

琵琶湖における細菌数の地点別経月変化について

要約

1. はじめに

図1 調査地点

メンブランフィルター (0.45 μ m) を用いて検水をろ過し、これをm-FC培地に密着させたものを、44.5°C 24時間培養。

滋賀県琵琶湖環境科学研究所試験研究報告書第3号

- (3) 一般細菌
標準寒天培地を用いて、36℃ 24時間培養。
- (4) 嫌気性菌
GAM寒天培地を用いて、36℃ 24時間嫌気培養。
- (5) 従属栄養細菌
R2A寒天培地を用いて、20℃ 1週間好気培養および嫌気培養。
- (6) 嫌気性芽胞菌
検水500mlを75℃ 20分間加熱後速やかに冷却したものを、メンブランフィルター(0.45μm)を用いてろ過し、これをハンドフールド改良培地に密着させ培地を2回重層した後、45℃ 24時間培養。

3. 結果

(1) 大腸菌群

生活環境の保全に関する環境基準項目のひとつである大腸菌群数は、琵琶湖において、基準値が類型AAで、50MPN/100ml以下と規定されている(金子, 1999)。この基準値でみると、琵琶湖13調査地点(表層0.5m)における調査期間での適合率は、琵琶湖全体で41.7%、北湖7地点(17A, 17B, 17C', 15B, 13A, 13C, 12B)は50%、南湖6地点(9B, 8C, 6B, 4A, 168, 2)は31.9%であり、北湖の方が適合率は高かった。

(2) 糞便性大腸菌群

糞便性大腸菌群数は、水浴場水質判定基準でみると、水質Aの区分で適合値は100個/100ml以下と規定されている(金子, 1999)。これを基準値としてみると、不適合は、1件のみで適合率は99.4%と高かった。しかし、水質AAの区分でみると基準値は不検出(2個/100ml未満)と規定されており、これを基準値としてみると適合率は全体で77.6%、北湖は92.9%、南湖は59.7%であった。北湖での不適合は6件のみであり適合率は大腸菌群に比べ高かった。

(3) 一般細菌

一般細菌数は、環境基準に基づく基準値はないものの、水道法に基づく水質基準があり、この中で100個/ml以下であることが規定されている。この数値を基準値としてみると、100以下の値を示した地点は全体で66.0%、北湖は84.5%、南湖は44.4%であった。大腸菌群および糞便性大腸菌群と同様に北湖の方が適合率が高かった。

(4) 嫌気性菌

嫌気性菌数は、環境基準に基づく基準値や水道法に基づく水質基準がないので、100個/ml以下の値を示した地点をみると、全体で89.7%、北湖は94.0%、南湖は84.7%であった。

(5) 従属栄養細菌

従属栄養細菌数(以下好気培養については従属栄養細菌と記す。)は、一般細菌が増殖しにくい低水温の水環境においても増殖できるため、有機汚濁指標として評価されている。特に本来的な水中細菌数を表現することと、培養方法が確立されていることからドイツやオランダなど多くの国で測定されており、厚生労働省は水質管理目標設定項目の改正に向けて従属栄養細菌の追加を検討中であり、基準値は暫定2,000個/ml以下とされているため、これを基準としてみると、基準値以下の値を示した地点は全体で92.3%、北湖は98.8%、南湖は84.7%であり、全体的に適合率は高かった。

次に、従属栄養細菌数(嫌気培養)の結果は全て2,000個/ml以下であったため、100個/ml以下の値を示した地点でみると、全体で92.3%、北湖は98.8%、南湖は84.7%であり、好気培養の基準値より1/20の値での比較ではあるものの全く同じ割合を示した。

(6) 嫌気性芽胞菌

水道水源として用いている環境水中では、嫌気性芽胞菌の多くをウェルシュ菌が占めていると考えられている。また、ウェルシュ菌は他の糞便指標細菌よりも残存性が高く、他の指標菌が検出できない水域でも検出される場合がある一方で、排出量が少ないため大量の水を試験する必要がある等の問題点もある。

嫌気性芽胞菌に対する基準は、水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針により100ml中に検出されないこととなっている。本報告では500mlを検水として用いたことから、10個/L未満の数値を示した割合をみたところ、全体で71.2%、北湖は88.1%、南湖は54.4%であった。この数値は、糞便性大腸菌群の適合率と類似していた。

(7) 沿岸帯と中央地点での細菌数の変化

琵琶湖北湖における西沿岸地点の17A、中央地点である17B、東沿岸地点の17C'における細菌数の変化について比較した。

大腸菌群で比べると菌数の推移は図2のとおりで、17C'地点は9月と5月において他の地点に比べ高値となり、17A地点では3月に他の地点より高値を示した。

また、各地点ともに秋期に高く春期に低い傾向が認められた。

糞便性大腸菌群で比べると、17C'地点で9月、4月および7月に検出されたが他の地点では全て検出限界値以下であった。

嫌気性芽胞菌で比べると菌数の推移は図3のとおりで、17C'地点は他の地点に比べ平均値は高値を示し

た。また、大腸菌群のような季節的な変動については認められなかった。

最後に従属栄養細菌数で比べると菌数の推移は図4のとおりで、17C' 地点は8月、10月および7月を除き他の地点より高値を示した。各地点における1年間の平均値でみると17A地点：約150個/ml、17B地点：約80個/mlおよび17C' 地点：約340個/mlとなり、17C' 地点で高く、17B地点で低い値を示した。

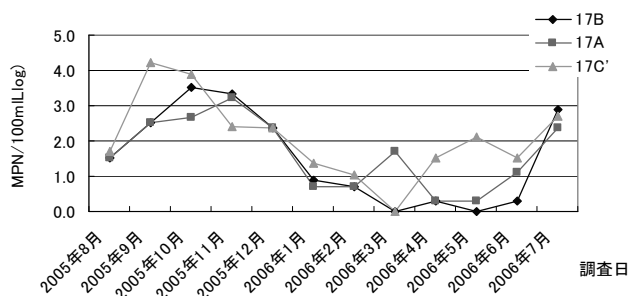


図2 大腸菌群数の月別変化

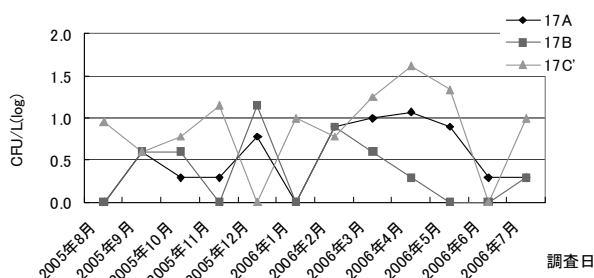


図3 嫌気性芽胞菌数の月別変化

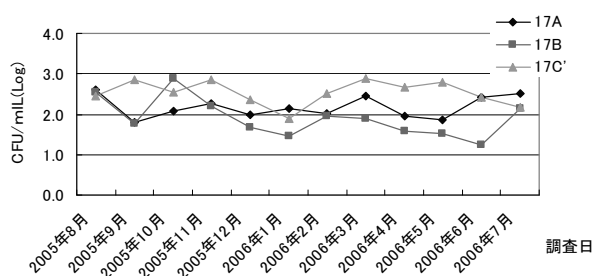


図4 従属栄養細菌数（好気培養）の月別変化

(8) 琵琶湖中央地点における細菌数の変化

河川等の影響を受けにくいと考えられる中央地点（図5）について北湖から南湖にかけての細菌数の変化をみた。

1月から6月における大腸菌群数の変化は、図6のとおりで北から南に向かって菌数が増加する傾向が認

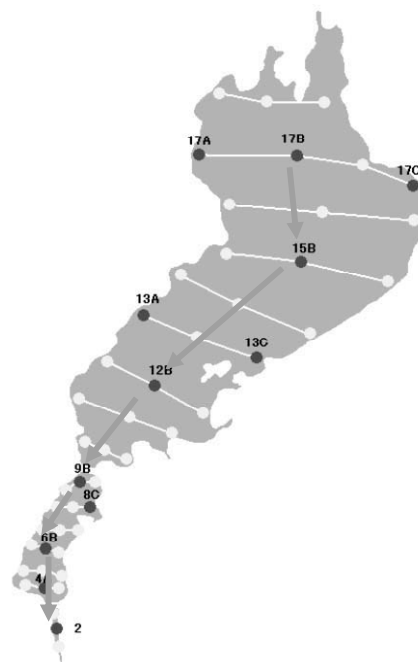


図5 琵琶湖中央地点

められた。

しかし、7月～12月の間ではこの傾向を認めることは出来なかった（図7）。従属栄養細菌数においても図8のとおり、大腸菌群数と同様の傾向が認められた。

さらに、一般細菌、嫌気性菌および従属栄養細菌（嫌気培養）ともに同様の傾向が認められた。

次に、有機物量との関連性を考えるため、BODの結果を見ると図9のとおりで北から南に向かって同様の増

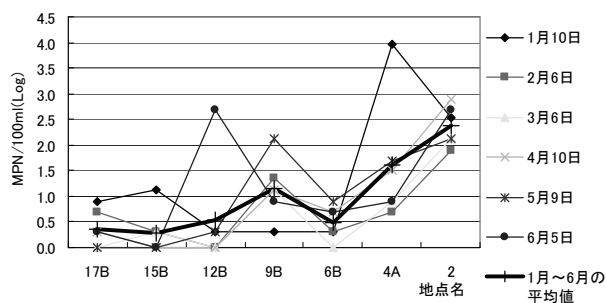


図6 大腸菌群数の地点別変化（1月～6月）

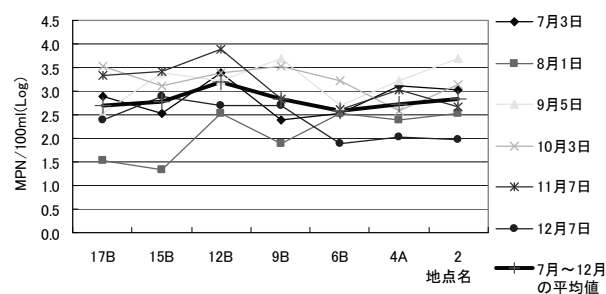


図7 大腸菌群数の地点別変化（7月～12月）

加が認められた。CODにおいても同様の結果を得た。

(9) 大腸菌群数と水温の関係

北湖における大腸菌群と水温の月別変化をみると、図10に示したように大腸菌群数は大きなS字カーブを描いており、水温変化の曲線と類似していることが確認できる。このため大腸菌群数を1ヶ月前の値として先送りしたものが図11であり、北湖7地点における大腸菌群数の平均値と水温の平均値で示した。菌数の増減と水温の変化が一致していることがわかる。

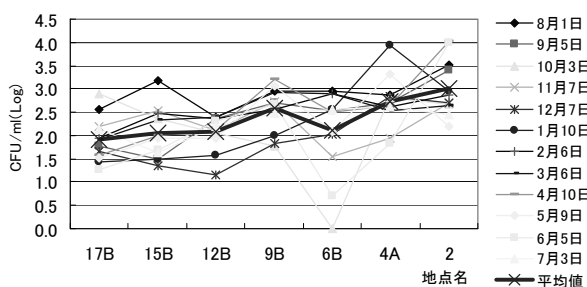


図8 従属栄養細菌数の地点別変化

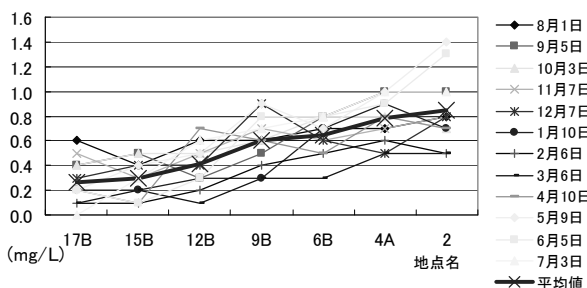


図9 BODの地点別変化

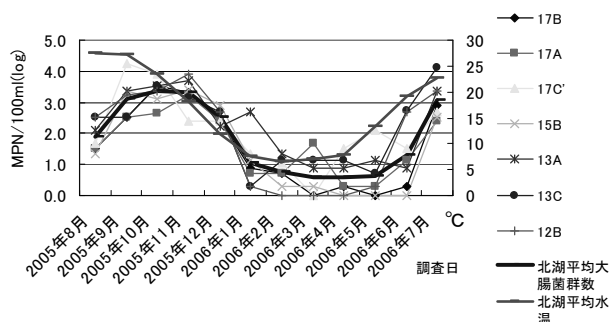


図10 北湖における大腸菌群数の月別変化

そこで、この相関を見ると図12のとおりで相関係数0.87と強い相関を確認した。南湖でも同様に大腸菌群数と水温との高い相関を得た。

(10) 北湖と南湖における細菌数の変化

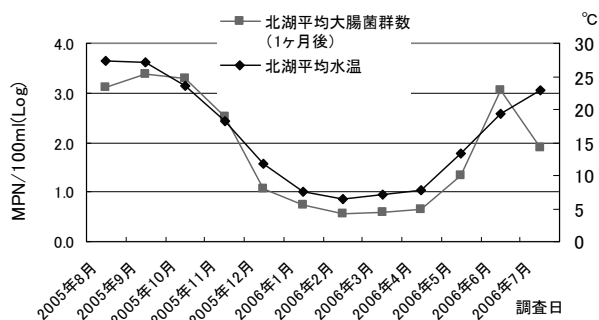


図11 北湖平均水温と大腸菌群数の月別変化

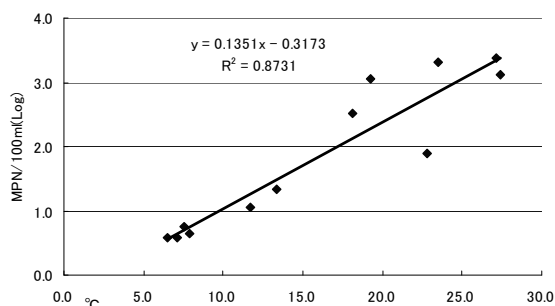


図12 北湖水温と北湖平均大腸菌群数（1ヶ月前）

大腸菌群数は、北湖で数～数千MPN/100ml程度で平均値は約71MPN/100mlであった。南湖でも同様の数十～数千MPN/100ml程度で平均値は約164MPN/100mlであり、南湖の方が約2倍高い値を示した。

糞便性大腸菌群数は、北湖で数個/100ml程度で平均値は約1個/100mlであった。南湖では数個～数十個/100ml程度で平均値は約2個/100mlであり、南湖の方が約2倍高い値を示した。

一般細菌数は、北湖で数個～数十個/ml程度で平均値は約27個/mlであった。南湖では数十個～数千個/ml程度で平均値は約180個/mlであり、南湖の方が約7倍高い値を示した。

従属栄養細菌数は、北湖で数十個～数千個/ml程度で平均値は約160個/mlであった。南湖では数百個～数千個/ml程度で平均値は約460個/mlであり、南湖の方が約3倍高い値を示した。

従属栄養細菌数（嫌気培養）では、北湖で数個～数十個/ml程度で平均値は約6個/mlであった。南湖では数十個～数百個/ml程度で平均値は約20個/mlであり、南湖の方が約3倍高い値を示した。

嫌気性細菌数は、北湖で数個～数十個/ml程度で平均値は約3個/mlであった。南湖では数個～数百個/ml程度で平均値は約12個/mlであり、南湖の方が約4倍高い

値を示した。

嫌気性芽胞菌数は、北湖で数個～数十個/L程度で平均値は約5個/Lであった。南湖では数個～数百個/L程度で平均値は約15個/Lであり、南湖の方が約3倍高い値を示した。

(11) 17B地点における水深別細菌数の変化

水深別の溶存酸素濃度（以下D0）、水温および細菌数の結果について、D0が深層部で低くなった9月26日の結果を図13に、D0の変化が少なかった3月20日の結果を図14に示す。この結果から、図13のとおり水深約90m付近で急激にD0が減少すると、一般細菌、嫌気性菌および従属栄養細菌が増加している。特に嫌気性菌では80mで検出限界値以下となったが、90mでこの地点における最も高値を示した。また、従属栄養細菌（嫌気培養）においても90mで細菌数が2倍以上の増加に転じた。

しかし、D0濃度変化が少なかった図13では、80mおよび約90mにおける細菌数の変化はほとんど認められなかった。

4. 考察

環境基準項目である大腸菌群数は、基準値の適合率が低く50%にも達していない。しかし、糞便汚染の指標とされている糞便性大腸菌群は水浴場水質判定基準水質AAの区分での適合率が約80%であり、嫌気性芽胞菌では、クリプトスポリジウム暫定対策指針による、適合率は約70%と高いことから、大腸菌群数の値のみで糞便由来の汚染の影響をみることは難しいと考えられた(金子, 1999)。

沿岸帯と中央部での細菌数の変化をみると、糞便汚染の指標菌とされている大腸菌群、糞便性大腸菌群および嫌気性芽胞菌は、17C' 地点において高値を示したものの沿岸帯と中央部での明確な差は認められなかった。しかし、従属栄養細菌については中央地点よりも沿岸帯の方が高い値を示した。このことから、河川等から流入する有機物等の影響は、大腸菌群および糞便性大腸菌群よりも従属栄養細菌の方が顕著に受けることが推察された。

有機汚濁指標のひとつとされている窒素およびリンの濃度が従属栄養細菌の増減に関与しているとの報告もある(野村ら, 1987)。

琵琶湖中央地点における細菌数の変化をみると、一般細菌、嫌気性菌および従属栄養細菌については、北から南に向かって細菌数が増加していた。これは、BODおよびCODの値が北から南に向かって上昇する傾向と一致していた。

このことから、細菌数が有機物量に関連することを確

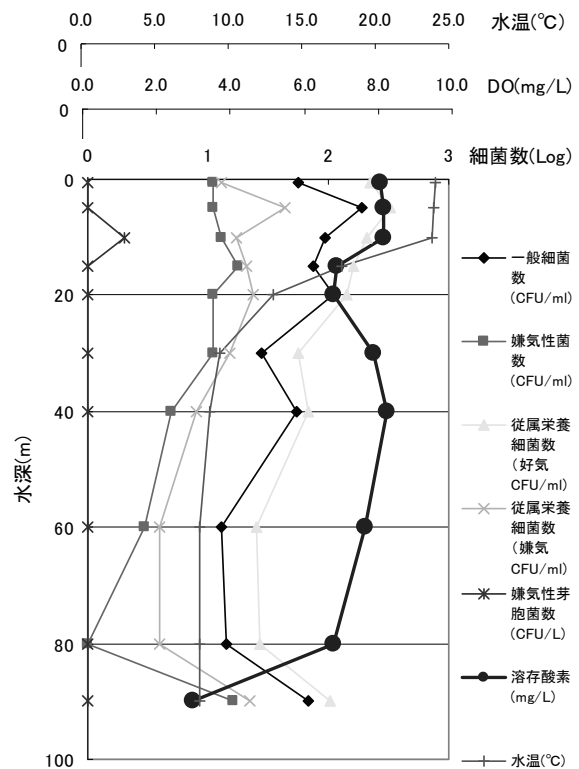


図13 17B地点水深別細菌数（9月26日）

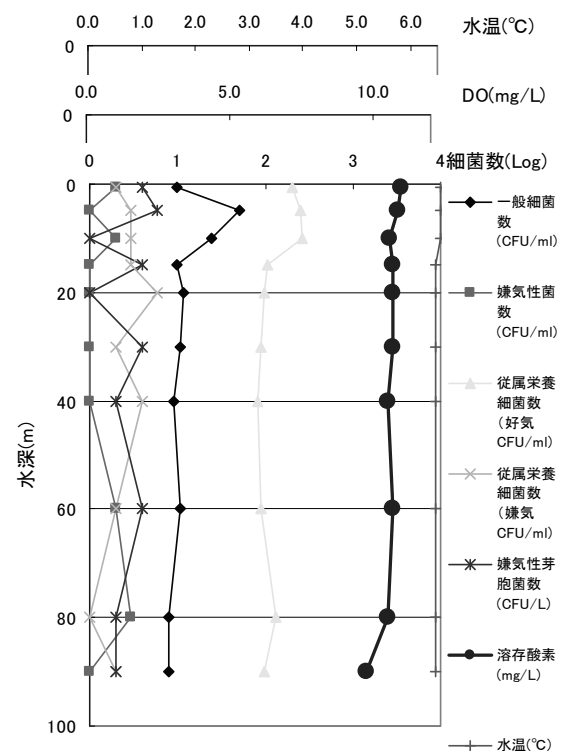


図14 17B地点水深別細菌数（3月20日）

認できたと考えられる。しかし、大腸菌群については、この傾向を示さない期間があり、有機物量より水温の影響を強く受けることが考えられる。

従属栄養細菌は一般細菌等に比べ地点・季節およびDOの変化についても影響を受けにくく、常に最も高い数値を示した。このことから、従属栄養細菌は、細菌の現存量を把握するため必要な試験項目であると考えられる。

以上より、琵琶湖における糞便汚染および有機汚濁の影響を把握するためには、大腸菌群だけでなく糞便性大腸菌群、嫌気性芽胞菌および従属栄養細菌などの細菌の動向を把握し、それぞれの菌数変化について解析検討をすることが重要であると考えられる。

5. 今後の課題

この報告は、1年間のみの検討であるのでデータ数が少なく充分な解析は実施できなかったため、継続的な試験を行うことで、より詳しい解析を行う必要がある。

また、琵琶湖深層部における低酸素化の細菌への影響については、継続的な調査とともに、DOを反映する細菌調査項目を検討することで、より詳しい解析を行うことが重要である。

引用文献

- 衛生試験法(2000)：1.2微生物試験法：75-76.
上水試験法(2001)：Ⅶ微生物試験総則：605-636.
金子光美(1999)：排水処理と感染症リスク. 月刊浄化槽，284：12-20.
木下庸子・榊原春司・寺元薫・徳地幹夫・林賢一・山口朝生・横田陽子・川添正幸(1980)：びわ湖の糞便性大腸菌群試験について. 滋賀県立衛生環境センター所報，15：83-84.
野村潔・伊藤貢・水嶋清嗣(1987)：琵琶湖水界における従属栄養細菌の増殖制御要因について. 滋賀県立衛生環境センター所報，14：131-134.