

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2016年度の琵琶湖水質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、各環境事務所で実施されている西の湖・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、2016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2014、2015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

琵琶湖・瀬田川における水質モニタリングの地点を図1に示す。透明度、pH、浮遊物質(SS)、化学的酸素要求量(COD)等一般項目や全窒素(T-N)、全りん(T-P)等の生

活環境項目については、毎月上旬に、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測定計画に基づく頻度で分析を実施している。

また、北湖における水深別調査については、当センターでは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(通称「今津沖中央」)において、0.5m、5m、10m、15m、20m、30m、40m、60m、80m、湖底から1mの10層等で月2回実施しているが、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。

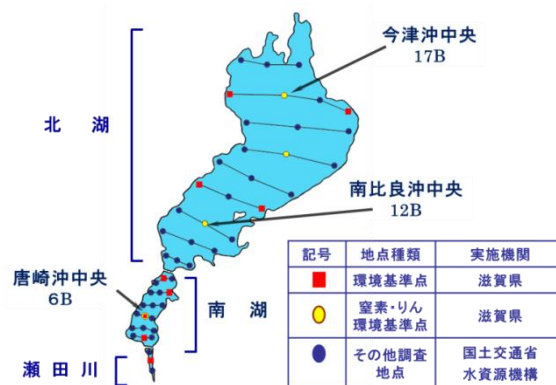


図1 調査地点

3. 琵琶湖水質調査の結果

3.1. 2016年度の琵琶湖水質の概要

ここでは、2016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、2014、2015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11、12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（2006～2015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（無印）
- $\sigma < |D| \leq 2\sigma$ 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 2016年度琵琶湖主要水質項目評価

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	2016年度	5.2	0.36		2.5	0.18		1.9	0.54	
	2015年度	5.6		少し低い	2.6		3.0	低い		
	過年度	6.0		低い	2.6		2.6	少し低い		
COD	2016年度	2.5	0.16		3.2	0.17		3.3	0.19	
	2015年度	2.3		少し高い	3.0		3.2	少し高い		
	過年度	2.6			3.2		3.3			
全窒素	2016年度	0.22	0.013		0.29	0.019		0.41	0.063	
	2015年度	0.23			0.27		0.39	少し高い		
	過年度	0.25		低い	0.29		0.46			
全りん	2016年度	0.010	0.00088		0.020	0.0012		0.022	0.0014	
	2015年度	0.008		高い	0.017		0.020	少し高い		
	過年度	0.008		高い	0.017		0.020	少し高い		
BOD	2016年度	0.6	0.079		1.1	0.11		0.9	0.14	
	2015年度	0.4		高い	0.9		0.6	少し高い		
	過年度	0.5		少し高い	1.0		0.8			
SS	2016年度	1.4	0.19		3.6	0.56		4.1	0.66	
	2015年度	0.9		高い	2.7		2.1	かなり高い		
	過年度	1.1		少し高い	3.2		2.7	高い		
大腸菌 群数 (対数)	2016年度	2.6	0.38		2.8	0.14		3.1	0.25	
	2015年度	2.3			3.2		3.6	少し低い		
	過年度	2.7			3.1		3.2	少し低い		
pH	2016年度	7.9	0.13		8.0	0.13		7.6	0.16	
	2015年度	7.9			8.1		8.0	低い		
	過年度	8.0			8.2		7.9	少し低い		
クロロ フィル a	2016年度	7.7	0.67		10.7	1.7		6.9	1.3	
	2015年度	2.9		かなり高い	6.8		4.1	高い		
	過年度	3.3		かなり高い	6.8		4.7	少し高い		
水温	2016年度	17.5	0.19		18.3	0.25		18.3	0.38	
	2015年度	17.3		少し高い	17.4		18.1	かなり高い		
	過年度	17.1		高い	17.3		17.4	かなり高い		

2016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は過年度と比較し北湖では少し高くなった。CODは2013～2015年度は過年度と比較し総じて低い評価となっていたが、2016年度は過年度並みの値であった。2000年に入ってから横ばい傾向が続いていたCODであるが、2013～2015年度はCODが上昇傾向を示し始めた頃(1991年)のレベルと同じ程度まで低下したものの、2016年度は過年度平均値並みに上昇した。2016年度については、クロロフィルaも過年度と比較してかなり高い評価となっていることから植物プランクトンの特異的な増殖による影響であるものと考えられた。

全りんについても過年度と比較し北湖、南湖とも高いという評価となった。

全般的には、2016年度の水質は過年度もしくは前年度と比較し全般に高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

2016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、平均気温は4、5月はそれぞれ平年を1.5～1.6℃上回りかなり高い区分であった。2016年度の1、2月の気温は平年並みであった。

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、7月は過年度平均値の70%程度の降水量であった。また8月は月間平均ではほぼ過年度並みの降水量、9月は過年度よりやや多い降水であったが、無降雨の日が長く続きその後豪雨になるといった日毎の降水量の差が極端であった。この8、9月の降水量については、後述する「3.3.2 夏季の南湖水質について」で詳細な解析結果を示す。10月から12月にかけては過年度平均値並みの降水であったが、1月は降雪が多い影響で降水量が多くなった。総じて年間降水量は過年度平均と比較するとやや多めの降水量となった。

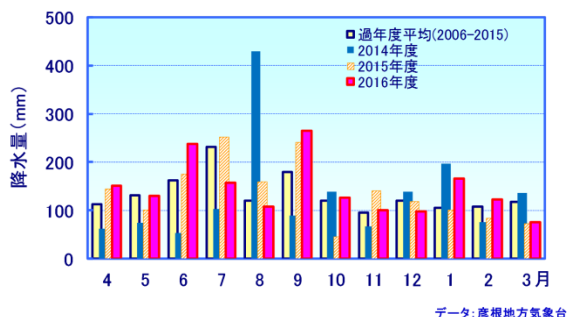


図2 彦根の降水量の月別年平均比較(2014-2016年度)

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)について見ると、年間の傾向は

彦根とほぼ同様の傾向を示した。

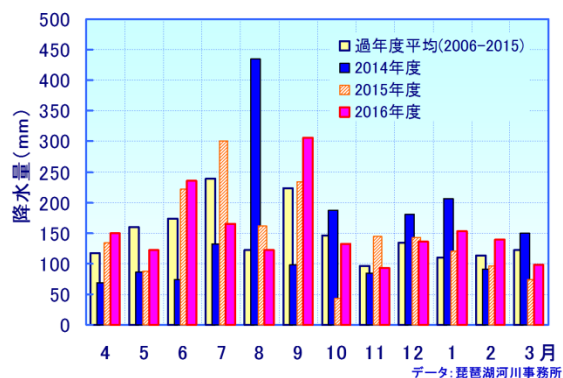


図3 琵琶湖流域平均雨量の月別年平均比較(2014-2016年度)

※「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2015-2016年度の変動を示す。7月の降水量は過年度平均より少なかったことから、2015年度と比較し総流出量も少なく、特に7月中旬から9月下旬にかけてはかなり少ない総流出量となっており、この期間も2015年度と比較するとかなり長かった。9月末から10月にかけて台風16号と秋雨前線の影響で降雨が比較的多くなったため、総流出量が増加している。その後は再びかなり少ない総流出量となったが、冬季には降雪が多くその影響により総流出量が増加した。

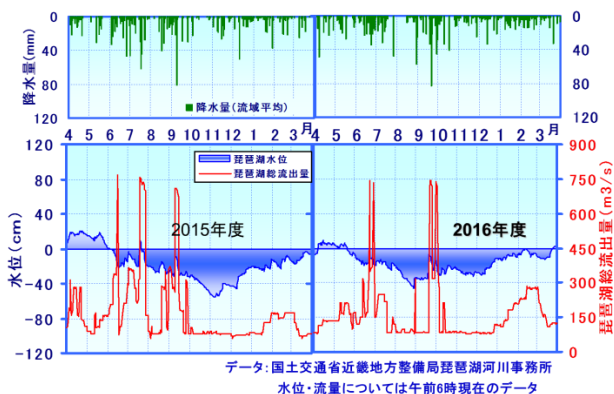


図4 琵琶湖平均水位、総流出量、琵琶湖流域平均日雨量の変動(2015-2016年度)

水温は、全般には過年度平均値並みで推移した。

2014-2016年度の3年間は、気象、特に降水量が大きく変動し、総流出量も変動した。その結果、琵琶湖水質に与えた影響も大きかったことから、降水量に伴う総流

出量の変動を詳しく見ていく。2014-2016年度の琵琶湖総流出量の月別変動を図5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。2014年度は4月から7月まで降水量が少ないため、流出量も少ない状態で、4月から6月までは過年度の50%程度、7月は30%程度の流出量であった。しかしながら8月は過去最高となる430mmの降雨を記録した影響を受け、流出量が過年度の倍以上に増加した。その後一転して9月は少雨のため過年度の50%程度まで減少する等、特に上半期での降雨の変動が激しかった。

2015年度は4月から6月にかけては流出量が平年並みであったが、7月は過年度の約150%まで増加した。これは、梅雨前線や台風第11号が近隣府県を通過した際の降雨による増水に伴うものであった。また9月も比較的流出量が多かった。2016年度は4月から6月までは流出量は過年度並みであったが、7、8月は過年度の60%程度の流出量しかなかった。しかし10月は過年度の170%の流出量となり、1、2、3月も降雪の影響を受け流出量が増加する傾向にあった。この3年間の流量の特徴として上半期の月による流出量の変動が特に大きかったことがあげられる。

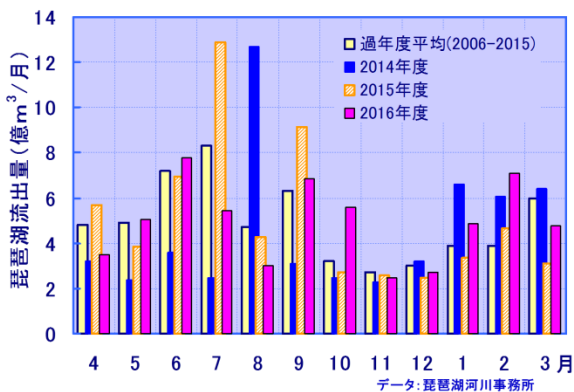


図5 琵琶湖総流出量の月別変動(2014-2016年度)

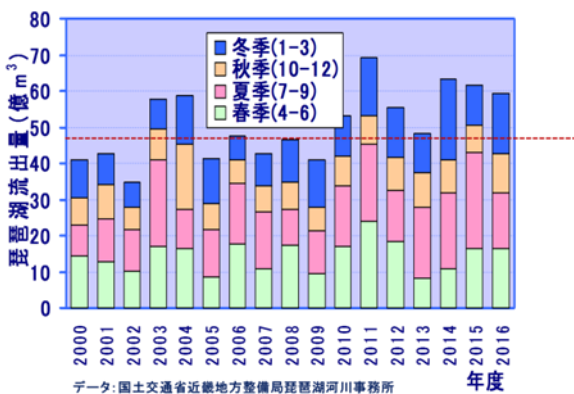


図6 琵琶湖総流出量の季節変動(2000-2016年度)

2000-2016年度の年間総流出量の季節別変動を図6に示す。この期間の平均総流出量48.5億m³/年に対して、2005-2009年度は少なく、2010年度以降は多かったことがわかる。季節別にも一定の流量が見られる秋季を除き、年によってかなり大きな変動が見られた。

3.3. 2016年度表層水質変動の特徴

3.3.1. 春季の北湖水質の変動について

2016年4月後半から5月に北湖沿岸を中心に *Uroglena americana* の増加が見られ、赤潮の兆候が見られた。その影響を受け、5月の主要項目は過年度を超過する値となった。主要項目の内、クロロフィルa、全りん、透明度の経月変動グラフを図7に示す。クロロフィルaと全りんは過年度最高値を更新した。5月の赤潮分析調査では調査地点である今津沖および今津沖中央、長浜沖、丹出川沖中央では *Uroglena americana* の群体数は赤潮の発生基準である中群体換算300群体よりも少なかったことから、その他の地点も含めて *Uroglena americana* 増加の場所の把握と主要項目の関連を把握するため、5月のクロロフィルaと全りんの平面分布図を作成した(図8)。

クロロフィルaの平面分布図では、北湖の南西部と北湖の東岸域で高くなっていることから、この場所で *Uroglena americana* が増加していたことが推察された。また、クロロフィルaが高い場所で全りんが高くなっていることから、全りんの増加はこの時期に増加した *Uroglena americana* の走光性の性質の影響を受け濃度が上昇したものと推察された。また透明度の低下も同様の影響によるものと考えられた。

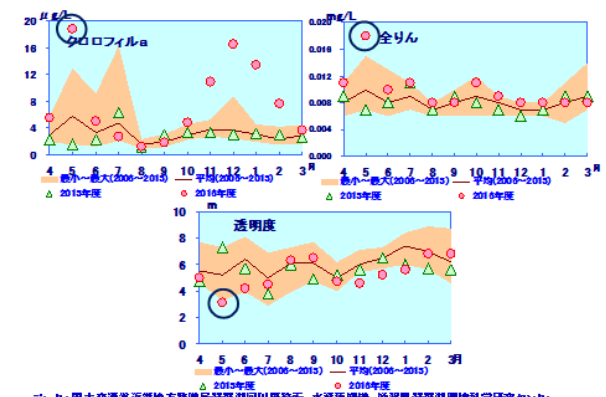
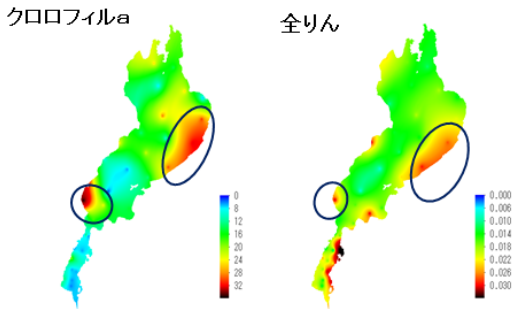


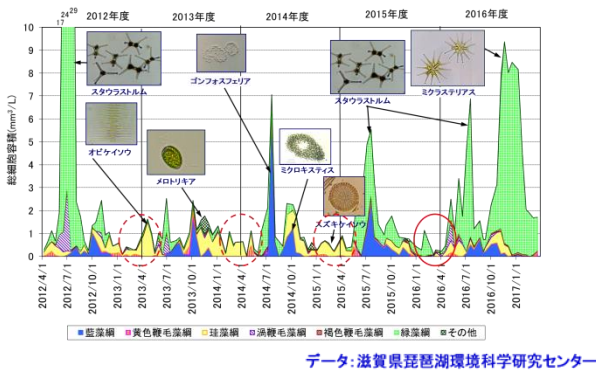
図7 クロロフィルa、全りん、透明度の経月変動



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図8 5月のクロロフィルa、全りんの平面分布

次に *Uroglena americana* の増加要因の検討を行った。検討にあたり、*Uroglena americana* が増加する前の冬季の植物プランクトンの組成に着目した。過去5年間の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を図9に示す。例年、冬季の循環期に向かって深水層から表層に回帰してきたりんなどの栄養塩を使って、主に珪藻が増加し循環期が終わる春以降、増加した珪藻が底層に沈降していくことで表層水のりん濃度が低下する。しかし2016年3月は珪藻を含む植物プランクトンが過去4年と比較し少なくなった。これは2015年末からの記録的な暖冬により全層循環も1か月半程度遅れるなど、下層から表層への栄養塩の供給が少なく、冬季の植物プランクトンの増殖量が少なかったことが要因の一つではないかと推察された。



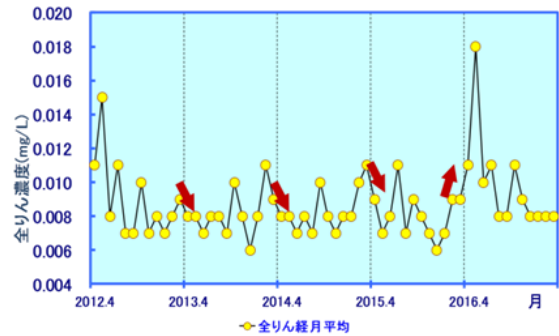
データ：滋賀県琵琶湖環境科学センター

図9 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、2012-2016年度）

これを受けて *Uroglena americana* の増殖初期の3月～4月にかけての栄養塩の状況を把握するため、全りんの過去5年間の経月変動（図10）を調べた。ここで3月～4月にかけての濃度変動に着目すると、2012年～2015年の3月～4月にかけてはいずれの年も濃度が低下した。一方、2016年の3月～4月にかけては濃度が上昇してい

た。

この要因としては、①3月までは珪藻の増加が過去と比較して少なかったことから循環期が終了した4月にかけて底層に沈降する珪藻の量が少なく、すなわち珪藻に取り込まれて沈降するりんの量も少なかったこと、②全層循環が遅れたことで、3月中旬から下旬に底層からの栄養塩も例年より遅れて表層に回帰し、それに伴い表層の栄養塩濃度が例年に比べて高くなったこと、③4月の降水量が比較的多く、陸域から流入した栄養塩の負荷も例年より多かったことが考えられた。このように栄養塩濃度が比較的高い状態で、*Uroglena americana* の増加に適した水温になり、*Uroglena americana* は増加速度が早く、他の植物プランクトンも少なかったことから、優占しやすい条件が整ったと考えられる。そして、*Uroglena americana* は表層に集積する性質があることから、増加・集積することでさらに密度が増し、その結果、クロロフィルaや全りん濃度が表層で特異的に上昇したと考えられる。



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図10 全りんの経月変動（北湖、2012-2016年度）

3.3.2. 夏季の南湖水質について

2016年度のアオコの発生は、13水域44日間にわたって確認され、発生水域数・発生日数ともに過去最多となった。この影響を受け、南湖において9月の主要項目の水質が特異的な値を示した。その項目の南湖の水質の経月変動は図11に示したとおり、9月の値が過年度最高値を大きく更新する結果となった。特にクロロフィルaが高い値になっていたことから、南湖のクロロフィルa濃度の平面分布図を作成したところ、南湖の北部を除いて、湖岸部だけでなくほぼ全域にわたり高くなっていった。

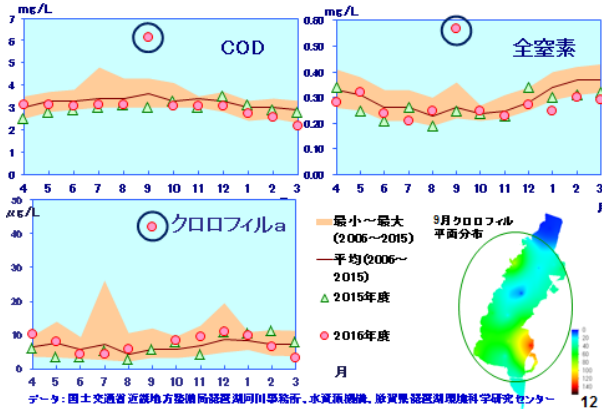


図 11 南湖における COD、全窒素、クロロフィル a 経月変動およびクロロフィル a の 9 月の平面分布

そこで、今回のアオコの多発生の要因を検討した。まず、降水量と放流量に着目し、2015 年度と 2016 年度 7 月から 9 月にかけての降水量、総流出量、水位のグラフを図 12 に示す。

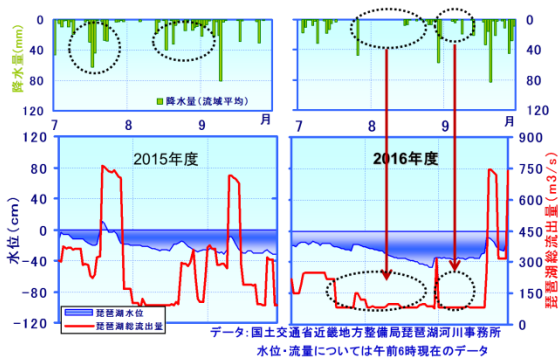


図 12 流域降水量および琵琶湖水位、総流出量の変動 (2015、2016 年度 7-9 月)

2015 年度と 2016 年度を比較すると、2015 年度は 7 月の降水で総流出量が増加している時期があるが、2016 年度は 2015 年度のような総流出量の増加は見られなかった。また、2016 年度は 7 月下旬から 8 月下旬にかけてほとんど降水がない日が続いた。特に 8 月の月上旬から下旬にかけてはほとんど降水が記録されておらず、その結果、約 1 か月半にわたって総流出量がかなり少ない状況が継続した。また、8 月の降水量を詳細にみると、先に述べたように 8 月上旬から下旬にかけてはほぼ降水がないものの、8 月 29 日、30 日に合計約 83 mm の降水量を記録している。この 2 日間の降水で 8 月の月間降水量の約 70% を占めた。このように 8 月は降水の有無の差が極端であった。また、9 月上旬にかけて再び降水が少ない日が続いた。このような状況から、すぐに総流出量も少なくな

った。その結果、7 月下旬から 9 月にかけて南湖において湖水が滞留し、アオコを形成する植物プランクトンの増殖に適した状況が継続した。

次に南湖の透明度と SS の経月変動を図 13、図 14 に示す。2013~2015 年度は 5 月から 7 月にかけて毎年透明度が上昇し、SS が低下していることがわかる。しかし 2016 年度は 4 月から 5 月にかけて *Uroglena americana* が増殖していたこともあり、透明度が低め、SS が高めで推移している。その後も 8 月にかけて過年度平均値レベルであり、過去 3 年と比較し濁っている状況であり、このことも水草の成育に影響したものと推察される。

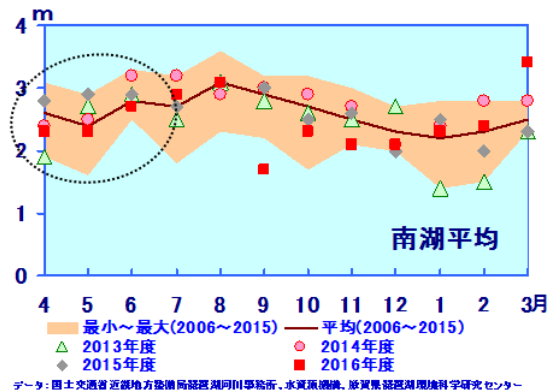


図 13 南湖透明度の経月変動 (2013~2016 年度)

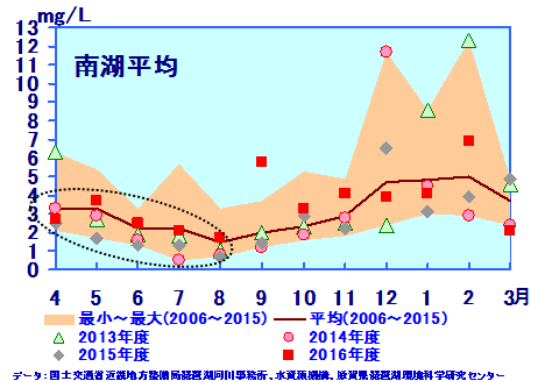


図 14 南湖 SS の経月変動 (2013~2016 年度)

次に、2016 年度の水草の状況に着目した。水草と植物プランクトンはお互い水中の栄養塩を消費し、成長、増加するため、栄養塩の競合関係にある。そのため、水草の成長が遅れると、栄養塩が植物プランクトンに消費されやすくなり、その結果、植物プランクトンが増加しやすい状況になると推察される。

図 15 に南湖 9 定点における 8 月の水草種構成・相対重量のグラフを示す(井上ら、滋賀県琵琶湖環境科学センター研究報告書 第 13 号)。

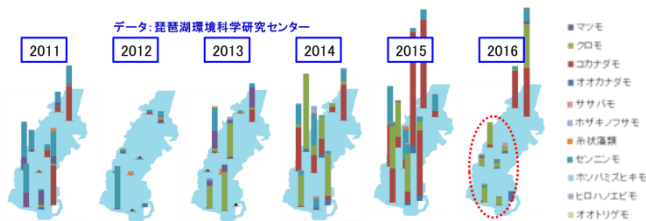


図 15 8月の水草種構成・相対重量
(2011年～2016年、水草チェーン乾燥重量相対値)

これを見ると特に2016年度は水草の量が過去5年と比較して少なくなっている。水草の現存量が少ないことにより栄養塩が植物プランクトンの増殖に利用されやすかったことが推察される。

以上より、7～8月にかけての少雨により総流出量が少なく滞留時間が長くなったこと、4月から5月にかけて透明度が悪化した結果水草の成長が遅れたことが重なり、アオコを形成する植物プランクトンの増殖に有利な条件が継続し、9月の主要項目の特異的な上昇につながったものと考えられる。琵琶湖南湖におけるアオコの発生は、港湾や水草過繁茂域の湖岸といった閉鎖性が強い水域であったが、2016年度のアオコは南湖中央部まで広がるなど規模も拡大したことが、先に述べたようなアオコの過去最多の発生になったものと推察された。

3.3.3. 秋～冬季の北湖水質の特異的変動

秋から冬にかけては、琵琶湖北湖で緑藻類の *Micrasterias hardyi* の大きな増加が確認された。*Micrasterias hardyi* (図 16) は、緑藻綱、ホシミドロ目、ツツミモ科、ミクラステリアス属に属する大型の植物プランクトンで、オーストラリアなどで報告されているのみである (Tyler, 1970)。我が国では琵琶湖南湖で2011年11月から観察され始めたが、大きな増加が確認されたのは今回が初めてで、この影響により、秋から冬にかけて水質が特異的に変動した。



図 16 *Micrasterias hardyi*

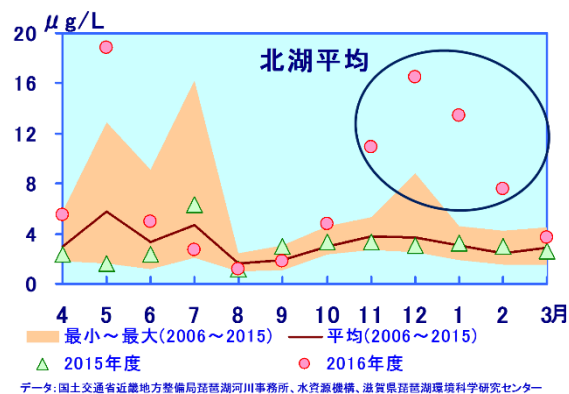


図 17 北湖クロロフィル a の経月変動 (2016 年度)

まず、北湖表層のクロロフィル a の経月平均値の変動を図 17 に示す。11 月以降、過年度最高値を大きく超過し、特に 12 月～2 月は現在の調査体制になった 1979 年以降の最高値となり、12 月が最も高くなった。その後、春季にかけて徐々に濃度が低下し、3 月にはほぼ過年度の変動範囲内に収束した。秋季から冬季にかけての *Micrasterias hardyi* の分布状況を図 18 に示す。クロロフィル a が特異的に上昇し始めた 11 月から植物プランクトンの調査地点において *Micrasterias hardyi* の細胞数が増加した。北湖全域の状況を把握するため 2016 年 9 月～2017 年 3 月までのクロロフィル a の平面分布の経月変動を図 19 に示す。特に 11 月以降琵琶湖北湖の全域で高くなる傾向が見られ、12 月にかけても濃度が上昇している。1 月以降は濃度が低下し、3 月には例年並みになった。*Micrasterias hardyi* の細胞数の変動とクロロフィル a の特異的な上昇が一致することから北湖全域で *Micrasterias hardyi* が増殖していたものと考えられた。

データ：滋賀県琵琶湖環境科学センター

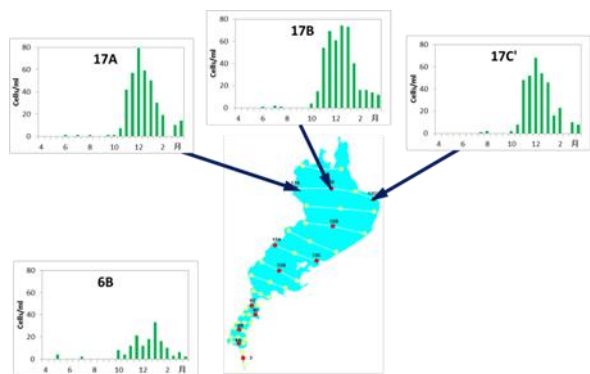
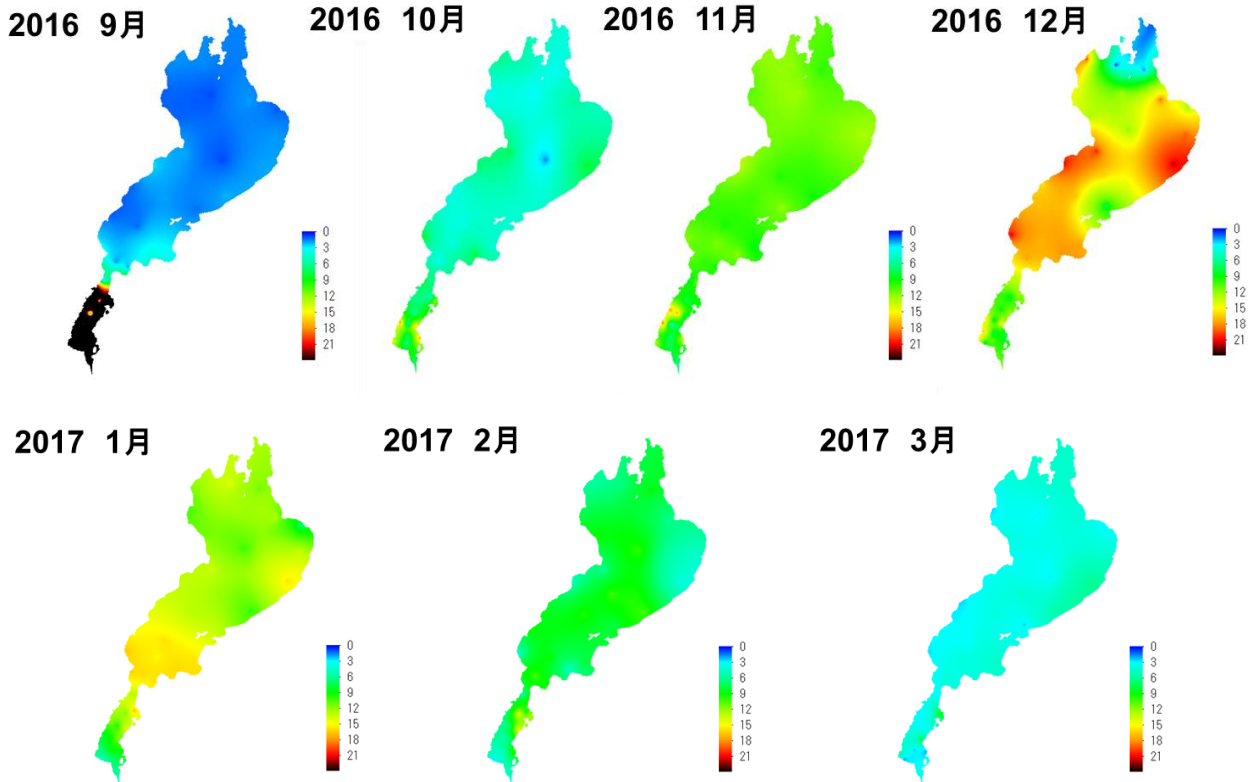
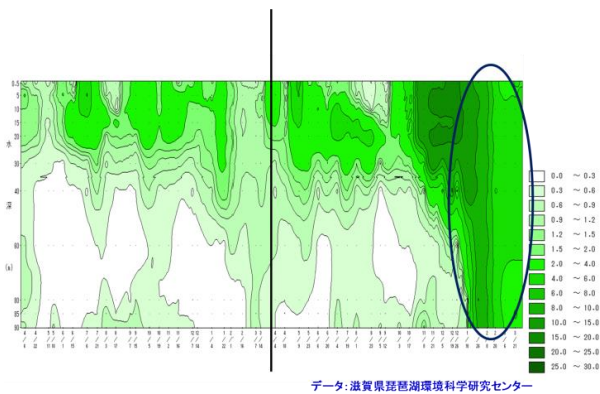


図 18 *Micrasterias hardyi* の経月変動 (2016 年度)



データ: 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

図 19 クロロフィル a の平面分布変動図



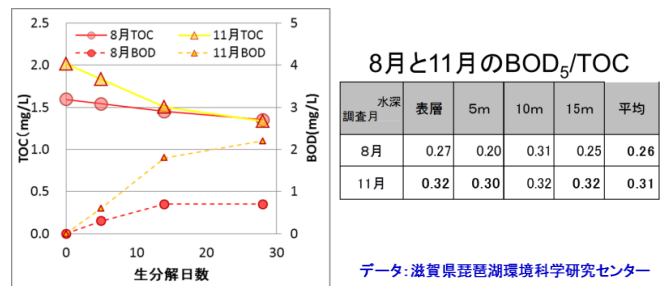
データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

図 20 今津沖中央におけるクロロフィル a 鉛直分布 (2015~2016 年度)

次に今津沖中央におけるクロロフィル a の鉛直分布変動を図 20 に示す。12 月下旬までは比較的表層から中層にかけて濃度が高い傾向がみられるが、水温躍層が沈降していくにつれて、下層に高い濃度層が広がっている。1 月下旬に全層循環が確認されたが、その時点で表層から下層までほぼ一様な高い濃度となった。

Micrasterias hardyi は琵琶湖で増加したのが初めてであるため、その特性は不明な点が多い。そこで、*Micrasterias hardyi* の増加前の 8 月と増加後の 11 月に実施した 28 日間の分解試験の結果から TOC と酸素消費量

の濃度変動を図 21 に示す。



データ: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

図 21 8 月と 11 月における TOC と酸素消費量の 28 日間濃度変動 (南比良沖中央) および BOD₅/TOC 比

11 月は TOC の初期濃度が高いが、14 日後には 8 月とほとんど同じ濃度まで低下し、また酸素消費量も 14 日目で大きく増加した。11 月は初期濃度が高いことから、比較のため、BOD₅/TOC で比較したところ 11 月の方が高い結果となった。このことは、11 月の湖水は 14 日目までに分解する有機物が多かったことを示している。このことは、2016 年度の COD と BOD の経月変動 (図 22、23) で見ても *Micrasterias hardyi* が増加している時期は COD は過年度最高値を超過しなかったが、BOD は大幅に超過していることから *Micrasterias hardyi* は分解されやすい傾向にあることが示唆された。

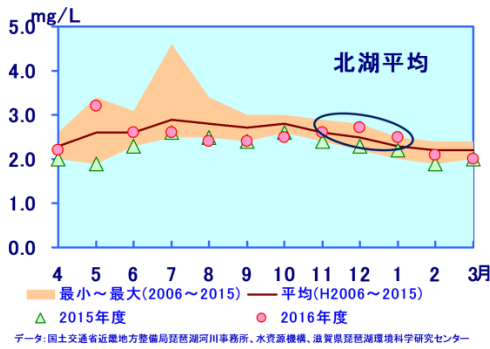


図 22 北湖 COD の経月変動 (2016 年度)

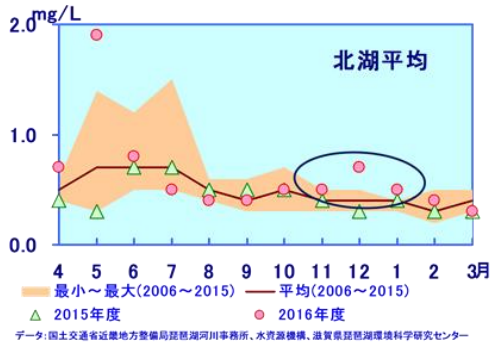
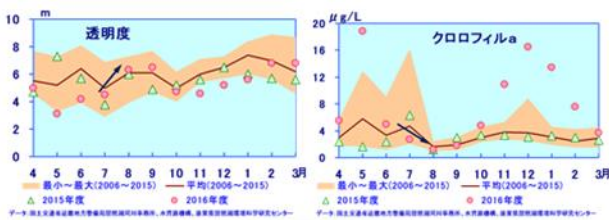


図 23 北湖 BOD の経月変動 (2016 年度)

これまで琵琶湖で見られなかった *Micrasterias hardyi* の増加要因を把握するためには、本種の増殖特性の解明を待たなければならないことから、ここでは本種の増加前の水質とプランクトンの状況について整理した。図 24 に北湖の透明度、クロロフィル a、今津沖中央における植物プランクトン総細胞容積の経月変動を示す。7 月から 8 月にかけて透明度は過年度平均値並みまで回復し、クロロフィル a も低濃度で推移していたことから、この時期の植物プランクトンが少なかったことがわかる。



北湖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)

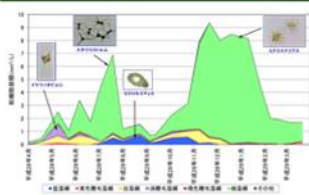


図 24 北湖透明度、クロロフィル a、今津沖中央の植物プランクトン総細胞容積の変動

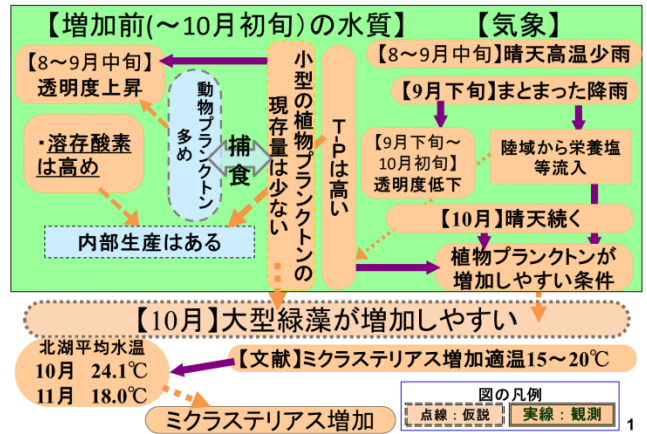


図 25 *Micrasterias hardyi* 増加要因の様相整理

特に夏季に透明度が上昇する場合、小型の植物プランクトンが少なく動物プランクトンが多めである状態が背景にある。さらに気象も夏季は晴天と高温、少雨であったため、陸域から栄養塩の供給が少ない状態であった。しかし 9 月下旬に大雨があり、陸域から栄養塩が流入し、その後 10 月に晴天が続いたことで、植物プランクトンが増加しやすい条件が整ったものと推察される。また、小型の植物プランクトンが少ない状態であったことから、一般的に比増殖速度が速い小型の植物プランクトンが少なかったことで、比増殖速度が遅い大型緑藻が増加しやすい条件になっていたことが示唆された。

その条件下で水温が低下し、*Micrasterias hardyi* の最適増殖温度が報告されている 15℃～20℃ (Tyler, 1973)、になった。

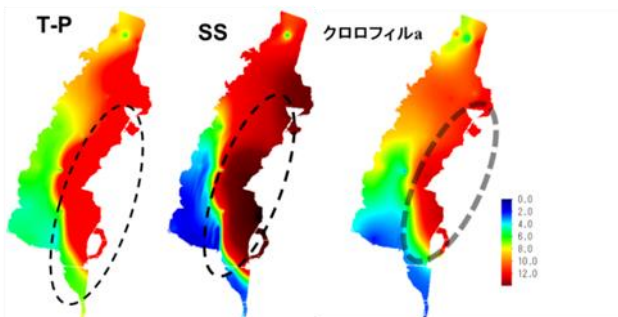
これらの条件が整ったことによって *Micrasterias hardyi* が増加したのではないかと推察される。

今後、これらについて検証し、*Micrasterias hardyi* 増加の影響を把握するために本種の単離培養を試みるとともに、栄養条件、水温等の増殖特性を調べる必要があると考えられる。

3.4. 南湖における冬季の透明度低下 (2014～2015 年度)

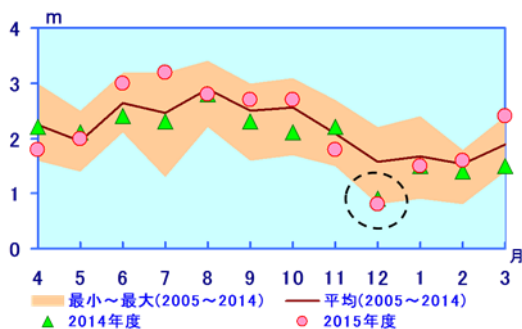
南湖は夏季水草の過繁茂により河川からの SS 分等が捕捉されることで、透明度が上昇し、全透を記録する地点・回数が増える等、透明度の数値以上に水の清澄さが増していることが推察される。一方で冬季は水草が衰退し、陸域からの SS 分が湖内で滞留しやすくなるとともに、風波による巻き上げが加わり透明度が低下し、結果として、年間平均値は良くならない傾向がある。

特に 2014 年 12 月には過年度の最低値を下回るような透明度の低下と SS の上昇が認められた。2014 年 12 月における T-P、SS、クロロフィル a の南湖の平面分布図を図 26、2014~2015 年の南湖東岸の透明度の経月変動を図 27 に示す。



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図 26 南湖 T-P、SS、クロロフィル a 平面分布図 (2014 年度、12 月)

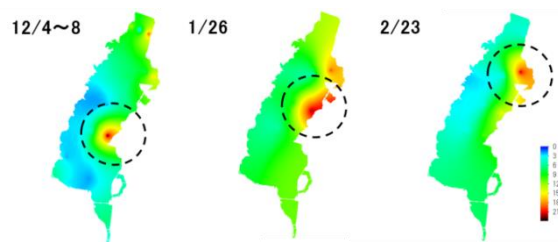


データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図 27 南湖東岸域における透明度経月変動

図 26 を見ると特に東岸で各項目の濃度の上昇が認められた。透明度は図 27 のとおり、2014 年 12 月、2015 年 12 月とも過年度最低値となり、かなり悪くなっていることがわかる。2015 年 12 月の南湖全体の透明度の平均値は 2.0m であったが、東岸域の平均値は 0.9m と、西岸および中央の透明度の平均値が 2.4m であったのに対し、1.5m 低くなっていた。

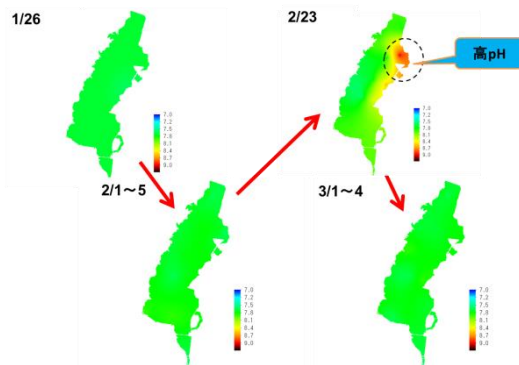
このような状況を受け、SS が高かった南湖東岸域を中心に 2016 年 1 月 26 日、2 月 23 日に臨時調査を実施した (調査結果：表 2)。このうち、透明度に関連する SS の平面分布変動を図 28 に示す。



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図 28 南湖における SS の平面分布変動

12 月の定期調査における南湖の SS の平均濃度は 13 mg/L であり、最高濃度を記録した地点が伊佐々川沖 (24mg/L) と東岸域であった。また、1 月 26 日調査は志那沖 (24 mg/L)、2 月 23 日調査は新杉江港沖 (23mg/L) と最高濃度地点は異なっている。2 月 23 日の調査では、新杉江港沖で SS が最高濃度となったが、この調査時に新杉江港沖では高い pH が観測された。そこで、pH の 1 月から 3 月までの平面分布変動を図 29 に示す。



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図 29 南湖 pH の平面分布変動 (2016 年 1~3 月)

1 月 26 日~2 月 5 日調査では pH に特に大きな変動はなかった。しかし 2 月 23 日の調査は pH が新杉江港沖で 9.1 と冬季としては特異的に高くなり、伊佐々川沖および志那沖でもそれぞれ 8.4、8.6 とその他の測定点と比較して高い値を示した。クロロフィル a は新杉江港沖で 103 μ g/L と特異的に高く、伊佐々川沖および志那沖でもそれぞれ 37 μ g/L、31 μ g/L と高い値を示した。新杉江港沖で採取した表層水の植物プランクトンを観察したところ、珪藻 (*Cyclotella glomerata*) が多数確認された。以上のことから、赤野井湾からの負荷の影響により、植物プランクトンが増殖しやすい環境となったことで、珪藻 (*Cyclotella glomerata*) が新杉江港沖を中心にブルームを形成し、結果として SS 濃度が上昇、透明度が低下する要因の一つとなっていたことが示唆された。

測定項目	地点 水深	5C		6B		6C		7B		7C		8B		8C		9C	
		0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m	0.5m
		1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日	1月26日	2月23日
全水深	(m)	3.3	3.1	4.4	4.3	3.4	3.5	4.2	5.2	3.7	2.6	3.6	3.5	2.4	2.0		2.9
透明度	(m)	1.0	1.4	1.8	2.3	0.9	1.0	1.1	2.2	0.6	0.7	1.9	3.4	0.6	0.7		2.0
水温	(°C)	6.4	10.9	6.5	10.3	5.8	10.5	5.1	10.3	4.9	10.8	4.4	11.1	4.5	11.0		10.5
水温	(°C)	4.1	8.0	5.6	8.2	4.5	8.0	4.5	8.2	3.7	8.2	6.0	8.4	3.4	8.4		8.4
pH		7.7		7.7	7.5	7.7	8.4	7.7	7.7	7.6	8.6	7.7	7.8	7.7	9.1		7.8
DO	(mg/L)	12.2	12.8	11.5	11.9	12.3	12.8	11.8	11.8	12.3	13.3	11.7	11.8	12.7	14.3		11.3
DO	(%)	94	109	92	101	95	108	91	100	93	113	94	100	95	122		97
COD	(mg/L)	3.4		2.8	2.7	3.3	5.1	3.2	2.8	3.9	5.8	2.8	2.3	4.3	7.1		2.9
SS	(mg/L)	11.3		5.1	2.9	10.5	10.7	8.5	2.9	24.1	15.3	4.1	1.7	20.1	22.7		3.1
NH ₄ -N	(mg/L)	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01
NO ₂ -+NO ₃ -N	(mg/L)	0.04		0.09	0.11	0.06	<0.01	0.06	0.10	0.04	<0.01	0.10	0.12	0.04	0.02		0.12
NO ₂ -N	(mg/L)	0.001		0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001	0.002	0.002	<0.001	0.001	0.001	0.002	0.005		0.002
NO ₃ -N	(mg/L)	0.04		0.09	0.10	0.06	<0.01	0.06	0.10	0.03	<0.01	0.10	0.12	0.04	0.01		0.12
DTN	(mg/L)	0.19		0.23	0.23	0.20	0.14	0.21	0.23	0.21	0.13	0.24	0.23	0.20	0.18		0.26
T-N	(mg/L)	0.31		0.31	0.32	0.34	0.35	0.32	0.31	0.38	0.45	0.33	0.29	0.44	0.70		0.32
PO ₄ ³⁻	(mg/L)	0.003		<0.003	<0.003	<0.003	0.005	<0.003	0.003	0.005	0.008	<0.003	<0.003	0.008	0.017		0.003
PO ₄ -P	(mg/L)	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.001	0.002	0.002	<0.001	<0.001	0.003	0.006		0.001
DTP	(mg/L)	0.006		0.005	0.004	0.006	0.006	0.006	0.004	0.008	0.007	0.005	0.003	0.009	0.011		0.004
T-P	(mg/L)	0.024		0.014	0.011	0.023	0.027	0.021	0.013	0.046	0.044	0.014	0.009	0.058	0.08		0.015
無機態N	(mg/L)	0.04		0.09	0.11	0.06	<0.01	0.07	0.10	0.06	<0.01	0.10	0.12	0.04	0.02		0.12
有機態N	(mg/L)	0.27		0.22	0.21	0.28	0.35	0.25	0.21	0.32	0.45	0.23	0.17	0.40	0.68		0.20
クロロフィルa	(μg/L)	13.1		8.0	5.4	11.4	30.7	11.4	7.4	13.4	36.9	7.8	3.3	25.4	103.5		6.2
クロロフィルb	(μg/L)	0.7		0.4	<0.1	0.5	<0.1	0.3	0.2	0.3	<0.1	0.4	0.3	0.9	<0.1		0.6
クロロフィルc	(μg/L)	4.0		2.0	0.2	1.5	6.3	1.6	1.6	2.2	6.9	3.2	0.4	7.3	23.8		2.1
フコ色素	(μg/L)	1.5		0.7	1.7	3.3	2.7	2.7	3.3	4.3	6.8	0.9	1.4	9.2	6.1		0.5
Cl ⁻	(mg/L)	10.5		10.1	10.2	10.2	11.2	10.4	10.1	11.0	11.6	10.2	9.8	12.0	14.6		10.1
SiO ₂	(mg/L)	1.4		1.3	1.5	1.2	0.3	1.4	1.4	1.8	0.3	1.2	1.3	2.1	3.4		1.7
Fe	(mg/L)	0.239		0.109	0.047	0.212	0.157	0.177	0.050	0.445	0.249	0.087	0.028	0.451	0.483		0.070
TOC	(mg/L)	2.0		1.6	1.7	2.0	3.3	1.9	1.7	2.5	3.9	1.6	1.4	2.9	5.0		1.7
D-TOC	(mg/L)	1.2		1.1	1.1	1.2	1.3	1.2	1.1	1.3	1.4	1.1	1.0	1.3	1.5		1.1
P-TOC	(mg/L)	0.85		0.52	0.56	0.83	2.00	0.74	0.58	1.16	2.48	0.52	0.36	1.56	3.47		0.56
D-COD	(mg/L)	2.3		2.2	2.0	2.2	2.4	2.3	2.0	2.6	2.6	2.2	2.0	2.5	2.8		2.0
T-Zn	(mg/L)	0.001		<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.003	<0.001	<0.001	0.003	0.004		<0.001

表2 1月26日、2月23日南湖水質主要項目の調査結果（2015年度）

3.5. 南湖における夏季の高 pH の状況（2014～2015年度）

湖沼では夏季、植物プランクトン、水草等が増加し、光合成で水中の炭酸を消費（炭酸同化作用）するため、pHが上昇する。併せて光合成によりDOが上昇する。

このため、植物プランクトンや水草の影響で夏季にpHが上昇するが、2014年夏季に南湖で6月から8月の長期間にわたり特異的に高いpHが継続して観測された。

2014年7月、8月のpH、DO、クロロフィルaの南湖の平面分布を図30に示す。

7月から8月にかけて南湖の南東部にかけて高いpHが2か月にわたり観測されているが、pHが高い地点でDO、クロロフィルaとも低い値となっており、pHとDO、クロロフィルaが連動せず、高いpHが観測された原因は不明であった。

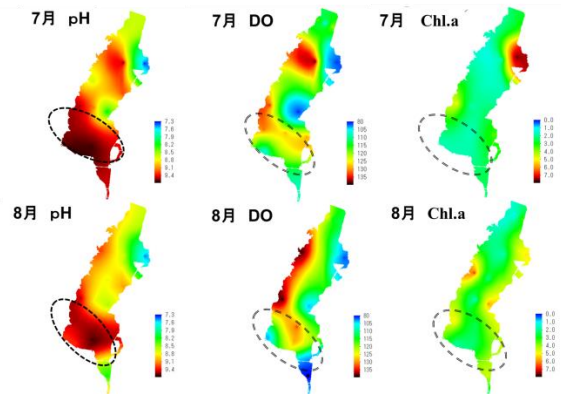
なお、水道事業者では、pHが特異的に上昇すると沈殿処理（凝集沈殿）の能力が低下するため、炭酸ガスや硫酸で中和後、沈殿処理して給水することとなった。

また、2015年度も高pHが同様に南湖で観測された。2015年度の6月、7月のpH、DO、クロロフィルaの南湖の平面分布を図31に示す。

2015年度は、6月よりpHが高い傾向が認められたが、その水域は2014年度と異なり、南湖の西岸域であった。7月には南湖の北西部の水域に移っており、2014年度との状況とは異なっていた。さらに、pHとDOが上昇してい

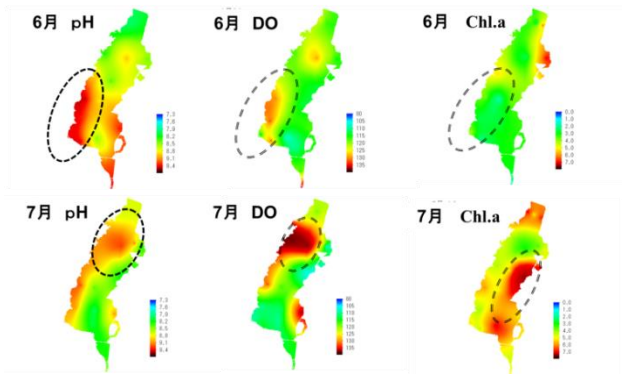
る地点とほぼ同様であったが、クロロフィルaは低くなっていた。特に7月はpHが高い場所ではクロロフィルaが低くなっている。

このことから、2015年度のpHの上昇は、水草の炭酸同化作用による影響であることが示唆された。



データ：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図30 南湖におけるpH、DO、クロロフィルa平面分布図（2014年7月～8月）



データ:国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、水資源機構、滋賀県琵琶湖環境科学センター

図 31 南湖における pH、DO、クロロフィル a 平面分布図 (2015 年 6 月～7 月)

4. 各サブテーマの結果

4.1. 大腸菌群数

「大腸菌群数」の AA 類型 (50MPN/100mL 以下) 適合であったのは、2014 年度 44.8%、2015 年度 51.3%、2016 年度 44.9%と 4 割から 5 割の適合率であった (図 32)。しかし、糞便汚染の指標となる「ふん便性大腸菌群数」は、水浴場水質判定基準の水質 AA (検出下限 2 個/100mL) であったのは、2014 年度 78.8%、2015 年度 80.8%、2016 年度 75.0%と 7 割から 8 割と高い値であった (図 33)。「大腸菌群数」は、直接的な糞便汚染にかかる細菌だけでなく、環境中の細菌も含まれているため、環境省では、直接的な糞便汚染を測る衛生学的水質指標菌として、「大腸菌」を用いることが検討されている。

そこで、「大腸菌数」の測定も実施したが、現在のところ判定基準は示されていないため、水浴場水質判定基準に従い判定を行った。水質 AA (検出下限 2 個/100mL) であったのは、2014 年度 76.3%、2015 年度 78.8%、2016 年度 71.8%と、ふん便性大腸菌群数とほぼ同様な結果であった (図 34)。

また、「大腸菌数」と「大腸菌群数」および「ふん便性大腸菌群数」の 3 法について 2014 年～2016 年度までの 3 年間比較検討した結果、「大腸菌数」と「大腸菌群数」の相関係数は $r=0.18$ ($p<0.03$) であったが、「大腸菌数」と「ふん便性大腸菌群数」の相関係数は $r=0.84$ ($p<0.03$) (図 35) であったことから、大腸菌数とふん便性大腸菌群数については相関が高い事が示されたが大腸菌数と大腸菌群数については関係性は認められず、大腸菌群数は糞便汚染の指標とはなっていないことが示された。

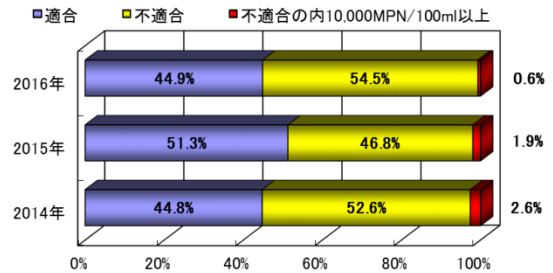


図 32 琵琶湖・瀬田川における大腸菌群数 (環境基準) の AA 類型基準適合率の経年変化

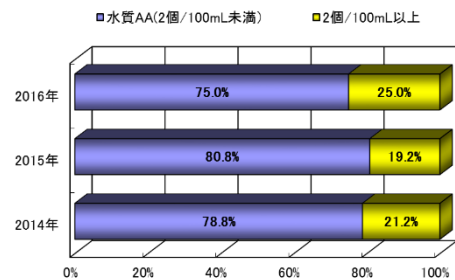


図 33 琵琶湖・瀬田川におけるふん便性大腸菌群数の水浴場水質判定基準 (水質 AA) の経年変化

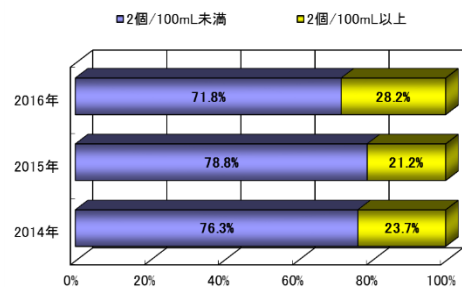


図 34 琵琶湖・瀬田川における大腸菌数の水浴場水質判定基準 (水質 AA) の経年変化

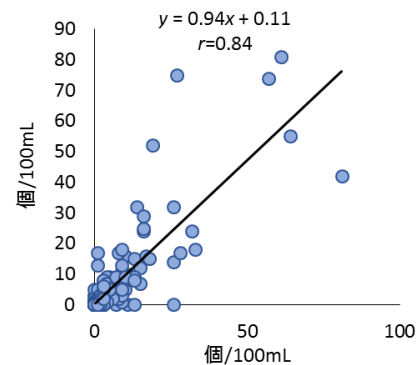


図 35 ふん便性大腸菌群数 (m-FC 法) と大腸菌数 (ECC 法) との相関

4.2. 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。

○調査項目：強熱減量、全窒素（T-N）、全りん（T-P）、COD、硫化物（いずれも年1回測定）

○調査地点：北湖（今津沖中央）、南湖（唐崎沖中央）の泥表面から1cm

調査結果を表3に示す。北湖今津沖中央では、各項目ともこの3～5年上昇傾向がうかがえる。一方、南湖では各項目とも2014、2015年度は高めに推移したが、2016年度は硫化物を除き、やや低下が見られた。

表3 琵琶湖底質分析調査結果

項目	年度	7	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
北湖	強熱減量 %	9.2	10.5	11.2	11	10.4	9.1	8.8	11.4	12.7	11.7	12.6	12.8
	COD	34	27	27	32	27	32	29	45	46	40	50	46
	T-N mg/g	3.2	2.7	2.9	2.7	2.5	2.9	2.7	3.9	4.5	4.2	4.7	4.7
	T-P -dry	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7	1.5	1.5	1.9	2.0	2.0	2.2	2.4
	硫化物S	0.35	0.51	0.59	0.63	0.26	0.25	0.04	0.56	0.79	1.01	0.07	0.07
南湖	強熱減量 %	9.4	11.4	10.8	10.2	11.4	10.0	10.4	10.4	10.9	11.0	11.0	10.6
	COD	28	27	27	32	27	32	28	35	29	35	35	30
	T-N mg/g	2.6	2.2	2.3	2.2	2.3	3.0	2.9	2.6	3.4	3.6	3.8	3.5
	T-P -dry	0.68	0.71	0.65	0.62	0.70	0.58	0.60	0.74	0.79	0.78	0.75	0.66
	硫化物S	0.07	0.03	0.01	0.10	0.01	0.08	0.05	0.20	0.06	0.16	0.17	0.28

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。

4.3. 琵琶湖水生生物保全環境基準評価調査

○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-tert-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

2016年度において、全亜鉛およびノニルフェノールはそれぞれ不検出～0.007 mg/L および不検出～0.07 μg/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。2014年度から新たに追加されたLASは全ての地点で不検出であった。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。

4.4. 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（2016年度）

・開設前は「適」が5水浴場、「可」が1水浴場であった。開設中は「適」が6水浴場、「可」が0水浴場であった。

・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。県下に、水浴に「不適」と判定された水浴場はなかった。

・なお、開設前と開設中に「適」の水浴場が多かったのは、植物プランクトンが少なく粒子態CODが低下したこと、降水量の増加を受けて琵琶湖からの流出量が増加し湖水が希釈され溶存態CODも低下したためであると考えられる。

4.5. 西の湖水質分析調査

西の湖の水質調査地点を図36に示す。調査項目と結果は次のとおりであった。



図36 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

2016年度は流入河川の影響を大きく受けると考えられる St.5 北の庄沢においては、過年度平均値並みの結果であった。St.1 湾奥部中央点、St.3 中央最深部、St.20 ヨシ群落奥部および St.6 西の湖流出部では多くの項目は過年度平均値並みであったが、冬季にSSの上昇が見られている。

・植物プランクトンは昨年度と同様、褐色鞭毛藻が占めており、一部珪藻も認められた。

・湖内の状況を代表する St.3 中央最深部における経年変化をみると、2006年度以降、SS、T-P、クロロフィル a および Fe の上昇、透明度の低下が顕著であった。これは、漁場整備のため、2006年度から実施された貝曳き漁具を用いた水草の除去及び湖底耕耘の影響を受けているものと考えられた。

・2016年度8月は植物プランクトンの増加を受け、St.1、St.20、St.3はCOD、BOD、SSは過年度最高値となった。

4.6. 余呉湖水質分析調査

○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

・2016年度における最深部表層の前年度比較では、透明度とSSとBODは高く、クロロフィルaとT-NとT-Pは低かった。経月変化では、5月にBOD、COD、T-N、T-Pが過年度最高値より高くなり、透明度は過年度最低値を下回った。透明度は8月、11月では過年度最高値を上回り、2月では過年度平均値並の値となった。その他の項目は8月で過年度最低値並となり、11月、2月では過年度平均値並の値となった。

・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、りん酸態りん、アンモニア態窒素が若干増加したが、11月には水温躍層が消失し、表層と同程度となった。

・底層DOは8月では0.8mg/Lであったが、11月では1.6mg/Lと過年度より低く、回復が遅れていた。

・植物プランクトンの季節変化については、5月と2月は多く、8月と11月は非常に少なかった。5月は例年より早くアオコ形成藍藻種である藍藻の*Anabaena smithii*が増加し優先種となった。2月は珪藻主体のプランクトン相であった。

・アオコについては、深層ばっ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。(深層ばっ気装置は2002年度より、毎年、5月中旬～11月上旬に稼働)

4.7. 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月中旬から10月中旬パトロールを実施している。

・2014年度はアオコの兆候は確認されたものの、アオコの発生は確認されなかった。これは、プランクトンの増殖期に雨が少なく、栄養塩の流入が少なかったことに加えて、8月の大雨により、滞留しやすい湾内においても湖水が入れ替わったため、アオコの発生が抑制されたと考えられる。

・2015年度にはこれまでで最も遅い11月中旬に発生が確認された。これは、平年より気温が高い状況が続き水温が再び上昇したためと考えられる。

・2016年度は過去最多の発生回数(発生水域が13水域、発生日数が44日間)となり、南湖の水質の特異変動の要因となった。これは、3.3.2節に解析したが、特に5月以降植物プランクトンが多く透明度が低かったために水草の生育が遅れたこと、7月下旬から9月上旬にかけて

平年と比べて降水量が少なく湖水が滞留したこと等から植物プランクトンが増加しやすい条件であったためと考えられる。

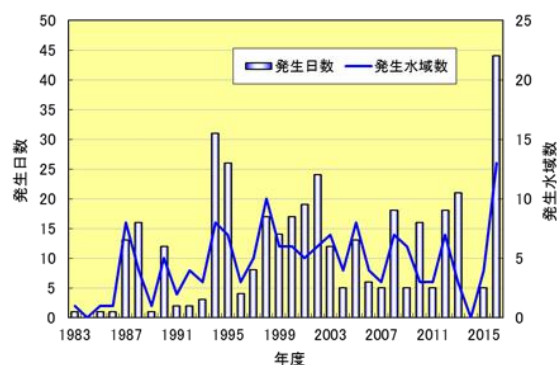


図37 アオコ発生日数および水域の経年変化

○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。

・淡水赤潮の原因プランクトン種の計数を行っている。2014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。また、2016年度は、沿岸を中心にウログレナの増殖が見られた。

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、2014年度～2016年度に発生は確認されなかった。

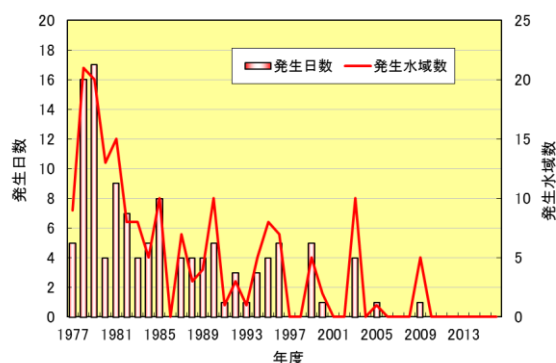


図38 赤潮発生日数および水域の経年変化

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中のCODと全窒素、全りん、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。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、調査結果につい

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水質予測等に活用された。

○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。

6. まとめ

2014-2016年度における水質調査結果にみられた主な特徴として、特異的な水質変動が多く見られたことがあげられる。特に2016年度は栄養塩濃度の年平均値が顕著に上昇していないにもかかわらず、北湖、南湖とも植物プランクトンの大きな増加が見られた。また台風等集中豪雨によって降水量が記録的に増加した月が観測された一方で、2016年度夏季には少雨、降雨時期の有無が極端になるなど、気象が大きく変動している。それに伴い湖水の滞留時間の変動、流入水量と栄養塩の流入負荷量の増減があり、植物プランクトン種組成の変動等影響が見られた。

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、近年、顕著な気象変動が見られることから、気象変動の影響を多大に受ける水質の変動について、その関係を考察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・適用・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政策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士大気環境部会、前部会長の藤井滋穂京都大学大学院教授、現部会長の清水芳久京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター教授をはじめ同部会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. 適用

本調査研究報告は、2015年～2017年の滋賀県環境審議会水士大気環境部会に報告した内容をもとに作成した。

7.3. 引用文献

彦根地方气象台（2014-2016）：滋賀県気象月報4(2014)～3(2017)。

近畿地方整備局琵琶湖河川事務所・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（2015）：平成26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・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（2016）：平成27年度琵琶湖水質調査報告書。

滋賀県・国土交通省近畿地方整備局（2014-2016）：滋賀県地下水・公共用水域水質測定計画。

田中稔・古田世子・岡本高弘・藤原直樹・一瀬諭・桐山徳也・七里将一・古角恵美・奥居紳也・廣瀬佳則・西村英也：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，11，

http://www.pref.shiga.lg.jp/d/biwako-kankyo/lber/03yomu/03-01kankoubutsu/03-01-03research_report/no9/files/h26bunsekimonil.pdf

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，12，

http://www.pref.shiga.lg.jp/d/biwako-kankyo/lber/03yomu/03-01kankoubutsu/03-01-03research_report/no9/files/h27bunsekimonil.pdf

七里将一・岡本高弘・田中稔・古角恵美・池田将平・奥居紳也・廣瀬佳則・川崎竹志・田仲輝子(2016)：冬季における琵琶湖南湖の透明度低下要因の検討について、全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会講演要旨集，39-40

宗宮功編著（2000）：第4章 琵琶湖の化学。琵琶湖-その環境と水質形成。技報堂出版。

井上栄壮・一瀬諭・古田世子・中村光穂・池田将平・早川和秀・藤原直樹・卯田隆・奥居紳也・東善広：湖辺域における底質環境の評価に関する研究。滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書，13，??=??

Barko J. W. and F. J. William: Effects of Submerged Aquatic Macrophytes on Nutrient Dynamics, Sedimentation, and Resuspension, Jeppesen E, M. Søndergaard, M. Søndergaard, and K. Christoffersen (eds), The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes, P197-216, Springer-Verlag, New, York, 1986

P. A. Tyler (1970) : Taxonomy of Australian freshwater algae. I. The genus *Micrasterias* in South-Eastern Australia, British Phycological Journal, 5:2, 211-234

R. L. Croome & P. A. Tyler (1973) : Plankton populations
of Lake Leake and Tooms Lake-Oligotrophic
Tasmanian Lakes, British Phycological
Journal, 8:3, 239-247