

1. 各水質項目（COD を含む）と透明度の関係について

- 第 6 期計画期間における各水質項目と透明度の推移を比較すると、冬季に透明度が低下するタイミングで、上層の窒素・リン・クロロフィル a 濃度が上昇しており、湖水の循環に伴う下層から上層への栄養塩供給によるものと考えられる（図 1、図 2）。
- 一方、COD は透明度との関連性がとくにみられず、季節的な変化が小さかった。

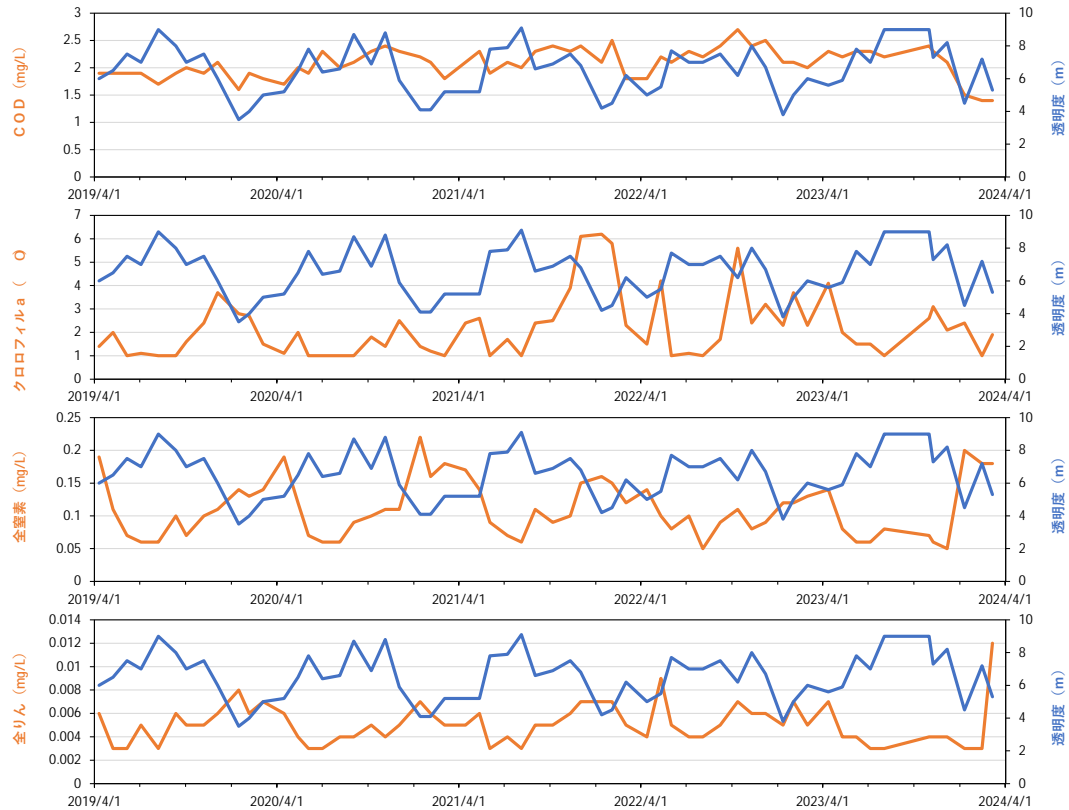


図 1 各水質項目と透明度の推移（野尻湖湖心（上層）、第 6 期計画期間）

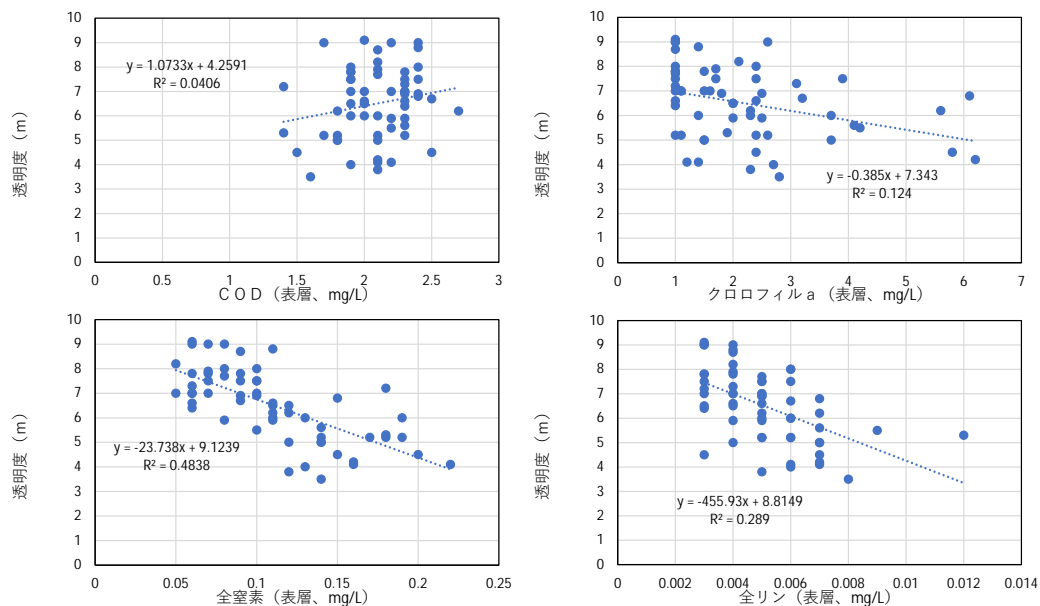


図 2 各水質項目と透明度の関係（野尻湖湖心（上層）、第 6 期計画期間）

2. COD の地点間比較

- 環境基準点 2 地点（湖心、弁天島西）の COD の経年変動は類似していた（図 3）。
- 下層の COD は、弁天島西が湖心より常に高い。弁天島西は水深が 5m 程度と比較的浅く、下層においても植物プランクトンが増殖可能な光環境にあることが一因と考えられる。
- COD 75%値の最高値は弁天島西で毎年観測されている（図 4）。 75%値は上層と下層の平均値から算出されるため、両地点の下層の濃度の違いが寄与しているものと考えられる。

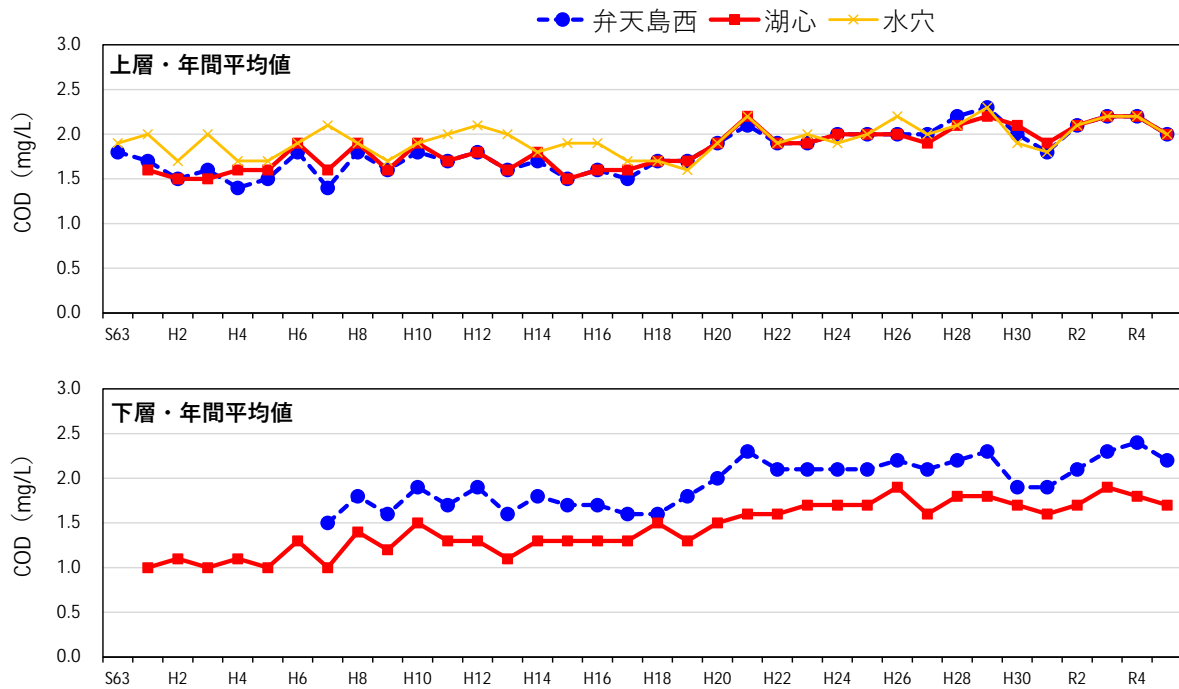


図 3 COD 年平均値の推移（上層・下層）

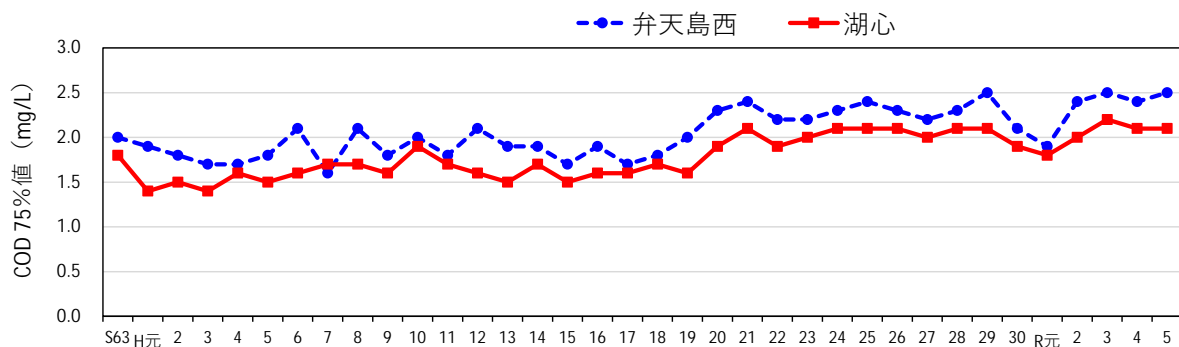


図 4 COD 75%値の推移（全層）

3. 季節ごとの水質の経年変化

- 各年度の季節ごとに水質の平均値を求め、経年変化図を作成した（図 5～図 7）。
- COD は、いずれの季節においても長期的な上昇傾向が確認された（図 5）。ただし、夏季の上層では変化が小さく、下層において上昇傾向が顕著であった。
- T-N 及び T-P は、夏季～冬季の下層で上昇傾向が確認された（図 6）。同時期の下層の溶存酸素量（DO）は低下傾向にあった（図 7）。また、秋季の上層水温が令和元年度頃まで上昇傾向にあり、完全混合する冬季の水温は上層・下層ともに上昇していた（図 7）。
- 下層における COD 及び窒素・リンの上昇要因は現時点不明だが、可能性の一つとして、下層の DO 低下や水温上昇により、底泥からの溶出や水中の沈降粒子の分解が促進されたことが考えられる。

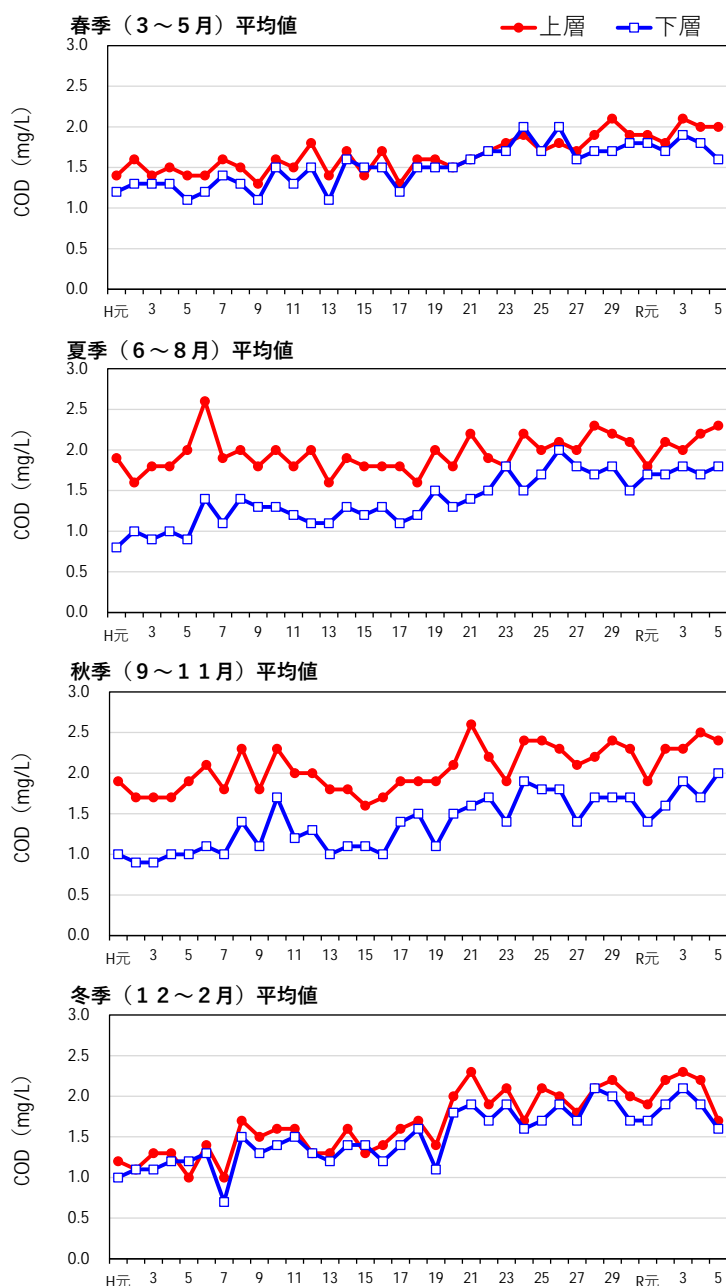


図 5 COD の季節別平均値の推移（湖心、赤線：上層、青線：下層）

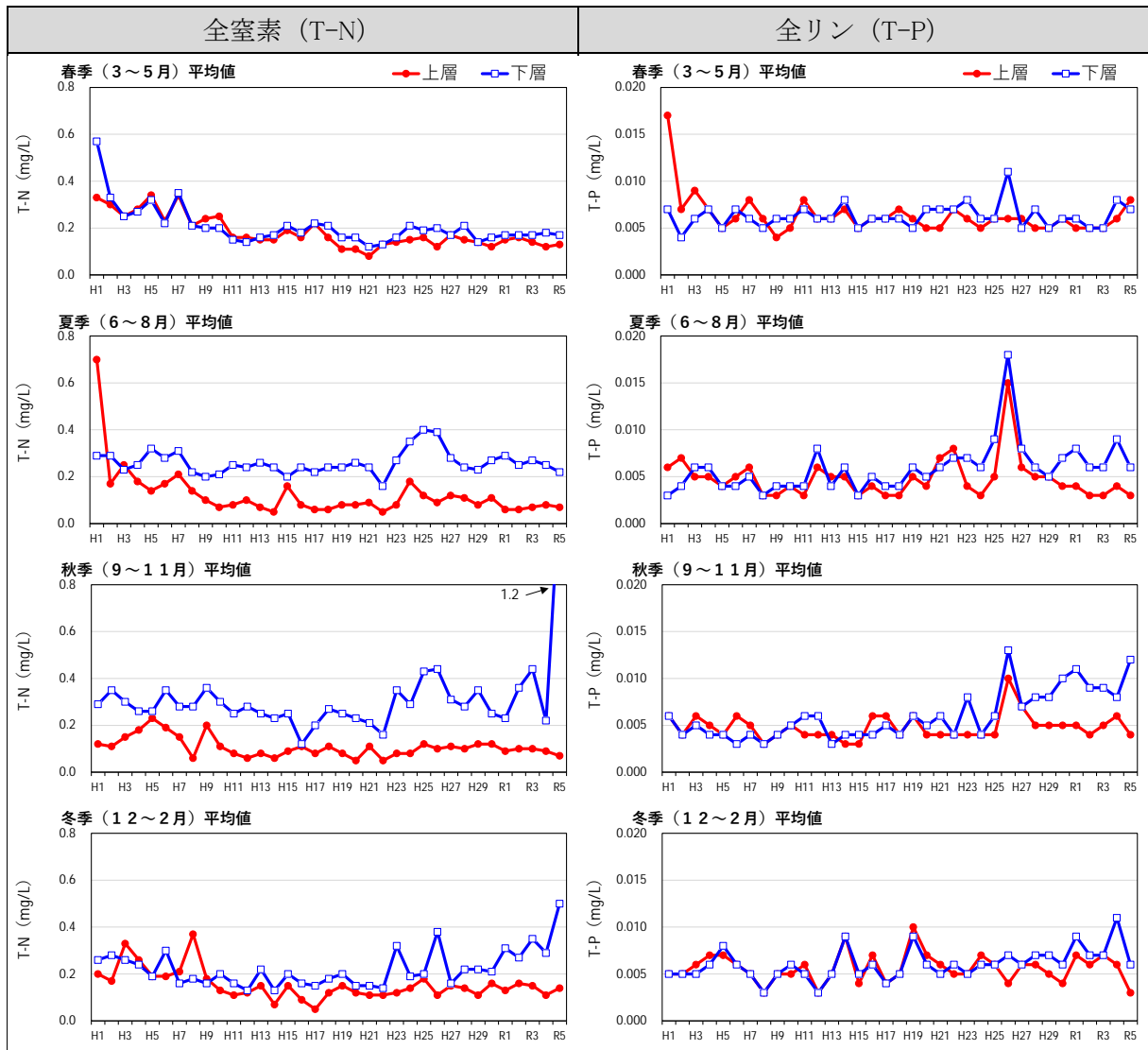


図 6 T-N 及び T-P の季節別平均値の推移 (湖心、赤線：上層、青線：下層)

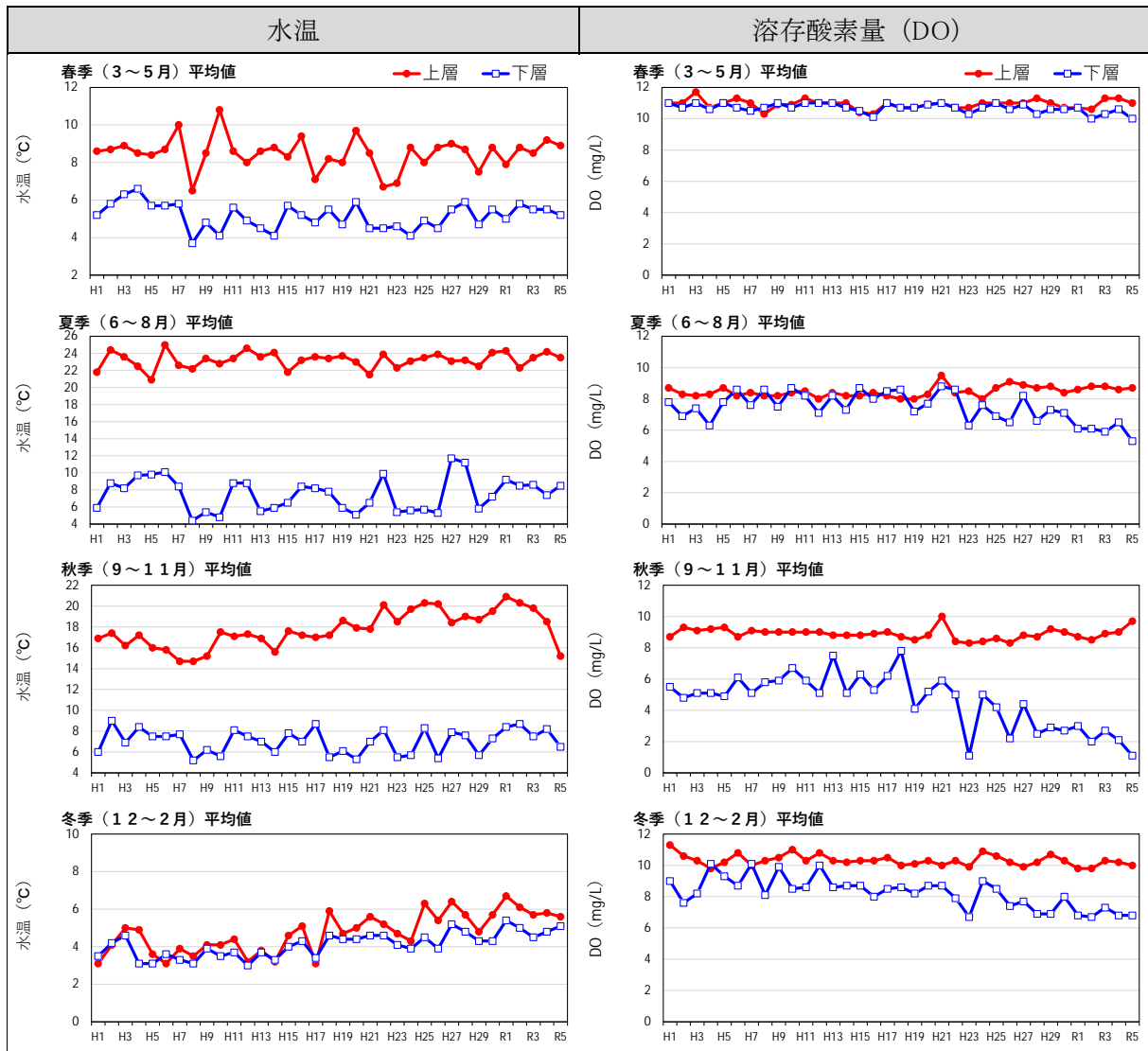


図 7 水温及び DO の季節別平均値の推移 (湖心、赤線：上層、青線：下層)

4. COD の中身について

4.1 COD に占める溶存態・懸濁態の内訳

- 野尻湖湖心の COD (年間平均値) に占める溶存態の比率は、上層・下層ともに 70~100% であり、COD の大部分が溶存態であった (図 8)。
- 各計画期間の平均値を比較すると、第 2 期から第 4 期にかけて COD が 0.4mg/L 上昇しているが、D-COD の上昇も同程度であり、上昇した COD の大部分は溶存態であった (表 1)。

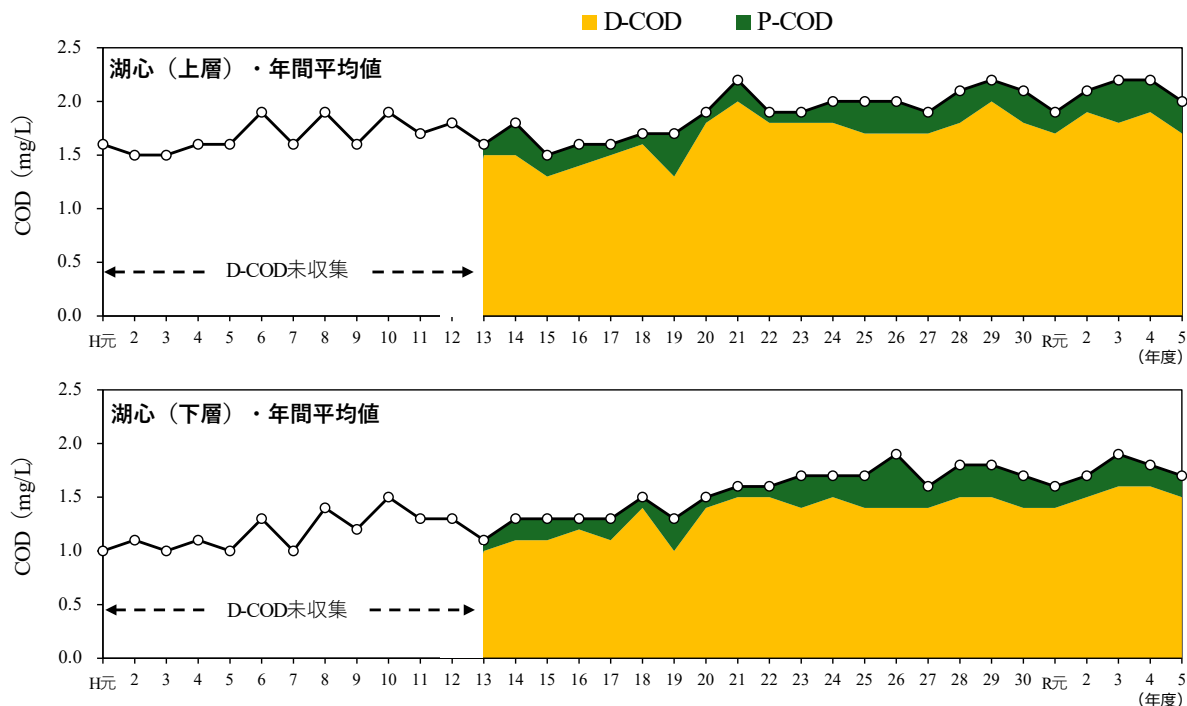


図 8 溶存態・懸濁態 COD の推移 (湖心、上層・下層)

表 1 各期間の平均 COD 及び溶存態 COD (湖心、全層)

平均対象期間	COD (mg/L)	D-COD (mg/L)
第 1 期平均 (H6~H10)	1.5	—
第 2 期平均 (H11~H15)	1.5	1.3 ※1
第 3 期平均 (H16~H20)	1.6	1.4
第 4 期平均 (H21~H25)	1.9	1.7
第 5 期平均 (H26~H30)	1.9	1.7
第 6 期平均 (R1~R5)	1.9	1.7

※1 : 第 2 期の D-COD は H13~H15 平均、※2 : 各測定日の全層平均データを使用

4.2 COD と BOD の比較

- 湖内 3 地点の上層において COD は上昇傾向にある一方、BOD は減少傾向にあり、COD と BOD の傾向は乖離している (図 9)。したがって、COD/BOD 比は顕著に増加している。
- COD は「酸化剤(過マンガン酸カリウム)が有機物等を酸化分解する際に消費する酸素量」、BOD は「好気性微生物が(5日間で)有機物を分解する際に消費する酸素量」である。COD は全有機物の指標、BOD は易分解性有機物の指標と捉えることもできるため、COD/BOD 比の増加は「難分解性有機物の増加」を示唆している(ただし、COD は一部の無機物(亜硝酸塩、硫化物等)による消費量も含むため注意が必要)。
- 野尻湖における COD の大部分が溶存態であることを踏まえると、野尻湖における COD 増加の主要因として「難分解性溶存有機物の増加」が最も疑われる。難分解性溶存有機物は、微生物による分解を経た後に残るものをいい、代表的なものとしては疎水性のフミン物質(フミン酸、フルボ酸)がある。

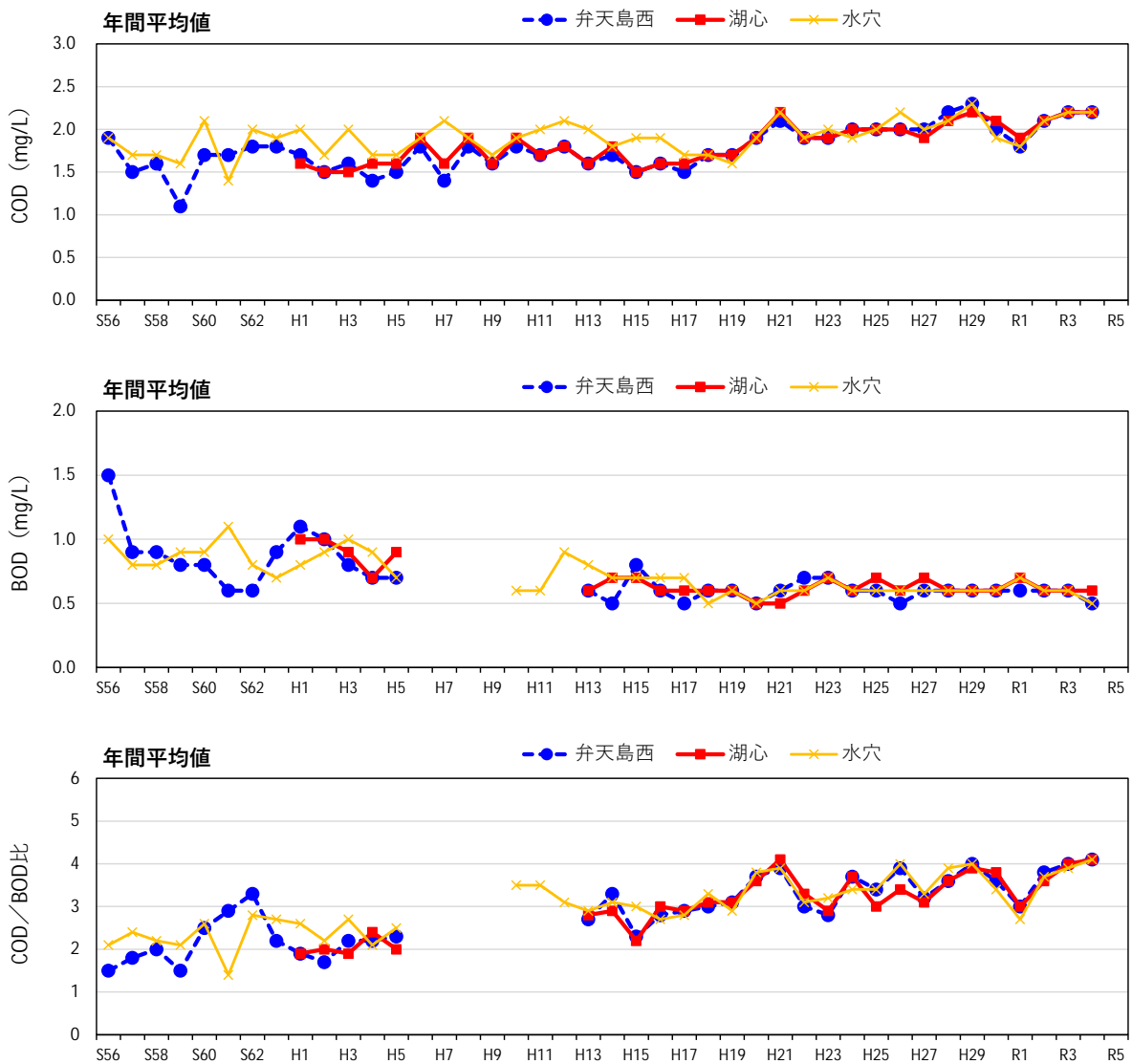


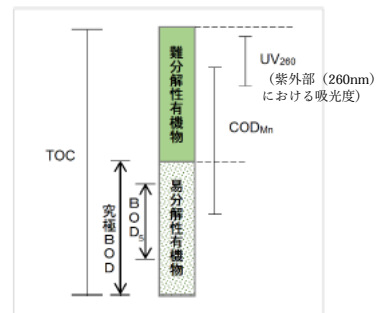
図 9 野尻湖における COD、BOD、COD/BOD 比の経年変化 (上層、年平均)

5. 【参考】難分解性有機物について

- 琵琶湖では流入負荷量が削減されているが COD が漸増または減少しない状況が 1990 年代に顕在化しており、大阪湾等の海域も含めた閉鎖性水域での課題となっている。この原因として、難分解性有機物が注目されている。
- 難分解性有機物の由来として「中央環境審議会 水環境部会 総量削減専門委員会（9 次）（第 4 回）資料（令和 2 年 11 月 12 日）」では、内部生産（大阪湾、琵琶湖）や河川水中の腐食物質（大阪湾、広島湾）、下水処理水（大阪市内河川）、製紙業等工場排水及び底質からの溶出（愛媛県沿岸域）等があげられており、水域とその流域の状況により主な由来は異なると考えられる。
- なお、琵琶湖では、緑藻、藍藻等の植物プランクトンのバクテリア分解物が難分解性有機物に変化し、内部生産有機物の質的变化の要因になっている可能性が示唆されている。（「湖内生産および分解の変化と難分解性有機物を考慮した有機汚濁メカニズムの解明に関する研究 環境省環境研究総合推進費終了研究成果報告書（B-0805）」一瀬諭ら，2011.）
- 野尻湖の COD/BOD 比を踏まえると、難分解性 COD が増加している可能性がある。要因としては流入負荷量の質の変化、植物プランクトンの種組成の変化、底泥からの溶出等、複数の要因が想定され、排出源を推定するためには、難分解性有機物の分析などの調査が必要である。

- 「琵琶湖・淀川流域の難分解性有機物に関する調査・分析の手引書（案）〈概要版〉」（琵琶湖・淀川流域の難分解性有機物に関する調査検討会,2017）では難分解性有機物は下記のように定義されている。

水中の有機物の総量を炭素量で示したものが TOC (Total Organic Carbon) である(JIS K 0102 21.1・2)。生物学的に分解されやすい有機物(易分解性有機物)と分解されにくい有機物(難分解性有機物)に分けると、易分解有機物が溶存酸素の存在のもとに好気性微生物によって酸化分解されるときに消費される酸素の量が究極 BOD^{*}で表され、BOD₅ (JIS K 0102 21 : 2016)は易分解性有機物の一部の酸素消費量に相当する(*究極 BOD : 2~3 週間の連続 BOD 測定を行い、生物分解可能な有機物量を推定するもの)。COD_{Mn} は易分解性有機物の一部と難分解性有機物の一部を過マンガン酸カリウム (KMnO₄)で酸化する際に消費される酸素量に相当する(右図参照)。



難分解性と易分解性有機物の定義

- 霞ヶ浦湖水や流入河川水等について樹脂への吸脱着の特性を用いて難分解性溶存有機物を分画した研究では、フミン物質が天然水中の溶存有機物の 30~80%を占めていた。フミン物質は疎水性の有機酸で、分子量の大きいフミン酸と、低分子のフルボ酸からなる。フミン物質は植物等が微生物に分解されて生成する腐植物質である。（「難分解性溶存有機物－湖沼環境研究の新展開（2004 年 7 月,環境儀 No.13,国立環境研究所）」）