

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類型指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5地点（A、B、C、D、E）および湖心に固定された浮標に、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）。

但し、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：HOBO 溶存酸素データロガーU26-001（蛍光式）

調査期間： 令和4年(2022年)6月下旬～12月下旬
 （但し湖心は3月～12月）

各地点の測定水深は表1のとおりとした。



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	経度	現地 全水深 (m) ¹⁾	測定水深 (m)				
				0.5	2.0	3.0	4.0	5.0
A	36° 03' 15.22"	138° 03' 41.30"	2.55	0.5	2.0			
B	36° 03' 29.67"	138° 05' 52.52"	4.55	0.5	—	3.0	4.0	
C	36° 02' 53.77"	138° 06' 18.20"	2.43	0.5	2.0			
D	36° 02' 44.17"	138° 04' 28.25"	5.76	0.5	—	3.5	—	5.0
E	36° 02' 44.28"	138° 03' 51.50"	4.36	0.5	—	3.0	4.0	
湖心	—	—	—	0.5	1.5	3.0		5.0

1) 現地水深： 令和4(2022)年6月28日測定

A 地点



B 地点



C 地点



D 地点



E 地点

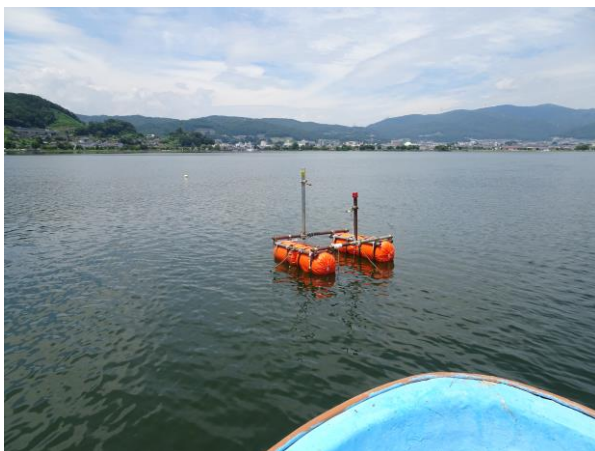


写真1 湖内の測定地点の様子(2022年7月)

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（湖心、A地点）、図2-2（B地点、C地点）および図2-3（D地点、E地点）に示した。調査地点の中で、湖心の最深測定点では5月中・下旬から10月中・下旬までDO濃度が4 mg/Lを下回る貧酸素状態から無酸素状態になることがあった。また、6月下旬から観測した他の5地点の最深測定点では、全水深の浅いA、C地点は頻度が低いが、およそ6月下旬から10月中・下旬までDO濃度が4 mg/Lを下回る貧酸素状態から無酸素状態になることがあった。特に全水深の深いB地点、D地点およびE地点における最深測定点で、7月上旬～10月上旬の時期を中心に継続的、あるいは高頻度の断続的な貧酸素化が生じていた。

さらに、湖心、A地点、B地点では11月上・中旬ころに短期間（<1h～2・3h程度の継続時間）ながら4 mg/Lを下回る貧酸素状態になることがあった。11月に入ってから4 mg/Lを下回る貧酸素状態化は昨年（2021年）には観測されなかった。

一方、9月には、これらの測定地点で低下した最深測定点のDO濃度が6～8 mg/L程度まで回復するとともに、同一地点の上層の測定点のDO濃度とほぼ同じになる現象がみられた。

この時期は、台風等（11号、14号、15号や台風から変わった低気圧）や前線、湿った空気等の影響³⁾で激しい雨の降った日もあり、強風が続いた日もあり、湖水の上下混合が進んだことが原因と考えられる。

³⁾ 長野県の気象概況 令和4年(2022年)9月、長野地方気象台

【各地点について】

湖心の5m層では、5月後半にも散発的にDO<3 mg/Lとなることがあったが、その継続時間は2～7h程度でそれほど長くはなかった。半日以上DO<3 mg/Lが継続するようになるのは6月下旬以降であり、10月上旬までは、無酸素～貧酸素状態(<3 mg/L)が間欠的に現れた。DO<3 mg/Lになるのは10/22昼頃の短期間(3時間程度)が最後であり、昨年(2021年)より7日ぐらい遅かった。

A点の2m層で6月下旬に観測開始以降、初めてDO<3 mg/Lとなったのは6月下旬(6/29)であり、継続時間は単発であった。また、最後にDO<3 mg/Lとなったのは11月中旬(11/11)で、継続時間は1h程度であり、昨年(2021年)より1ヶ月あまり遅かった。

B点の4m層で6月下旬に観測開始以降、初めてDO<3 mg/Lとなったのは6月下旬(6/28)であり、継続時間は単発であった。また、最後にDO<3 mg/Lとなったのは11月中旬(11/13)で、継続時間は単発であり、昨年(2021年)より1ヶ月程度遅かった。

C点の2 m 層で6月下旬に観測開始以降、初めてDO < 3 mg/Lとなったのは7月中旬(7/12)であり、継続時間は2h程度であった。また、最後にDO < 3 mg/Lとなったのは10月中旬(10/17)で、継続時間は1.5h程度であり、昨年(2021年)より1ヶ月程度遅かった。

D点の5 m 層で6月下旬に観測開始以降、初めてDO < 3 mg/Lとなったのは6月下旬(6/28)であり、継続時間は65h程度であった。また、最後にDO < 3 mg/Lとなったのは10月下旬(10/23)で、継続時間は2h程度であり、昨年(2021年)より1週間程度遅かった。

E点の4 m 層で6月下旬に観測開始以降、初めてDO < 3 mg/Lとなったのは6月下旬(6/28)であり、継続時間は12.5h弱程度であった。また、最後にDO < 3 mg/Lとなったのは10月中旬(10/17~18)で、継続時間は7h弱程度であり、昨年(2021年)とほぼ同じであった。

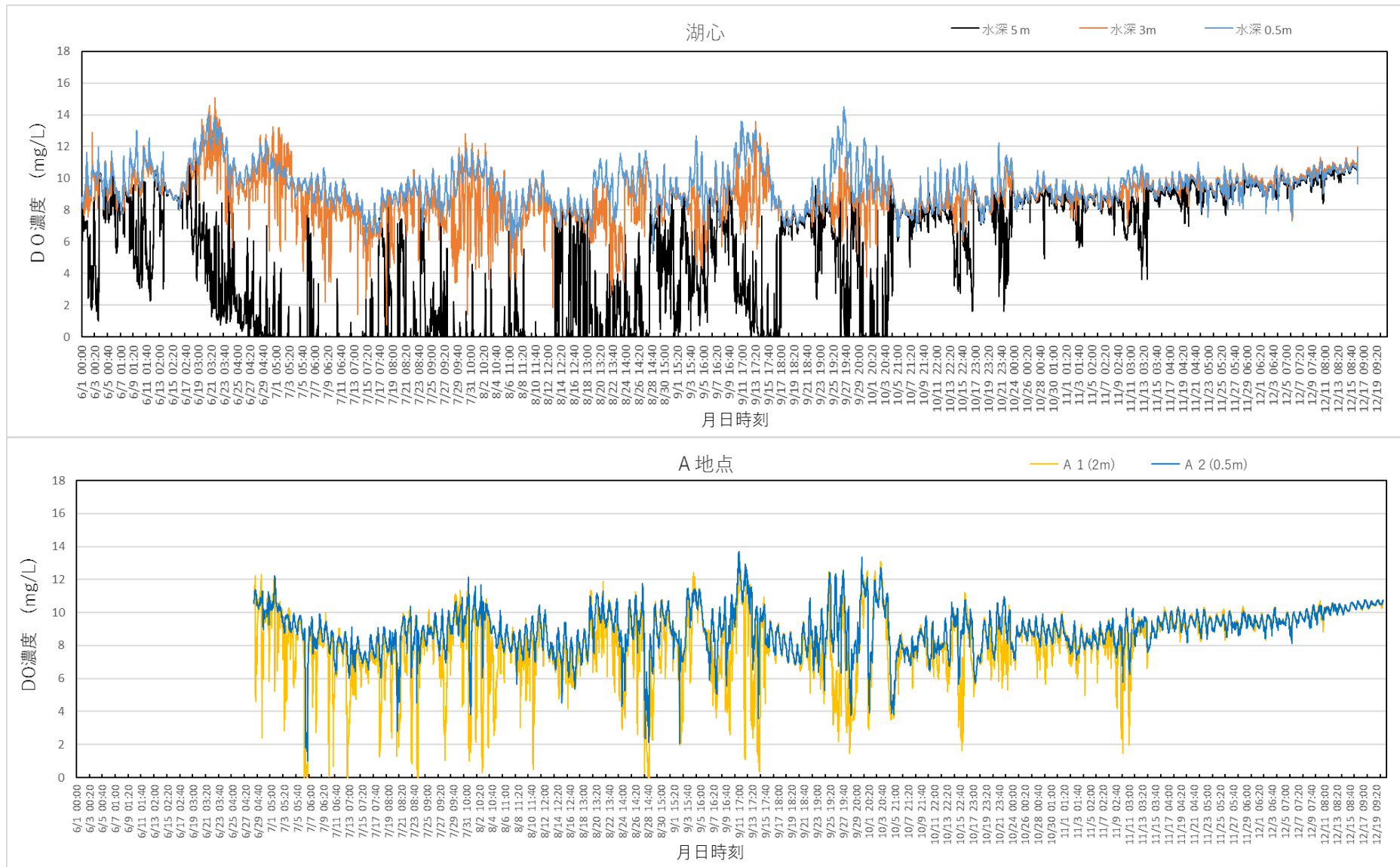


図2-1 各地点におけるDO濃度の変動（湖心、A地点）

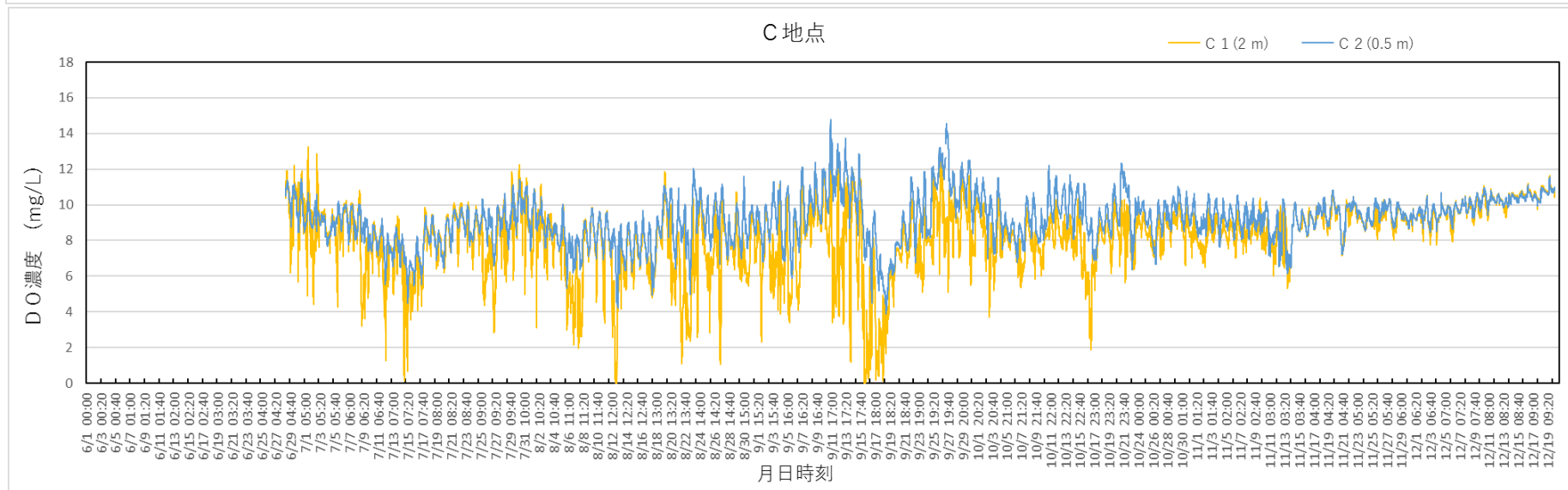
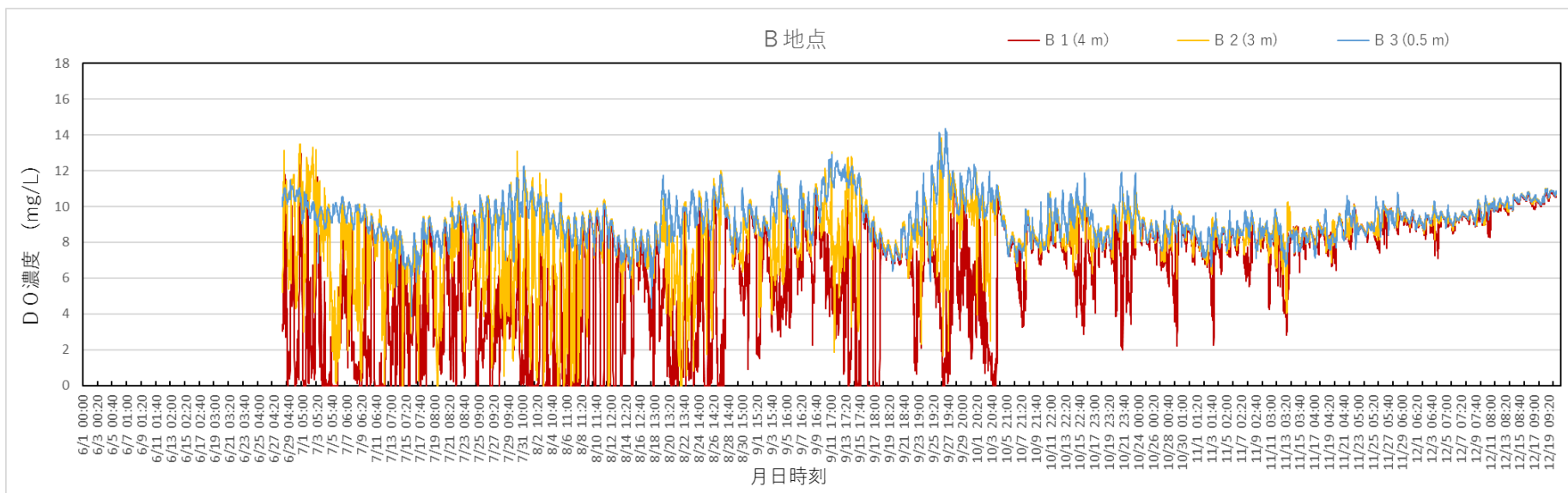


図2-2 各地点におけるDO濃度の変動 (B地点、C地点)

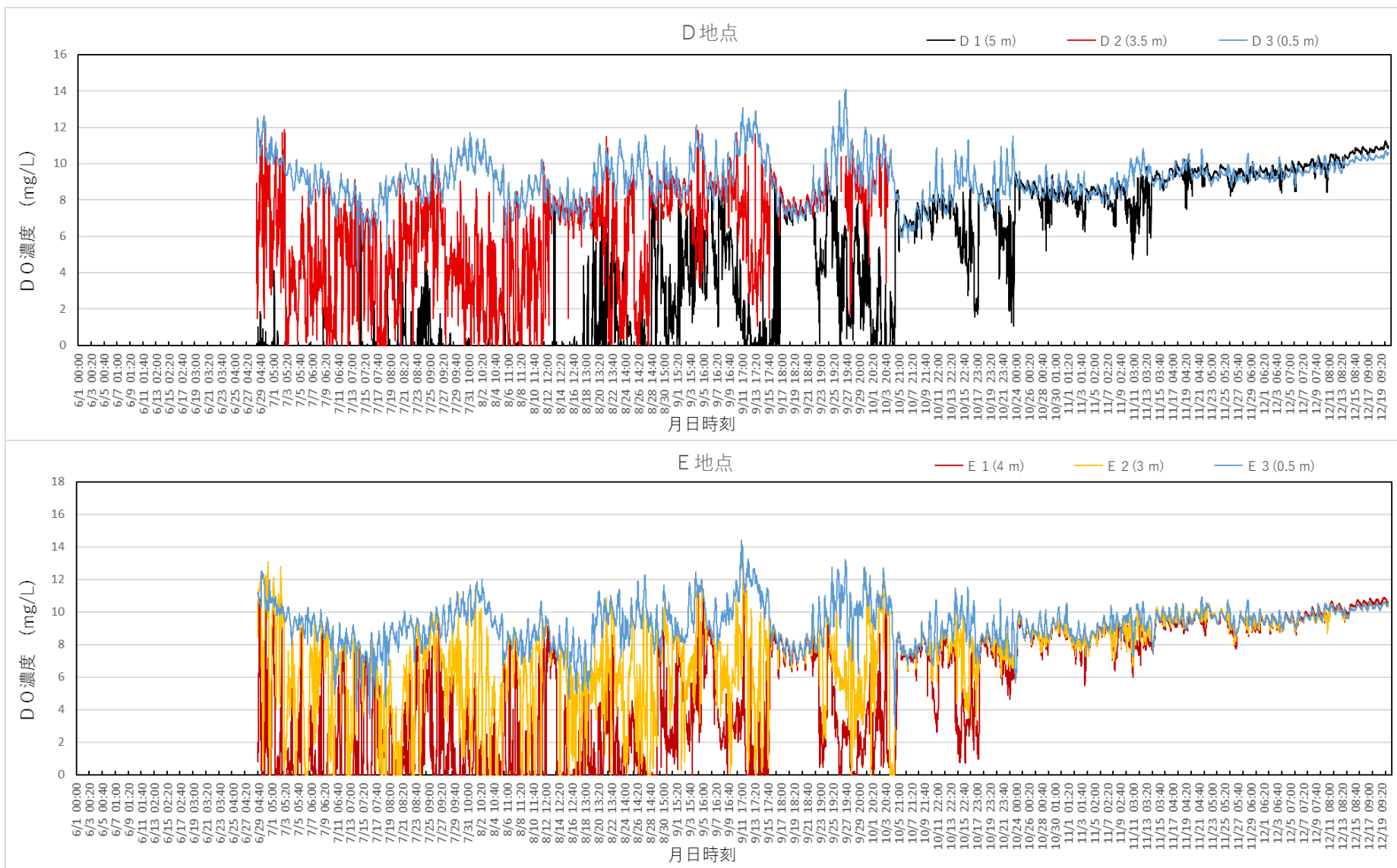


図2-3 各地点におけるDO濃度の変動（D地点、E地点）

なお、各調査地点の各調査月の半月間ごとの期間内測定割合が50%を下回ったのは、調査期間の6月後半～12月後半の中で、6月後半と12月後半であった。また、D地点の水深3.5 m層では測定装置に不具合が生じたため、10月前半に期間内測定割合が50%を下回り、10月後半～12月後半は欠測となった。

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で比較した（図3-1および図3-2）。

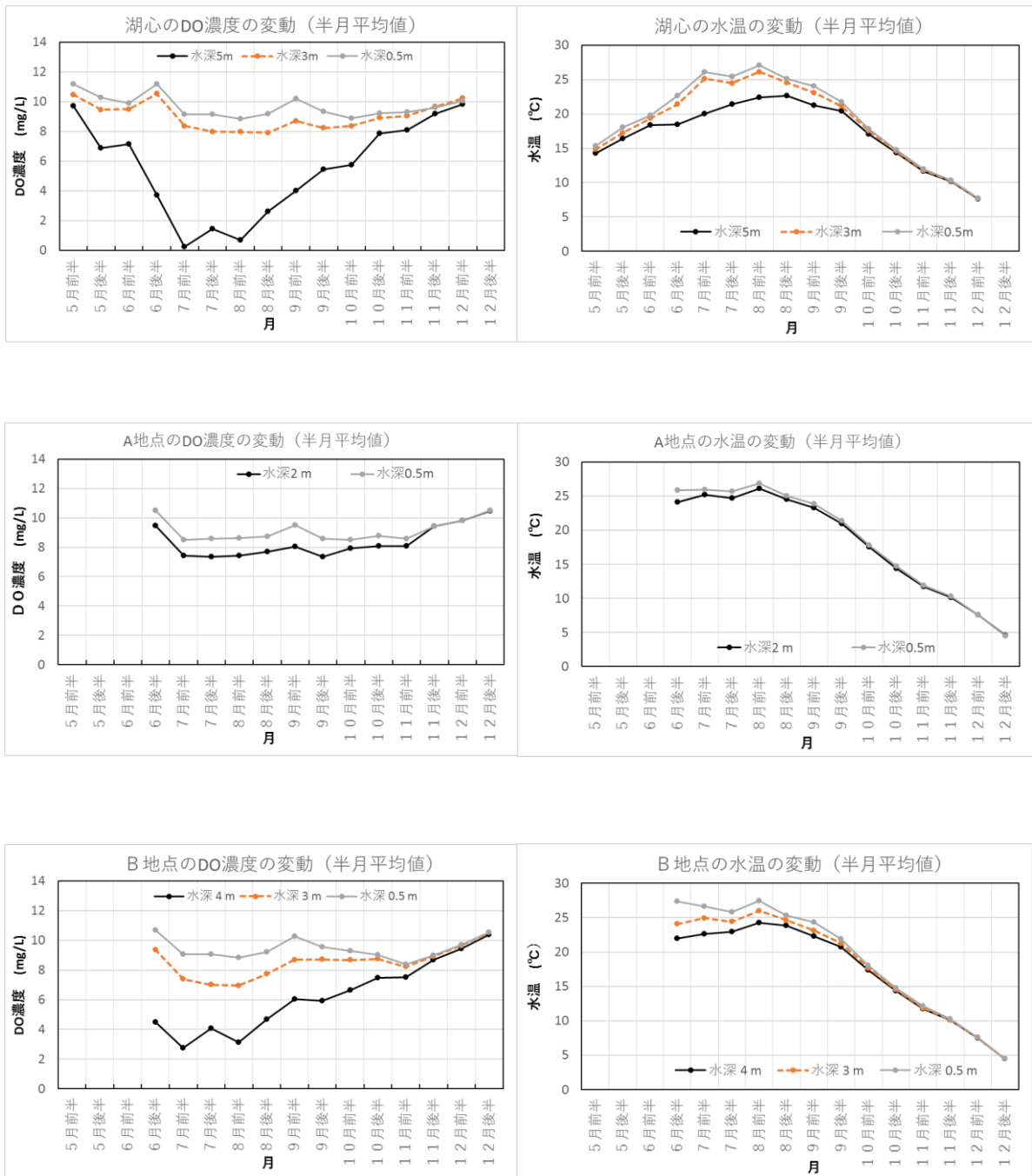


図3-1 各地点におけるDO、水温の比較(湖心、A地点、B地点)

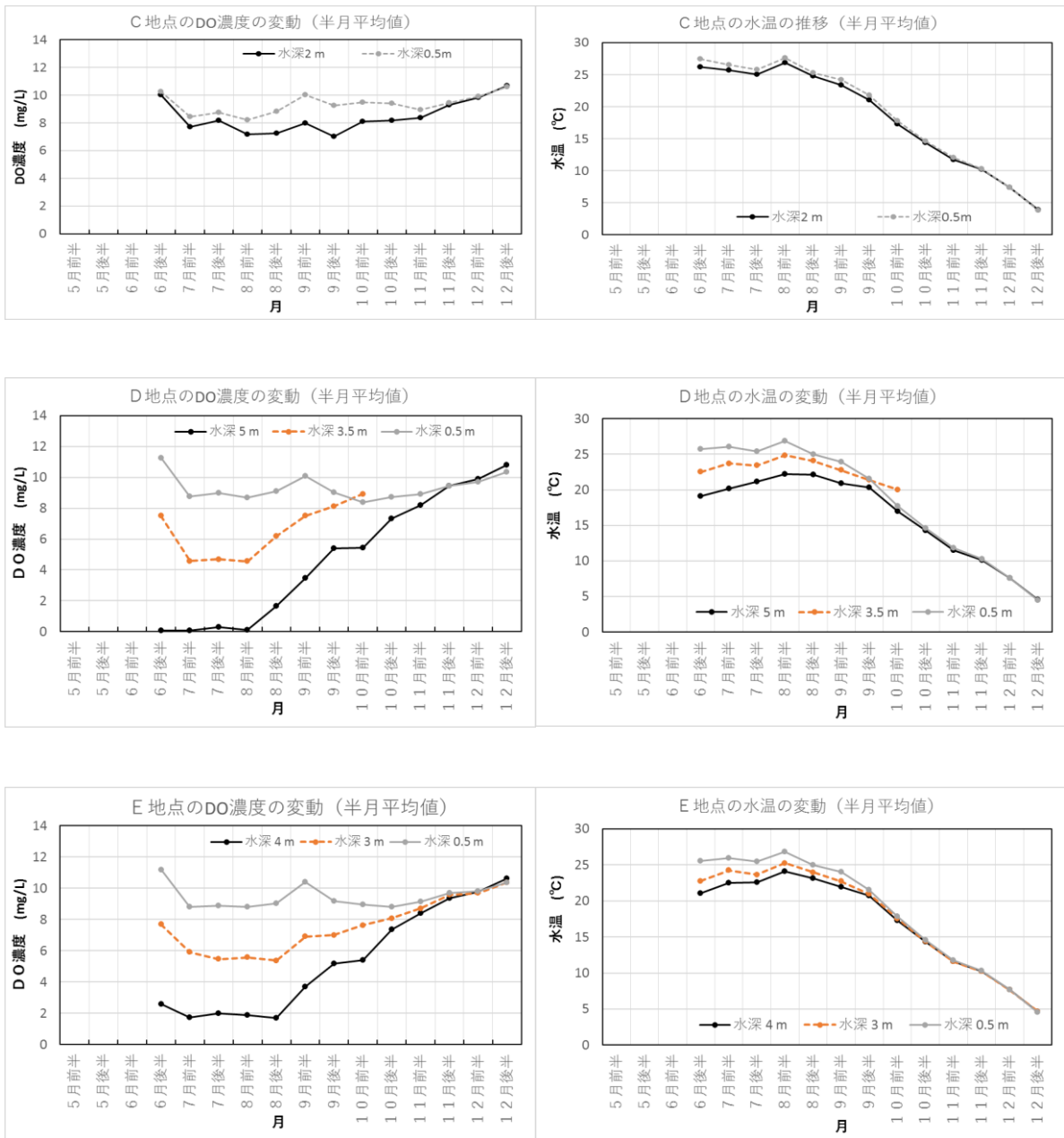


図3-2 各地点におけるDO、水温の比較(C地点、D地点、E地点)

A地点、C地点においては、半月平均値としてDO濃度の大きな低下はなく、深い層(水深2.0 m)での最低値はA地点で7月後半と9月前半の7.3 mg/L、C地点で9月後半の7.0 mg/Lあった。また、表層(水深0.5 m)のDO濃度(半月平均値)はそれより0~2.3 mg/L程度の範囲で高い濃度であり、7月前半から11月前半あたりでその差が大きかった。

一方、水温の半月平均値については、表層(水深0.5 m)と底層(水深2.0 m)の差は6月後半~9月後半にかけてA地点で0.4~1.7°C、C地点で0.5~1.3°Cとなり、特に6月後半~9月前半にその差が大きかった。

B地点の底層(水深 4.0 m)の DO 濃度の半月平均値はA地点、C地点に比べて低下がみられ、DO 半月平均値の最低値は 2.7 mg/L (7 月前半)であった。また、水深 3.0 m での DO 半月平均値の最低値は 7.0 mg/L (8 月前半)で、表層での DO 半月平均値は 8.4~11 mg/L 程度であった。

一方、水温の半月平均値については、表層(水深 0.5 m)と底層(水深 4.0 m)の差が 6 月後半~9 月前半で大きく、1.5~5°C程度であったが、9 月後半以降は差が 1.2°C程度以下に小さくなっていった。

D地点では、水深 5.0 m で DO 半月平均値が 6 月後半~8 月後半に 3.0 mg/L を下回る状況がみられ、6 月後半~8 月前半には 0.3 mg/L 程度以下であった。また、水深 3.5 m での DO 半月平均値の最低値は 4.6 mg/L (7 月前半及び 8 月前半)であり、水深 0.5 m では大きな低下は見られなかった。

一方、水温の半月平均値については、表層(0.5 m)と底層(5.0 m)の差が 6 月後半~9 月前半にかけて 3~7°C程度と大きかった。

E地点では、底層(水深 4.0 m)で DO 半月平均値が 7 月前半~8 月後半に 3.0 mg/L を下回る状況がみられ、その最低値は 1.7 mg/L(7 月前半及び 8 月後半)であった。水深 3.0 m では 7 月前半~8 月後半に 5.4 mg/L 程度までの DO 低下がみられた。表層では大きな低下はみられなかった。

一方、水温の半月平均値については、表層(0.5 m)と底層(4.0 m)の差が 6 月後半~9 月前半で 2~4.5°C程度であった。

湖心では、水深 5.0 m で DO 半月平均値が 7 月前半~8 月後半に 3.0 mg/L を下回る状況がみられ、その最低値は 0.3 mg/L (7 月前半)であった。また水深 3.0m では同時期に DO 半月平均値が 7.9~8.4 mg/L 程度までやや低下した。

一方、水温の半月平均値については、表層(0.5 m)と底層(5.0 m)の差が 6 月後半~9 月前半にかけて 2.5~6°C程度と大きかった。

総じてみると、DO 半月平均値からみて底層で DO 濃度低下が顕著に現れたのは全水深の深い湖心、D地点、E地点、およびB地点であり、DO 濃度低下を全体的にみると、

D ≒ 湖心 > E > B >> A ≒ C であり、この順番は昨年(2021年)の調査結果と同様であった。

次に、DO 低下、貧酸素化の程度を比較するため、10 分ごとの DO 測定値において 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4-1および図4-2）。

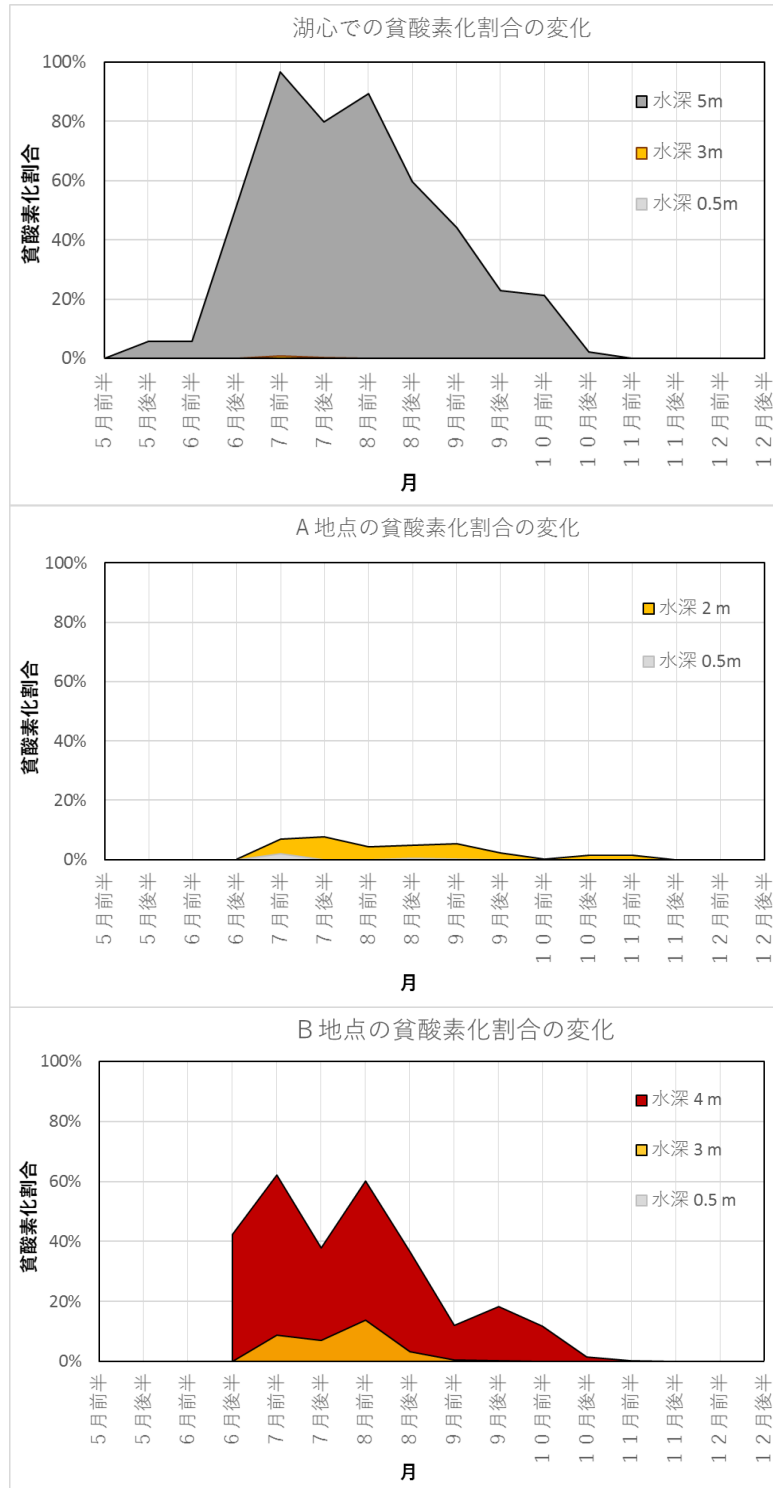


図4-1 各地点における貧酸素化の比較（湖心 A地点、B地点）

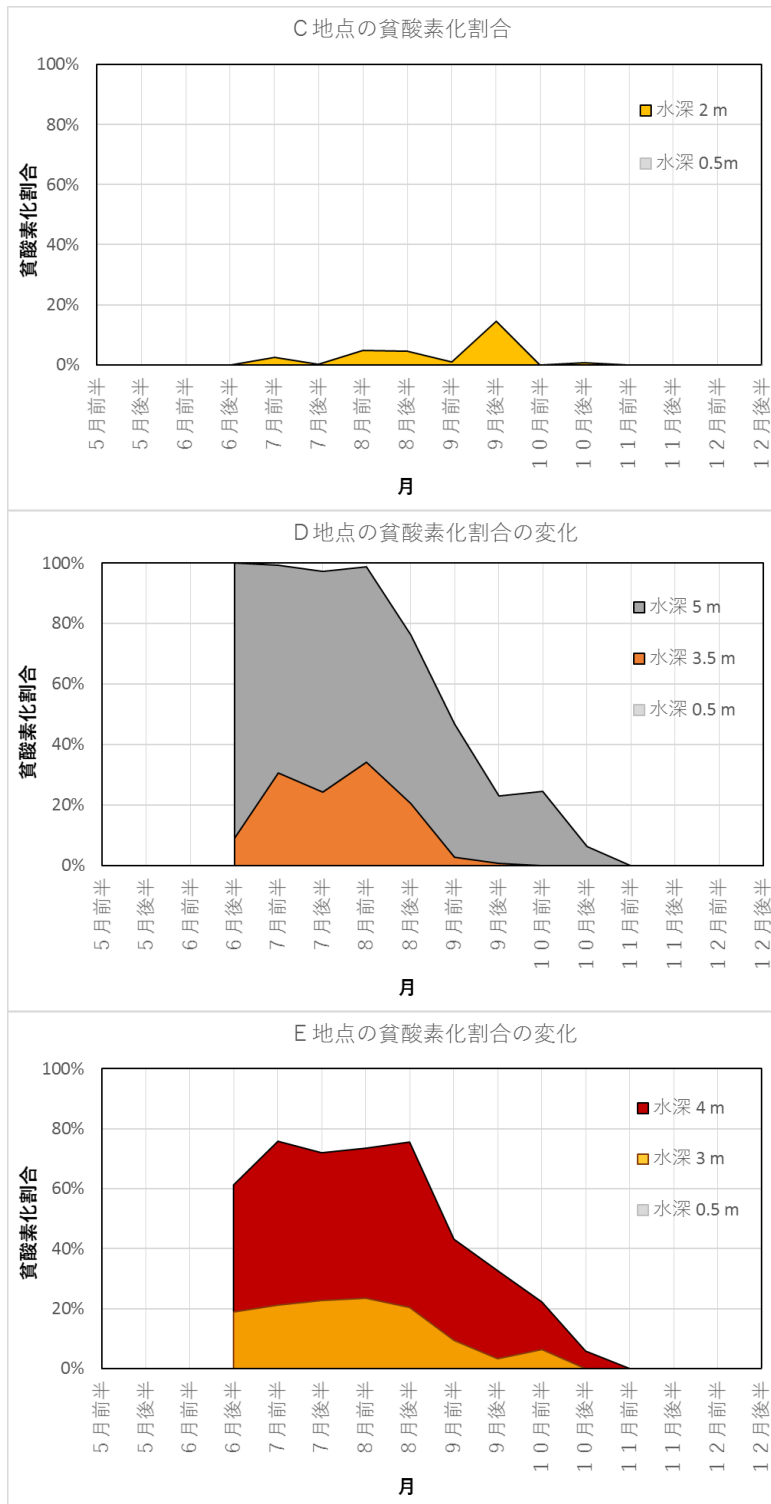


図4-2 各地点における貧酸素化の比較 (C地点、D地点、E地点)

各地点の底層の貧酸素化割合(比率)をみると、

$D \cong \text{湖心} > E > B \gg A \cong C$ であった。

これらの地点(底層)の中で、全水深の浅いA地点、C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A地点で7.7%(7月後半)、C地点で14.7%(9月後半)であった。昨年(2021年)のこの最大値はA地点で4.2%(9月後半)、C地点で3.8%(8月後半)であり、それらと比べて大きな値であった。

一方、全水深が深い他の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、半月ごとの貧酸素化割合(比率)は湖心では23~97%、D地点では23~99%、E地点では33~76%、B地点では12~62%であった。これらを令和3(2021)年の値(湖心:17~89%、D地点:34~79%、E地点:19~45%、B地点:12~29%)と比較すると、全体として大きい値であった。

【参考】

令和4(2022)年度の各月の風況について

調査期間の令和4(2022)年5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)。

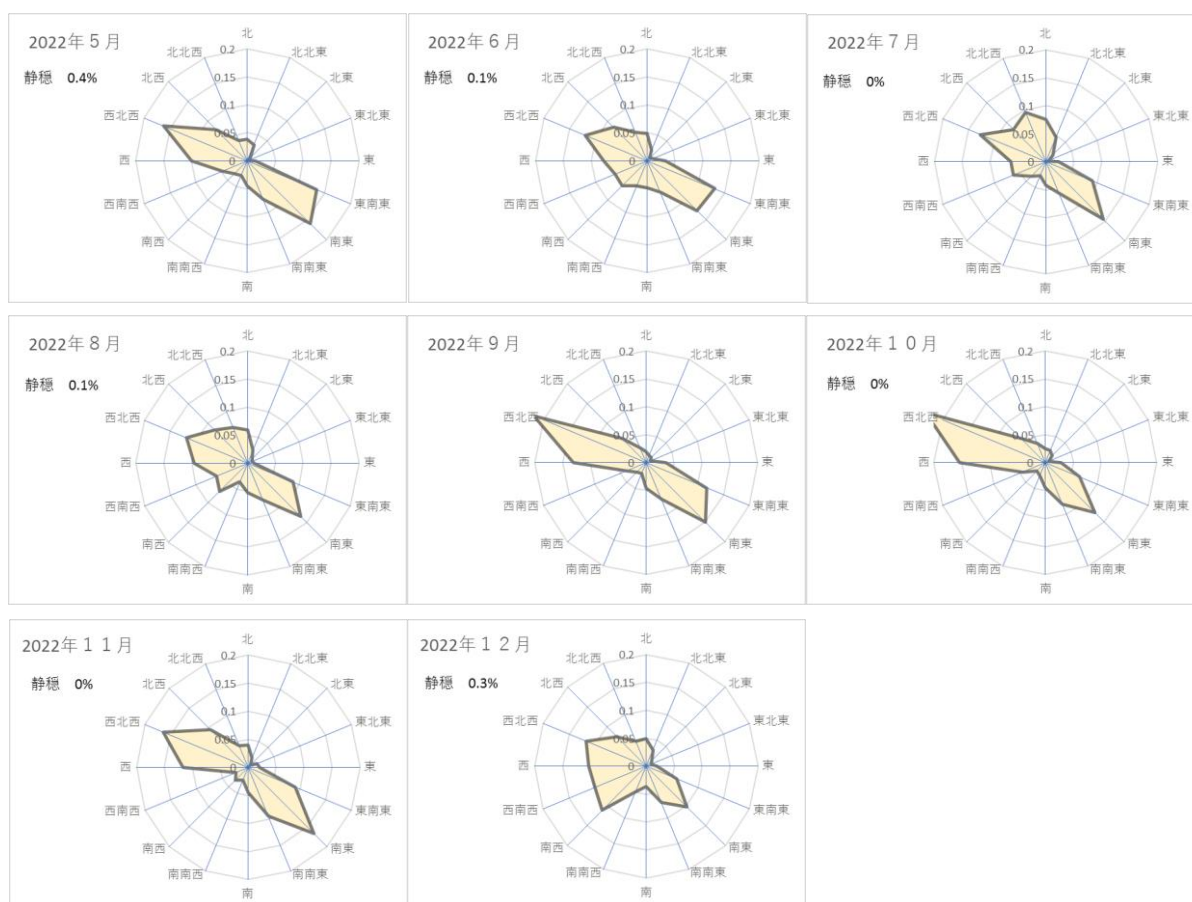


図5 調査期間の各月の風配図

調査期間（5月～12月）内の主風向は、西北西寄り（北西～西北西～西）の風であり、次には南東寄り（東南東～南東～南南東）の風であった。

各月の両者の関係を見ると、5月、6月、7月、8月は南東寄り風が西北西寄り風と比べ、ほぼ同等かやや卓越していたが、他の月（9月、10月、11月）は両者は逆転して、西北西寄り風が卓越していた。12月については、西北西寄り（北西～西北西～西）の風に加えて、南西寄りの風まで加えた西寄りの風が南東寄りの風に比べて卓越していた。