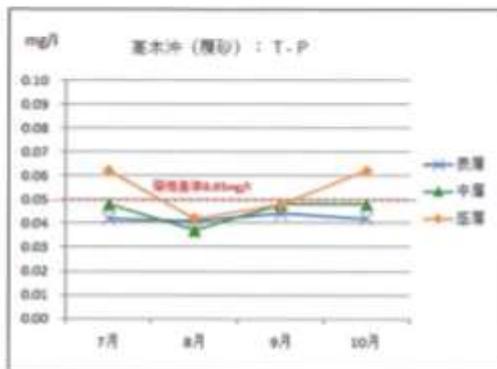
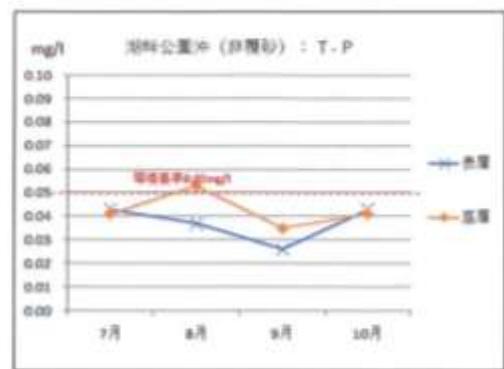
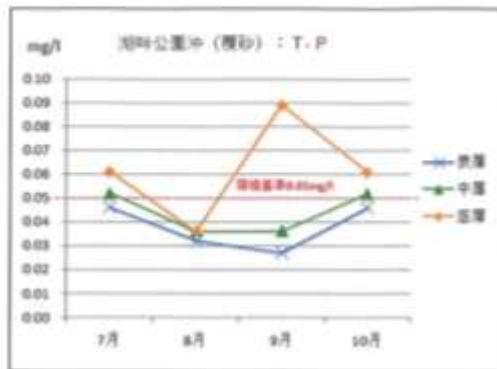
⑨ d-TN (溶存態全窒素)

8月は植物プランクトン量が多かったにもかかわらず、d-TNについてはTN以上に8~9月に低い傾向が顕著であった。その要因として、d-TNが植物プランクトンに固定されている量以上にヒシやクロモなどの水草に固定されているものと考えられる。なお、湖畔公園沖(非覆砂)の底層では9月にd-TNが高く、流入河川からのd-TNを多く含んだ冷水の潜り込みの影響が考えられる。また、湖畔公園沖(覆砂)の9月と有賀沖(覆砂)の8月において底層で特にCODが高かったが、d-TNについては、TNのような底層と表層・中層との差はなかった。



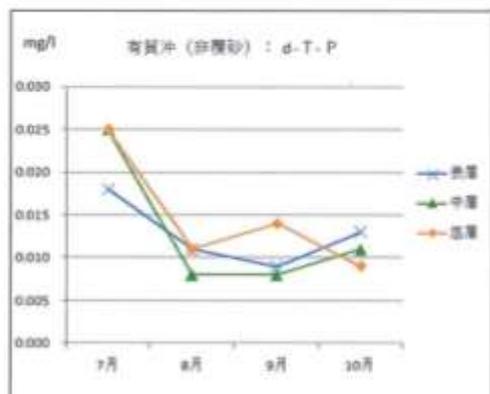
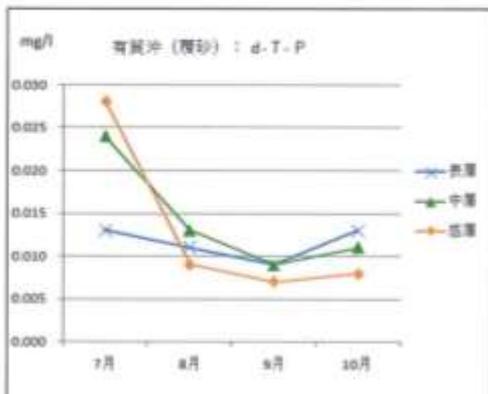
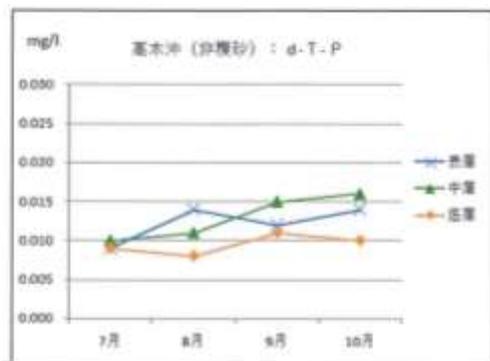
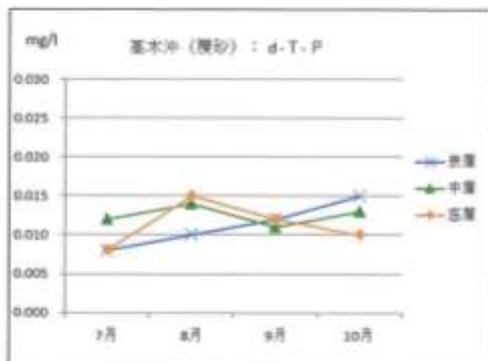
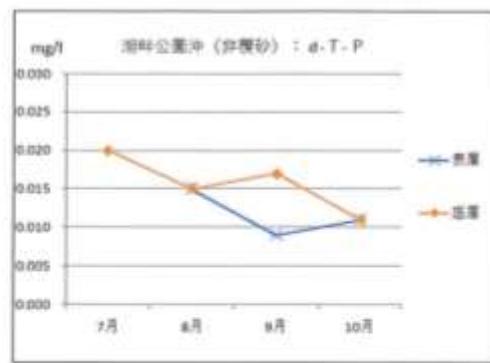
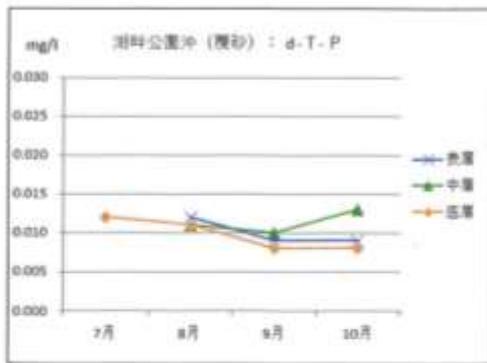
## ⑩ T P (全リン)

T Pは底層を除いて概ね環境基準を満たした。特に8月は植物プランクトン量が多かったにもかかわらず、T Pが低い傾向が見られた。その要因として、T Pが植物プランクトンに固定されている以上にヒシやクロモなどの水草に固定されているものの、植物プランクトン程にT Pの要求量(含有量)が高くないことによると考えられる。なお、湖畔公園沖(覆砂)の底層で9月にT Pが高いのは直前の覆砂工事に伴うヒシ刈りの影響があったものと思われる。有賀沖(覆砂)の底層で8月にT Pが高いのは調査時の荒波の影響が考えられるが、調査時同様の荒波のあった有賀沖(非覆砂)ではヒシが繁茂していたため、荒波の影響がほとんどなかったものと考えられる。



### ⑪ d-T P (溶存態全リン)

有賀沖 (覆砂・非覆砂) 及び湖畔公園沖 (非覆砂) において7月に高い値を示しているが、その他の地点及び時期には顕著な変動が見られなかった。植物プランクトンが大量発生する前に d-T P が高くなると言われているが、7月 (調査実施日は7月31日) は本年度の諏訪湖において植物プランクトン量 (細胞数) が多くなる前である。7月調査前には雨の日が多く、入流河川に近くてその水質の影響を受け易い有賀沖 (覆砂・非覆砂) 及び湖畔公園沖 (非覆砂) の7月の d-T P が高くなった可能性がある。



## (2) 底質調査結果

含有試験による全窒素（TN）は高木沖及び有賀沖ともに非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高く、7月から2月にかけて高くなる傾向が見られたが、覆砂箇所には大きな変動は見られなかった。

含有試験による全リン（TP）も高木沖及び有賀沖ともに非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高い傾向が見られ、7月から2月にかけて高くなる傾向が見られたが、有賀沖の非覆砂箇所は大きな変動は見られなかった。覆砂箇所は高木沖及び有賀沖ともに大きな変動は見られなかった。

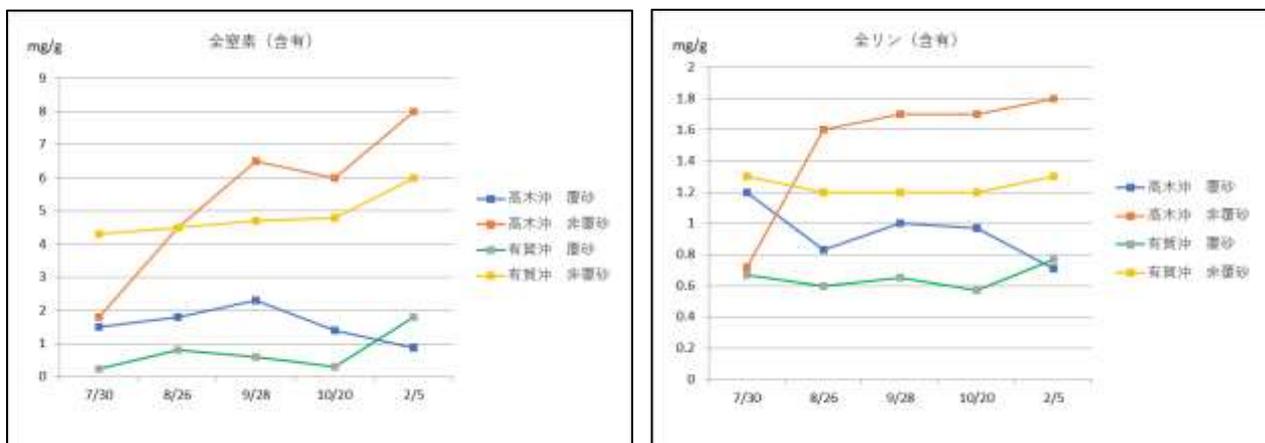


図2 底質分析結果（含有）

溶出試験による全窒素（TN）は高木沖及び有賀沖ともに非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高く、9月から2月にかけて高い傾向が見られた。非覆砂箇所については高木沖が9月と2月に高く、有賀沖は10月が高かった。覆砂箇所については高木沖が9月、10月に高く、有賀沖は8月、2月が高かった。

溶出試験による全リン（TP）は高木沖及び有賀沖ともに非覆砂箇所が覆砂箇所よりも高い傾向が見られたが、有賀沖の覆砂箇所については2月に非覆砂箇所以上に高くなった。全地点ともに8～9月に低い傾向が見られ、有賀沖の非覆砂箇所は7月に最も高くなったが、高木沖の非覆砂箇所のみ7月に最も低かった。

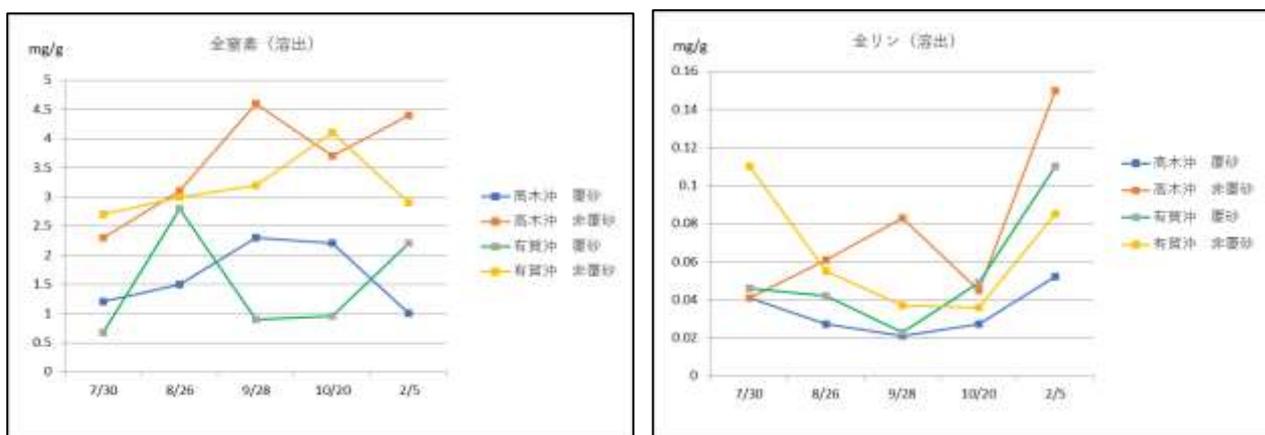


図3 底質分析結果（溶出）

### (3) 水草調査結果

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、有賀沖の覆砂箇所のように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、地点全体の確認種数が湖畔公園沖（非覆砂）で7種、有賀沖（非覆砂）で6種、高木沖（非覆砂）で3種であり、いずれも非覆砂箇所の方が覆砂箇所よりも確認種数が1～5種多い。地点全体の重要種確認種数についても湖畔公園沖（非覆砂）で4種、有賀沖（非覆砂）で5種と、どちらも非覆砂箇所の方が覆砂箇所よりも1～2種多い。有賀沖及び高木沖の状況から考えると、非覆砂箇所の方が覆砂箇所よりも非覆砂箇所から覆砂箇所に重要種も含めて種の供給が行われると考えられる。そのため、浮遊植物のマツモが非覆砂箇所に生育していた場合、隣接する覆砂箇所で生育するようになり易く、沈水植物ではあるがホソバミズヒキモも同様の傾向があると考えられる。ササバモ、エビモについても切れ藻から発根して定着可能な水草であるため、今後覆砂箇所でも生育するようになる可能性は高いと考えられる。高木沖（非覆砂）及び有賀沖（非覆砂）のクロモ確認の推移を見ると、ヒシが繁茂している時期のクロモは切れ藻となっているが、9月には湖底から生えているクロモが確認されている。クロモの生態から考えてヒシの植被率が少し低くなってきた頃にクロモの切れ藻が発根して定着したものと考えられる。

一方で、コカナダモは湖畔公園沖（非覆砂）の流入河川の河口付近のみの確認であった。コカナダモは流入河川の上川や新川などでは繁茂しているが、諏訪湖のようにアルカリ性の強い水質は生育に不適であるため、湖内においては流入河川の河口付近などの特殊な場所のみに生育するものと考えられる。

表2 水草調査結果の概要

No.	科名	種名	湖畔公園沖 (本年度覆砂)				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		コカナダモ						●	●	●																			重点 対策
5	ヒルムシロ	ホソバミズヒキモ					●	●	△	△									●	●	●	●			●	●			NT
6		ササバモ								△																△			EN
7		センニンモ																							●	●			EN
8		エビモ					●	●	●	●					△	△	△	△											
地点・調査時期別確認種数			2	2	1	0	4	6	3	4	2	2	2	1	3	2	2	2	4	3	4	2	2	3	4	3	0	5	1
地点全体確認種数			2				7				2				3				4				6						

注1: ●:湖底から生えている植物体、または浮遊植物(マツモ)を確認、△:切れ藻のを確認

注2: RLカテゴリ一例 CR:絶滅危惧ⅠA類、EN:絶滅危惧ⅠB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: クロモの湖底付近の植被率  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)

注6: 本年度の湖畔公園沖の覆砂工事は、ヒシ刈りを9月調査直前に、調査地点の覆砂を10月調査直前(全体の覆砂は調査後まで実施)に行った



クロモ (水中)



ホソバミズヒキモ



マツモ



センニンモ



左からホソバミズヒキモ、コカナダモ、エビモ



コカナダモ

#### (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が、ヒシの根の乾燥重量当たりの全リンは9月に最も高かった。ヒシの乾燥重量当たりの全炭素については、7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窒素、全リン、全炭素すべてが7月に最も高く、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、全リンはクロモがヒシの葉及び茎より高い傾向があり、全炭素については7月～10月までのすべての時期で低かった。

ヒシの茎のC/Nは乾燥重量当たり及び湿潤重量当たりともに10月に最も高く、クロモのC/Nは乾燥重量当たり及び湿潤重量当たりともに10月に最も低かった。

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・ヒシは分解が速く、特にクロモは分解が速いと考えられる。なお、ヒシの根は10月にC/Nが高くなっているが、10月まで生き残っている個体の根は分解が遅いと考えられる。

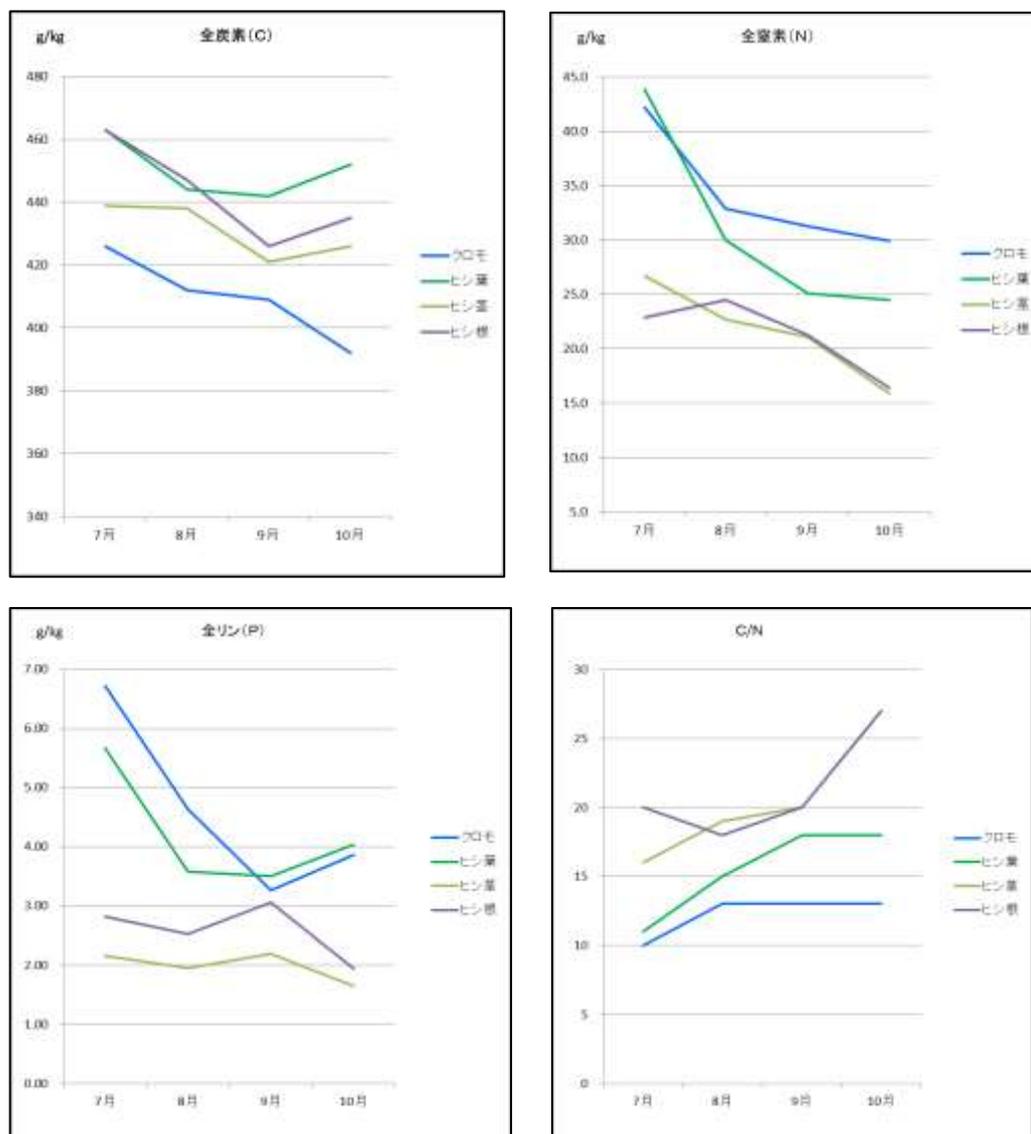


図4 水草分析結果（乾燥重量当たり）

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窒素、全リンが7月に最も高くなり、全炭素は10月に最も高くなった。

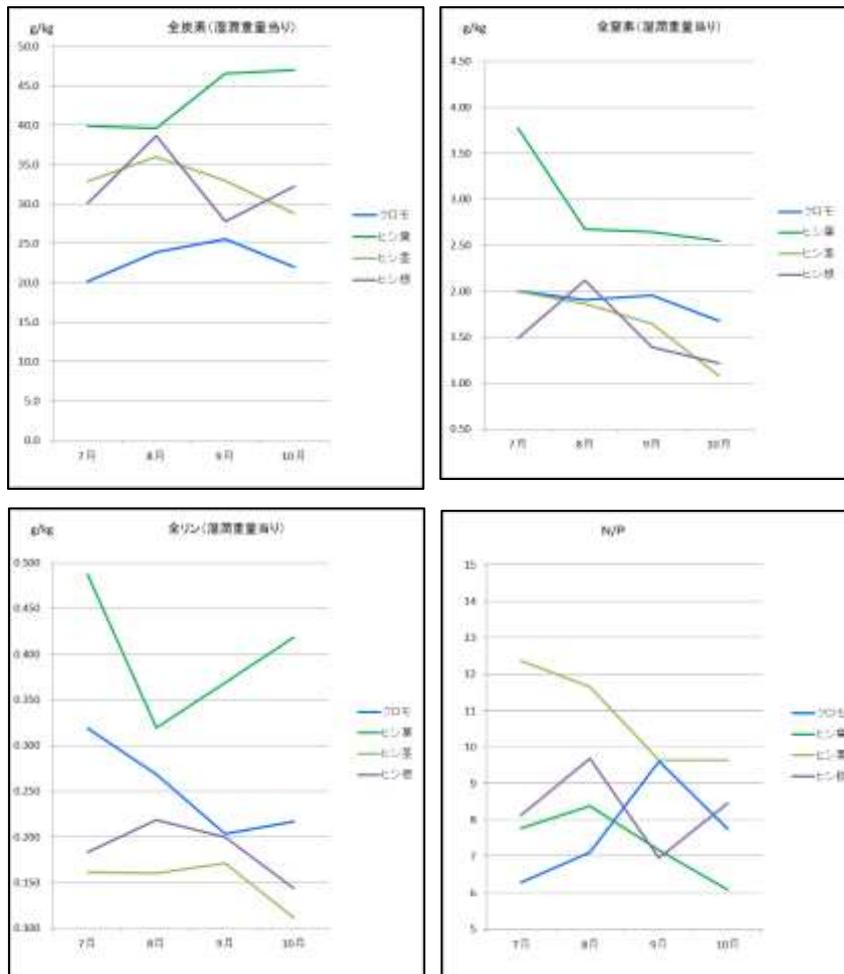


図5 水草分析結果 (湿潤重量当たり)

水分についてはヒシよりクロモの方が水分が多く、ヒシの中では葉の水分が少ない。ヒシの葉及びクロモは7月に最も水分が多く、7月のクロモは重量比で95%以上が水分である。

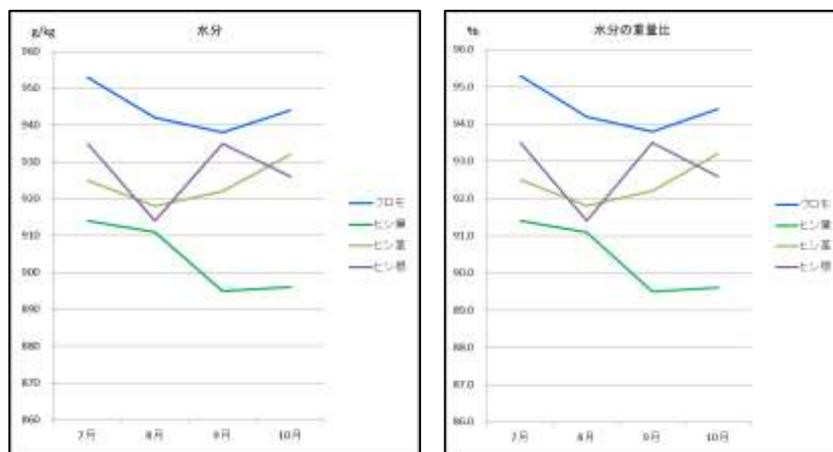


図6 水草分析結果 (水分)

(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、令和元年度の覆砂工事中に突出して高くなっているものの、覆砂箇所及び非覆砂箇所ともに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、覆砂箇所の方がよりその傾向が顕著であるように思われる。

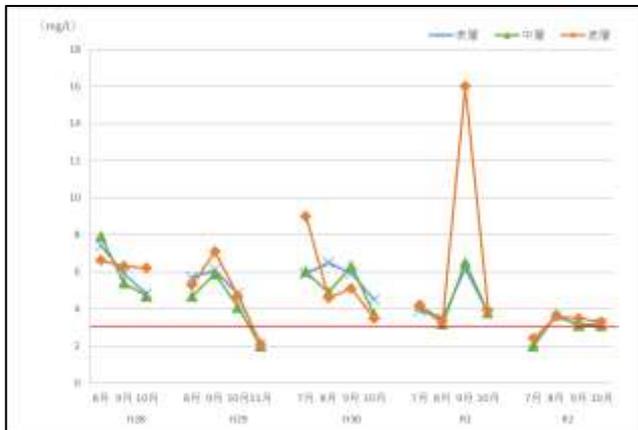


図7 高木沖（覆砂・COD）

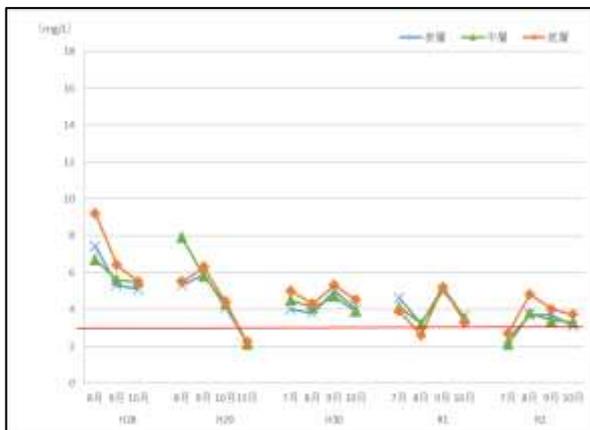


図8 高木沖（非覆砂・COD）

TN（全窒素）についても、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るが、覆砂箇所と非覆砂箇所での顕著な違いがないように思われる。

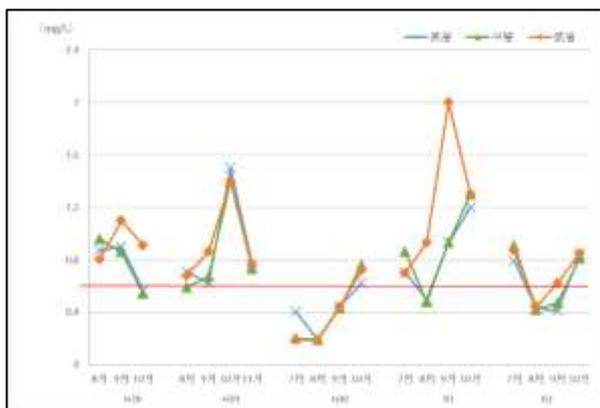


図9 高木沖（覆砂・TN）

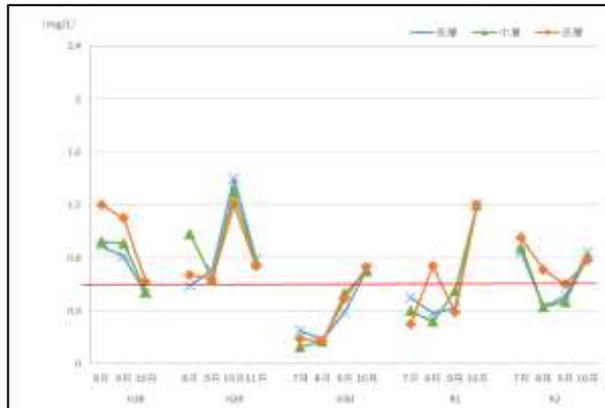


図10 高木沖（非覆砂・TN）

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るが、覆砂箇所と非覆砂箇所での顕著な違いがないように思われる。

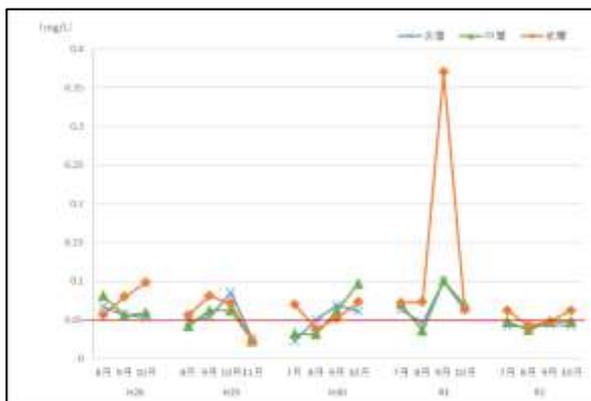


図11 高木沖（覆砂・TP）

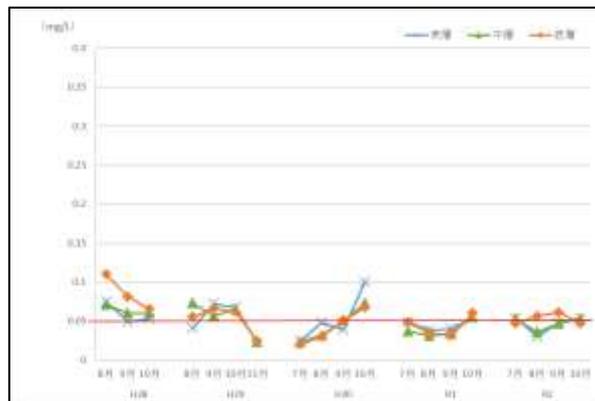


図12 高木沖（非覆砂・TP）

DO（溶存酸素量）については、これまでヒシ刈りを行わなかった非覆砂箇所がR1年までDOの悪化傾向が見られるのに対し、H28年からR1年にヒシ刈りを行った覆砂箇所では、覆砂工事を行ったR1年まで顕著な変化が見られないように思われた。ただし、覆砂工事後のR2年には覆砂箇所及び非覆砂箇所でもDOの改善傾向が見られ、特に覆砂箇所それが顕著であった。

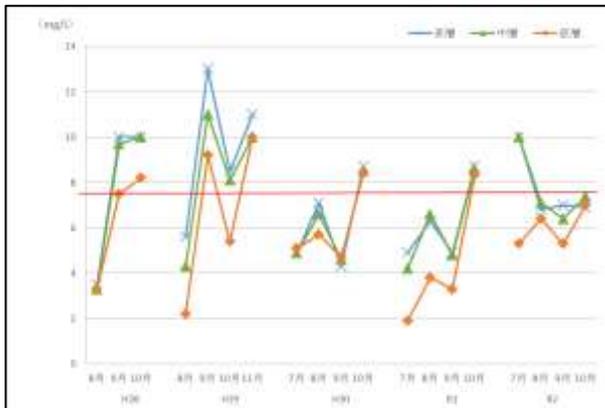


図 13 高木沖（覆砂・DO）

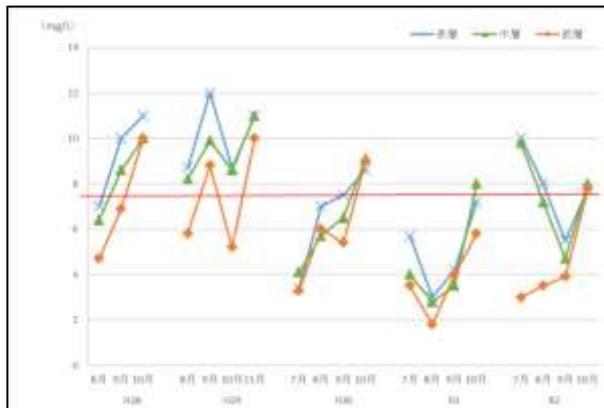


図 14 高木沖（非覆砂・DO）

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、非覆砂箇所ともに水質調査を行うようになった昨年度と比較し改善傾向にあると思われる。

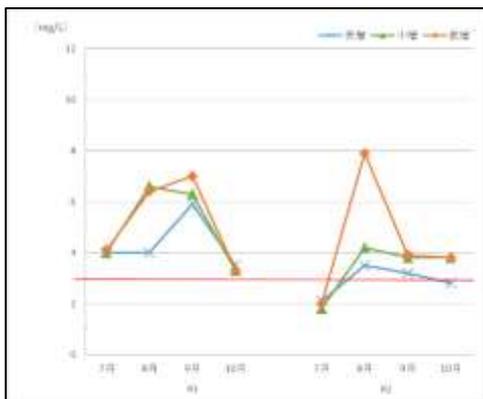


図 15 有賀沖（覆砂・COD）

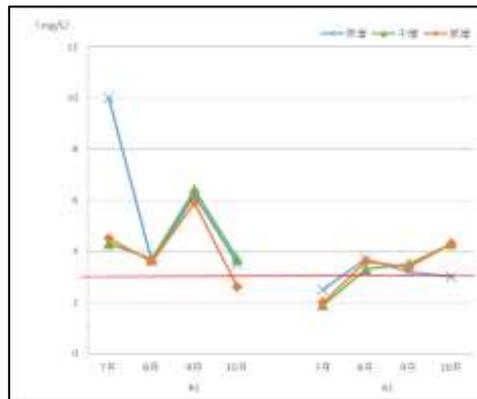


図 16 有賀沖（非覆砂・COD）

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昨年度と比較しやや改善傾向にあると思われる。

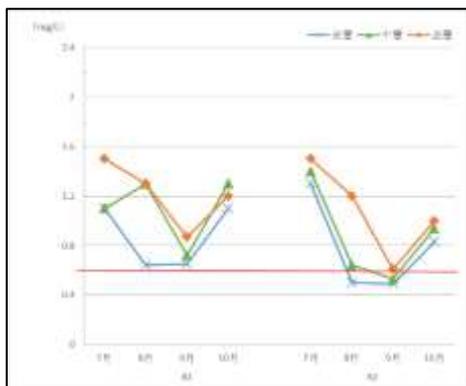


図 17 有賀沖（覆砂・TN）

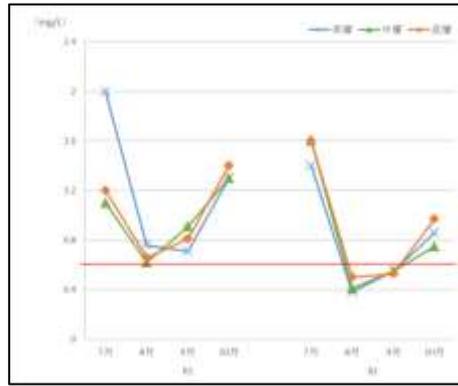


図 18 有賀沖（非覆砂・TN）

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昨年度と比較しやや改善傾向にあると思われる。

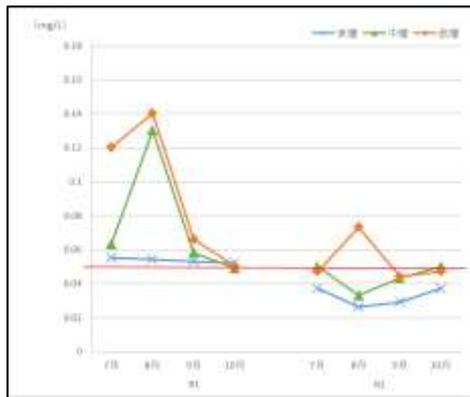


図 19 有賀沖（覆砂・TP）

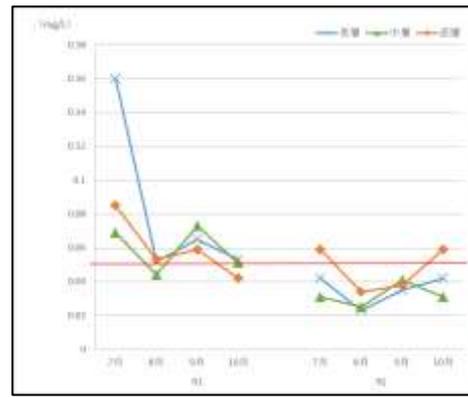


図 20 有賀沖（非覆砂・TP）

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昨年度と比較しやや改善傾向にあると思われる。

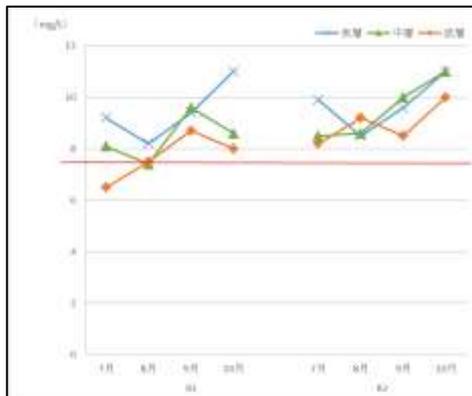


図 21 有賀沖（覆砂・DO）

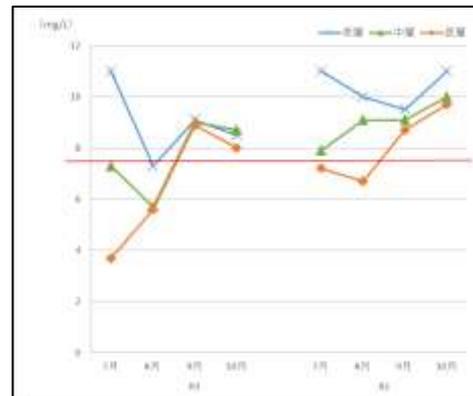


図 22 有賀沖（非覆砂・DO）

## (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）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り、本年度は昨年度と比較してそれが顕著であったように思われる。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クロモが生育・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繁茂している期間が短くなり、クロモが切れ藻として残っていれば発根して根付く状況も確認され、湖畔公園沖や有賀沖の非覆砂箇所のようにクロモ以外にもホソバミズヒキモやマツモなどの多種の水草が確認された場所もある。これらのことから、ヒシ刈りや覆砂工事が進められる中で、それらを行わなかった場所も含めて諏訪湖全体としての水草の多様性も徐々にではあるが高まりつつあるように思われる。