

水深別水質調査と新指標（底層 D0）のモニタリング・評価手法の構築

環境監視部門 公共用水域係、生物圏係、化学環境係

1. 目的

水質汚濁防止法の規定による公共用水域水質測定計画に基づき水深別水質調査を実施し、琵琶湖水質の長期変動を把握するとともに、水環境の変化を水質面から観測し評価する。

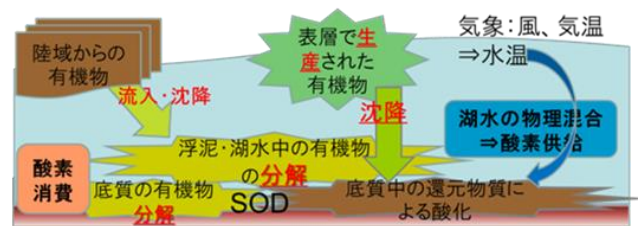
また、北湖第一湖盆底層 D0（溶存酸素）の年最低値については、平成 12 年以降 4 年に 1 回の頻度で底層生物の生息に影響があるとされている貧酸素状態になっている。こうしたことも背景に、国において平成 28 年 3 月に湖沼と海域における底層 D0 の環境基準値が設定されたことから、底層 D0 の実態・変動要因を考慮した効率的なモニタリング手法の確立や評価手法について検討する。

【現状における課題】

（近年の低酸素化状況）



（底層D0値のみでは、数値変動の要因が不明確）

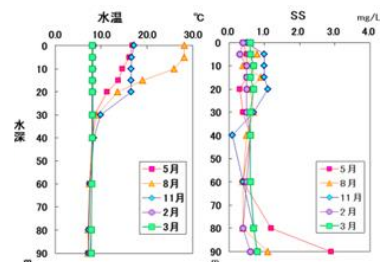
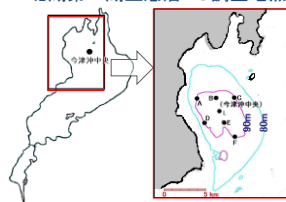


【課題解決に向けた対応】

1 水深別の水質を調査し、琵琶湖水質の鉛直分布を継続的に監視

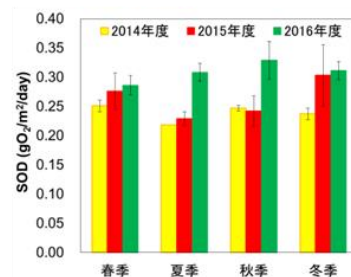
- 水深別水質の継続的な監視
- 琵琶湖水質の長期変動の把握
- 水環境の変化を水質面から観測・評価

北湖第一湖盆底層D0調査地点



2 底層D0のモニタリング・評価手法の構築

- 底層D0が低下しやすい北湖の第一湖盆におけるD0や水温の鉛直分布を継続して把握
- 底泥の酸素消費量 (SOD) 等の詳細把握調査



2. 研究内容と結果

【サブテーマ① 琵琶湖水深別調査】

公共用水域水質測定計画等に基づき水深別の水質を調査し、琵琶湖水質の鉛直分布の監視を継続して行った。

平成 30 年度の今津沖中央定点（17B）における水温および D0 の鉛直分布の経月変動を図 1 に示す。水温は、例年どおり、春季から表層水温が上昇し水深 10 m から 20 m までに水温躍層が形成され、秋季以降は表層水温が低下し水温躍層が衰退沈降したことを確認した。例年冬季には、水温および D0 が表層から底層までの全層で一様になる全層循環が確認されるが、平成 30 年度冬季は水深 90 m の湖底までは循環が到達せず、3 月 18 日の調査でも底層に水温および D0 が低い水塊が残存していた。この全層循環未確認については、後の【サブテーマ② 底層 D0 のモニタリング・評価手法の構築】で述べる。

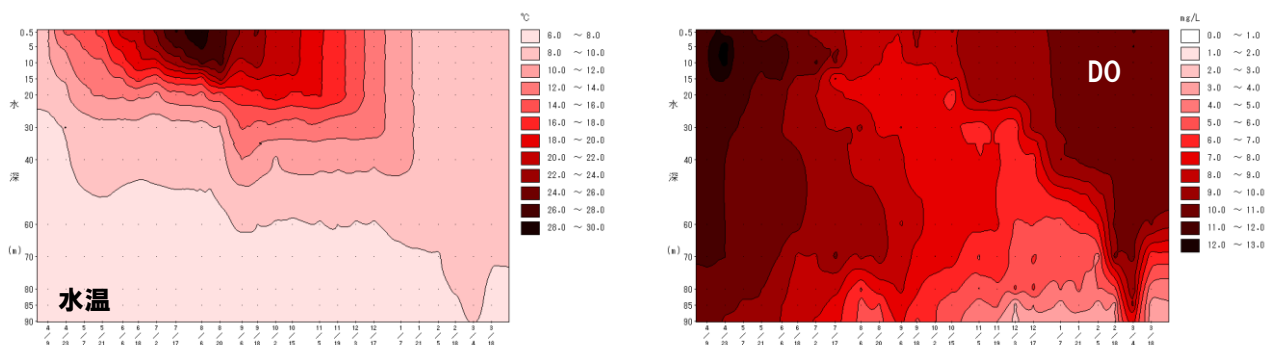


図 1 17B における水温および D0 の鉛直分布の経月変動

17B における平成 29 年度および平成 30 年度の硝酸態窒素の鉛直分布の経月変動を図 2 に示す。例年は平成 29 年度のように、春季から底層部で硝酸態窒素濃度が上昇し、冬季の全層循環により表層から底層まで一様となる。平成 30 年度は、水温躍層よりも下からの硝酸態窒素の回帰が 1 か月程度遅れたことに加えて、底層まで循環が到達しなかったため、冬季においても底層の濃度が高いままであった。平成 30 年度の北湖表層における全窒素濃度の年間平均値が過去最低であったが、その要因の 1 つとして、平成 30 年度冬季では底層の濃度の高い水が表層の水と混合せず、表層で濃度が低い状態が続いたためと考えられた。

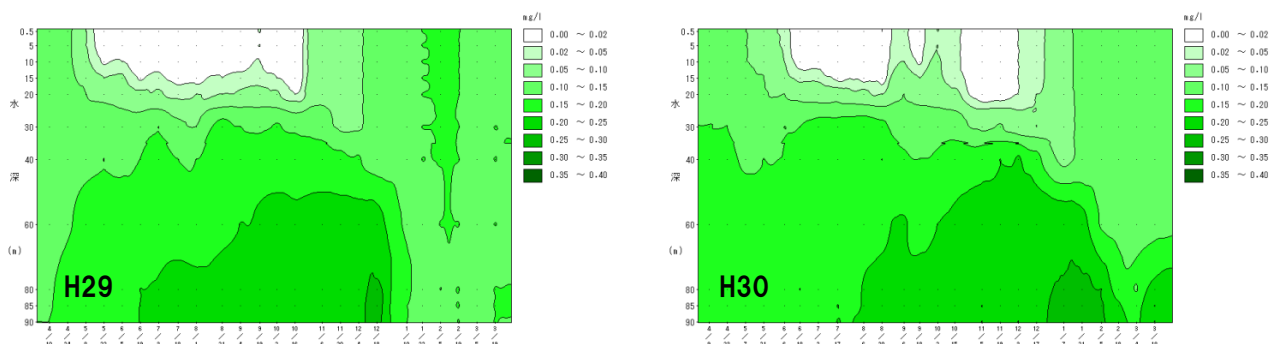


図 2 17B における平成 29 年度および平成 30 年度の硝酸態窒素の経月変動

【サブテーマ② 底層 D0 のモニタリング・評価手法の構築】

(1) 北湖深水層底層 D0 調査

北湖の最深部に位置する水深約 90 m の第一湖盆の底層 D0 の平面分布を把握するために行った。

平成 30 年度における今津沖中央定点 C 点 (=17B) の底層 D0 (湖底直上 1 m) の経月変動を図 3 に示す。C 点の底層 D0 は、年度当初から 8 月までは過年度平均値並みで推移し、台風 20 号、21 号および 24 号による強風で深水層の湖水も攪乱されたことにより、9 月以降は過年度最高値を上回るまで上昇した。しかし、11 月中旬以降は過年度平均値を下回り、1 月下旬以降過年度最低値を下回って推移した。2 月に入ると、値が上昇した後に再度減少し、値が大きく変動した。

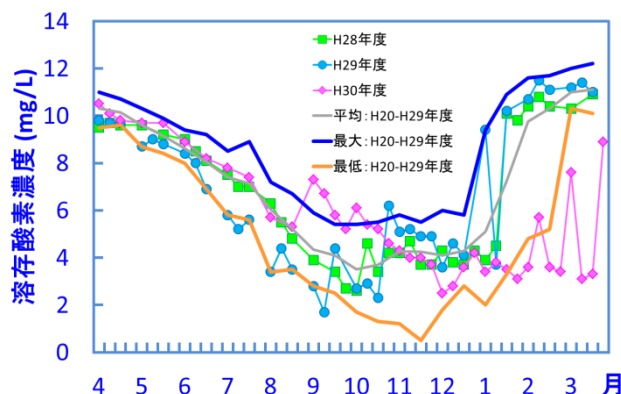


図 3 C 点における底層 D0 の経月変動

平成 30 年度秋季から冬季にかけての第一湖盆における底層 D0 平面分布の変動を図 4 に示す。第一湖盆では、秋季にかけて全体で D0 濃度が減少し、2~3 mg/L まで減少した地点が見られ、その後は徐々に上昇していった。2 月 12 日以降は、C 点と同様に、他の地点でも、D0 値が一度上昇しても再度低下するなど、底層 D0 の低い水塊が移動した。また、同日調査で各地点の値にばらつきが見られた。平成 30 年度末に実施した調査では、第一湖盆底層 D0 が低いところでは 3~4 mg/L と表層の D0 に比べて低い値を観測した。

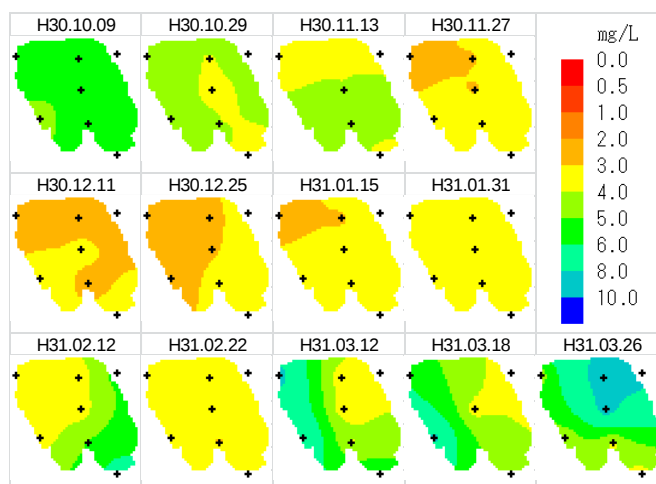


図 4 第一湖盆における底層 D0 平面分布の変動

例年冬季に見られる北湖の全層循環は、水深 80m 前後までは確認できたが、平成 30 年度冬季には第一湖盆水深 90 m で確認できなかった。これは、17B で水深別水質調査を開始した昭和 54 年以降で初めてのことである。ただし、全層循環が確認されなかった水域においても、表層から水深 80 m 前後までは水温と D0 は一様になっており、循環していない範囲は水深 80 m 以深から底層までであると推定された。

次に、北湖深水層底層 D0 調査の効率化に向けて、平成 29 年度は、これまでの調査結果をもとにデータを解析し、底層 D0 を評価する上で必要となる調査地点数や回数について検討を行った。その結果、5 月から 8 月まで 1 回/月、第一湖盆の 7 地点で実施していた調査について、そのうち 2 地点 (B 点・E 点) を除いた 5 地点について琵琶湖水深別調査時に実施することおよび 4 mg/L を下回った場合に調査頻度を増やすことで、底層 D0 が 2 mg/L を下回るとは見逃さない監視ができる判断した。そこで、平成 30 年度はその整理した手法を試行し、貧酸素状態を見逃さない監視ができたことを確認した。

(2) 底質の酸素消費量 (SOD) 等の詳細把握調査

底層 D0 の低下を招く大きな要因の一つである底泥酸素消費量 (SOD) について、今津沖中央定点 (17B) および南比良沖中央定点 (12B) で 4 回/年 (5 月、8 月、10 月、1 月)、安曇川沖中央定点 (15B) で 1 回/年 (11 月) 調査を実施した。

平成 30 年度の SOD 測定結果を図 5 に、SOD の経時変化および年平均値を図 6 に示す。平成 30 年度の SOD 年間平均値は、17B が $0.33 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ 、12B が $0.35 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ であった。17B の SOD 年間平均値は、平成 27 年度までは $0.25 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ 前後で推移し、平成 28 年度以降は上昇傾向にあり、平成 30 年度も高い値で推移したことがわかった。また、12B の SOD 年間平均値は、昨年度秋季の調査結果より低い値となった。

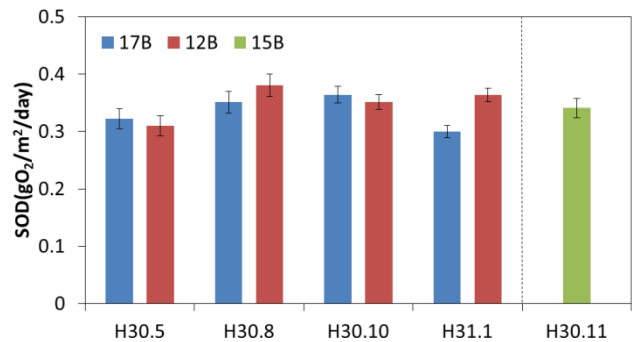
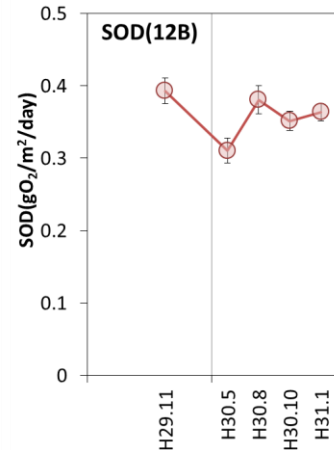
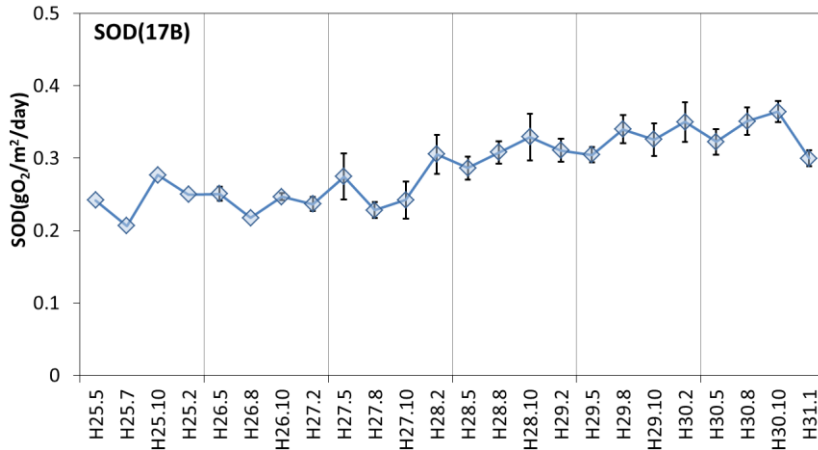


図 5 平成 30 年度における SOD 測定結果

(エラーバーは n=3 の標準偏差を示す)

17B と 12B における SOD の季節変動について、17B では夏季と秋季に SOD が上昇し、春季と冬季に SOD が低下する傾向が認められた。これは、平成 25 年度から平成 27 年度までにみられた、夏季に SOD が減少する傾向とは異なっていた。また、12B では春季の SOD が有意に低かった。



SOD						
年平均	0.24	0.24	0.26	0.31	0.33	0.33

—	0.35

図 6 17B および 12B における SOD の経時変化と年平均値

第一湖盆において、平成 25 年度から平成 29 年度までに調査した春季 SOD と当該 SOD 測定前後 1 か月間の底層 D0 減少速度との間には、正の相関がみられている（図 7）。17B における平成 30 年度春季の SOD は、平成 29 年度に引き続いて高い値となったことから、平成 30 年度も底層 D0 の減少速度は速いものと見込まれ、調査の効率化にも反映させた。

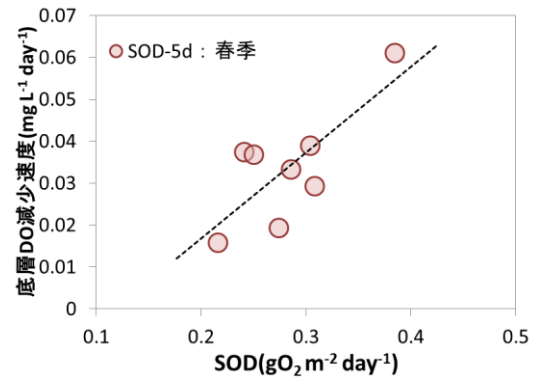


図 7 SOD と底層 D0 減少速度との関係
(平成 25 年度から平成 29 年度まで)

SOD の測定とあわせて、底泥に含有される成分（TC・TN・TP・Mn・Fe・As）の分析を実施した。17B における平成 29 年度および平成 30 年度の底泥成分分析結果を図 8 に示す。

平成 30 年度の 17B 表層（0～0.5cm）の分析結果を平成 29 年度と比較すると、春季から秋季までは同程度か低い値であったが、冬季は高い値となった。引き続き、底泥成分の分析を行って、SOD との関係について検討を進める。

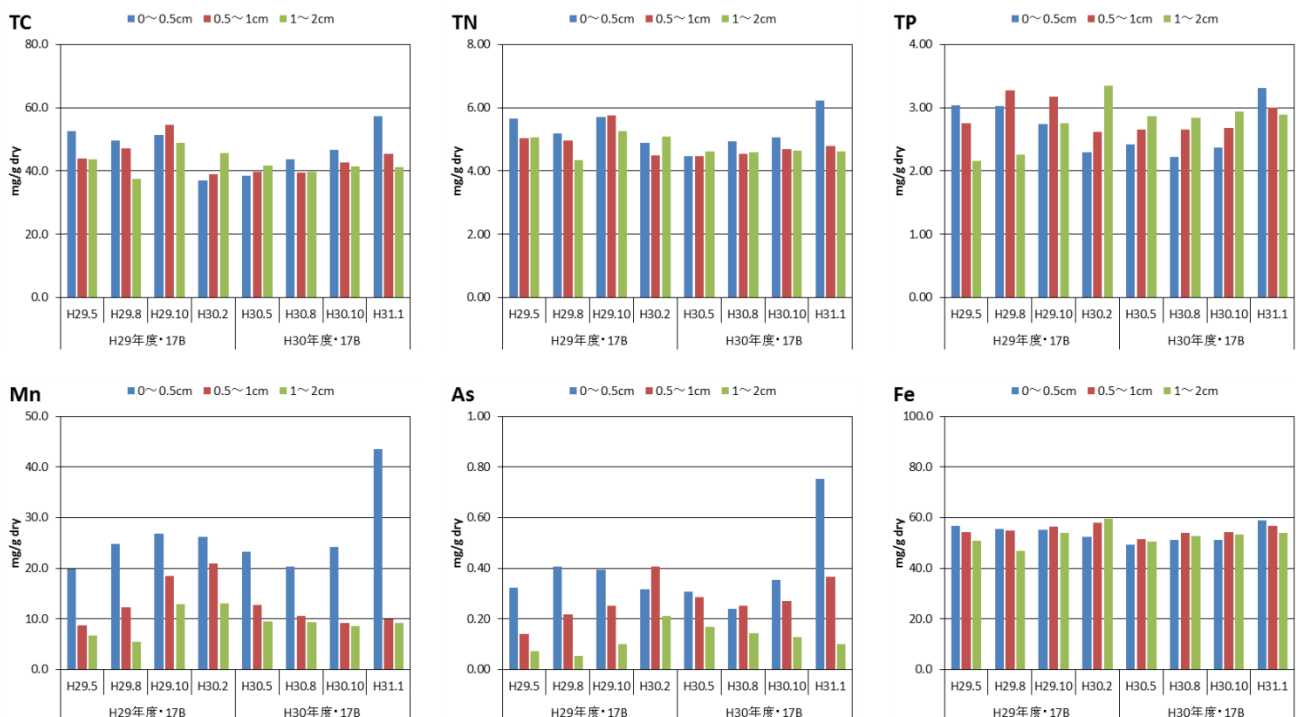


図 8 17B における平成 29 年度および平成 30 年度の底泥成分分析結果

3. まとめ

- 琵琶湖水深別調査では、公共用水域水質測定計画等に基づき水深別の水質を調査し、琵琶湖水質の鉛直分布の監視を継続して行った。
- 北湖深水層底層 D0 調査では、平成 30 年度冬季には、第一湖盆水深 90m において全層循環が確認できなかった。これは、17B で水深別水質調査を開始した昭和 54 年以降、初めてのことである。

- 琵琶湖水深別調査や北湖深水層底層 D0 調査の結果は、環境審議会に報告し、各種環境保全施策の検討・評価に活用されるほか、全層循環未確認については資料提供が行われた。
- これまでの底層 D0 調査結果を解析し、精度を損なわずに底層 D0 調査を効率化することができた。
- SOD 等詳細把握調査は 17B と 12B で 4 回/年、15B で 1 回/年実施した。平成 30 年度における 17B の SOD 年平均値は $0.33 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ であった。平成 28 年度から上昇傾向がみられ、平成 30 年度も高い値で推移した。
- 底泥成分の分析結果から、平成 30 年度の 17B 表層（0～0.5cm）の分析結果を平成 29 年度と比較すると、春季から秋季までは同程度か低い値であったが、冬季は高い値となった。