

第3章 琵琶湖・淀川流域の水質

琵琶湖・淀川流域では、昭和30年代に始まる経済の高度成長に伴って第二次産業が著しく発展し工場集積が形成されると同時に、都市部においては人口が急激に増加した。このため、工業排水や生活排水の増加が琵琶湖・淀川流域の水質悪化をもたらした。

その後、流域の上流部をはじめ各地域での下水道の整備や事業所排水の規制等の対策により水質の改善が進み、水系全体としては改善傾向がみられた。

一方、琵琶湖やダム貯水池等の閉鎖性水域においては、昭和40年代後半から50年代にかけて富栄養化が顕著となり、琵琶湖では大規模な淡水赤潮やアオコの発生がみられるようになった。また、その頃からかび臭の原因となるプランクトンの異常増殖が継続してみられるようになった。

これらの対策として、国、県、住民等はそれぞれの立場から改善に取り組み、富栄養化に一定の成果をあげているものの、依然として富栄養化状態は継続している。

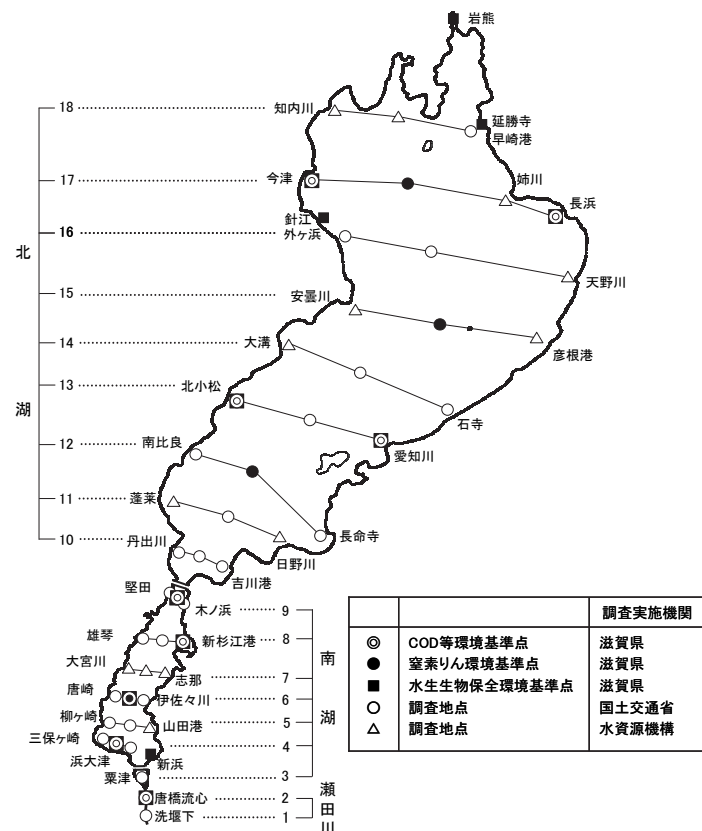
また、昭和50年代前半頃から河川水中の有機物質等と浄水場で消毒のために使用する塩素などとの反応で生成するトリハロメタン等の消毒副生成物、金属洗剤などに使用されるトリクロロエチレン等、ゴルフ場で使用される農薬等、健康に影響する有害化学物質が問題になってきた。これらに対して国の指導や法的規制等が行われているものの、一部地下水においては有機塩素化合物が基準値を超えて検出されている。最近では、有機フッ素化合物、医薬品類（PPCPs）、臭素系難燃剤などの微量有害物質やクリプトスポリジウム等の病原性微生物による水道水源の汚染も問題となっており、関係機関は汚染状況の実態把握に努めている。さらに IPCC の評価報告書から推測されるように、地球温暖化による水系水温の上昇が水資源賦与の不安定化と流域水質の悪化を招き、生態系に悪影響を及ぼすことも懸念されている。

1. 琵琶湖

琵琶湖の水質は、これまでも生活排水や工業排水を処理する下水道の整備や農村地域への農業集落排水施設整備、排水規制などの発生源対策を中心に、さまざまな汚濁負荷削減対策が実施されてきた。しかしながら南湖は、沿岸域の都市化の進行と、交通網の発達から汚濁負荷の流入量が多く、北湖に比べて水質が悪い。しかし近年では水質は改善されつつある。

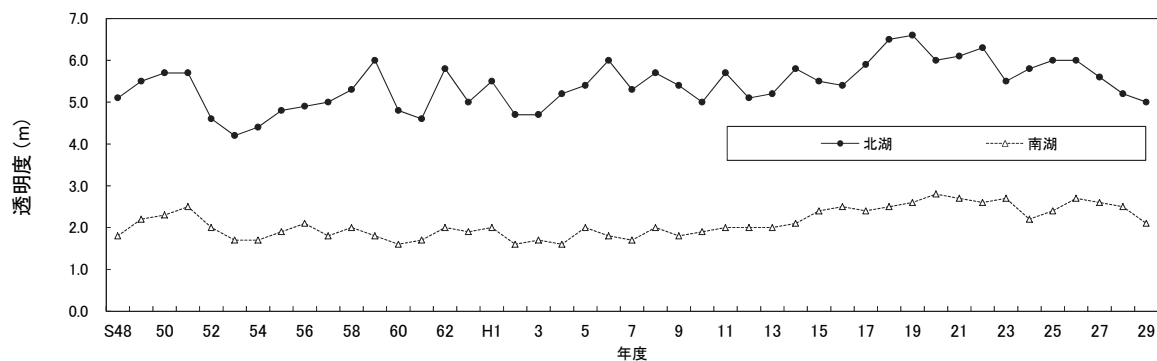
透明度については、北湖は、ほぼ4～6mの間で推移し、平成29年度の年平均値は5.0m、また、南湖は、2m前後で推移し、平成29年度の年平均値は2.1mであった（図3-1）。

水温（年平均値）については北湖・南湖ともに大きな変化は見られない（図3-2）。

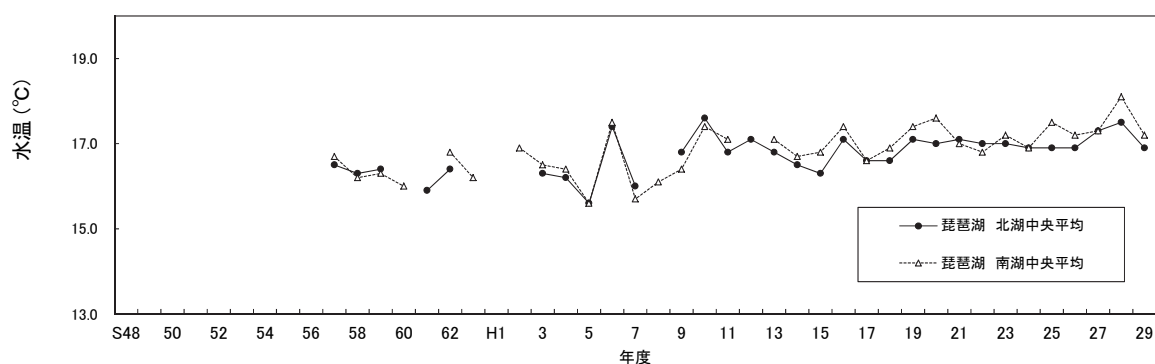


出典：滋賀県「滋賀の環境 2018(平成30年版環境白書)」

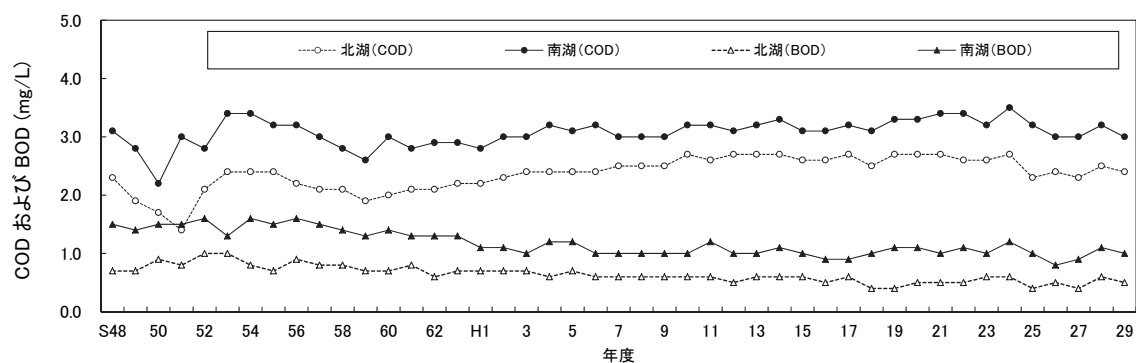
一方、BOD が減少傾向を示しているのに対し、COD は漸増傾向を示しているという BOD と COD の乖離現象がみられる（図 3-3）。



【図 3-1 琵琶湖の透明度(年平均値)の推移】



【図 3-2 琵琶湖の水温(年平均値)の推移】



【図 3-3 琵琶湖の COD および BOD(年平均値)の推移】

滋賀県「環境白書」より作成

(1) 北湖・南湖の水質環境基準

① 北湖

COD (75%値※) は昭和 50 年度頃からほぼ横ばい傾向を示している。平成 29 年度は 2.9mg/L であり、環境基準値 (1.0mg/L) を超過している (図 3-4)。

全窒素は平成 15 年度以降減少傾向である。平成 29 年度は 0.22mg/L であり、環境基準値 (0.20mg/L) を超過している (図 3-5)。

一方、全りんは 0.010mg/L 以下で推移しており、環境基準値 (0.01mg/L) を達成している (図 3-6)。

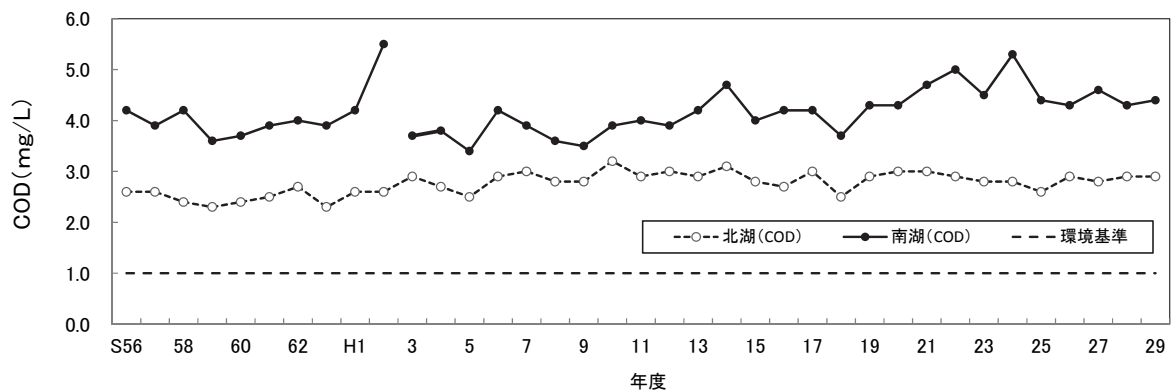
② 南湖

COD (75%値※) は昭和 54 年度以降減少していたが、その後、ほぼ横ばいまたは増加傾向となっている。平成 29 年度は 4.4mg/L であり、環境基準値 (1.0mg/L) を超過している (図 3-4)。

全窒素は昭和 50 年度まで増加傾向にあったが、その後減少している。平成 29 年度は 0.23mg/L であり、環境基準値 (0.20mg/L) を超過している (図 3-5)。

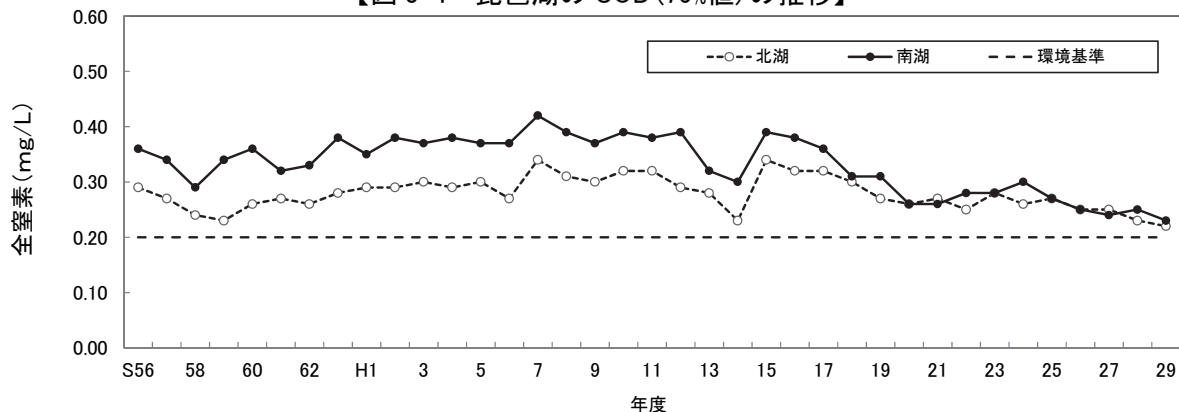
全りんは平成 2 年度から 7 年度の間は 0.02mg/L を超えていたが、平成 8 年度以降は 0.02mg/L 以下で、ほぼ横ばいの状態が続いている。平成 29 年度は 0.014mg/L であり、環境基準値 (0.01mg/L) を超過している (図 3-6)。

※75%値：年間の全データを値の小さいものから順に並べ、 $0.75 \times n$ 番目(n は全データ数)のデータ値

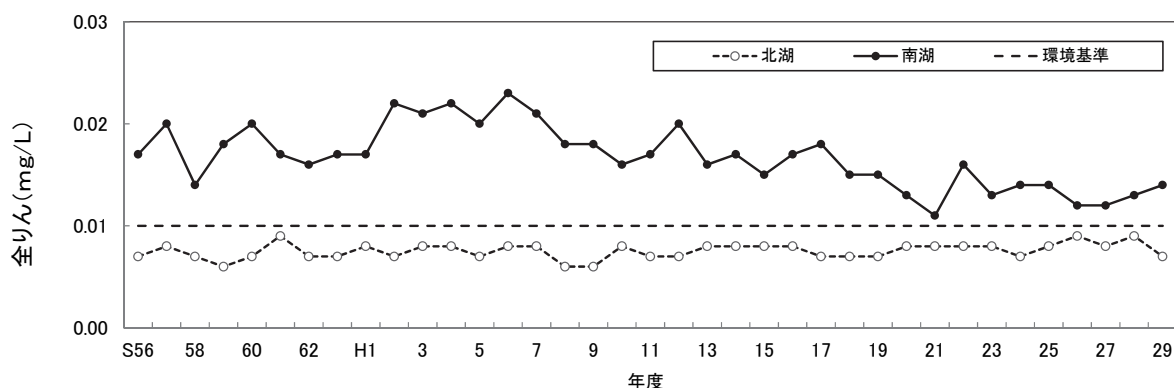


注) 各環境基準点の 75%値のうち、最も高い地点の値で判定 (図 3-4)

【図 3-4 琵琶湖の COD (75%値) の推移】



【図 3-5 琵琶湖の全窒素の推移】



【図 3-6 琵琶湖の全りんの推移】

注) 各環境基準点の年間平均値のうち、最も高い地点の値で判定 (図 3-5、6)

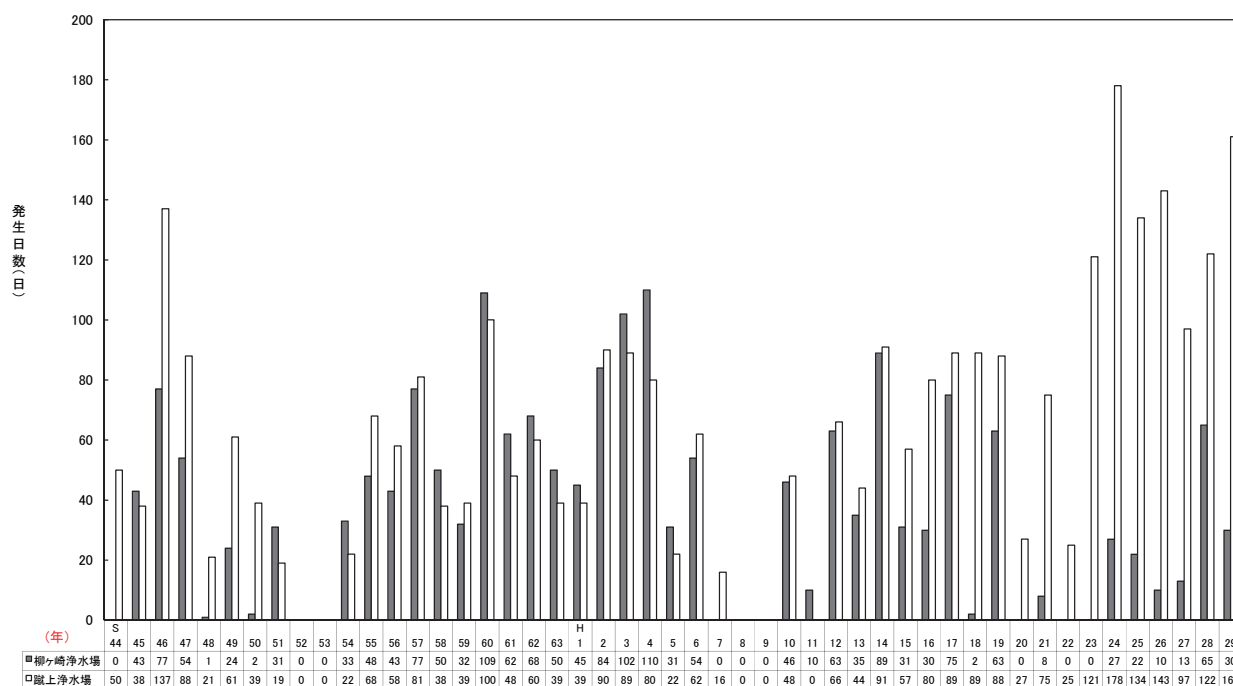
滋賀県「環境白書」より作成

(2) かび臭・淡水赤潮・アオコ

① かび臭

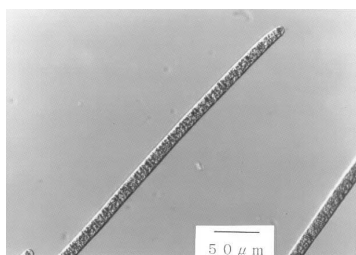
琵琶湖南湖では昭和30年代後半から富栄養化現象が見られ始め、これに伴い昭和44年に初めてかび臭が発生した。琵琶湖南湖でのかび臭は、フォルミディウム、アナベナ、オシラトリアなどの藍藻類が原因生物として確認されている。近年では発生期間が長期化し、平成8年、9年を除いて毎年初夏から秋にかけて発生している。柳ヶ崎浄水場では平成22、23年度は発生しなかったが、その後は毎年発生し、平成29年は30日間発生した。また、同年の蹴上浄水場では161日間発生した。(図3-7)。

フォルミディウムは5月頃に増えて2-メチルイソボルネオール(2-MIB)を産生し、アナベナは8月頃増えてジェオスミンを産生し、オシラトリアは8月の終わり頃に増えて2-MIBを産生する。この2つの物質がかび臭の原因であるが、水1リットルに1億分の1グラム程度含まれるだけでかび臭が感じられる。なお、かび臭の発生は湖の富栄養化が原因と考えられている(宗宮, 2000)。

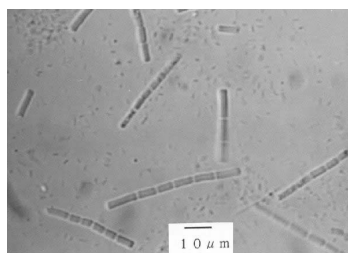


【図3-7 かび臭の発生状況】

提供: 京都市上下水道局技術監理室水質管理センター、大津市企業局水道部水質管理課



オシラトリア(2-MIBを産生)



フォルミディウム(2-MIBを産生)



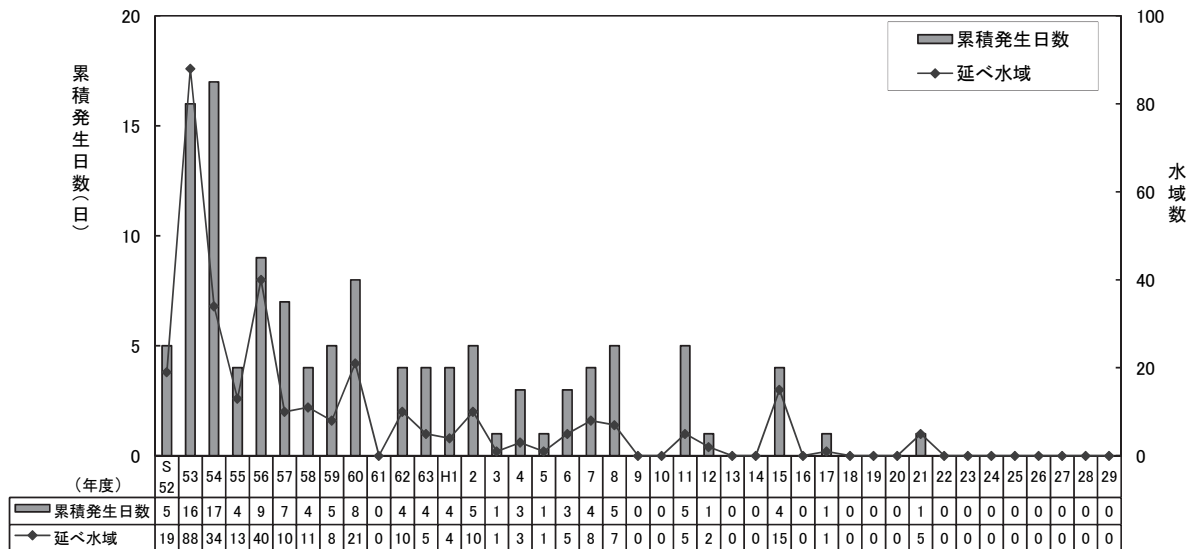
アナベナ(ジェオスミンを産生)

【かび臭の原因となるプランクトン】

提供: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

② 淡水赤潮

琵琶湖の淡水赤潮は主に、黄色鞭毛藻類の一種であるウログレナ・アメリカーナの増殖によって発生する。ウログレナ・アメリカーナは $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ で個体数が多くなるため、表層水温が上昇傾向を示して $12^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ に達し、気象条件や栄養塩状況などの条件が整うと淡水赤潮が発生する傾向がみられる(図 3-9)(吉田美紀 他, 2005)。琵琶湖における淡水赤潮は昭和 52 年に大発生が観測され、発生日数は昭和 54 年に、延べ水域は昭和 53 年に過去最高を記録した。その後は、発生日数・延べ水域とも減少傾向にあり、平成 18~20、22~29 年は発生がなかった(図 3-8)。

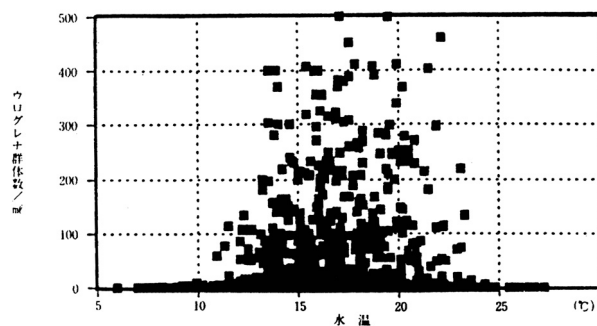


注 1) 累積発生日数はいずれかの水域で発生した日数

注 2) 延べ水域は複数日にわたり発生した場合それぞれを 1 水域とする

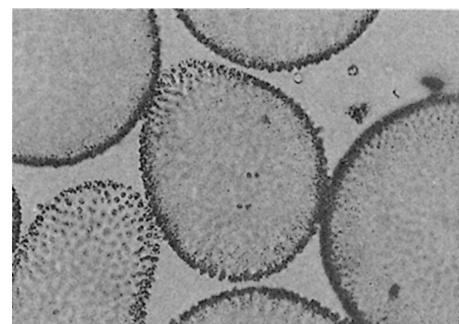
【図 3-8 淡水赤潮の発生状況】

滋賀県「環境白書」より作成



【図 3-9 ウログレナの温度分布図】

出典：滋賀県立環境科学研究センター
「琵琶湖のプランクトンデータ集」



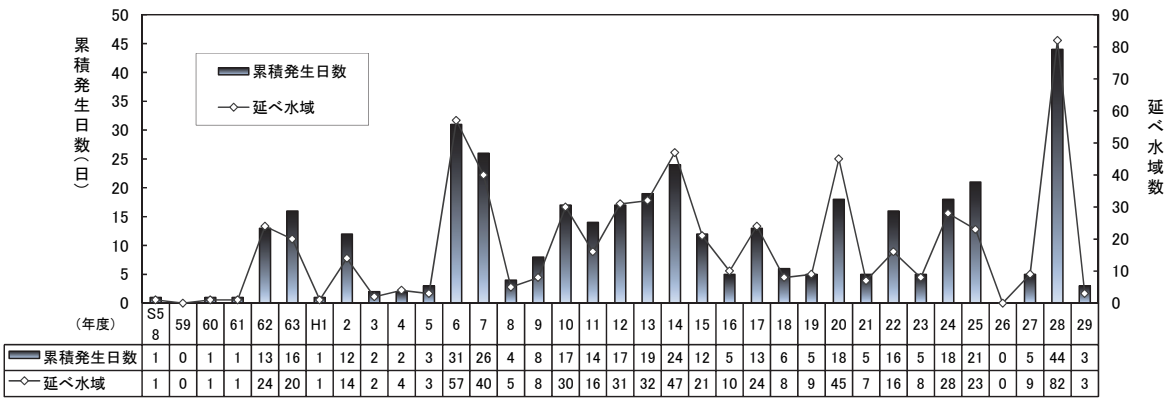
【淡水赤潮(ウログレナ・アメリカーナ)】

提供：滋賀県環境科学研究センター

③ アオコ

南湖では植物プランクトンのミクロキスティスの増殖によるアオコが昭和 58 年にはじめて観測され毎年のように発生が確認されている。ただし、年によって発生の程度に差があり、平成 6 年以降(平成 6~12・15~18・21 年)は南湖だけでなく、北湖東岸部でもアオコの発生が確認されている。平成 29 年は、これまでの最高を記録した前年とうって変わり、延べ 3 水域で 3 日間の発生が確認されるにとどまった(図 3-10)。

アオコの発生は窒素やリンの流入による富栄養化が主な原因と考えられており、適度な水温になるとアナベナやミクロシスティスが増殖し、これらの生物が浮上して、湖流や風により集積して緑色のペンキを流したような状態になる。アオコは淡水赤潮より高い水温で発生しやすく、8月～10月を中心に発生がみられる。



注 1) 累積発生日数はいずれかの水域で発生した日数
注 2) 延べ水域は複数日にわたり発生した場合それぞれを 1 水域とする

【図 3-10 アオコの発生状況】

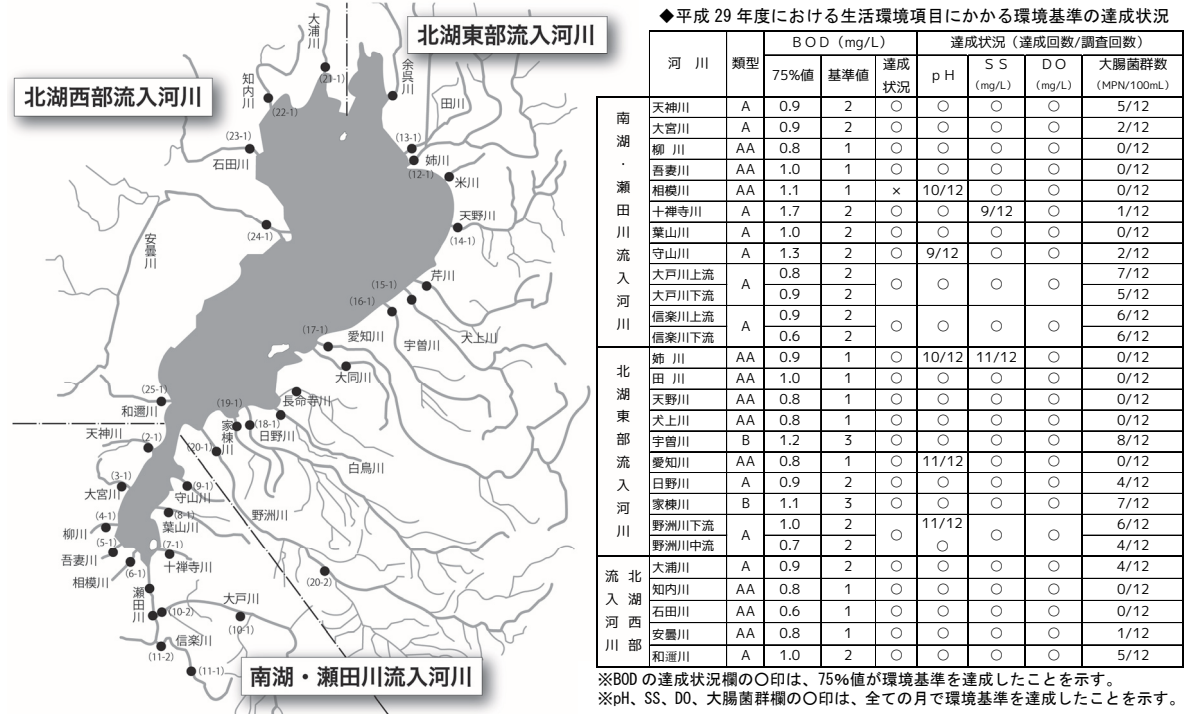
滋賀県「環境白書」より作成

(3) 琵琶湖流入河川

南湖流入河川は汚濁が進んでいたが、昭和 60 年度頃までにはかなり改善された。その後、水質は横ばい状態が続いており、平成 29 年度の BOD（年平均値）は 0.9mg/L、全窒素（年平均値）は 0.87mg/L、全りん（年平均値）は 0.038mg/L であった（図 3-12～図 3-14）。

北湖東部および北湖西部流入河川の水質は比較的良好で、安定している。

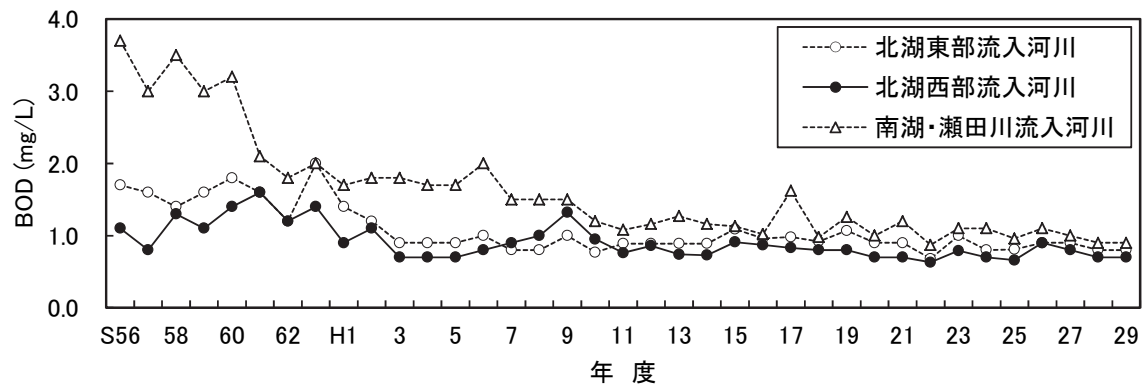
琵琶湖、瀬田川に流入する滋賀県内の主要 24 河川 27 地点における平成 29 年度の BOD については、1 河川 1 地点を除き環境基準を達成している（図 3-11）。



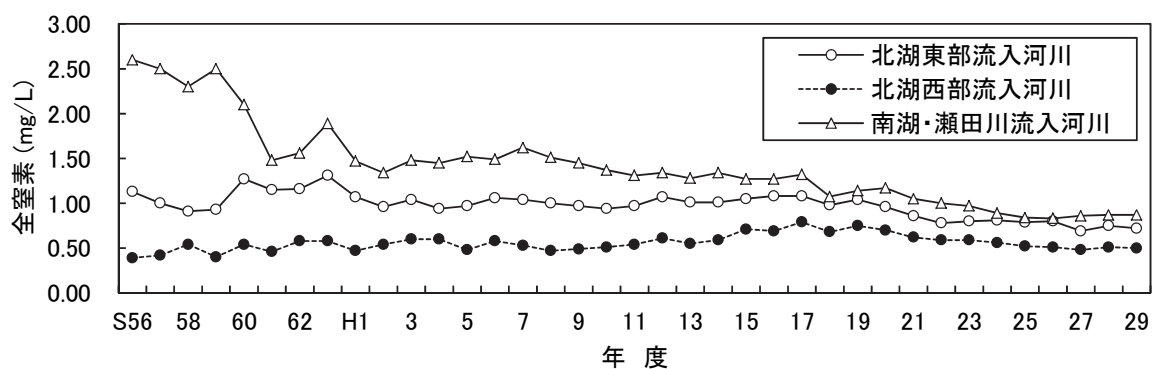
※BOD の達成状況欄の○印は、75%値が環境基準を達成したことを示す。
※pH、SS、DO、大腸菌群欄の○印は、全ての月で環境基準を達成したことを示す。

【図 3-11 主な琵琶湖流入河川の環境基準の達成状況】

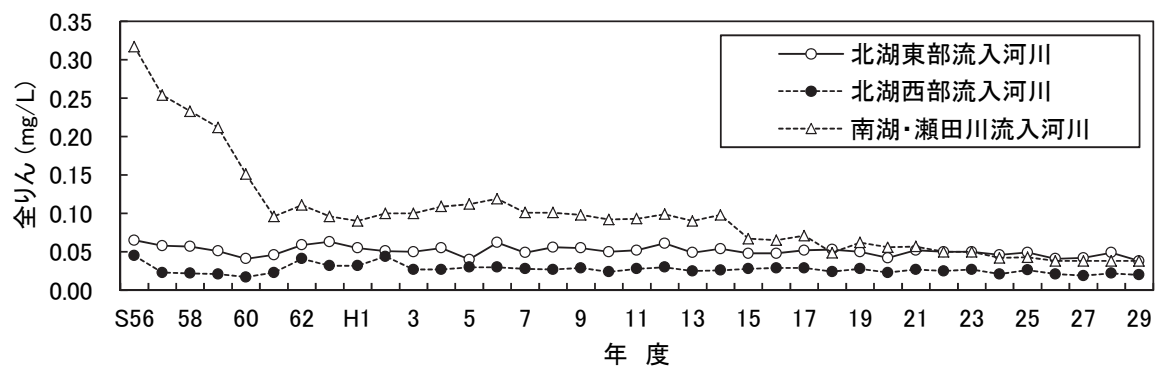
出典：滋賀県「滋賀の環境 2018(平成 30 年版環境白書)」より作成



【図 3-12 流入河川地域別の BOD (年平均値) の推移】



【図 3-13 流入河川地域別の全窒素 (年平均値) の推移】



【図 3-14 流入河川地域別の全りん (年平均値) の推移】

注) 採水地点：表層地点

注) 河川の測定地点における日間平均値を、地域別に平均した値

滋賀県「環境白書」より作成

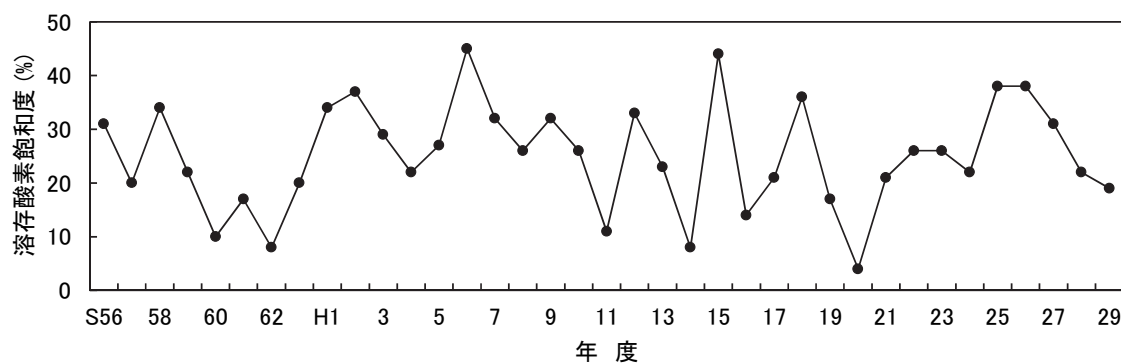
(4) 北湖湖底の低酸素化

北湖の湖底では、成層期に底泥や沈降した有機物が分解されることにより水中の酸素が消費され、溶存酸素濃度の低下が起こる。

水質観測地点の中で最も水深の深い今津沖中央の底層付近における溶存酸素飽和度の年最低値は、昭和56年度から平成29年度までの37年間に於いて4～45%の範囲で変動し、平成20年度に4%の最低値を記録している（図3-15）。

湖底の溶存酸素濃度が減少し、還元状態になると、底泥中から栄養塩類等の溶出現象が起きることが知られており、北湖湖底付近および湖全体の環境悪化が懸念される。

また、北湖では毎年1～2月ごろ、湖面が冷やされるなどして、酸素を多く含んだ表層の水が沈み、深層の水と混じり合うことで溶存酸素濃度を回復する「全循環」が行われる。しかしながら最近では循環時期が遅れる傾向にあり、暖冬であった平成19年は3月上旬になっても全循環が確認されず、深層の溶存酸素の濃度回復が進まない状況であった。その後、深層の溶存酸素濃度は3月末になってもほぼ回復したが、今後も温暖化の進行に伴い暖冬傾向が強まると、同様の現象が起こる可能性があるとして懸念されている（岡本高弘 他，2006）。



【図3-15 溶存酸素飽和度年度最低値の変動（今津沖中央、湖底から1m）】

滋賀県「環境白書」より作成