

10. 分析評価モニタリング1 (5-RM1)

琵琶湖等水環境のモニタリング

環境監視部門 公共用水域係・生物圏係・化学環境係

要約

国土交通省近畿地方整備局、(独)水資源機構および滋賀県が共同で実施している琵琶湖水質調査については、分析・データの集計も協力・分担して行い、各年度の結果を滋賀県環境審議会に報告するとともに、データをそれぞれのホームページで公開している。これらの調査結果やその評価に基づき、今回、主に2019年度の琵琶湖水質の特異的な変動の特徴について、気象や植物プランクトンの種組成の変遷を踏まえて報告する。

あわせて、各環境事務所で開催されている西の湖・余呉湖、水浴場の水質調査のうち、当センターで行っている水質分析の結果について報告する。

1. はじめに

琵琶湖の水質調査は、琵琶湖の水質変動の把握と環境基準監視のため、水質汚濁防止法に基づき、滋賀県環境審議会の審議と国との協議を経て知事が作成する滋賀県公共用水域・地下水水質測定計画(以下、「測定計画」という。)により、国土交通省近畿地方整備局、(独)水資源機構および滋賀県が共同で実施している。調査地点は、図1に示すとおりであり、このうち国土交通省と(独)水資源機構が37地点、滋賀県が環境基準点の12地点において、それぞれ毎月1回表層水について、調査・分析を分担して実施している。このほか、水深別の水質調査についてもそれぞれの機関で実施している。

これらの調査結果について、集計、解析、評価を行い、滋賀県環境審議会に報告している。また、個々のデータについても、環境白書等やホームページを通じて公表している。

ここでは、まず、2019年度の琵琶湖水質調査結果の評価と特徴的な事象について、既報の2017、2018年度の結果も踏まえて報告する。あわせて、本モニタリングに含まれる水生生物環境基準点監視調査や水浴場水質調査、西の湖・余呉湖分析調査等、各サブテーマの調査結果について、報告する。

2. 方法

ここでは、琵琶湖・瀬田川における水質モニタリングの方法について記載する。水浴場調査等の各サブテーマの方法については、4節の結果の前段に記す。図1に琵琶湖水

質調査地点と調査実施機関の分担を示す。次に、測定項目と頻度の概要については、透明度、pH、浮遊物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)等の一般項目や全窒素(T-N)、全りん(T-P)等の生活環境項目は、毎月月上旬に、北湖28地点、南湖19地点、瀬田川2地点の計49地点において、現場測定するとともに表層0.5mで採水を行い、それぞれの機関で分析を行っている。カドミウム、全シアン等の健康項目、ニッケルやホルムアルデヒド等の要監視項目については、項目によって、年1~4回の測定計画に基づく頻度で分析を実施している。

この他、今津港と長浜港を結ぶ線上のほぼ中央の水深約90m地点st.1(「今津沖中央」)において、表層から湖底直上1mまでの間で月2回、水深別の調査を当センターで実施しているが、ここでは、表層水質の解析に必要な結果について報告する。



図1 琵琶湖表層における水質調査地点

3. 琵琶湖水質調査の結果

3.1. 2019 年度の琵琶湖水質の概要

ここでは、2019 年度の琵琶湖表層における主要水質項目の調査結果の平均値とその評価を表 1 に示す。なお、2017、2018 年度の琵琶湖主要水質項目評価は、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書第 14、15 号に掲載しているとおりである。以下、説明のある場合を除き、北湖については 28 地点、南湖については 19 地点の平均値を、瀬田川については唐橋流心地点の値を示す。評価につ

いては、両年度のデータに対して過去 10 年間（2009～2018 年度）を過年度とし、その平均値と比較し、当該年度の値との差 D と過年度の標準偏差 σ との関係から、以下のとおり行った。

- $0 \leq |D| \leq \sigma$ 前年度もしくは過年度並み（空欄）
- $\sigma < |D| \leq 2\sigma$ 少し高い・少し低い
- $2\sigma < |D| \leq 3\sigma$ 高い・低い
- $3\sigma < |D|$ かなり高い・かなり低い

表 1 2019 年度の琵琶湖主要水質項目評価（2018 年度、過年度との比較）

項目	区分	北湖			南湖			瀬田川		
		平均値	標準偏差	対前年度・過年度評価	平均値	標準偏差	対前年度・過年度評価	平均値	標準偏差	対前年度・過年度評価
透明度	2019年度	6.1	0.41		2.6	0.23		2.5	0.55	
	2018年度	5.5		少し高い	2.2		少し高い	1.9		少し高い
	過年度	5.7			2.5			2.3		
COD	2019年度	2.4	0.16		3.0	0.18		3.2	0.17	
	2018年度	2.3		少し低い	3.3		少し低い	3.4		少し低い
	過年度	2.5			3.2		少し低い	3.3		
全窒素	2019年度	0.20	0.019		0.26	0.020		0.43	0.042	
	2018年度	0.20			0.32		低い	0.53		低い
	過年度	0.24		低い	0.29		少し低い	0.44		
全りん	2019年度	0.007	0.00085		0.016	0.0014		0.019	0.0018	
	2018年度	0.008		少し低い	0.019		低い	0.024		低い
	過年度	0.008		少し低い	0.018		少し低い	0.021		少し低い
BOD	2019年度	0.5	0.074		0.9	0.13		0.4	0.13	
	2018年度	0.5			1.2		低い	0.9		かなり低い
	過年度	0.5			1.0			0.8		かなり低い
SS	2019年度	1.1	0.20		3.3	0.70		3.4	1.10	
	2018年度	1.2			4.3		少し低い	5.0		少し低い
	過年度	1.2			3.6			3.2		
大腸菌 群数 (対数)	2019年度	2.6	0.28		3.3	0.21		3.3	0.20	
	2018年度	3.3		低い	2.8		高い	3.3		
	過年度	2.6			3.0		少し高い	3.2		
pH	2019年度	7.9	0.13		8.0	0.15		7.7	0.21	
	2018年度	8.0			8.1			7.9		
	過年度	8.0			8.1			7.9		
クロロ フィル a	2019年度	3.6	1.5		6.0	2.6		3.9	2.0	
	2018年度	4.7			13.8		低い	9.3		低い
	過年度	4.0			8.5			5.6		
水温	2019年度	18.0	0.32		18.4	0.52		18.7	0.56	
	2018年度	17.9			18.5			18.6		
	過年度	17.2		高い	17.5		少し高い	17.6		少し高い

2019 年度の年平均値について評価を総括すると、有機汚濁指標である BOD は 2018 年度と比較し南湖では低くなった。COD は北湖では過年度並み、南湖では過年度と比較し少し低くなった。富栄養化項目である全窒素については北湖では前年度に続き 0.20mg/L となった。環境基準点（北湖中央部 3 地点、図 1 参照）における評価も初めて 0.20mg/L となり、1979 年の調査開始以来、北湖で初めて環境基準を達成した。南湖も過年度と比較し少し低くなっ

た。同じく全りんについては、過年度と比較し北湖、南湖とも少し低いという評価となった。

一般的には、2019 年度の水質は過年度もしくは前年度と比較し全般に低めの評価となる傾向が見られた。

健康項目および要監視項目については、全て不検出または環境基準値（要監視項目は指針値）未満であった。

3.2. 気象の特徴

2019年度の気象の特徴について、彦根地方気象台の気象月報によると、2019年度は全般的に気温が高めで推移した。特に9、10、1、3月は彦根地方気象台観測史上最高の月間平均気温であった。特に1月は、月の平均気温が7.0℃であり、過年度平均値の3.7℃と比較して3.3℃も高くなるなど、記録的な高温となった。

月別の降水量は、同じく気象月報をもとに、過年度と比較する(図2)と、5、9、11月が過年度よりも少なくなった。特に9月は過年度の約3割、11月は過年度の4割程度の降水量しかなかった。一方10月は過年度よりも多くの降水量が観測された。

2018年度は7月には記録的な降雨があり、上旬だけで月降雨量の約9割に達する豪雨があったが、2019年度は月を通じて降水が観測された。総じて年間降水量は過年度平均と比較するとやや少なめの降水量となった。

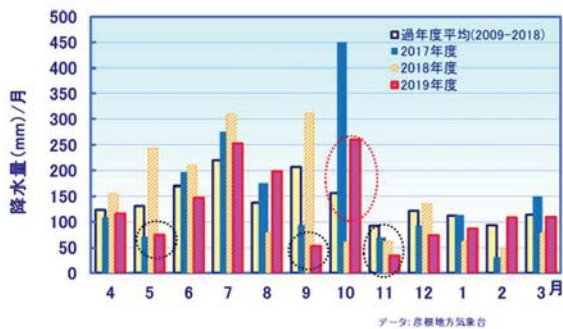


図2 彦根の降水量の月別平年比較(2017~2019年度)

また、琵琶湖河川事務所が観測している20か所の琵琶湖流域平均雨量※(図3)について、彦根と比べると、6~11月はやや多いが、年間の増減の傾向はほぼ同様であった。

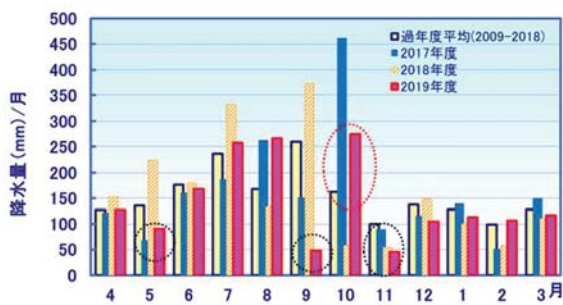


図3 琵琶湖流域平均雨量の月別平年比較(2017~2019年度)

※「琵琶湖流域平均雨量」は、琵琶湖流域の20箇所の雨量観測所(中河内、マキノ、片山、吉槻、市場、大溝、彦根、堅田、永源寺、大河原、水口、甲賀、黒津、野洲川、木ノ本、能登瀬、安曇川沖、蒲生、沖島、栃生)の日雨量の平均

図4に、琵琶湖河川事務所で計測集計されている琵琶湖平均水位と総流出量(各午前6時)、琵琶湖流域平均日雨量の2018~2019年度の変動を示す。

2018年度は5月から水位はマイナスに転じたが、7月上旬の集中豪雨により水位が一気に約90cm上昇し、プラス75cmを記録した。その影響を受け流出量も大幅に増加し、一時流出量は約980トン毎秒に達した。しかし7月上旬の豪雨以降はほとんど降雨がなかったため、転じて流出量が少ない状態が9月上旬まで続いた。9月は台風21号、24号の大雨により再び流出量が増加したが、10月以降は少雨のため、流出量もかなり少なくなった。

2019年度は、2018年度7月の大雨による流出量の大幅な増加とその後の流出量の減少といった大きな変動はみられず、7月中旬から下旬にかけて一定の降水量があったため、毎秒300トン以上の流出量があった。さらに、8月下旬から9月にかけての降水量増加により、流出量は一時毎秒700トンまで上がったが、その後は少ない流出量の状態が続いた。

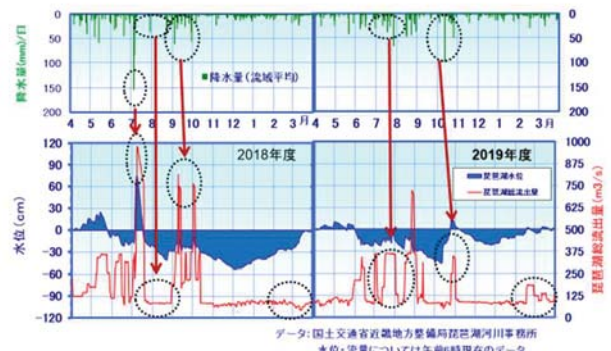


図4 琵琶湖平均水位、総流出量、琵琶湖流域平均日雨量の変動(2018~2019年度)

北湖における水温の年度平均が、2019年度は過年度と比較して「高い」区分になった(表1)。北湖における水温の経月変動を図5に示す。8月は観測開始(1979年)以来の最高値と同値、10、11、2、3月は観測開始以来の最高値を記録しており、8月以降水温が高かったことがわかる。

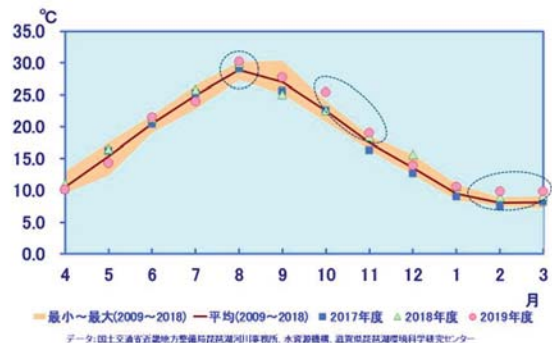


図5 北湖水温の経月変動(2017~2019年度)

次に、今津沖中央における底層（底から1m）水温の経年変動を図6に示す。底層の平均水温は上昇傾向を示しており、特に2019年度の平均水温は8.6℃、最低水温は8.0℃であり、これも観測開始以来の最高値になっている。

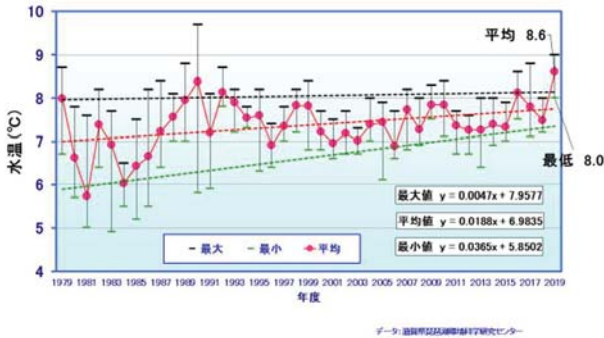


図6 今津沖中央における湖底直上1mの水温の経年変動

2017-2019年度の3年間は、月別の降水量が大きく変動し、総流出量も変動した。それによる琵琶湖水質への影響も大きかったものと考えられることから、総流出量の変動を詳しく見ていく。2017-19年度の琵琶湖総流出量の月別変動を図7に示した。月別の総流出量が年によって大きく変動していることが見て取れる。2017年度は5月から7月にかけては流出量が少なくなっているが、8月は台風5号の影響を受け、流出量が大幅に増加している。9月には過年度の50%程度と少なくなるものの、10月下旬に上陸した台風21号による影響で流出量が大幅に増加しており、11月にかけても水位が高かった影響で流出量の増加が見られる。2018年度は5月、7月は流出量が多くなった。特に7月以降は前述のとおり、豪雨とその後の少雨、9月の台風による大雨、それ以降の少雨に対応した流出量の大きな変動があった。その後、1月から3月にかけては降雪もほとんどなく、過年度の半分程度の流出量しかなかった。2019年度も4月から6月までは流出量が少ない状態が続いたが、7月の流出量は過年度平均値と同程度であった。また8月の流出量は過年度よりも多い流出量であった。9月以降は過年度よりも流出量が少なくなっている。

この3年間の流量の特徴として上半期の月、特に7月から10月にかけて流出量の年による変動が大きかったことがあげられる。また、2018年度の下半期から2019年度の流出量が少なくなっている。

2000-2019年度の年間総流出量の季節別変動を図8に示す。2005-2009年度は少なく、2010年度以降は多かったことがわかる。また年によってかなり大きな変動が見られる。

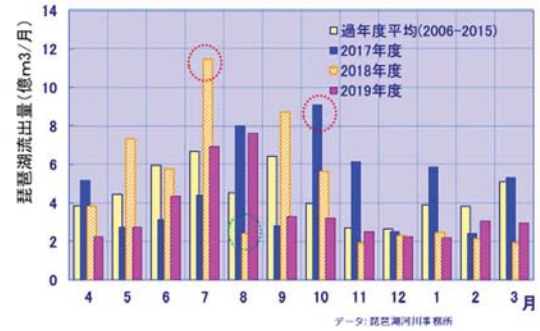


図7 琵琶湖総流出量の月別変動(2017-19年度)

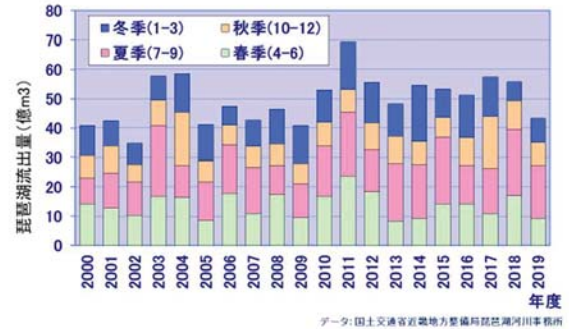


図8 琵琶湖総流出量の季節変動(2000-19年度)

3.3. 2019年度表層水質変動の特徴

3.3.1. 北湖全窒素濃度の変動

2019年度における全窒素の北湖の環境基準点の評価値が0.20mg/Lとなり、1979年の測定開始以降初めて環境基準を達成した。その要因について検討を行った。

図9に北湖の全窒素濃度の経年変動と、全窒素の主な形態別の成分である有機態窒素と硝酸態窒素の変動を示す。近年、全窒素濃度は低下傾向にあり、形態別にみると、有機態窒素はほぼ横ばいであるが、硝酸態窒素が全窒素と同様の低下傾向を示していることから、硝酸態窒素の低下が全窒素濃度の低下に寄与していると考えられる。

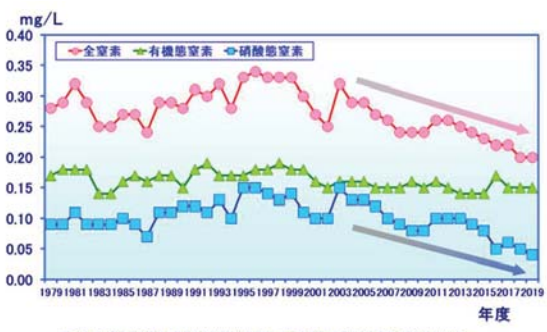


図9 北湖における窒素の形態別経年変動(表層平均値)

硝酸態窒素の低下の状況を詳細に確認するため、北湖における2019年度と過去10年間の経月変動を図10に示す。2015年度以降は過年度10年間の最低値を下回るような濃

度の低下がみられる月が多くなってきている。また、2012年度や2015年度以降は、夏季に見られる硝酸態窒素の枯渇期間が長くなってきている。さらに、冬の循環期にかけての濃度も低下傾向を示している。濃度低下の時期と2015年度から2019年度までの今津沖中央における植物プランクトンの発生状況（図11）を比較すると、*Staurastrum dordidentferum* var. *orunatum* や *Micrasterias hardyi* が春や秋に増加している時季に硝酸態窒素が低下していることが分かる。

以上から、全窒素濃度の低下は主に硝酸態窒素が低下することによるものであると考えられる。さらに、植物プランクトンが増加する際に硝酸態窒素を吸収し、増殖したプランクトンが沈降していくことで表層から除かれ、結果として表層で硝酸態窒素の濃度が枯渇するケースが増えていることが考えられる。

さらに、2015年度は北湖深水域への全層循環が3月まで遅れ、2018年度と2019年度は全層循環が未完了となるなど、暖冬の影響で水温躍層の衰退が大幅に遅れた。このため、深水域の比較的硝酸態窒素の濃度が高い水が表層に回帰する時期も遅れ、さらに、一部が回帰しなかったことも、表層濃度が低くなった一因と考えられる。

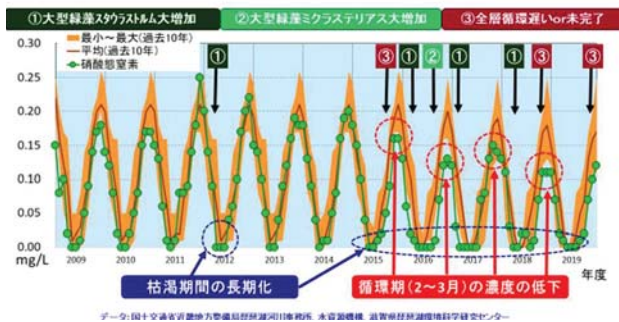


図10 北湖における硝酸態窒素の経月変動 (2009～2019年度)

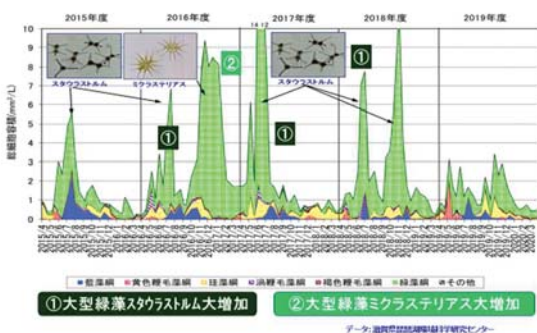


図11 今津沖中央における植物プランクトンの総細胞容積の経月変動（表層）（2015～2019年度）

次に、水深方向の濃度変動を確認するため、水深90mの北湖今津沖中央における表層と底層の経年変動を図12に

示す。表層では北湖の全地点の平均と同様に2004年頃から濃度が低下しており、底層でも2016年度から濃度が低下傾向を示している。

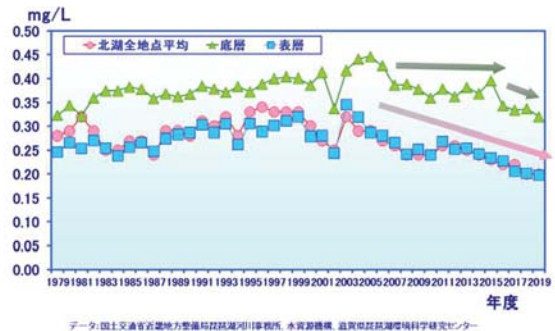


図12 今津沖中央における全窒素の表層と底層の比較 (表層及び底層平均値経年変動)

北湖での窒素の存在量の変動を調べるためには、表層から底層まで含めた窒素の存在量を把握する必要がある。このため、水深90mの今津沖中央における表層から底層までの水柱を考え、その水柱に存在する全窒素を水量で平均した濃度を算出した（図13）。この濃度を算出することで表層から底層までの濃度変動を含めた値となり、北湖で窒素がどのように変動しているか調べることができる。図13の変動から、2015年度後半から2016年度にかけて濃度が低下し、2017年以降低下した濃度が継続していることがわかる。

そこで、2015年度から2019年度までの今津沖中央における植物プランクトンの発生状況（図11）と、全窒素が低下した時期を重ね合わせると、大型緑藻である *S.dordidentferum* var. *orunatum* や *M.hardyi* が増加した際に窒素濃度が低下していた。このことから、これらの植物プランクトンの増加は表層の濃度変動だけでなく、北湖全体の全窒素濃度の変動に寄与していることが示唆される。

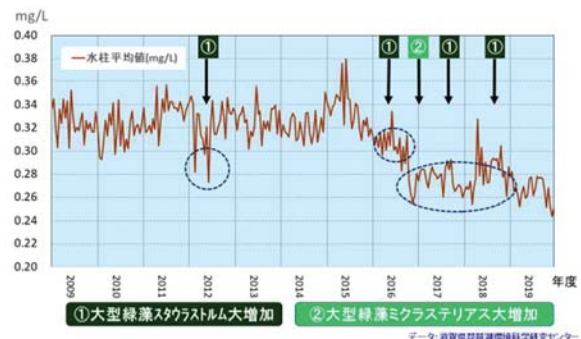


図13 今津沖中央 湖水柱の全窒素存在量経月変動 (2009～2019年度)

3.3.2. 夏季の南湖水質について

2018年度と2019年度の夏季の南湖の水質を比較すると大きく異なり、特に2018年度の夏季に特異的な変動が見られたことから、その要因を検討した。

2018年度と2019年度のクロロフィルaの経月変動を図14に示す。2018年度は8、9月に特異的に上昇していることが分かる。8月は調査開始以降8月としての最高値を更新し、9月は調査開始以降全ての月を通しての最高値を更新した。また、この上昇により2018年度の年間平均値も1979年の調査開始以降最高値となった。さらに、瀬田川(唐橋流心)の夏季平均値も過年度最高となり、夏季の南湖の影響が下流にも及んだものと考えられる。



図14 南湖におけるクロロフィルaの経月変動
2018～2019年度(表層平均値)

次に、水質の主要項目であるCODの経月変動を図15、全窒素の経月変動を図16に示す。クロロフィルaと同様、8、9月に特異的な上昇を示しており、CODも8月は調査開始以降8月における最高値、9月は調査開始以降全ての月を通しての最高値を更新した。全窒素についても8月には調査開始以降8月における最高値を更新するなど、水質が大幅に悪化した。

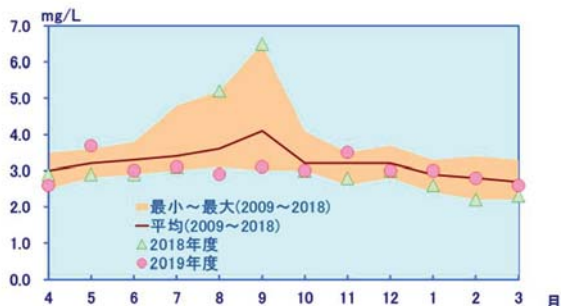


図15 南湖におけるCODの経月変動
2018～2019年度(表層平均値)

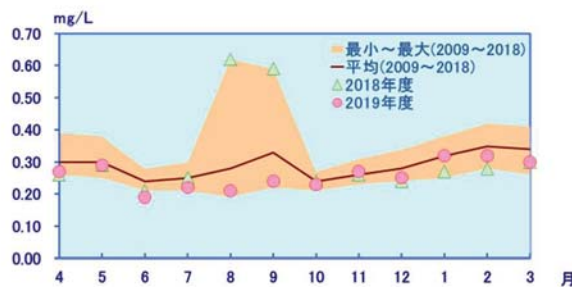


図16 南湖における全窒素の経月変動
2018～2019年度(表層平均値)

一方、2019年度はこれらの項目に特異的な上昇は見られず、特に7月から9月にかけては、過年度平均値よりも低い値で推移しており、2018年度と比較して様相が大きく異なる状況であった。そこで、クロロフィルaの極端な変動の要因を調べるために、図17に示した南湖唐崎沖中央における植物プランクトンの総細胞容積の経月変動の状況を確認した。これを見ると、2018年度夏季に*Anabaena affinis*が特異的に増加しているが、2019年度は一転して、植物プランクトン量が少なかったことがわかる。

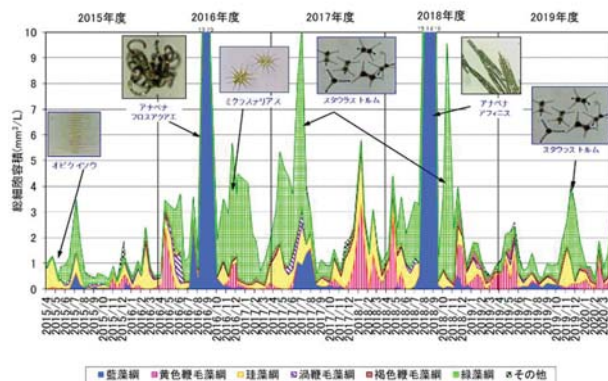


図17 唐崎沖中央における植物プランクトンの総細胞容積の経月変動(2015～2019年度)

次に、2018年度夏季の水質悪化の広がりを把握するために、クロロフィルa(図18、カラー図表参照)、COD(図19、カラー図表参照)、全窒素(図20、カラー図表参照)の平面分布図を作成して比較した結果、クロロフィルaの平面分布と、COD、全窒素の分布の傾向はよく一致しており、南湖における夏季のアオコ発生時に見られる沿岸部だけの高い分布ではなく、湖心部も含めた南湖全域で上昇していたことがわかった。このことも、8、9月の南湖の主要項目の月平均値が特異的に高くなった一因と考えられた。

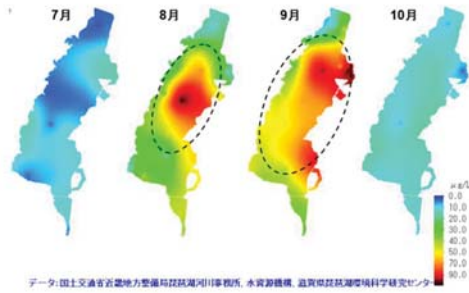


図 18 2018 年度 7～10 月のクロロフィル a 平面分布（南湖、カラー図表参照）

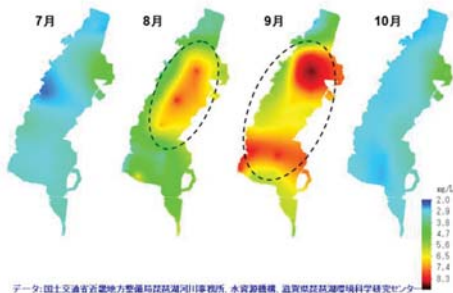


図 19 2018 年度 7～10 月の COD 平面分布（南湖、カラー図表参照）

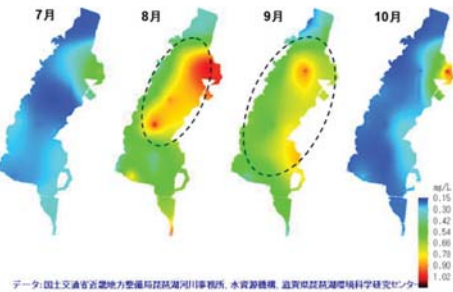


図 20 2018 年度 7～10 月の全窒素平面分布（南湖、カラー図表参照）

この特異的な状況が生じた要因を把握するために、増殖していた植物プランクトン種について調べた。優占していた種類は、琵琶湖で過去から見られている藍藻のアオコ形成種の *Anabaena affinis* (図 21) であった。この種は、空気中の窒素を細胞内に固定できる *Anabaena* 属で、無機態窒素が枯渇している水域では他の植物プランクトンよりも増殖に有利であると考えられている。

2018 年度のアオコの発生は 3 水域、発生日数 5 日に留まった。一方、2016 年度には同じ *Anabaena* 属の *Anabaena flos-aquae* (図 22) が増加したが、発生は 13 水域、発生日数 44 日とアオコ発生を確認して以来、最多と

なった。同じ *Anabaena* 属にも関わらず、発生日数が大きく異なっていた。アオコの発生は、水中でプランクトンが増殖し、水面に浮上して風などの影響で吹き寄せられた湖面状態で一定以上の密度レベルのものを発生としている。そこで、両種の形態上の特徴を比較した。*A. flos-aquae* は群体が不規則ならせん状に形成されて糸を絡めたように集合しており、群体間の隙間が多い形態をしている。一方、*A. affinis* は群体が直線的で束状に集合しているため、*A. flos-aquae* と比較して隙間が少なく、密度が高いため、浮上しにくいと考えられる。このことが、アオコの発生状況の違いと関係していると推定される。



図 21 *Anabaena affinis*



図 22 *Anabaena flos-aquae*

次に、この 2 年で夏季における植物プランクトンの発生状況が大きく異なった要因を検討するため、同時期の南湖の水位と流出量と流域降水量の変動を比較した(図 23)。2018 年度は 7 月上旬に一度に多量の降雨があり、その影響を受け大幅な流出量の増加が見られるが、7 月下旬から 8 月下旬にかけては一転して大幅に流出量が低下している。一方、2019 年度は 7 月中旬から下旬かけて連続的な降雨があり、流出量も平均して毎秒 300～400 トンであった。8 月にかけても一定の降雨があり、2018 年度に見られたような長い期間、流出量を低下させることはなかった。単純に 7 月の降水量を比較すると、2018 年度 (333mm) の方が 2019 年度 (257 mm) より多い。降水量が多いと流出量が増え、結果的には南湖の滞留時間が短くなると考えられる。滞留時間が短くなれば湖水も短期間で入れ替わるため、植物プランクトンの増加は抑制される。

しかし、2018 年度に植物プランクトンの大増加がみられたのは、雨の降り方が 2018 年度と 2019 年度で大きく異なり、それに応じた流出量になったためと考えられる。2018 年度は 7 月上旬に月降水量の 9 割が観測されるような豪雨の後、8 月下旬までほとんど降雨が観測されていない。その結果、流出量は 7 月下旬から大幅に低下し、それが 8 月にかけて継続した。一方、2019 年度はこの間、降水量の偏りが少なく、一定の降雨が観測されており、一定の流出量が確保された。

この違いから、2018 年度は 7 月下旬から湖水が長期間滞留し、植物プランクトンが特異的に増加したのに対し、

2019年度は一定の流量があり、植物プランクトンの増殖が抑制されたものと考えられる。これらの違いが2018年度と2019年度の8、9月の水質変動に大きく影響したと考えられる。

以上から夏季の南湖は、降水の量だけでなく、近年の雨の特異的な降り方の違いに影響されて水質が大きく変動しているものと考えられる。

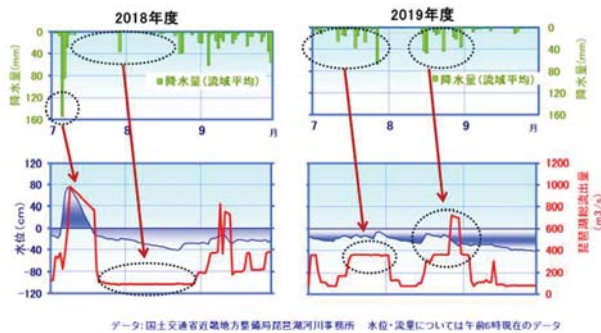


図 23 2018 年度と 2019 年度の夏季における流域降水量と琵琶湖水位、流出量の差異

3.3.3. 2017 年の台風 21 号の影響

2017 年 10 月に発生した台風 21 号は琵琶湖水質にも影響を与えたことから、台風 21 号が琵琶湖水質に与えた影響を示す。

2017 年台風 21 号は 10 月に発生した台風として記録的な降雨と強風をもたらした。彦根地方气象台での記録を下記に示す。

- ・日降水量 200.0 mm 10 月史上第 1 位
- ・日最大 1 時間降水量 26.5 mm 10 月史上第 3 位
- ・月最大 24 時間降水量 214.0 mm 10 月史上第 1 位
- ・月降水量 450.5 mm 10 月史上第 1 位
- ・日最大風速 19.6m/s 10 月史上第 3 位

このように彦根地方气象台の 10 月の記録を更新するような降雨と強風が観測された。なお、彦根地方气象台以外のアメダスの複数の観測地点でも極値が更新されている。

このような降雨の影響から、11 月は透明度が北湖で大幅に低下し SS が上昇した。透明度と SS の経月変動を図 24 に示す。

11 月の調査では透明度は 10 月 5.4 m から 11 月は 2.8 m と大幅に低下した。これは 1979 年の調査開始以降、11 月としては最も低い透明度となった。また、SS は 10 月 1.0 mg/L から 11 月は 2.3 mg/L と大幅に上昇している。

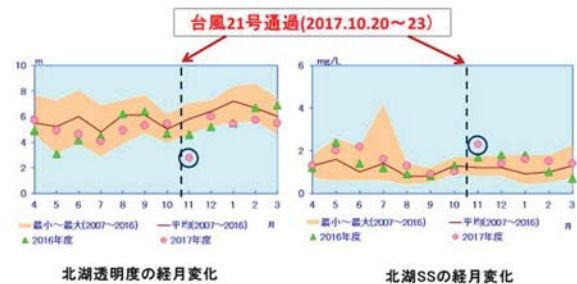


図 24 透明度と SS の経月変動 (2017 年度)

透明度の平面分布図を作成 (図 25、カラー図表参照) して低下の状況を確認したところ、台風通過前の 10 月は北湖では 6 m を超える地点がみられたが、台風通過後の 11 月は北湖の全域で透明度の低下がみられたことから、台風による濁水の影響は北湖全域に及んでいたと考えられる。台風 21 号通過約 1 か月後の 12 月の平面分布図では 10 月並みに回復していることから、約 1 か月程度で表層の SS 分は沈降していったと考えられる。

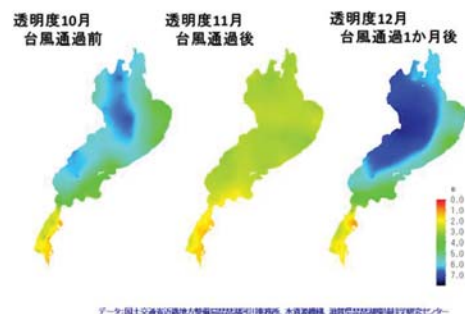


図 25 透明度の平面分布変動 (2017 年度、カラー図表参照)

この台風 21 号の強風により湖水が攪乱された影響が水温に顕著にみられた。詳しくは同研究報告書第 14 号に示したが、台風 21 号の通過前の表層の水温は約 21℃であったのが、台風通過後は 0~15 m の水温が約 3℃低下した。一方で、40m~60m の水温が約 1℃上昇した。

2017 年度の今津沖中央の表層水温の経月変動 (図 26) を見ると、台風通過後に過年度 (2007~2016) の最低値を下回る温度の低下があったことがわかる。2017 年度はその後水温が過年度よりも低い状態が続いている。

参考までに今津沖中央における湖底直上 1 m の水温変動を図 27 に示したが、台風通過前までの水温は 7.8℃であったが、台風通過後には 8.2℃まで上昇している。

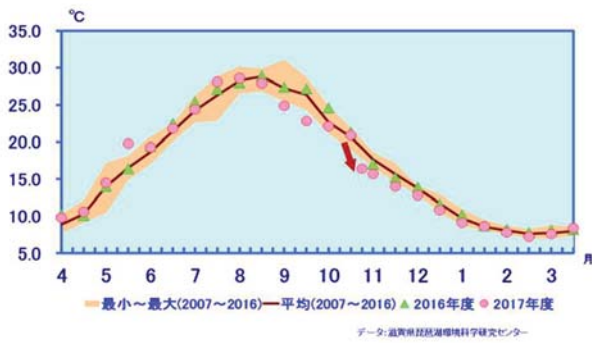


図 26 今津沖中央における表層水温変動（2017 年度）

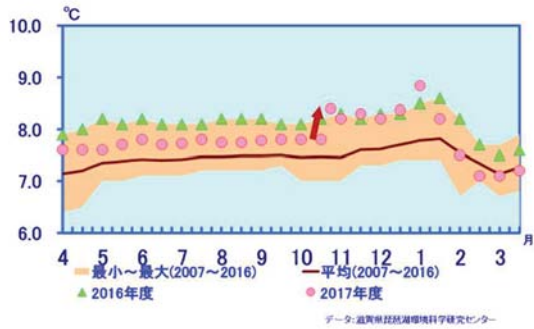


図 27 今津沖中央における湖底直上 1m 水温変動（2017 年度）

通常台風が来襲する 7 月～9 月では水温躍層が強固に発達しており、躍層の下の 40～90 m までの湖水の混合は起こりにくい。しかし、大型台風が 10 月下旬という遅い時期に来襲したため、水温躍層が衰退していたことと記録的な強風を伴った台風であったことから、大きく湖水が攪乱され、かなり大きな水温変動が生じたものと考えられる。

湖底直上 1 m の水温も、通常は 4 月から 12 月はほぼ一定であるが、この時の強風により 0.4℃の上昇がみられた。その後、2017 年度は全層循環が最も早く観測（1 月 26 日）されたが、この底層水温の上昇も、全層循環を早めた一因であることが推測された。

4. 各サブテーマの結果

4.1. 琵琶湖底質分析調査

調査項目、頻度と調査地点は次のとおりである。

○調査地点

北湖（今津沖中央）、南湖（唐崎沖中央）の泥表面から 1 cm

○調査項目

強熱減量、全窒素（T-N）、全りん（T-P）、COD、硫化物

○調査頻度・時期：年 1 回 11 月に測定

○調査結果

これまでの調査結果を図 28 に示す。北湖・南湖とも、各項目とも硫化物を除き、この 3 年間過去最高レベルで推

移している。特に水質では減少傾向にある全窒素が、底質では反対に増加傾向が認められる。

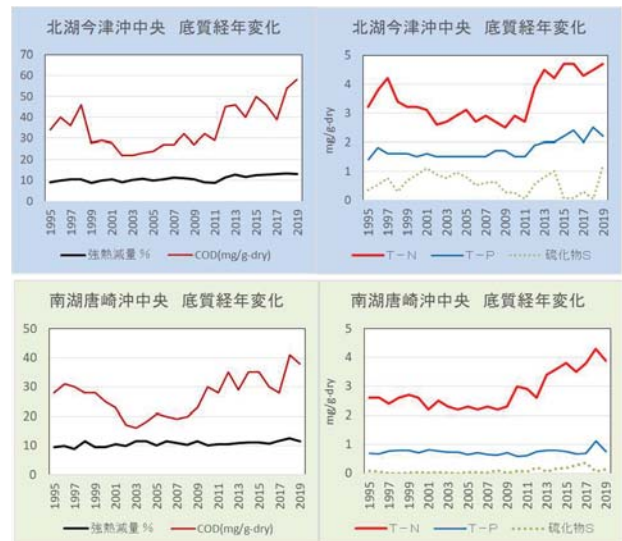


図 28 琵琶湖底質分析調査結果の経年変化

以上の結果より、今後の変動を引き続き注視していく必要があるものと考えられる。

4.2. 琵琶湖水生生物保全環境基準評価調査

○調査地点：北湖 7 地点、南湖 5 地点

○調査項目

全亜鉛、ノニルフェノール、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸およびその塩（LAS）※、水生生物の保全に関する要監視項目（クロロホルム、フェノール、ホルムアルデヒド、4-ter-オクチルフェノール※、アニリン※、2,4-ジクロロフェノール※）等（※は平成 26 年度追加項目）

○調査結果

2019 年度は、全亜鉛については最大で 0.006 mg/L であり、地点ごとに定められた環境基準値未満の値であった。ノニルフェノール、LAS、要監視項目については全ての地点で不検出であった。その他の項目（pH、透明度、溶存酸素、全窒素、全りん等）についても、水生生物に影響を与えるような水質変化は確認されなかった。

4.3. 水浴場水質分析調査

○調査項目

pH、COD、糞便性大腸菌群数、病原性大腸菌 0-157

○調査結果

3 年間の結果を表 2 に示す。すべての水浴場で「適」または「可」で、県下に、水浴に「不適」と判定された水浴場はなかった。病原性大腸菌 0-157 は開設前、開設中ともに不検出であった。

2017 年度開設中の結果については、「適」がなく、すべ

ての水浴場で「可」であったが、これは、同年7月に植物プランクトンの増殖でCODの上昇が見られたことが要因と考えられる(表2の※参照)。

表2 水浴場水質分析調査結果(2017-2019)

判定	2017		2018		2019	
	開設前	開設中	開設前	開設中	開設前	開設中
「適」	5	0※	4	4	4	5
「可」	1	6※	2	2	2	1

4.4. 西の湖水質分析調査

西の湖の水質調査地点を図29に示す。調査項目と結果は次のとおりであった。



図29 西の湖水質調査地点

○調査項目

SS、COD、BOD、全窒素(T-N)、全りん(T-P)等、植物プランクトン(5月、11月)

○調査結果

- ・主要項目(SS、COD、BOD、T-N、T-P)について
SSは2019年度春季で全地点において過去最高値となった。COD、BODについては、2017年度から2019年度の夏季にSt.5(北の庄沢)を除く4地点で過年度平均値を大きく上回った。T-Nは2019年度夏季にSt.20(ヨシ群落奥部)とSt.3(中央最深部)で過去最高値となったが、夏季以外は全5地点において過年度平均値並みであった。T-Pは2017年度から2019年度の夏季にSt.1(湾奥部中央点)とSt.5(北の庄沢)を除く4地点で過年度平均値を大きく上回った。
- ・植物プランクトン
2019年度5月と8月ともに前年度の同時期と比較して約3倍の総細胞体積となった。2019年度5月は全細胞数の約90%を珪藻と緑藻が占めていた一方で、8月は約90%を藍藻と褐色鞭毛藻が占めていた。
- ・湖内の状況を代表するSt.3における経年変化をみると、2015年度以降COD、BODおよびT-Pが上昇する傾向であり、

2019年度には植物プランクトンの増殖に伴い水温、COD、BOD、SS、TP、クロロフィルaが過去最高値となった。

4.5. 余呉湖水質分析調査

○調査地点

表層：湖岸部3地点

水深別：最深部全水深12m

○調査項目

SS、COD、BOD、全窒素(T-N)、全りん(T-P)等、植物プランクトン

○調査結果

- ・2019年度における最深部表層の前年度比較では、透明度とSSは高く、BOD、COD、T-N、T-P、クロロフィルaは低かった。経月変化では、8月の水温が過年度最高値よりも高くなった。2月は透明度が過年度最低値よりも低く、COD、SSが過年度最高値よりも高くなった。
- ・最深部底層(水深12m)については、水温躍層の形成により、8月はアンモニア態窒素が増加したが、11月には水温躍層が消失し、表層と同程度となった。
- ・底層溶存酸素濃度は8月では4.8mg/Lと大幅な濃度の低下は見られず、11月には8.0mg/Lとなった。
- ・最深部表層における植物プランクトンの季節変化については、5月は藍藻類のマイクロキスティス・エルギノーザ、8月は緑藻類のボルボックス・アウレウス、11月は緑藻類のクロステリウム・アキクラール、2月は珪藻類のアウラコセイラ・サーバークティカが優占種となった。また、2月の検体中にアファニゾメノン・フロリアクアエの群体がみられた。
- ・アオコについては、深層ばつ気装置が稼働して以降、2005年度から再び兆候はみられるようになったものの、2009年度を除いて発生していない。(深層ばつ気装置は2002年度より、毎年、5月中旬～11月上旬に稼働)

4.6. 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

○琵琶湖アオコ分析調査

- ・琵琶湖南湖の調査定点8か所について、7月下旬から10月中旬にかけてアオコ監視パトロールを実施している。アオコの発生状況の経年変化を図30に示す。
- ・2017年度は7月下旬の過去最も早い時期にアオコの発生が確認された。これは、放流量が少なく、水が滞留し、原因プランクトンが増殖したことに加えて、7月上旬から気温が高く、水温が上昇したためと考えられる。
- ・2018年度のアオコ発生日数は少なかったが、南湖沖帯では*Anabaena affinis*が多く見られた。
- ・2019年度は7月の気温が平年と比べて低かったことから、アオコの発生が抑制された可能性がある。一方で、9

月以降のアオコの発生は、気温が平年より高く、降水量が平年と比べて少なかったため、水が滞留し、原因プランクトンが滞留したことで、発生につながったと考えられる。

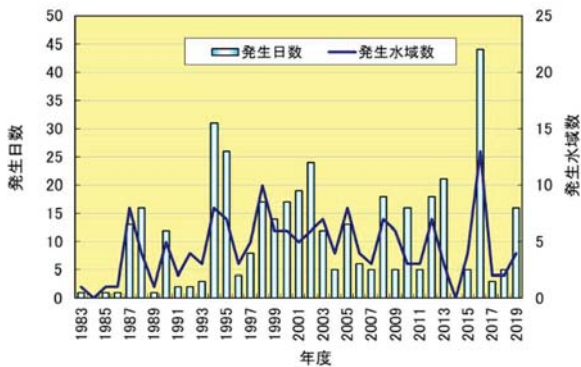


図 30 アオコ発生の日数および水域の経年変化

○琵琶湖赤潮分析調査

- ・定期調査時および瀬田川プランクトン調査時（4月～6月）に実施している。淡水赤潮の発生状況の経年変化を図31に示す。
- ・淡水赤潮の原因プランクトン種の計数を行っている。
- ・2018年度は淡水赤潮の兆候は確認されたものの、淡水赤潮の発生は確認されなかった。
- ・2006年度以降、2009年度（1日、5水域）を除き、淡水赤潮は発生していない。淡水赤潮は、1977年の発生後、1979年をピークに発生頻度は減少傾向にあり、2017年度～2019年度には発生は確認されなかった。

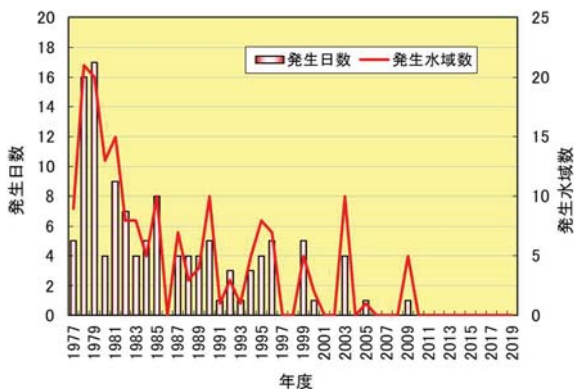


図 31 淡水赤潮発生の日数および水域の経年変化

5. 結果の評価

水質汚濁防止法第16条に基づき、琵琶湖・瀬田川水質環境基準評価調査、琵琶湖底質分析調査および水生生物環境基準評価調査を実施し、環境基準の達成状況を評価した。

その結果、琵琶湖における生活環境項目のCODと全窒素、全りんの中で、環境基準を達成しているのは北湖の全りんのみであったが、2019年度に初めて北湖の全窒素も環境基準を達成した。これらの結果は、例年どおり、環境保全施策の検討・評価に活用され、データについては、県環境白書等に掲載される。さらに、2016年度から2020年度の5か年計画で進められている第7期琵琶湖に係る湖沼水質保全計画の評価等、環境行政の施策評価等に活用された。

水浴場調査水質分析調査の結果は、県下の主要水浴場の水質状況の把握に活用され、県民の安全安心な水浴場利用のための情報提供の基礎資料となった。

西の湖水質分析調査・余呉湖水質分析調査の結果は、その流域における市町、住民等の環境保全の取組みのための基礎資料として活用された。

アオコ・赤潮分析調査の結果は、淡水赤潮については、この3か年も発生は確認されず、アオコについては、2017年度は過去最も早い時期に発生し、2018年度は発生が少なかったが南湖全域でアオコ形成種が大増加し、2019年度は9月以降のアオコの発生が散見されるなど、年による変動が大きかった。

6. まとめ

2017～2019年度における琵琶湖表層水質に見られた主な特徴として、北湖における全窒素の低下が継続していること、南湖における夏季の年による極端な水質変動が見られたことがあげられる。また、別稿の全層循環の未完了等、気象の変動の極端化の影響を受けて、水温や流入・流出する水量と滞留時間等の水象が大きく変動している。それに伴い、栄養塩の流入負荷量が増減し、植物プランクトンの種組成の変動にも影響が見られた。

今後も、水質の監視と合わせて気象・水象、プランクトンの状況について把握していくとともに、気象の変動の極端化の影響を多大に受ける水質について、その変動状況と要因の把握を行いつつ、的確に把握するためのモニタリングの方法と体制を順応的に整備していくことが、重要になってきているものと考えられる。

7. 謝辞・摘要・引用文献等

7.1. 謝辞

水質データの他、琵琶湖水位や放流量等の水文データ等調査結果の取りまとめにあたって、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、独立行政法人水資源機構琵琶湖総合管理所、滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖保全再生課の各機関からデータの提供を受けるとともに、解析を進めるにあたって、担当各位からご助言をいただいた。

滋賀県環境審議会水・土壌・大気部会の前部会長の清水芳久京都大学大学院附属流域圏総合環境質研究センター教授、現部会長の龍谷大学先端理工学部岸本直之教授、同部会委員の京都大学生態学研究センター長中野伸一教授をはじめ委員の皆様から貴重なご意見をいただいた。

本調査にご協力いただいた皆様に厚く感謝いたします。

7.2. 摘要

本調査研究報告は、2017年～2019年の滋賀県環境審議会水・土壌・大気部会に報告した内容等をもとに作成した。

7.3. 引用文献

彦根地方気象台（2017～2020）：滋賀県気象月報4(2017)～3(2020)。

近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所・滋賀県琵琶湖環境部・滋賀県琵琶湖環境科学研究センター（2017）：平成29年度琵琶湖水質調査報告書。

近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所・滋賀県琵琶湖環境部・滋賀県琵琶湖環境科学研究センター（2018）：平成30年度琵琶湖水質調査報告書。

滋賀県(2017～2019)：公共用水域・地下水水質測定計画(滋賀県)。

環境監視部門公共用水域係、生物圏係、化学環境係：琵琶湖等水環境のモニタリング。滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書，14。

環境監視部門公共用水域係、生物圏係、化学環境係：琵琶湖等水環境のモニタリング。滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書，15。