

## 生物環境のモニタリング

古田世子・藤原直樹・一瀬 諭・奥居紳也・廣瀬佳則

### 要約

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

アオコは、昭和 58 年に琵琶湖南湖で確認されて以来、毎年発生状況調査を実施している。平成 23 年度は 8 日間 3 水域、平成 24 年度は 18 日間 7 水域、平成 25 年度は 21 日間 3 水域で発生が認められた。アオコの発生日数は、平成 6 年頃からほぼ横ばい傾向にあるが、赤潮については、昭和 52 年に初めて大規模な発生を確認し、その後、平成 8 年度まで毎年観測されたが、近年は発生日数も発生水域数も減少し、平成 23 年度から平成 25 年度にかけて発生を確認していない。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

琵琶湖定期水質調査における細菌検査として大腸菌群数およびふん便性大腸菌群数について月 1 回検査を実施している。このうち生活環境保全項目である大腸菌群数は基準値が 50MPN/100ml 以下に定められており平成 23 年度は、適合率 50.5%、平成 24 年度は 62.7%、平成 25 年度は 46.2%であった。また、ふん便性大腸菌群数の基準「水質 AA」（不検出）に対する適合率は、平成 23 年度は 84.0%、平成 24 年度は 83.3%、平成 25 年度は 85.3%と大腸菌群数に比較し 2 倍以上の適合率であった。

## 1. はじめに

生物環境のモニタリングは、

- (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査
- (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

の 2 つの調査で構成されており、各調査内容が異なるため調査別に報告する。

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

琵琶湖では、夏季から秋季にかけて、昭和 58 年に南湖湖岸部で初めて水の華(以下「アオコ」と呼ぶ)が確認されて以来、ほぼ毎年アオコ現象がみられる。

アオコとは、富栄養化した湖沼でみられ、植物プランクトンのアナベナやミクロキスティス等が増加することで、湖面が緑色のペンキを流したようになる現象をいい、アオコの発生により、湖の美観が損なわれるだけでなく異臭を放つこともある。さらに、取水源としても利用される水道水の異臭味や水処理障害の原因ともなるため、滋賀県では、アオコの発生時期に県関係機関および関係市による湖岸パトロールを実施している。

また、赤潮については、春季から夏季にかけて発生

が確認される。

赤潮とは、アオコと同様に、富栄養化した湖沼等でみられ、植物プランクトンのウログレナ等が増加することで湖面が赤褐色になる現象を指し、湖の美観を損なうだけでなく、水道水の異臭味や水処理障害の原因となる。琵琶湖の赤潮は、昭和 53 年頃における大規模な発生以降は収束しており、近年はほとんど発生していない。滋賀県では、県民および他機関から赤潮発生に関する情報が提供された際に、原因プランクトン種の分析等を実施している。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

琵琶湖の水質の現状を把握するため、生活環境の保全に関する環境基準の一つとして大腸菌群数\*(MPN 法)が定められており調査を実施している。しかし、大腸菌群数には、土壌等の環境細菌も含まれており、衛生的な指標とは言い難い。このため、当センターでは、水浴場の水質判定基準であるふん便性大腸菌群数\*\*(m-FC 法)調査を併せて実施している。ふん便性大腸菌群は、大腸菌群数に比べ直接的なふん便汚染の指標

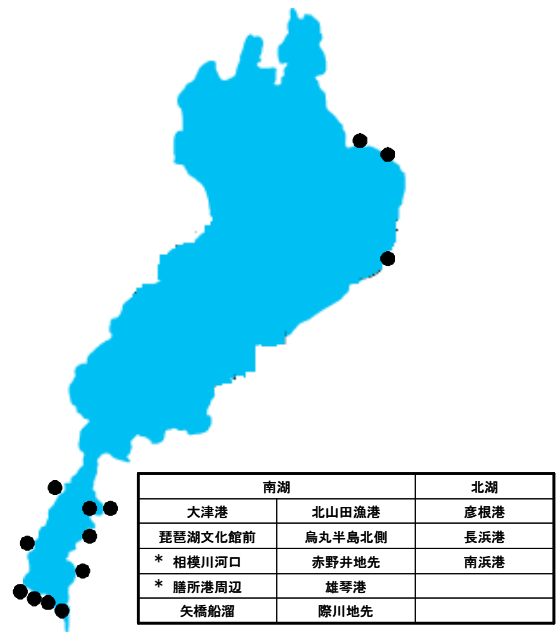
とされている。

また、環境省では、大腸菌群数に替わる指標として大腸菌数\*\*\*の導入について現在検討しており、当センターでは、環境省の依頼を受けて、平成 24 年度～25 年度の 2 年間大腸菌数の調査を実施した。

\*大腸菌群とは、グラム陰性、無芽胞性の桿菌で、乳糖を分解して酸とガスを産生する通性嫌気性の細菌群の総称で、ふん便汚染の指標として用いられている。

\*\*ふん便性大腸菌群とは、大腸菌群のうち m-FC 培地を用いて 44.5℃で培養したときに検出される細菌数のことで、大腸菌以外に土壌・植物など自然界に由来する菌種も多く含まれる。

\*\*\*大腸菌 (*Escherichia coli*) とは、グラム陰性桿菌で通性嫌気性菌に属し、環境中に存在するバクテリアの一つで、温血動物（鳥類、哺乳類）の消化管内に生息している。



\* : 平成 23 年度および平成 24 年度に実施

図 1 アオコパトロール調査地点

## 2. モニタリング概要

### 2.1. モニタリングの目的

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

アオコ形成プランクトンおよび赤潮の消長・発生状況の分布調査を実施し、関係機関に報告するとともに県民に情報提供する。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

水質汚濁防止法に基づき、琵琶湖・瀬田川の大腸菌群数等の環境基準の適合状況について分析調査を実施して、結果を分析評価し、報告する。

### 2.2. これまでの取組

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

モニタリングデータについては、毎年環境審議会および環境白書資料編にデータを提供するとともに、当センターのホームページにおいてデータを公表している。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

モニタリングデータについては、毎年環境審議会および環境白書資料編にデータを提供するとともに、当センターのホームページにおいてデータを公表している。

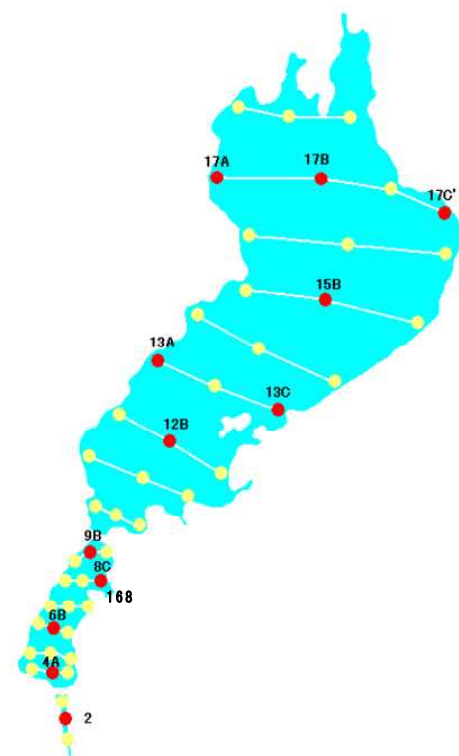


図 2 大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数および大腸菌数の調査地点

調査結果は、気象あるいは水質や生物相の状況等と比較検討し、植物プランクトン異常発生の機構解明や発生予測のための基礎資料とした。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

琵琶湖定期調査において、毎月 1 回大腸菌群数およびふん便性大腸菌群数の調査を実施している。

### 2.3. 取組概要

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

アオコ調査については、状況把握のモニタリング調査を毎年 7 月～10 月に実施している。

赤潮調査については、毎年 4 月～6 月の琵琶湖定期調査時に採水し、計数を実施している。

調査結果は、生活環境の保全のための、環境基準の適合率として評価し、水質管理の基礎資料とした。

### 3. 方法

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

アオコ調査において過去に発生が確認された湖岸を中心に、7月から10月の期間中、県関係機関および関係市による湖岸パトロールを実施した。調査地点を図1に示した。平成17年度よりアオコパトロールは月・水・金の週3回とし、土日については金曜日と月曜日の両日がレベル4以上である場合に継続発生とみなした。

アオコ発生時には、アオコ発生水域の表層～水深10cmをポリエチレンビーカーまたはバケツを用いて採水した。検体1mlを界線入りプランクトン計数板に採り、生物顕微鏡を用いてアオコ形成種を同定および計数した。

赤潮調査については、県民および他機関から赤潮発生の情報提供があった際に、県琵琶湖政策課と協議を行い、原因プランクトンの同定および計数を実施した。

#### (2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

調査場所は、琵琶湖定期水質調査地点の17地点と琵琶湖水深別調査地点10地点である(図2)。

試験方法は上水試験法<sup>1)</sup>および衛生試験法<sup>2)</sup>に準拠して実施した。

##### ①大腸菌群数

試験方法：最確数による定量法  
 使用培地：BGLG培地  
 培養条件：36±1℃、48±3時間

##### ②ふん便性大腸菌群数

試験方法：メンブランフィルター法  
 使用培地：m-FC培地  
 培養条件：44.5±0.2℃、24±1時間

##### ③大腸菌数

試験方法：酵素基質培地法  
 使用培地：CHROMAGAR<sup>TM</sup> ECC寒天培地  
 培養条件：37℃、24時間

### 4. 結果

#### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

##### ①アオコ分析調査

平成23年度は8日間3水域でアオコの発生が認められた。同年度は、7月29日に際川地先でミクロステイス属(図3)が優占種となったアオコの発生が確認された。このような時期での発生となったのは、平年に比べて7月の気温が高かったことで南湖の水温が上昇したことが主な原因であると考えられた。発生地点別

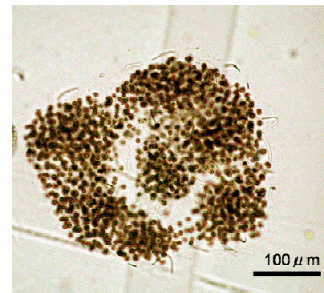


図3 ミクロステイス属  
(*Microcystis aeruginosa*)



図4 アナベナ属  
(*Anabaena spiroides* var. *crassa*)

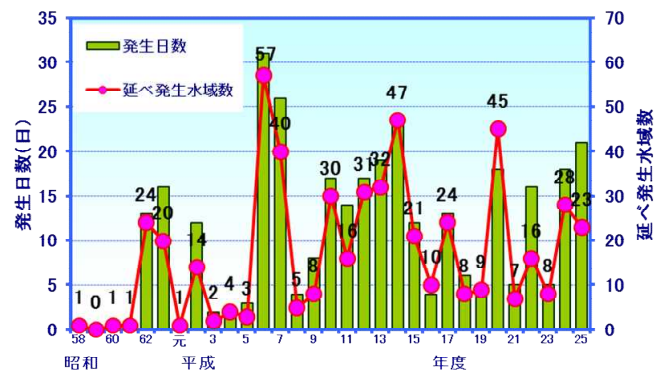


図5 アオコ発生日数・水域数の経年変化

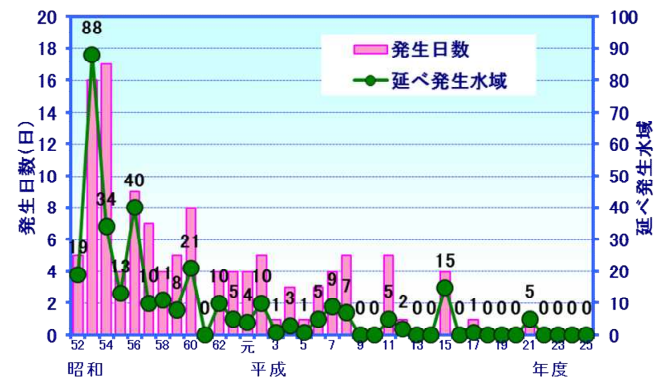


図6 赤潮発生日数・水域数の経年変化

に原因プランクトン種をみると、8月初旬から8月下旬にかけて草津市北山田漁港内、大津市雄琴港内においてマイクロスティス属が優占種であった。

平成24年度は18日間7水域でアオコの発生が認められた。同年度は、7月27日に草津市烏丸半島北側においてマイクロスティス属およびアナベナ属(図4)が優占種となったアオコの発生が確認された。平年に比べて7月の気温が高かったことで南湖の水温が上昇したことが前年度と同時期に発生した主な原因であると考えられた。その後、8月初旬から10月下旬にかけて草津市矢橋船溜、北山田漁港、烏丸半島北側、大津市

雄琴港内、際川地先、守山市赤野井地先においてマイクロスティス属またはアナベナ属が優占種となったアオコの発生が確認された。

平成25年度は21日間3水域でアオコの発生が認められた。同年度は、8月2日に草津市北山田漁港内でアナベナ属が優占種となったアオコの発生が確認された。平成23年～24年度と同様に、平年に比べ7月の気温が高かったためと考えられた。その後、8月初旬から9月中旬にかけて草津市北山田漁港内、矢橋船溜、大津市柳が崎地先にてマイクロスティス属またはアナベナ属が優占種となったアオコの発生が確認された(図5)。

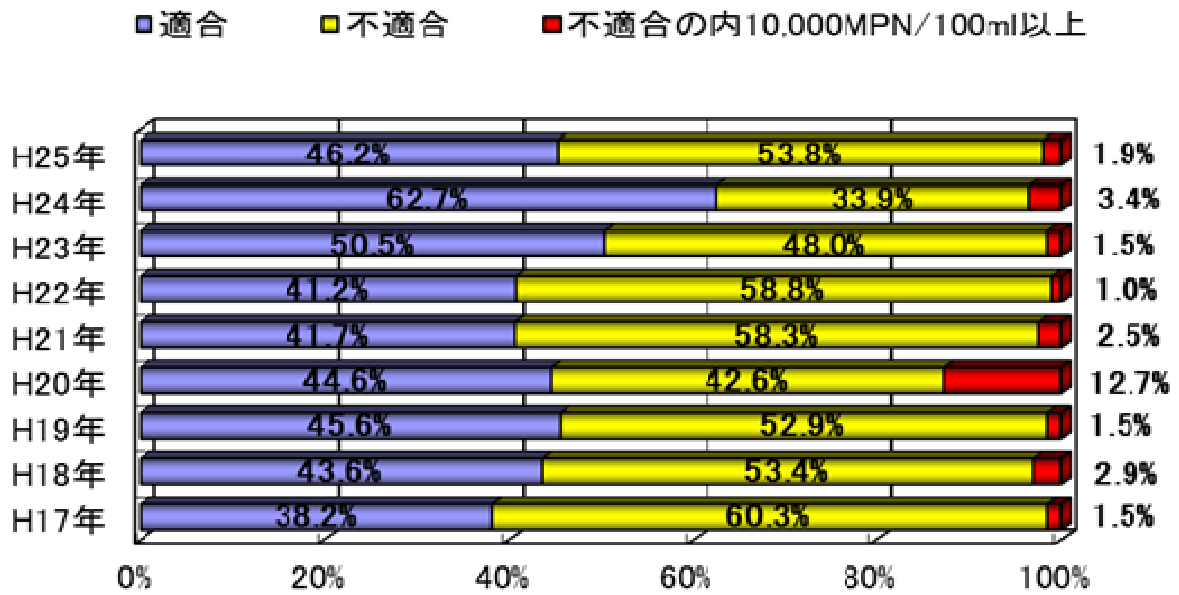


図7 琵琶湖・瀬田川における大腸菌群数(環境基準)のAA類型基準適合率の経年変化

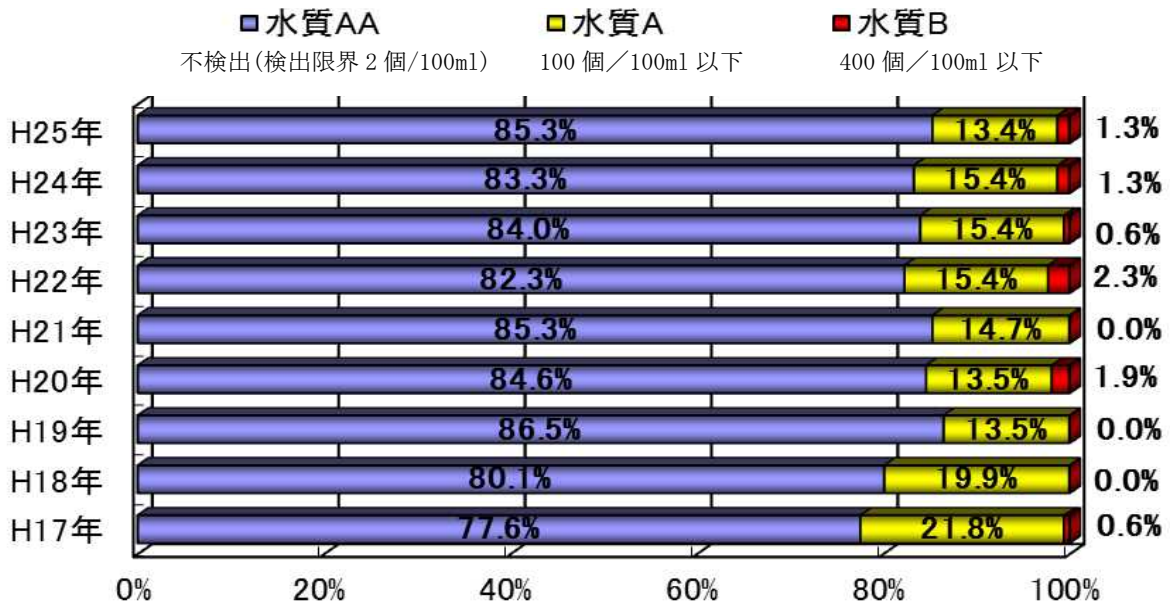


図8 琵琶湖・瀬田川におけるふん便性大腸菌群数の水浴場水質判定基準(水質AA)の経年変化



プランクトン種を見てみると、平成 23 年度はマイクロキスティス属が優占種のアオコが多く、平成 24 年度は、マイクロキスティス属およびアナベナ属が優占種のアオコが多かった。平成 25 年度はアナベナ属が優占種のアオコが多かった。

## ②赤潮分析調査

平成 23 年度から平成 25 年度にかけて、赤潮の発生は確認されなかった(図 6)。ただし、平成 24 年度の 5 月 7 日から 5 月 15 日にかけてプランクトンの異常増殖によると考えられる水面の色が赤褐色に変化した水域が 3 カ所で確認された。

## (2)琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

平成 23 年度は、大腸菌群数が、AA 類型 (50MPN/100ml 以下) に適合したのは、204 件中 103 件(50.5%)であり、ほぼ例年並であった(図 7)。また、大腸菌群数について菌数で見ると、10,000MPN/100ml (≒100MPN/ml、水道水質基準では、一般細菌数が 100CFU/mL 以下) 以上と非常に高い値を示したのが、3 件(1.5%)であった(図 7)。ふん便性大腸菌群数については、水浴場水質判定基準の水質 AA の基準値不検出(検出限界 2 個/100ml)であったのは、全調査数 156 件中 131 件(84.0%)で、ほぼ例年並みであった(図 8)。また、ふん便性大腸菌群が検出された 16.0%のうち、水質 B となる 100 個/100ml 以上の値は 1 件(0.6%)であった。

平成 24 年度は、大腸菌群数が、AA 類型に適合したのは、204 件中 128 件(62.7%)であり、例年より適合率が高かった。また、大腸菌群数について菌数で見ると、10,000MPN/100ml 以上の値を示したのが、7 件(3.4%)と多かった(図 7)。ふん便性大腸菌群数は、水浴場水質判定基準の水質 AA の基準値不検出であったのは、全調査数 156 件中 130 件(83.3%)で、ほぼ例年並みであった。また、ふん便性大腸菌群が検出された 16.7%のうち、水質 B となる 100 個/100ml 以上の値は 2 件(1.3%)であった(図 8)。

平成 25 年度は、大腸菌群数が、AA 類型適合であったのは、156 件中 72 件(46.2%)で、ほぼ例年並であった。また、大腸菌群数について菌数で見ると、10,000MPN/100ml 以上の値を示したのが、3 件(1.9%)であった(図 7)。ふん便性大腸菌群数は、水浴場水質判定基準の水質 AA の基準値不検出であったのは、全調査数 156 件中 133 件(85.3%)で、ほぼ例年並みであった。また、ふん便性大腸菌群が検出された 14.7%の内、水質 B となる 100 個/100ml 以上の値を 2 件(1.3%)が示した。(図 8)。

最後に、平成 24 年度と平成 25 年度に環境省の依頼により実施した「大腸菌数」調査の結果について、「ふん便性大腸菌群数」との関係性をみるため相関係数を求めた。そ

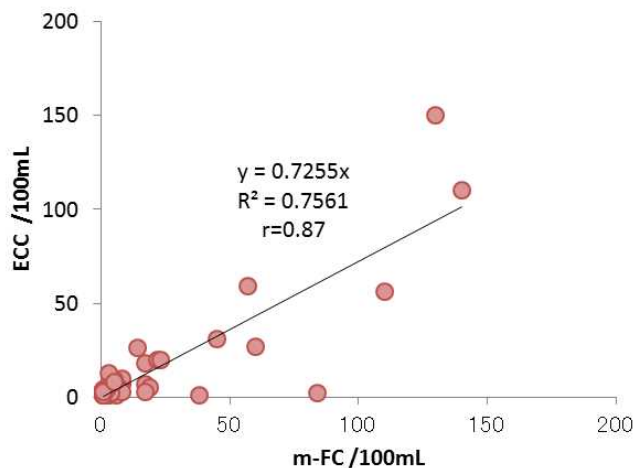


図 9 ふん便性大腸菌群数(m-FC法)と大腸菌数(ECC法)の相関

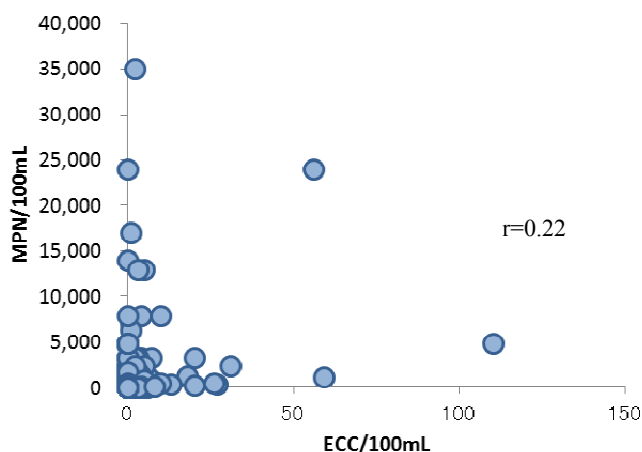


図 10 大腸菌群数(MPN法)と大腸菌数(ECC法)の相関

の結果、相関係数 0.87 ( $p < 0.05$ ) (図 9) と強い相関関係にあることが分かった。

一方、「大腸菌群数」と「大腸菌数」の相関係数は 0.22 ( $p < 0.05$ ) (図 10) と低く、この結果、大腸菌群数はふん便汚染を反映しているとは考えにくいことが示唆された。

## 5. まとめ

### (1) 琵琶湖アオコ・赤潮分析調査

アオコについて、平成 23 年度は 8 日間 3 水域、平成 24 年度は 18 日間 7 水域、平成 25 年度は 21 日間 3 水域で発生が認められた。赤潮については発生が認められなかった。

アオコの原因となった植物プランクトン種の優占種については、平成 23 年度はマイクロキスティス属、平成 24 年度はマイクロキスティス属およびアナベナ属、平成 25 年度はアナベナ属であった。

平成 23 年度～平成 25 年度のアオコの発生日数は、平成 23 年度は 8 日間と少なかったが、平成 24 年度で 18 日間、平成 25 年度では 21 日間とほぼ横ばい傾向にあった。

(2) 琵琶湖・瀬田川大腸菌群等環境基準評価調査

大腸菌群数については、平成 24 年度に 62.7%の過去最高の適合率となったが、平成 17 年度からの AA 類型基準適合率を経年変化で見るとほぼ横ばい傾向にあった。

また、ふん便性大腸菌群数についても、平成 17 年度からの水質 AA 適合率はほぼ横ばい傾向であった。

## 6. 引用文献

上水試験法. (2001) : VII 微生物試験総則, 605-636

衛生試験法. (2000) : 1.2 微生物試験法, 75-76