

図 16 下水道処理人口普及率の推移

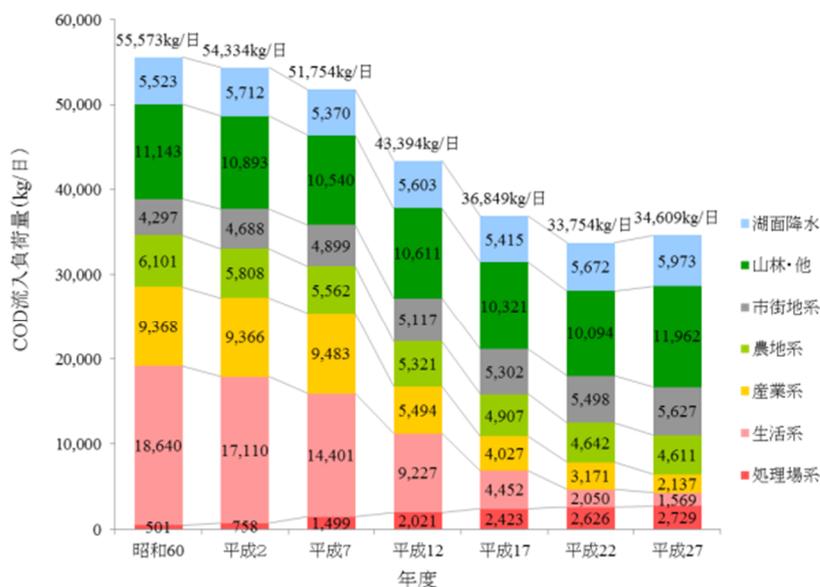


図 17 琵琶湖へのCOD流入負荷量経年変化

<評価と今後の取組の方向性>

琵琶湖の水質は、北湖と南湖のCOD、南湖の全窒素と全りんで環境基準を達成していませんが、全窒素や南湖の全りんで改善傾向がみられるなど、これまで取り組んできた汚濁負荷の削減対策の成果が現れてきており、引き続き対策を推進していくことが必要と考えられます。

一方で、琵琶湖では、水質改善で期待された在来魚介類のにぎわいは回復しておらず、更に、水草の大量繁茂などの生態系の課題が顕在化しています。この一因として、琵琶湖水から窒素やりんなどの栄養塩を得て生産される植物プランクトンなどの有機物が動物プランクトンなどに捕食され、魚介類の成長を支える餌となるつながり、いわゆる食物連鎖を通じた物質循環の様相が大きく変化してきたのではないかと考えられます。このため、生態系に関わる物質循環の解明に取り組み、良好な水質と豊かな生態系が両立する琵琶湖環境の実現に向けた水質管理手法を引き続き検討していくことが必要です。

更に、水質やプランクトンの状況は、豪雨と晴天、寒暖差等、気象の変化の影響を大きく受けるため、近年の気候変動に伴って解析も複雑化し、精度の高い予測にはより多くのデータが求められるようになってきており、きめ細かな水質のモニタリングによって、水質を把握することが必要になっています。

<関連情報>水質の改善と栄養塩バランス

富栄養化対策を進めると、一般に窒素よりもリンの方が削減されやすいため、窒素とリンの濃度比 (N/P 比) が増加する傾向が見られます。この変化が植物プランクトンの群集組成などに影響する可能性も指摘されています。琵琶湖の N/P 比は、かつていったん上昇しましたが、最近 20 年程度で見ると全窒素が減少してきたことから一時と比べると低下傾向にあり、昭和 54 年 (1979 年) 当初のレベルに戻りつつあります (図 18)。しかしより長期に見ると依然高い状態にあるため、今後も注意して推移を見ていく必要があります。

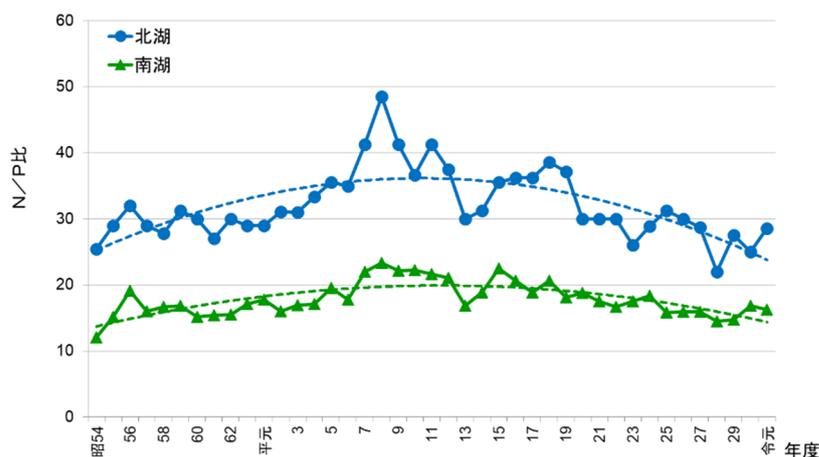


図 18 琵琶湖における窒素とリンの濃度比の経年変化

(2) 琵琶湖の植物プランクトン

<状態と傾向>



- 淡水赤潮は、平成 8 年 (1996 年) 頃までは多発していましたが、その後減少傾向となり、平成 22 年 (2010 年) 以降発生数はゼロとなっています。
- アオコは、昭和 58 年 (1983 年) に南湖で初めて発生して以降、現在まで、ほぼ毎年発生が確認されています。特に、平成 28 年度は過去最多の発生日数となりました。

淡水赤潮は昭和 52 年 (1977 年) に大規模に発生して以降、平成 8 年 (1996 年) 頃までは多発していましたが、その後減少傾向となり、平成 22 年 (2010 年) 以降発

生には至っていません（図 19）。

一方で、アオコについては、昭和 58 年(1983 年) に南湖で初めて発生して以降、昭和 59 年(1984 年) と平成 26 年(2014 年) を除いて毎年発生が確認されています（図 20）。平成 28 年(2016 年) には発生水域数、発生日数ともに過去最多を記録しました。これは、5 月以降植物プランクトンが多く透明度が低い状態が続いたため水草の生育が遅れたこと、また、夏場の降水量が少なく湖水が滞留し、日射量も多く、植物プランクトンが増加しやすい状況が続いたことが原因と考えられています。発生水域については、平成 6 年(1994 年) に北湖でもアオコが発生し、南湖に限らず閉鎖性の強い港湾を中心に観測されるようになりましたが、平成 22 年(2010 年) 以降、北湖では確認されていません。

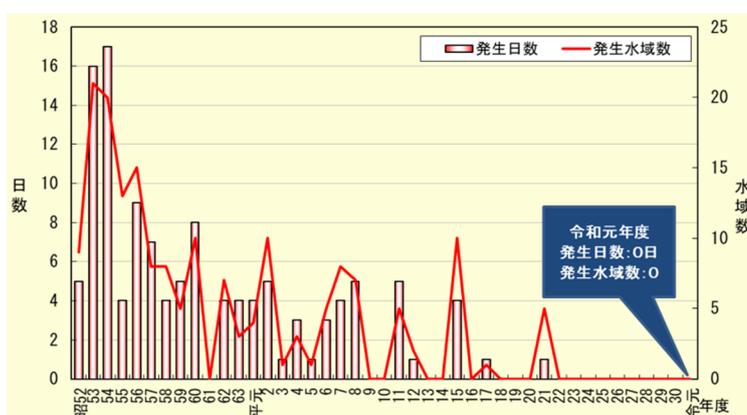


図 19 淡水赤潮の発生日数・水域数

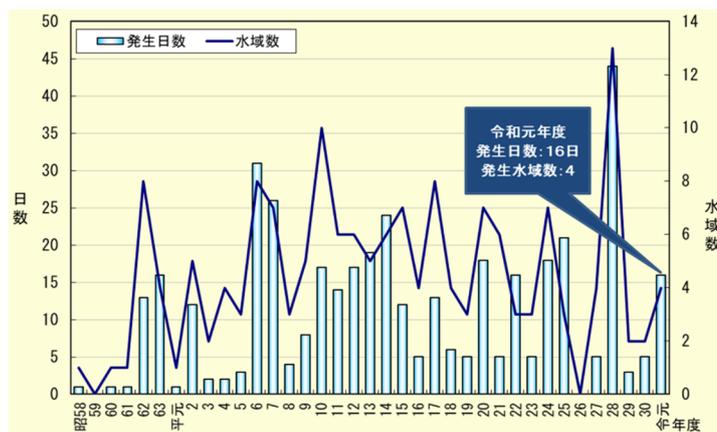


図 20 アオコの発生日数・水域数

また、近年では、漁網に異常な汚れが付着するなど、植物プランクトンの種組成が変化したことが影響しているのではないかと考えられる現象も見られます。植物プランクトンの種組成は、かつては珪藻主体だったといわれていますが、昭和 50 年(1975 年) 頃からは緑藻が主体となっています。なお、平成 25 年(2013 年) から平成 27 年(2015 年) は珪藻が主体でしたが、平成 28 年(2016 年)、平成 29 年(2017 年) は緑藻が大増殖するなど、年や季節によって種組成が大きく変動する傾向にあります。特に、平成 23 年(2011 年) 11 月に琵琶湖で初めて確認された南半球原産の大

型緑藻ミクラステリアス・ハーディは、平成 28 年(2016 年) 秋季に大量に増殖し、春先まで現存しました。琵琶湖において冬季を通じて大型緑藻が増殖するのは初めてのことでした(図 21)。

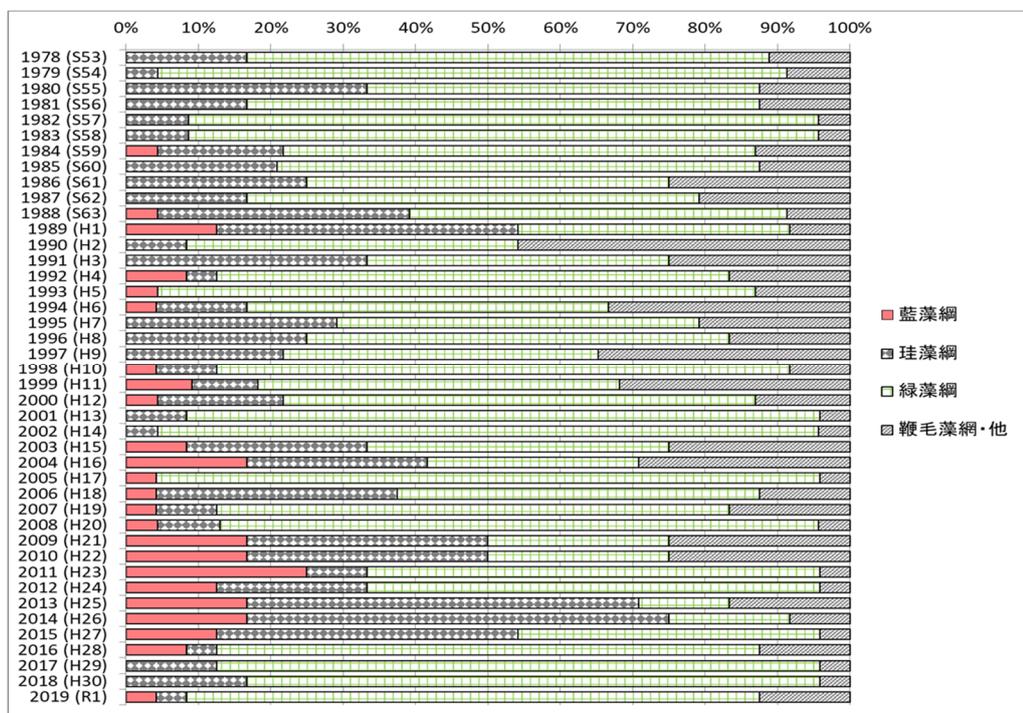


図 21 植物プランクトンの種組成の変化

<これまでの取組>

淡水赤潮、アオコの発生抑制対策として、窒素、りんの流れを抑えるため、県では、滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例に基づく、工場や事業所からの排水の規制や、りんを含む家庭用合成洗剤の使用・販売の禁止等を行うとともに、窒素、りん除去に対応した高度処理を行う下水道の整備を進めてきました。

また、淡水赤潮やアオコの発生可能性が高い季節には、監視パトロールを実施し、発生の兆候、発生状況等の確認、情報発信、発生要因の解析を行い、利水障害の軽減に努めています。

植物プランクトンは琵琶湖生態系を支える原動力であり、その種組成の変化は水環境に大きな影響を与えることから、平成 27 年度(2015 年度)から琵琶湖等の公共用水域水質測定計画に植物プランクトンに係る調査を位置付け、法定モニタリングとしての調査を開始しました。

<評価と今後の取組の方向性>

流入負荷の削減対策等により、平成 22 年(2010 年)以降、淡水赤潮の発生は見られておらず、富栄養化は抑制されていると考えられます。

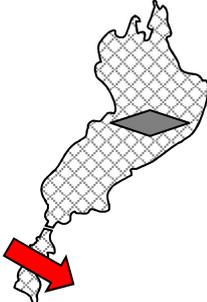
一方で、アオコは依然として毎年発生していること、また、プランクトンの種組成が変化してきていることなどから、引き続き植物プランクトンの発生状況を監視

し、その発生メカニズムを解明していく必要があります。

今後も引き続き、窒素、りんの入力負荷削減対策や監視パトロールを行い、淡水赤潮、アオコによる利水障害等の軽減に努める必要があります。

(3) 琵琶湖の底質

<状態と傾向>



- 底質の状態を示す「強熱減量」は、毎年定期調査では北湖ではわずかに増加傾向が、南湖では増加傾向が見られています。
- 10年に1回程度実施する多地点調査では、「強熱減量」は北湖では横ばいですが、南湖で増加傾向にあります。
- 南湖東岸沖に多数形成されている深い窪地では、夏季には貧酸素状態となり、窒素やりんなどの濃度が上昇するなど、水質の悪化が見られます。

琵琶湖では毎年11月に、北湖1地点、南湖1地点において底質の調査を実施しています。また多地点における底質調査を、10年に1回程度の頻度で、これまでに3回行っています。

調査項目のうち「強熱減量*」は、底質中の有機物量の指標の一つであり、泥質の状態を表す一つの目安にもなります。毎年定期調査では北湖ではわずかに増加傾向が、南湖では増加傾向が見られています。(図22)

一方、多地点調査では、昭和60年代と比較すると、北湖では横ばいですが、南湖で増加傾向にあることが分かります。(図23)

*強熱減量：土壌を乾燥・強熱したときに減少する質量の比率を表したもので、大部分は有機物である。値が大きいほど土壌に含まれる有機物量が多いと考えられるため、泥質状態を表す一つの目安となる。

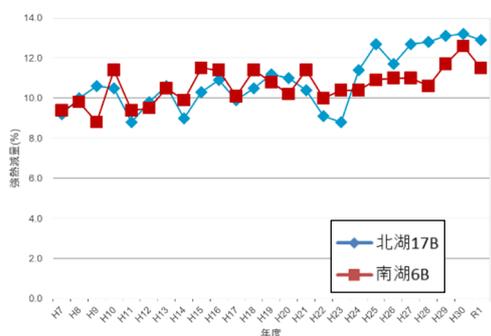


図 22 湖心部における底質の強熱減量 (毎年調査)

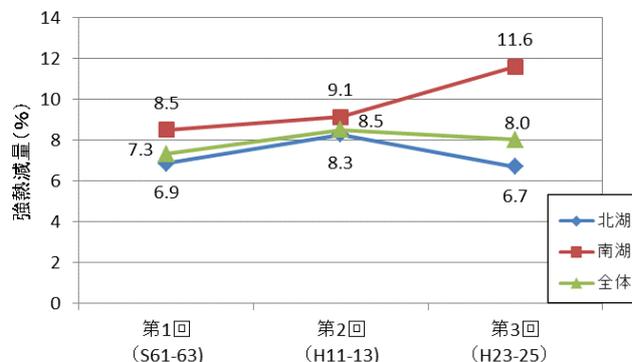


図 23 湖内11地点における底質の強熱減量 (多地点調査)

また、湖底の砂地はシジミの生息にとって重要な要素ですが、特にセタシジミの広大な漁場でもあった南湖の湖底の砂地の面積は、昭和44年(1969年)頃の約720ha

から平成元年には約 151ha に大きく減少しました。

南湖はかつて「魚のゆりかご」と言われ、豊かな生態系を形成し、セタシジミやホンモロコの宝庫でしたが、砂利採取などにより、現在では概ね 300ha の広大な水域に多くの窪地が点在しています (図 24)。この水域では、夏季に窪地の湖底が貧酸素状態となって、窒素やりんなどの濃度が上昇するとともに、硫化物イオンが検出されるなど、水質の著しい悪化が見られます。

また、南湖では、近年、夏になると湖底の約 9 割を水草が覆う状況にあり、腐敗した水草による湖底の泥化などが底質にも影響を与えていると考えられます。

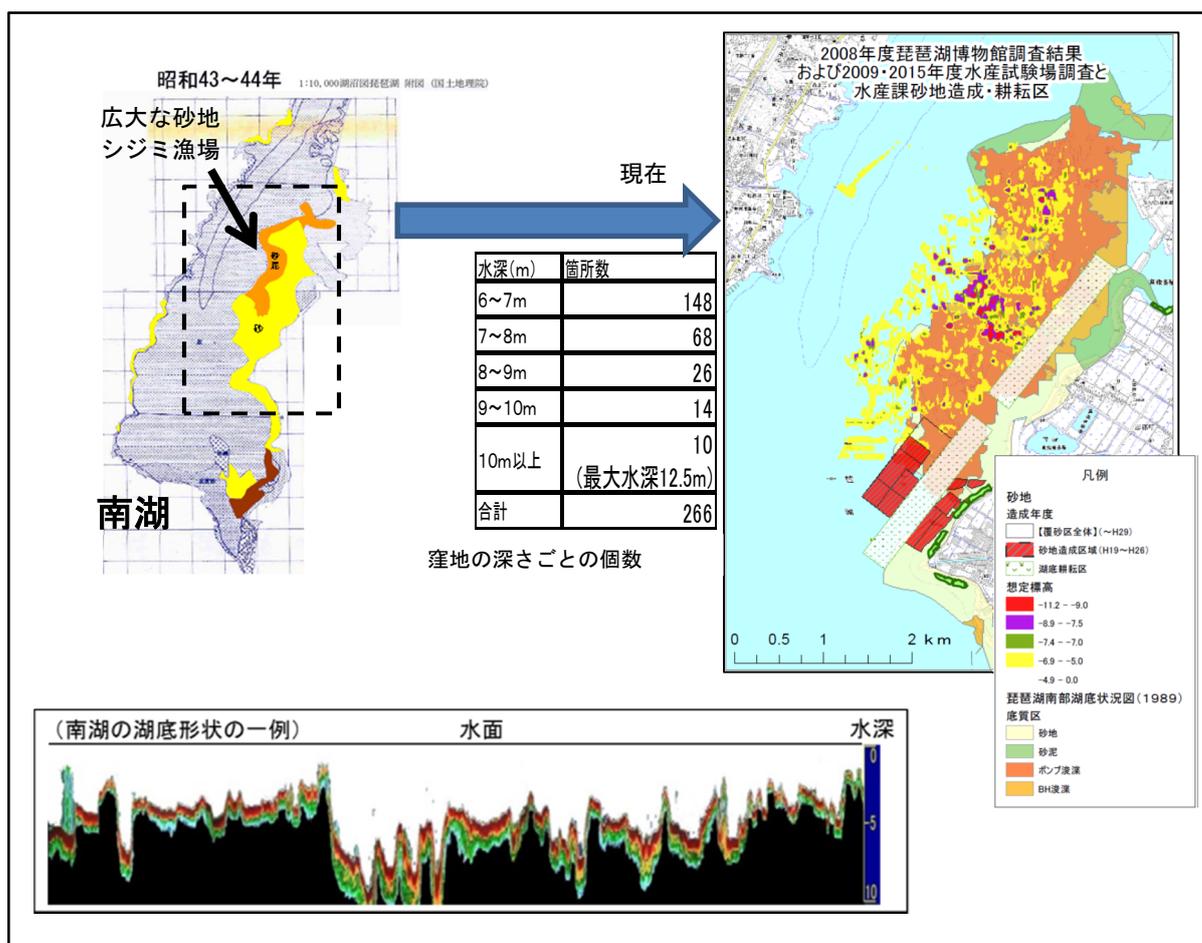


図 24 南湖における窪地の状況

<これまでの取組>

南湖において減少した砂地の回復を図るため、県では平成 19 年度(2007 年度) から令和元年度(2019 年度)までに 67.8ha の砂地を造成しました。その結果、湖底の耕耘により再生した砂地(120ha)、残存砂地(151ha)と合わせた全体の砂地面積は 338.8ha になりました。

あわせて、シジミ資源の増殖のため、砂地造成区域にセタシジミの稚貝を放流しています。

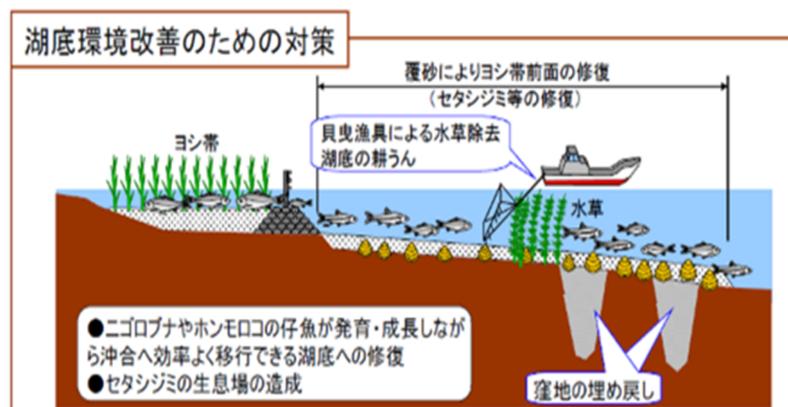


図 25 湖底環境改善のための対策

<評価と今後の取組の方向性>

砂地については、令和元年度（2019 年度）から令和 6 年度（2024 年度）までに、更に 27ha を造成する計画です。

南湖の湖底環境の改善に向けては、窪地の埋め戻しなどによる平坦化、覆砂などの対策をより効果的に進めていくため、知見の収集、課題や関連情報の共有を図りつつ、事業の実施に向けた道筋を確立する必要があります。このため、平成 31 年（2019 年）3 月に南湖湖底環境改善検討会を立ち上げたところであり、外部有識者から技術的助言をいただきながら、南湖の湖底環境改善の事業化に向けた取組を進めていくこととしています。

底質の変動についても、引き続き、状況を把握していく必要があります。

(4) 底層の溶存酸素濃度（底層 DO）

<状態と傾向>

	<ul style="list-style-type: none"> ○北湖今津沖中央の底層 DO の年度最低値は、平成 11 年度（1999 年度）頃を境に貧酸素状態の目安である 2mg/L を下回る頻度が増えています。 ○平成 30 年度（2018 年度）および令和元年度（2019 年度）冬季には、例年冬に琵琶湖北湖で見られる全層循環が、観測史上初めて確認できず、令和 2 年（2020 年）12 月には北湖第一湖盆および第二湖盆の水深 70m 付近まで貧酸素状態が広がっていることが確認されました。
--	---

琵琶湖の湖底付近では、表層から沈降した植物プランクトンなどの有機物がバクテリアによって分解され、溶存酸素（DO）が消費されています。

琵琶湖では、春から夏にかけて表層付近の水温が上昇して比重が小さくなり、湖底付近の水温が低く比重が大きい層との間に、水の混合が起こらなくなる「水温躍層（やくそう）」が形成されます。水温躍層が形成されると酸素を多く含んだ表層の水が底層に供給されなくなります。このような状況で、底層においては有機物の分解

に伴う酸素消費が進むため、底層部のDO（底層DO）は減少していきます。

晩秋から冬にかけて、表層水は温度の低下とともに徐々に比重が大きくなり、湖水の鉛直方向の循環混合が進んでいきます。この循環混合が湖底にまで達すると、表層から底層まで水温が

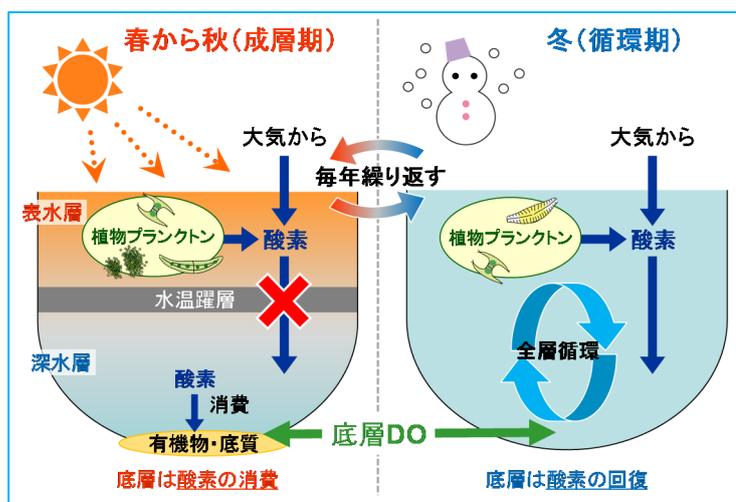


図 26 全層循環の模式図

同じになり、水質も一様になって底層DOが回復します。この状態を「全層循環」といい、琵琶湖ではこれらの現象が毎年繰り返されています。

このように、底層DOの値は、主に①物理的な混合による上層からの酸素供給、および②底層における有機物の分解等による酸素消費、の二つの要素によって決まります。①の物理的な混合については、先に述べたように酸素を多く含む表層水が冬季に冷やされて湖底まで運ばれるほか、台風等の強風によって湖底付近の湖水が攪乱されて少し上の層の酸素を多く含む湖水と混ざり合ったりすることなどが考えられます。②の酸素消費に係るものについては、陸域から流入した有機物、表層で植物プランクトン等によって生産された有機物があり、この他にも底質中の還元物質による酸化等が関与します。底質の指標（強熱減量）は、この②による酸素消費に関係する一指標です。

底層DOはそこに住む生物にとって極めて重要で、海洋生物での調査によると、比較的低酸素に強い貝類を除くと、底層DOが約4 mg/L 以下になると貧酸素耐性が弱い生物から何らかの影響が出てくると考えられています。特に2 mg/L 以下になることを「貧酸素（状態）」と呼ぶことがあり、多くの生物への影響が懸念されます。平成27年度（2015年度）には底層DOが水質汚濁に係る環境基準に追加され、琵琶湖でも基準値設定の検討が進められています。

北湖今津沖中央の底層DOの年度最低値では、平成11年度（1999年度）頃を境に、2 mg/L を下回る貧酸素状態が確認される年の頻度が3、4年に一度と増えています。この原因としては、台風が少ないことや暖冬といった気象による影響のほか、大型の植物プランクトンが増殖して湖底に有機物が多く沈降することなどが考えられます。

平成29年度（2017年度）には最低値1.7 mg/L を観測しましたが、これは春から夏にかけて大型緑藻が大量に増加し、それが湖底に沈降して水温躍層が形成されている時期に酸素消費を促進したことが主な原因と推測されています。

また、平成30年度（2018年度）の冬季には、例年冬に琵琶湖北湖で見られる全層

循環が観測史上初めて完了せず、底層DOが十分に回復しませんでした。令和元年度(2019年度)に入ると、この底層DOが例年より低い状態から徐々に低下し始め、令和元年(2019年)8月には今津沖の北湖第一湖盆の水深90mにおいて底層DOが2mg/lを下回り(図28)、底生生物の死亡個体が確認されました。さらに、令和元年度(2019年度)の冬季も前年度に引き続き全層循環が完了しませんでした。

令和2年(2020年)の夏頃から北湖第一湖盆の水深90m付近で貧酸素状態がみられるようになり、12月には、北湖第二湖盆も含め、推進70m付近にまで広がっていることが確認されました。

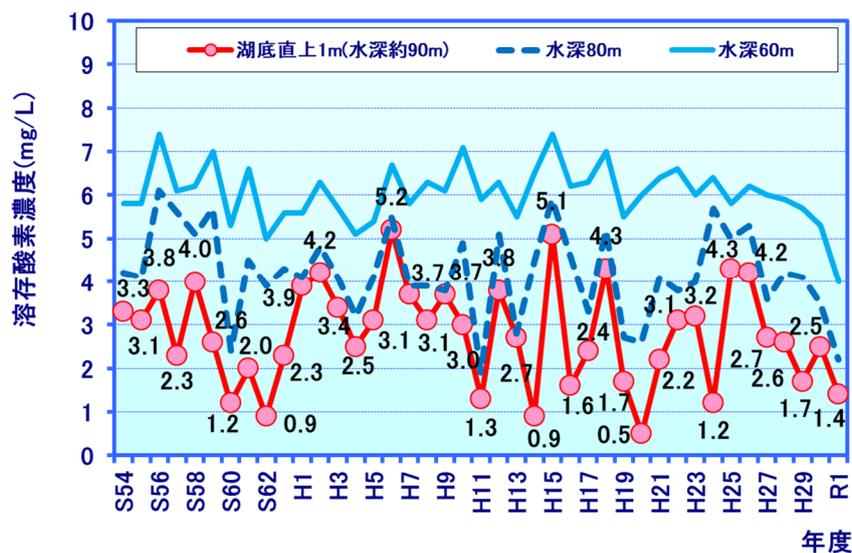


図27 北湖今津沖中央における底層DOの年度最低値

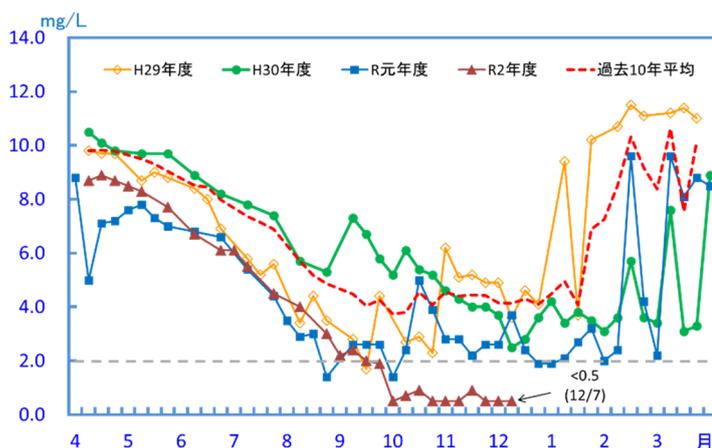


図28 北湖今津沖中央における底層DOの経月変動



水深90mの湖底の様子
(令和元年10月10日(ROVカメラで撮影))

<これまでの取組>

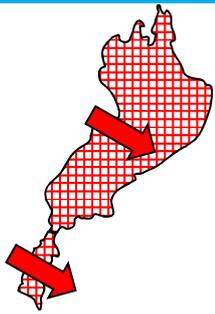
従前より北湖今津沖中央において水深別調査の一環として底層D Oのモニタリング調査を実施してきましたが、平成18年度(2006年度)の冬に全層循環が大きく遅れ、その後の底層D Oの低下が懸念されたことから、モニタリングを強化してきました。また、平成20年度(2008年度)の12月にも今津沖の北湖第一湖盆水深90mの湖底で生物のへい死が確認されて以降、ROV(水中ロボット)等による湖底の生物生息調査を実施してきました。特に、平成30年度(2018年度)および令和元年度(2019年度)の冬季に全層循環が確認できなかったことを受けて、令和元年度(2019年度)からは北湖第一湖盆における底層D Oの観測頻度を増やすとともに、ROVによる湖底の生物生息調査を実施し、状況を注視してきました。令和2年度(2020年度)は、貧酸素状態がみられる範囲の拡大を受け、調査地点を増やして状況の把握を行っています。

<今後の取組の方向性>

今後、気候変動に伴い、温暖化と合わせて寒暖差が激しくなり、全層循環が不十分な年が増え、底層D Oが十分回復せず、底層が貧酸素化し、その水域が拡大することも懸念されることから、引き続き、北湖の底層D Oのモニタリング調査やその変動要因の解明、ROVによる生物生息調査を実施し、その状況を監視・調査していくとともに、種の保存への影響の把握手法や、気候変動の緩和策の重要性の情報発信、気候変動との関係の解析を検討していく必要があります。

(5) 琵琶湖漁業の漁獲量(魚類等)

<状態と傾向>

	<ul style="list-style-type: none">○漁獲量は、昭和58年(1983年)の3,447トンから、平成30年(2018年)には614トンにまでに減少しました。○アユの産卵数が、平成24年(2012年)には平年の6%の7億粒に、平成29年(2017年)には平年の3%の2.5億粒になるなど、これまでにない大きな変化が見られました。○水草の除去や、外来魚駆除、種苗放流などの取組により、ニゴロブナやホンモロコの漁獲量には回復の兆しがみられます。
---	--

外来魚を除く魚類の漁獲量は、昭和58年(1983年)の3,447トンから減少し続け、平成30年(2018年)には614トン(貝類・エビ類を含めると770トン)となり、低迷しています。

また、最も漁獲量が多く最重要魚種であるアユの資源が近年不安定になっており、平成24年(2012年)には産卵数が平年の6%の7億粒に、平成29年(2017年)には3%の2.5億粒になるなど、これまでにない大きな変化が見られました。

更に、平成19年(2007年)以降、アユの体長が縮小する傾向が確認されたり、年