

第1章 溶存酸素濃度等連続測定調査

環境保全研究所 水・土壌環境部

1.1. 目的

湖内に溶存酸素（DO）濃度および水温の連続測定器を設置して貧酸素水塊の状況を把握し、貧酸素水塊の発生・解消メカニズムの解明、貧酸素対策の検討および底層溶存酸素量の環境基準点設定のための基礎資料とする。

1.2. 調査測定方法

湖内の観測地点の7地点（①、②、③、④、⑤、⑥、⑦）および湖心に固定された浮標または単管に、測定器をロープで所定の深度位置に係留し、DOと水温の連続測定を行った（測定間隔：10分）（図1および写真1）。

ただし、湖心での測定については信州大学 諏訪臨湖実験所が実施した。

装置 HOB0 溶存酸素データロガーU26-001（蛍光式）

調査期間

湖心：令和5年(2023年)3月上旬～12月下旬

①～⑤、⑦地点：同年7月上旬～12月上旬

⑥地点：同年10月上旬～12月上旬（機材トラブルのため）

各地点の位置、全水深、測定水深は表1のとおりである。

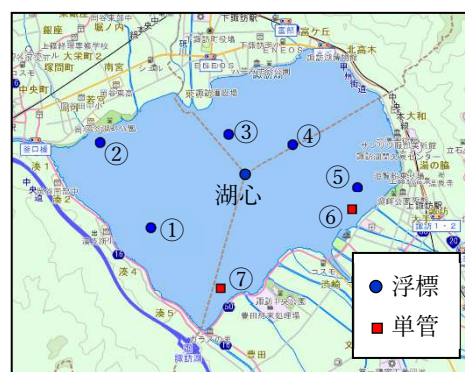


図1 湖内の測定地点

表1 測定地点の全水深と測定水深

地点	緯度 N	経度 E	現地全水深 (m) ¹⁾	測定水深(m)		
①	36° 02' 33.51"	138° 04' 12.91"	5.37	0.5	4.5	
②	36° 03' 15.22"	138° 03' 41.30"	2.65	0.5	2.0	
③	36° 03' 19.90"	138° 04' 59.60"	5.22	0.5	4.5	
④	36° 03' 14.89"	138° 05' 39.10"	5.30	0.5	4.5	
⑤	36° 02' 53.77"	138° 06' 18.20"	2.51	0.5	2.0	
⑥	36° 02' 42.76"	138° 06' 14.73"	1.93	0.5	1.5	
⑦	36° 02' 03.40"	138° 04' 55.10"	0.83	0.5	—	
湖心	—	—	—	0.5	3.0	5.0

1) 現地全水深：令和5(2023)年12月5日（④地点は8月29日）測定

①地点 湊沖



②地点 塚間沖



③地点 赤砂崎沖



④地点 高浜沖



⑤地点 初島西



⑥地点 日赤沖



⑦地点 自然植生区



写真1 測定地点の様子

1.3. 調査結果の概要

DO濃度をモニタリングした結果を図2-1～図2-4に示した。

全水深が5mを超える湖心、①、③および④地点では無酸素～貧酸素（DO<3 mg/L）となる状態が夏季に頻発しており、底層溶存酸素の類型で生物2の基準にあたるDO 3mg/Lを日平均で2日続けて下回ることが数十回あった。10月以降は貧酸素状態が観測されることはなくなった。

全水深が比較的浅い②および⑤地点では底層の貧酸素状態が観測されることは湖心等に比べて少なかったが、夏季にはある程度みられた。底層溶存酸素の類型で生物1の基準にあたるDO 4 mg/Lを日平均で2日続けて下回ることが各地点1回ずつあった。

全水深がごく浅い⑦地点においては、DO日平均が4mg/Lを下回ることにはなかったが、数時間程度DOが4mg/Lを下回るのが数回観測された。

【各地点について】

湖心の水深5m測定点では、6月前半からDOが3mg/Lを下回ることがあり、7月に入るとほとんどの日でDOの日平均値が3mg/Lを下回った。8月には無酸素～貧酸素状態（DO<3mg/L）となる時はやや減ったものの、9月下旬までは頻繁に現れた。なお、DOの日平均値が3mg/Lを下回る日は調査期間中に70日出現しており、うち59日は2日連続で現れていた。

①地点は全水深が深く、底層にあたる水深4.5m測定点では7月上旬の測定開始直後から3mg/Lを下回るDO濃度が頻繁に観測された。無酸素～貧酸素状態となる時は8月、9月にも見られたが、湖心よりは若干頻度が低かった。なお、DOの日平均値が3mg/Lを下回る日は調査期間中に47日出現しており、うち2日連続で日平均が3mg/Lを下回ったのは40日だった。

②地点は測定地点の中では比較的全水深が浅く、底層にあたる水深2.0m測定点でも貧酸素となる頻度は湖心などに比べて低かった。なお、この地点はDOの日平均値が4mg/Lを下回る日は調査期間中に4日出現しており、うち2日連続で日平均が4mg/Lを下回ったのは1日だけだった。

③地点の全水深は①地点と同程度であるが、底層にあたる水深4.5m測定点で3mg/Lを下回るDO濃度が観測される頻度は7月前半にはあまり高くなく、7月後半に入って頻繁に観測された。なお、DOの日平均値が3mg/Lを下回る日は調査期間中に38日出現しており、うち2日連続で日平均が3mg/Lを下回ったのは27日だった。

④地点は③地点に近いほか全水深も同程度で、③と似た傾向を示した。なお、DOの日平均値が3mg/Lを下回る日は調査期間中に29日出現しており、うち2日連続で日平均が3mg/Lを下回ったのは15日だった。

⑤地点の底層にあたる水深2.0m測定点で、10月後半から12月にかけて異常に低いDOが継続して観測されたため、この期間は異常値として欠測とした。推定であるが、諏訪湖の水位の低下

などの影響で測定器が湖底に埋没したことが原因と思われる。

測定できた期間においては、全水深が同等の②地点と似た傾向を示した。この地点はDOの日平均値が4 mg/Lを下回る日は調査期間中に5日出現しており、うち2日連続で日平均が4 mg/Lを下回ったのは1日だけだった。

⑥地点は、測定開始から1か月半後に測定器が現場から行方不明となったため、測定器の再設置を行い、データ採取を行えたのは10月上旬からとなった。水深が浅い地点であり、底層である水深1.5m測定点と表層である水深0.5m測定点のDOにあまり差がなく、データ採取できた10月から12月の間は両水深とも最低でも8 mg/L以上のDOが観測された。

⑦地点は極めて水深が浅く、測定点は0.5m水深ひとつだけである。測定期間のほとんどで貧酸素となることがなかったが、8月に数回夜間を中心にDOが4 mg/Lを下回る時間帯があった。DOの日平均値は4 mg/Lを下回る日はなかった。

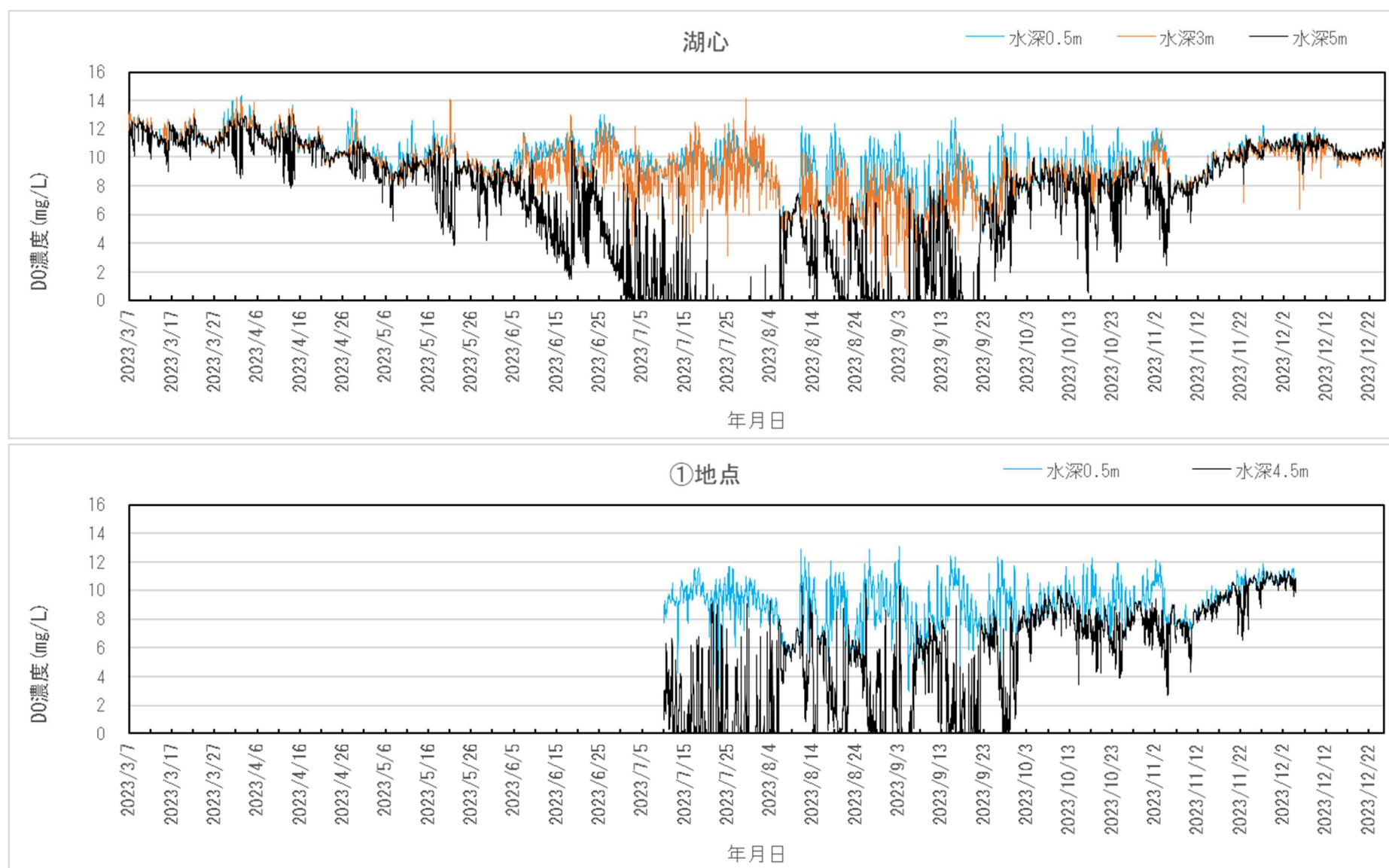


図2-1 各地点におけるDO濃度の変動(①、②地点)

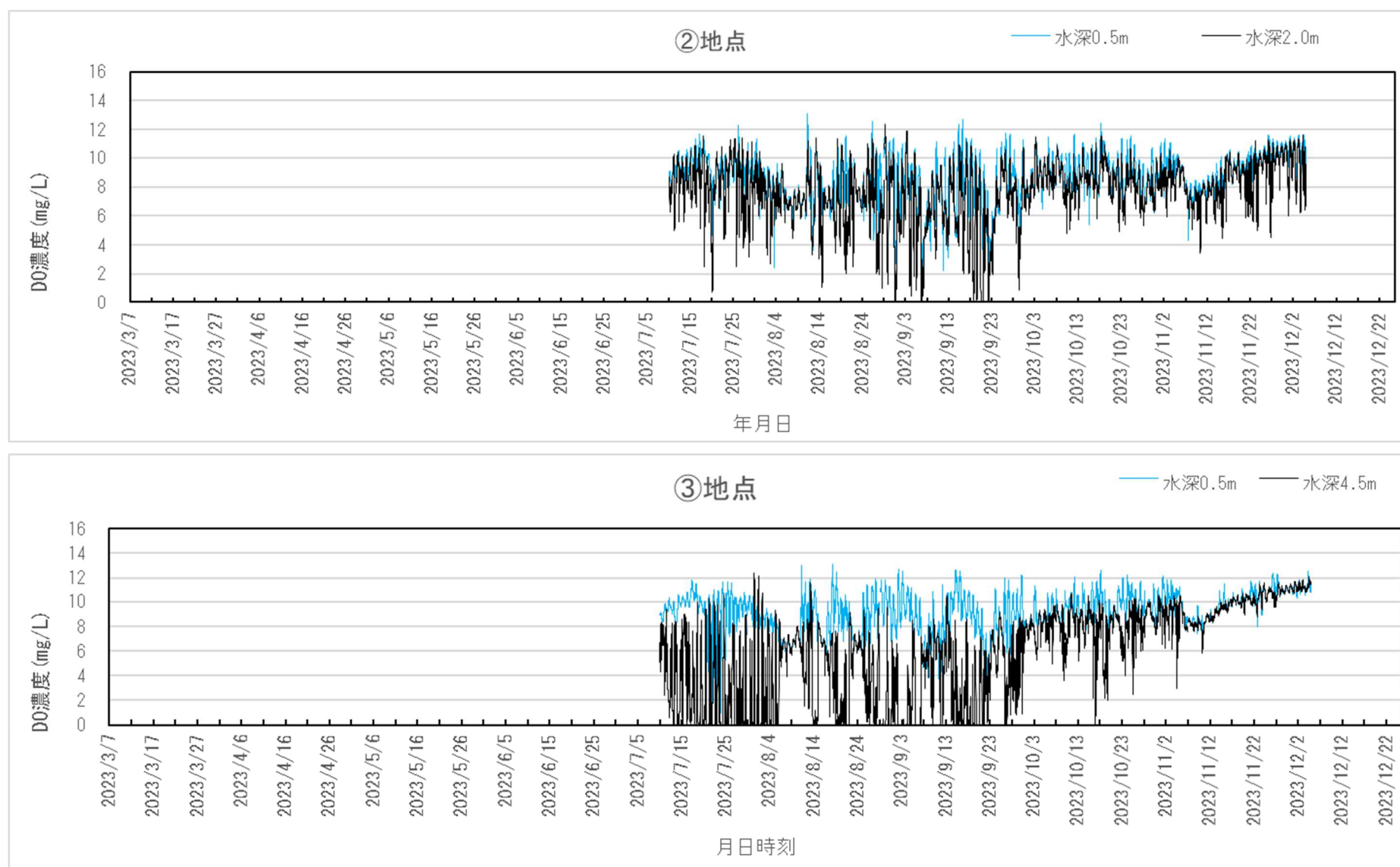


図2-2 各地点におけるDO濃度の変動(②、③地点)

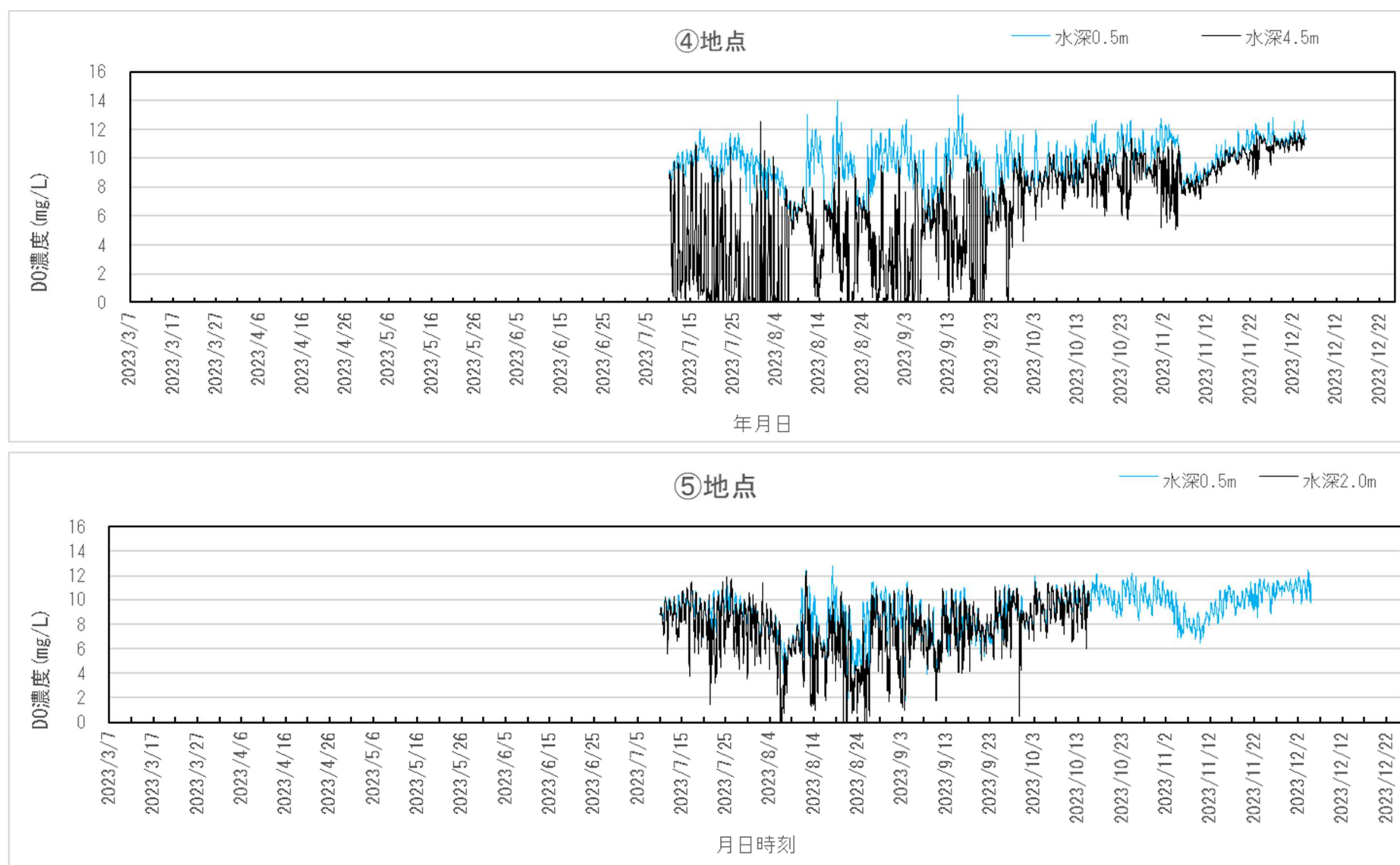


図2-3 各地点におけるDO濃度の変動(④、⑤地点)

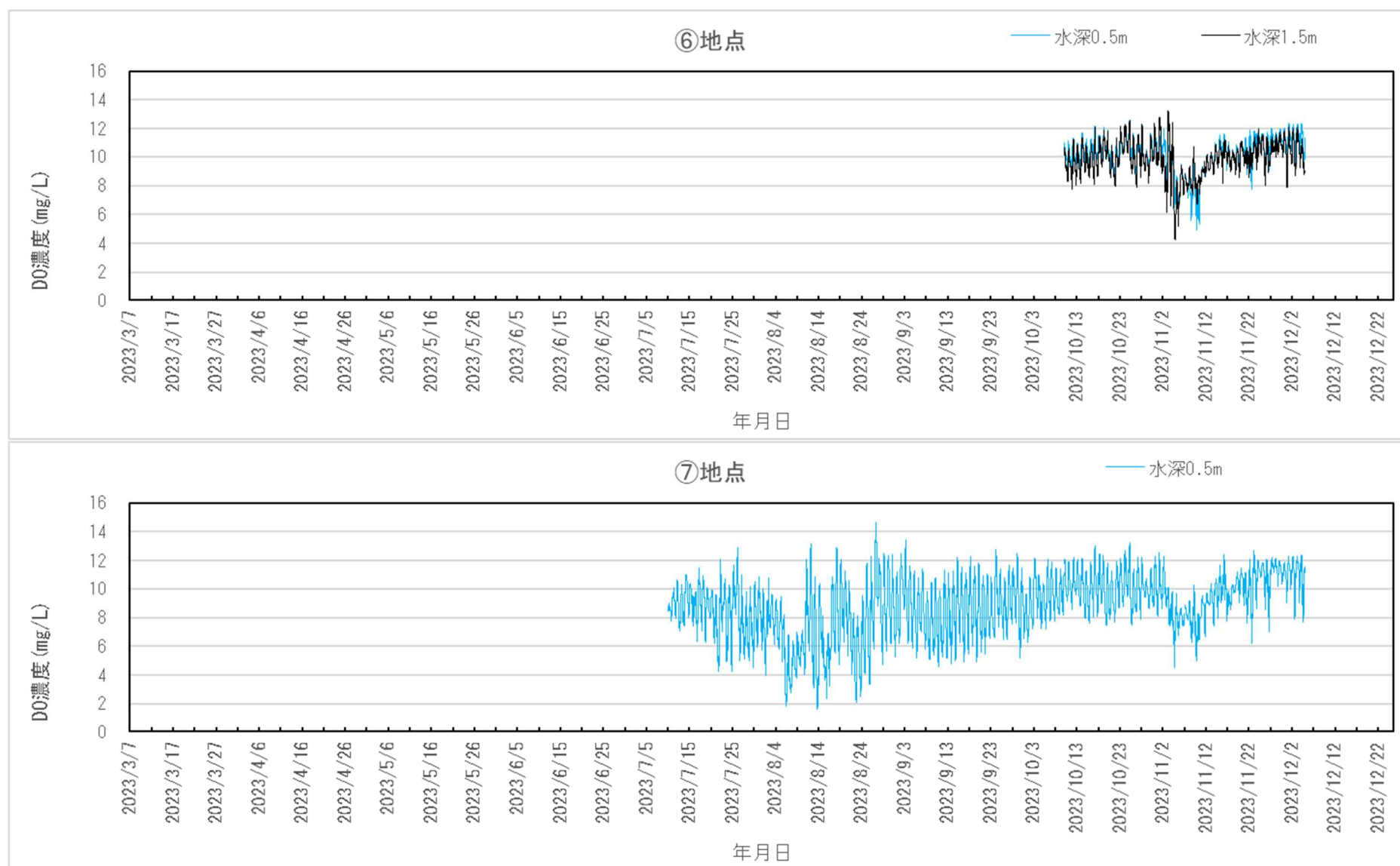


図2-4 各地点におけるDO濃度の変動（⑥、⑦地点）

次に、DOと水温の変動を地点ごとに半月間のデータの平均値と比較した（図3-1および図3-2）。

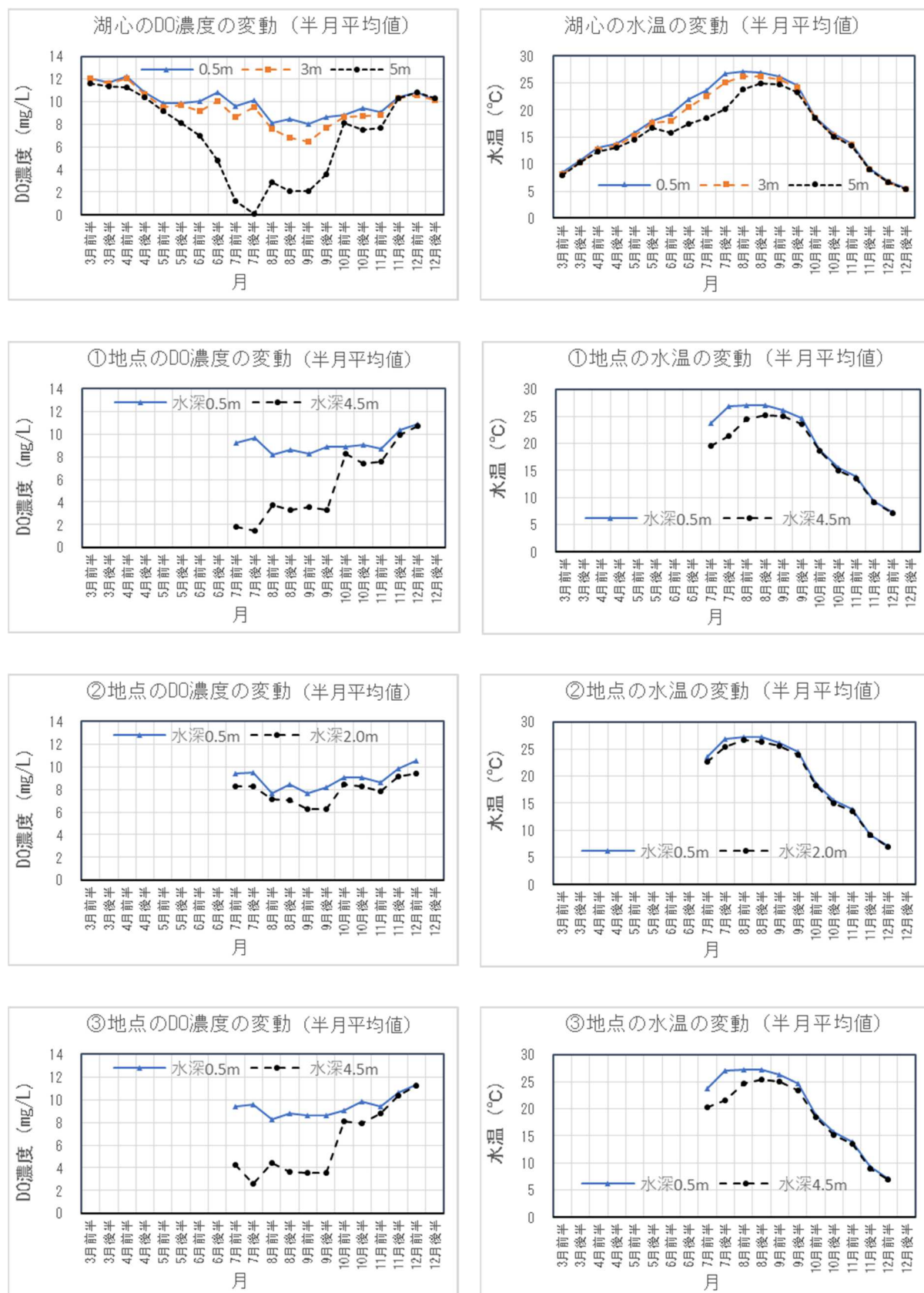


図3-1 各地点におけるDO濃度の変動(湖心、①、②、③地点)

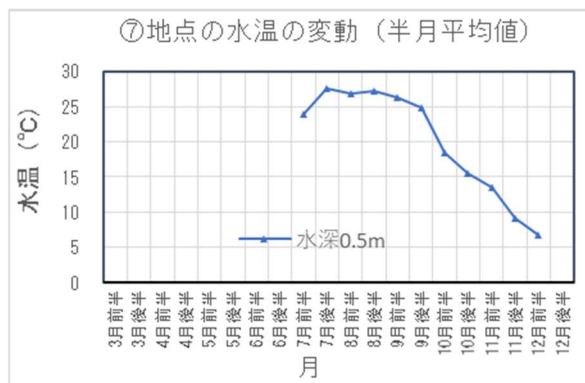
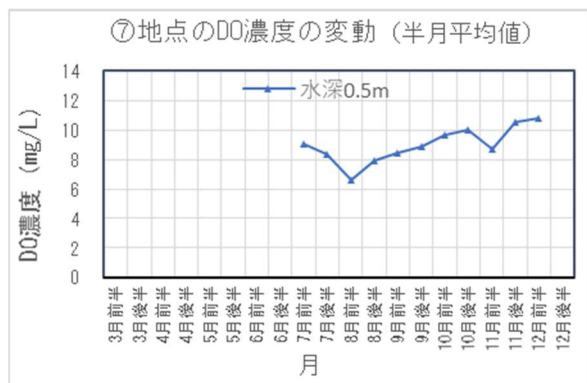
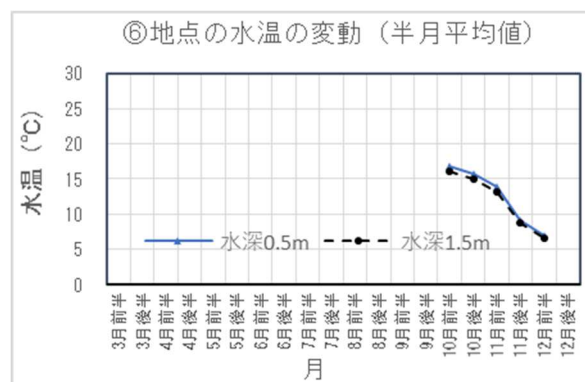
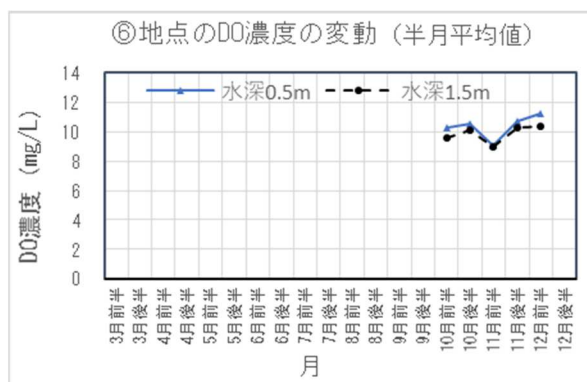
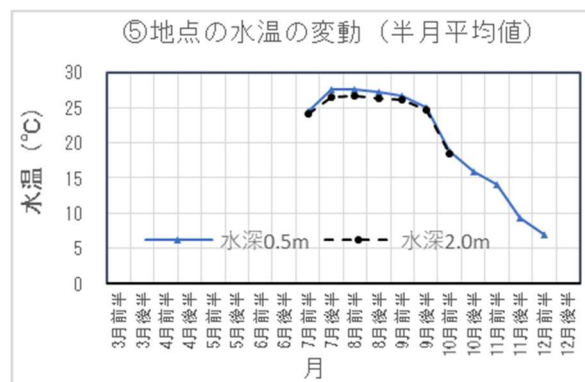
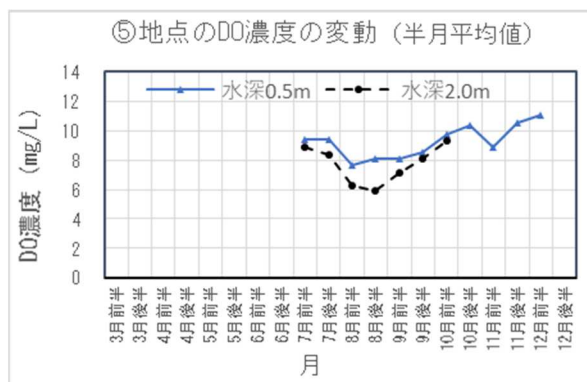
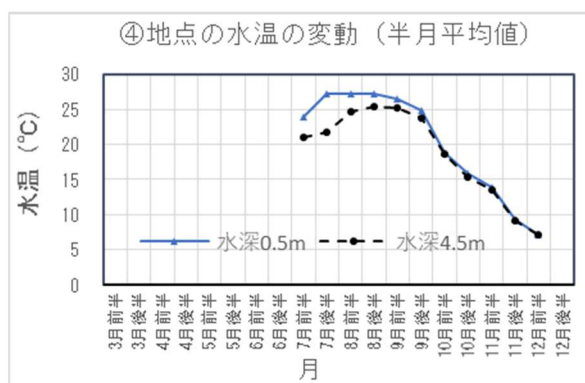
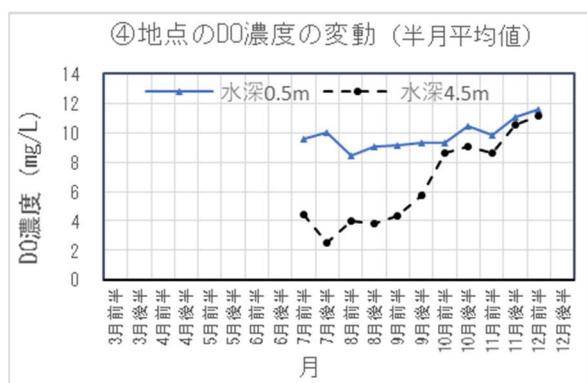


図3-2 各地点におけるDO濃度の変動(④、⑤、⑥、⑦地点)

DO半月平均値を総じてみると、底層でDO濃度低下が顕著に現れたのは全水深の深い湖心、①地点、③地点および④地点であり、頻度の高い順におよそ次のような傾向であった。

湖心 > ① > ③ ≒ ④ >> ⑤ ≒ ② > ⑦

湖心では、水深 5.0mでDO半月平均値が 3.0mg/L を下回る状況が7月前半から9月前半までみられ、その最低値は7月後半の 0.05mg/L であった。水深 3.0mでは半月平均値の最低値は9月前半の 6.4mg/L であった。

一方、水温の半月平均値については、表層(0.5m)と底層(5.0m)の差が6月後半～8月前半にかけて 3.3～6.6℃程度と大きかった。水深 0.5mと 3.0mの半月平均値の差は最大でも 1.7℃（9月前半）だった。

湖心に次いで全水深が深い①地点、③地点、④地点のうち底層（水深 4.5m測定点）の半月平均値の最低値が最も低かったのは、①地点の 1.4mg/L であり、③地点の 2.7mg/L と④地点の 2.5mg/L は近い値だった。最低となったのはいずれも7月後半だった。

水温については、いずれの地点も7月前半から9月後半にかけて表層と底層の間に差がみられ、水温躍層が形成されていることが推測された。

全水深が比較的浅い⑤地点の下層（水深 2.0m測定点）では、8月後半に 5.9mg/L となったのが最低値であった。

②地点と全水深が近い②地点では、下層（水深 2.0m測定点）のDO半月平均値の最低値は、9月前半の 6.2mg/L であった。

一方、水温の半月平均値の表層と下層の差については、②地点は7月後半の 1.3℃が最大であり、⑤地点も同じく7月後半に最大値の 1.2℃であった。

全水深が浅い⑦地点では、DOの半月平均値の最低値8月前半の 6.6mg/L であった。

⑥地点では測定データの採取開始が10月となり遅かったため、DO低下が問題となる夏季のデータをとらえられなかった。

次に、DO低下、貧酸素化の程度を比較するため、DO測定値が3 mg/L 以下となった測定回数
の割合を半月ごとに算出し、図示した（図4）。

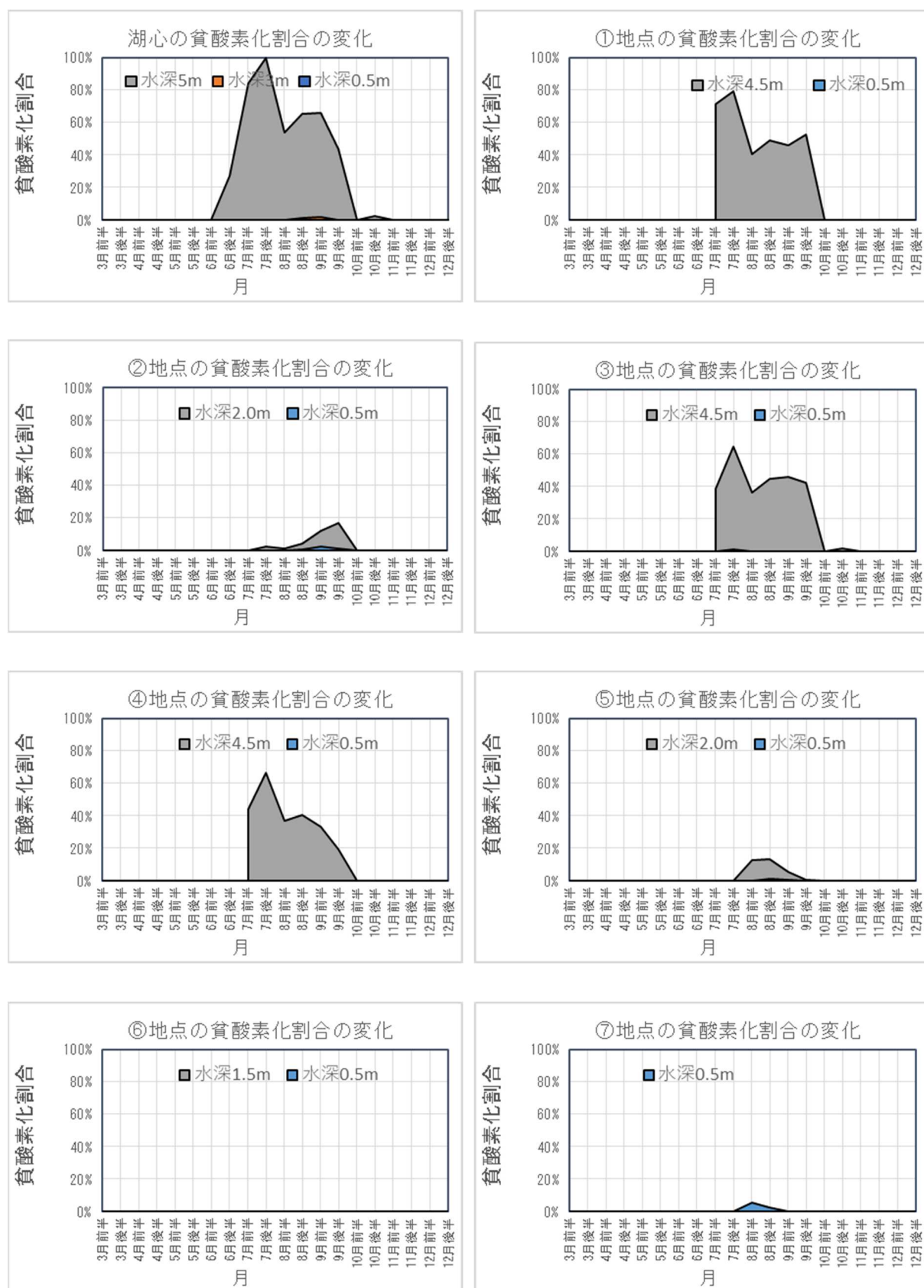


図4 各地点における貧酸素化の比較

各地点の底層の貧酸素化割合(測定した回数のうちDOが 3.0mg/L を下回った回数の比率)について、⑥地点を除き並行してデータ採取できた7月上旬～12月上旬の期間で比較するとおおよそ次のような傾向がみられた。

湖心 > ① > ③ > ④ >> ⑤ > ② >> ⑦

これらの地点の中で、全水深が深い湖心、①、③および④地点の底層では貧酸素化割合(比率)が高いのは7月～9月であり、この期間の半月ごとの貧酸素化割合(比率)は湖心では 43～99%、①地点では 41～79%、③地点では 36～65%、④地点では 20～67%であった。

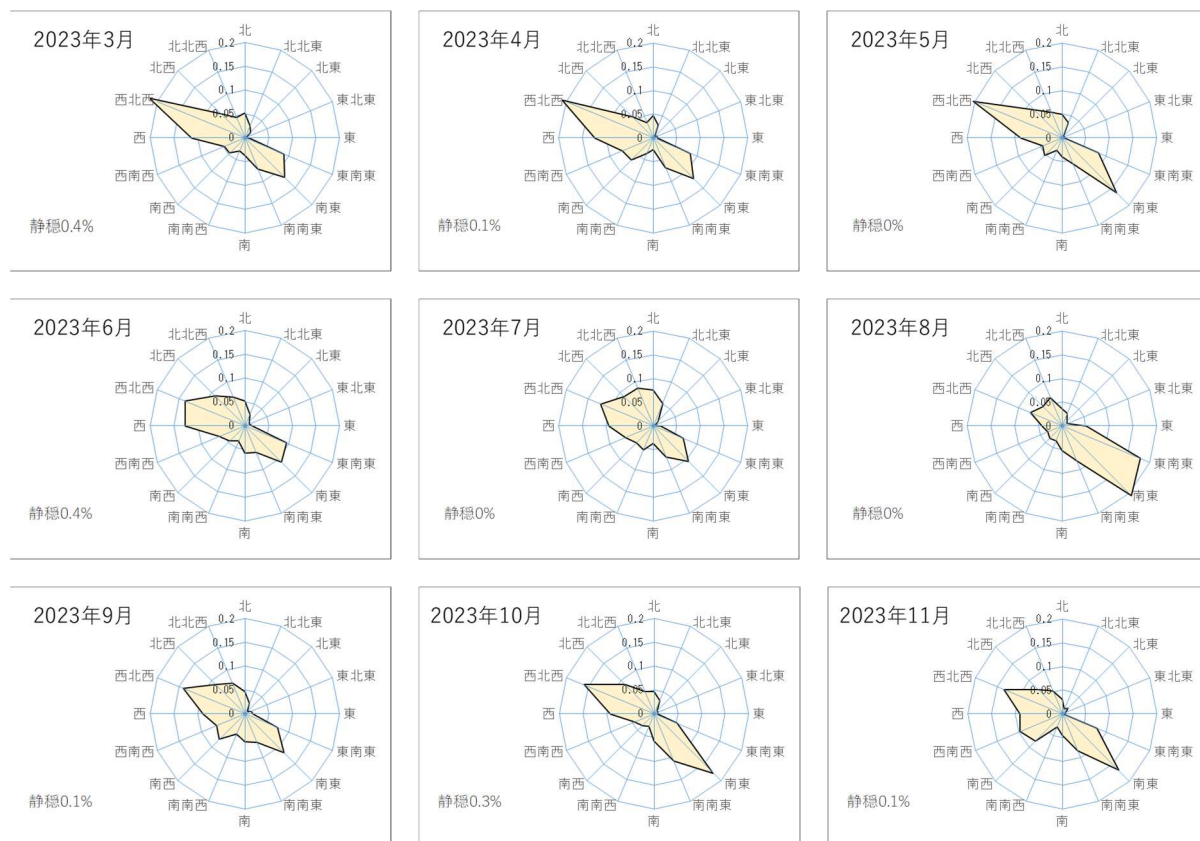
一方、全水深の浅い⑤地点、②地点では貧酸素化割合(比率)があまり大きくはならず、半月ごとの貧酸素化割合の最大値は⑤地点で 13% (8月後半)、②地点で 17% (9月後半)であった。

なお、全水深がごく浅い⑦地点では、8月以外には貧酸素化が観測されることがなく、貧酸素化割合の最大値は8月前半の 5.5%であった。

【参考】

調査期間の各月の風況について

調査期間の令和5(2023)年3月～12月における諏訪湖の風況を知るため、諏訪特別地域気象観測所の気象観測データ(毎正時データ)から各月の風配図を作成した(図5)。



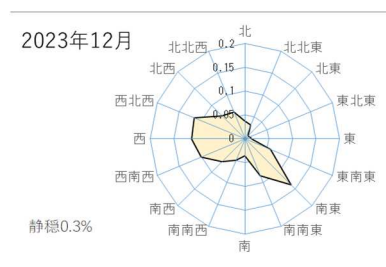


図5 調査期間の各月の風配図

併行してデータが採取できた期間（7月～12月）内の主風向は、南東であり、次には西北西であった。

ほとんどの月で南東寄りの風と西北西寄りの風がほぼ同等かどちらかが卓越していた。8月については、南東および東南東寄りの風が突出して卓越していた。