

公共用水域常時監視における微生物学的検査結果のまとめ（中南信地域）

下平奈緒子、宮島勲、鳥海宏

長野県松本保健福祉事務所

Microbiological results in all-time water quality survey of public water at central and south regions in Nagano Prefecture.

Naoko Shimodaira, Isao Miyajima, Hiroshi Toriumi

Nagano Prefectural Matsumoto Health and Welfare Office

目的：河川や湖沼などの公共用水域には環境基準が定められ、松本保健福祉事務所では毎月水質の常時監視を行っている。ふん便汚染の指標細菌である大腸菌を検知するために、昭和 47 年度より環境基準項目のひとつである大腸菌群数を、平成 20 年度よりふん便性大腸菌群数を測定している。近年大腸菌の選択的培養法が確立し、平成 23 年度より大腸菌数の測定が始まった。今回、大腸菌数と大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数の推移を比較し、ふん便性指標としての有用性を検討した。

方法：平成 23 年度から 27 年度までの、中南信地域 5 か所の定点における大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数、大腸菌数の推移を観察した。環境基準項目である大腸菌群数は月 1 回、ふん便性大腸菌群数及び大腸菌数は四半期に 1 回測定している。

結果：大腸菌群数は夏期に増加し冬期に減少する傾向が見られたが、ふん便性大腸菌群数や大腸菌数には同様の傾向は見られなかった。3 項目全てを測定している月では、全ての項目が高値若しくは低値を示す月の他、大腸菌群数のみが高値を示す月、ふん便性大腸菌群数のみが高値を示す月などがあり、一定の傾向は見られなかった。

考察：大腸菌はヒトを含めた動物の腸管に常在する菌で、ふん便汚染のない環境からの検出は少ないとされている。大腸菌群数は夏期に高値を示す傾向があることから、ふん便汚染の有無に関わらず、水温の高い時期には環境由来菌の増殖などで高値を示す可能性が考えられた。大腸菌数が少ないもののふん便性大腸菌群数が著しく高値を示す月があることから、ふん便性大腸菌群数はふん便汚染以外の要因でも増加することが考えられた。

まとめ：環境基準設定当時は大腸菌の選択的培養が難しく、基準には培養が容易な大腸菌群が選ばれた。培養技術が向上し、大腸菌の選択的培養が可能になった今、ふん便汚染の指標性が高く、短時間での培養が可能な大腸菌へと基準を変更することが望ましいと思われる。

Key words：環境基準（environmental quality standard）、大腸菌群（coliform group）、ふん便性大腸菌群（fecal coliform group）、大腸菌（*Escherichia coli*）、公共用水（public water）

I はじめに

(2017 年 2 月 22 日受付 2017 年 8 月 4 日受理)

連絡先：〒390-0852 長野県松本市大字島立1020

長野県松本保健福祉事務所

下平奈緒子

E-mail：shimodaira-naoko-r@pref.nagano.lg.jp

河川や湖沼、海域などの公共用水域の水質には、人の健康の保護や生活環境の保全のために環境基準が設定されている。

長野県では、水質汚濁防止法第 15 条に基づき、公共用水域の水質常時監視を行っている。中南信地域で

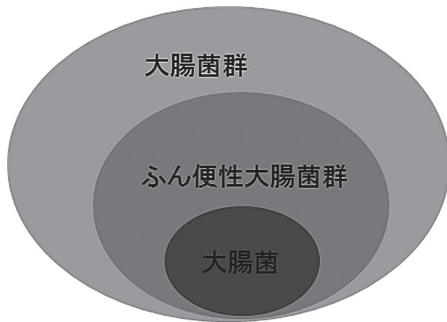


図1 大腸菌群、ふん便性大腸菌群、大腸菌の関係

は、みどり湖、諏訪湖の湖心・初島西・塚間川沖200 m、天竜川釜口水門の5か所において、松本保健福祉事務所が毎月調査を行っている。

環境基準のうち微生物学的な基準は大腸菌群数で、ヒトを含めた動物のふん便による公共用水域の汚染の有無の間接的指標として定められている。

水系感染症の原因となる細菌・原虫・ウイルスなどの多くは、動物のふん便によってもたらされる。これらの病原体の有無を一つずつ検査することは現実的ではないため、ふん便に多量に含まれる大腸菌を指標細菌として、その存在を検知することでふん便汚染の有無を把握する。しかし、基準が設定された昭和46年当時には大腸菌を選択的に培養することが難しかったため、培養が比較的容易な大腸菌群が基準として採用された¹⁾。なお、平成20年度からはみどり湖及び諏訪湖で、大腸菌群よりふん便汚染の指標性が高いとされるふん便性大腸菌群数の測定も行っている。この2項目はどちらも、大腸菌を検知するための測定項目である。

更に、近年大腸菌の選択的培養法が確立したことから環境基準項目としての導入検討のため、平成23年度から大腸菌数は要測定指標として測定が開始された¹⁾。

今回、過去5年間の大腸菌数と、大腸菌群数、ふん便性大腸菌群数を比較し、ふん便汚染の指標としての有用性について検討した。

なお、大腸菌群とは、グラム陰性の桿菌で、48時間以内に乳糖を分解して酸とガスを産生する菌を指す。大腸菌の他、エンテロバクター、シトロバクター、クレブシエラなど多くの菌が含まれる。ふん便性大腸菌群は、大腸菌群のうち、44.5℃で発育するものを指し、大腸菌と一部のクレブシエラ等が該当する。ふん便性大腸菌群数は現在、水浴場の水質基準として用いられ

ている。大腸菌群、ふん便性大腸菌群、大腸菌の関係を図1に示す。

II 方法

A 調査期間

平成23年度から平成27年度までの5年間。ただし、平成23年度から平成25年度の1月・2月のみどり湖・諏訪湖と、平成26年度2月のみどり湖では、湖面結氷のため採水ができず測定を行っていない。

B 調査地点

環境基準点であるみどり湖、諏訪湖（初島西・湖心・塚間川沖200 m）、天竜川釜口水門の5地点。

採水は、みどり湖は午前を表層で、諏訪湖3地点は午前と午後を表層と下層で行った。釜口水門では、午前と午後到天竜川への流出水を採取した。

C 調査頻度

大腸菌群数は月1回、ふん便性大腸菌群数及び大腸菌数は四半期に1回行った（5月、8月、11月、2月）。

調査地点、調査頻度及び調査項目の詳細は表1を参照。

D 検査方法

1 大腸菌群数：最確数法

大腸菌群が乳糖を分解してガスを産生することを利用した検査。ダーラム管の入ったBGLB培地に検体を接種し、36℃で48時間培養後のガス産生の有無を確認した。段階希釈した系列の陽性（ガス産生）本数から大腸菌群の最確数を算定した。

なお、大腸菌群数の環境基準値は、対象となる水域ごとに定められている。当所で調査を行っている水域のうち、みどり湖・諏訪湖は1,000 MPN (Most Probable Number：最確数、以下MPNと略す。)/100 ml以下、天竜川釜口水門では5,000 MPN/100 ml以下が基準である。

2 ふん便性大腸菌群数：M-FC寒天培地法

ふん便性大腸菌群が44.5℃で発育して乳糖を分解することを利用した検査。検体50 mlをろ過したメンブランフィルターをM-FC寒天培地に密着させて44.5℃で24時間培養し、乳糖分解性のコロニー数を計測した。報告は100 mlあたりのコロニー数で報告し、報告下限値は2 cfu (colony forming unit、以下cfuと略す。)/100 mlである。

3 大腸菌数：特定酵素基質寒天培地法

クロモアガーECCなどの酵素基質寒天培地に、検体100 mlをろ過したメンブランフィルターを密着さ

表1 調査地点と調査項目、調査頻度

測定地点		大腸菌群数	ふん便性大腸菌群数	大腸菌数	
		毎月	四半期 (5、8、11、2月)		
みどり湖	表層	○	○	○	
諏訪湖 3地点	午前	表層	○	○	
		下層	○		
	午後	表層	○	5、8月のみ	5、8月のみ
		下層	○		
天竜川 釜口水門	午前	○		○	
	午後	○			

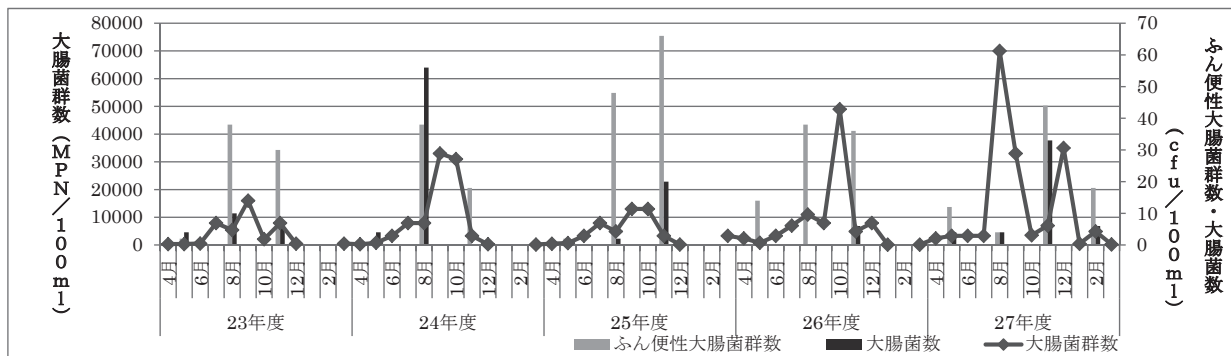


図2 みどり湖

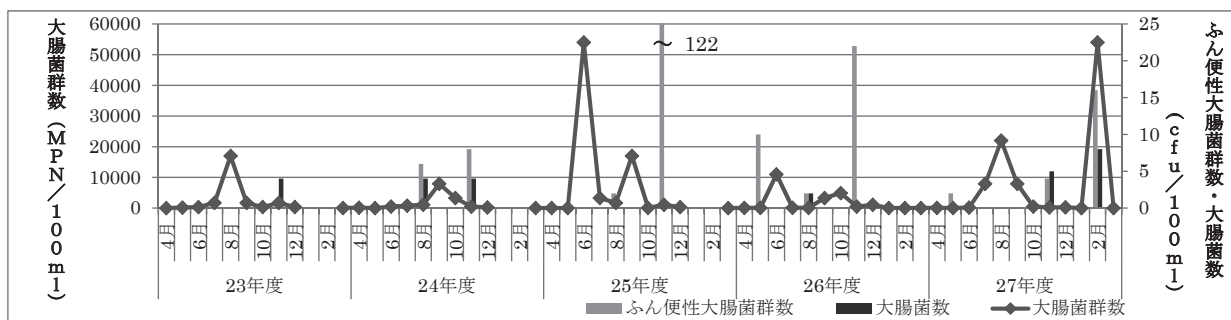


図3 諏訪湖 湖心(午前・表層)

せて37℃で24時間培養し、大腸菌の性状を示すコロニー数を計測した。報告は100mlあたりのコロニー数で報告し、報告下限値は1cfu/100mlである。

Ⅲ 結果

図2から図6に、みどり湖、諏訪湖3地点の午前表層、天竜川釜口水門午前の調査結果を示す。

A 大腸菌群数の季節変動

大腸菌群数は、夏期に増加し冬期に減少する傾向が見られた。みどり湖・諏訪湖では、年度によって異なるが、概ね6月から11月までは環境基準値を超える大腸菌群が検出されていた。天竜川釜口水門において

も、平成24年度を除き、毎年夏期に基準超過が認められた。

一方、ふん便性大腸菌群数及び大腸菌数では、8月が他の調査月と比べて著しく高値を示す傾向は見られなかった。

B 3項目の相関(みどり湖・諏訪湖)

図2より、みどり湖では、平成24年度の8月と平成27年度の11月に30cfu/100mlを超えるふん便性大腸菌群及び大腸菌を検出し、大腸菌群数も環境基準値の7~8倍に達していた。しかし、平成27年度の8月は、大腸菌群数が環境基準値の70倍に達したもののふん便性大腸菌群数及び大腸菌数はともに4

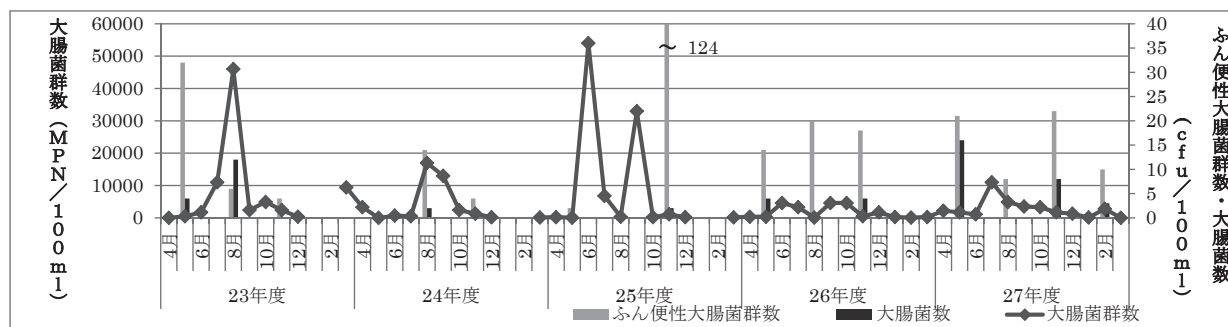


図4 諏訪湖 初島西（午前・表層）

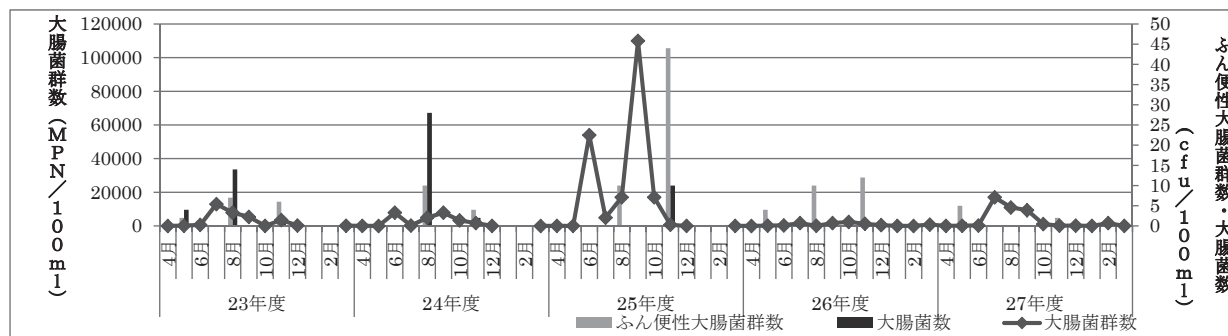


図5 諏訪湖 塚間川沖 200m（午前・表層）

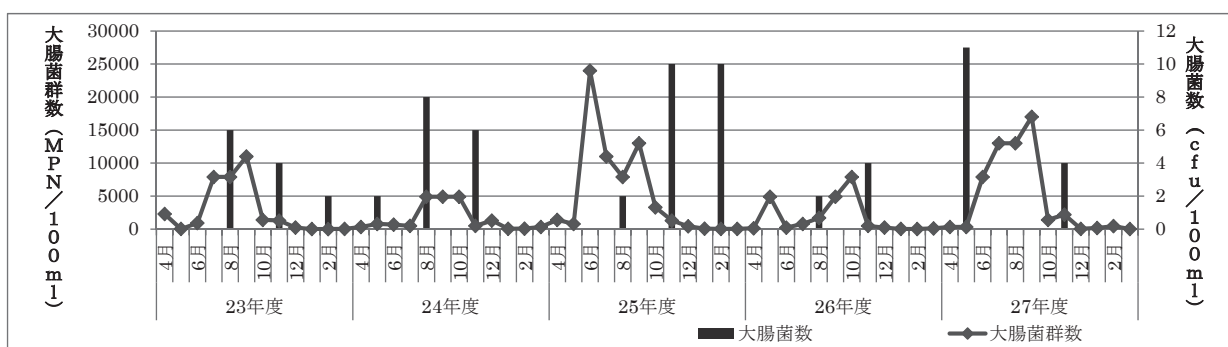


図6 天竜川釜口水門（午前）

cfu/100 ml と比較的少ないなど、大腸菌群数とふん便性大腸菌群数及び大腸菌数の間に相関は見られなかった。

また、ふん便性大腸菌群数が高値を示すものの大腸菌数が少ない又は検出されない月や、大腸菌数がふん便性大腸菌群数を超える月があり、ふん便性大腸菌群数と大腸菌数にも相関は見られなかった。

図3から図5より、諏訪湖3地点でもみどり湖と同様に、3項目全てが高値を示す月の他、1項目のみが高値を示す月などがあり、3項目の相関は見られなかった。特筆すべきは平成25年度の11月で、ふん便性大腸菌群数が塚間川沖で44 cfu/100 ml、湖心と初島西で100 cfu/100 ml 以上と非常に多かった。しかし、大腸菌群数は比較的少なく、大腸菌は塚間川沖では比

較的多い10 cfu/100 ml が検出されたものの、初島西では2 cfu/100 ml と少なく、湖心では検出されなかった。

C 2項目の相関（天竜川釜口水門）

図6の大腸菌群数と大腸菌数を見ると、大腸菌群数が環境基準値を超えた月では、平成23年度の8月は大腸菌群数7,900 MPN/100 ml に対し大腸菌数6 cfu/100 ml、平成25年度8月は大腸菌群数7,900 MPN/100 ml に対し大腸菌数2 cfu/100 ml であった。しかし、平成27年度の8月、大腸菌群数は環境基準値の2.6倍にあたる13,000 MPN/100 ml が検出されているものの、大腸菌は検出されなかった。これに対し、大腸菌数が10 cfu/100 ml 以上であった平成25年度の11月、2月及び平成27年度の5月、大腸菌群

数はいずれも環境基準値以下であった。このように図6においても、大腸菌群数と大腸菌数には相関がみられなかった。

IV 考察

大腸菌は動物の腸管の常在菌で、ふん便汚染の無い環境から検出されることは少ないとされている²⁾。一方、大腸菌群の中には大腸菌を始めとするふん便由来細菌以外にも、土壌など環境由来の細菌が多く含まれている。

今回の結果から、水温が上昇する夏期には水中に常在する環境由来細菌の増殖により、ふん便汚染の有無に関わらず大腸菌群数が増加する可能性があり、大腸菌群数の推移ではふん便汚染を的確に把握できないことが考えられた。

ふん便性大腸菌群数は大腸菌数と密接な関係があるといわれており²⁾、実際に大腸菌が検出される月にはふん便性大腸菌群が同時に検出されることが多かった。しかし、平成25年度11月の諏訪湖3地点の結果から、ふん便性大腸菌群数の増加が全て大腸菌の増加に関連するわけではなく、ふん便性大腸菌群の推移でもふん便汚染を的確に把握できないことが考えられた。

ふん便性大腸菌群数及び大腸菌数は培地上のコロニーの色調のみを頼りに計測しているため、実際より多く又は少なく計上してしまうなど検査技術面での過誤があったことも考えられる。しかし、今回の結果から

大腸菌群数及びふん便性大腸菌群数はふん便汚染を的確に示唆できていないと考えられることと、大腸菌は大腸菌群に比べて短時間で培養できることから、環境基準には大腸菌数が適していると考えられた。

なお、環境基準値はあくまで行政上の目標値と位置付けられており、現在の環境基準である大腸菌群数が基準値を超過しても、法的な規制・措置がかかることはない³⁾。

V 結語

検査技術の向上により大腸菌を選択的に培養することが可能になり、平成16年には水道水の基準が大腸菌群数から大腸菌数へと変更された。現在、公共用水域の環境基準についても見直しが検討されているが、今回の結果から、公共用水域のふん便汚染を的確に示唆するためには基準を大腸菌群数から大腸菌数へと速やかに変更することが望ましいと考えられた。また、水浴場の水質基準についても、ふん便性大腸菌群数より大腸菌数が適していると思われた。

また、現在ではふん便性大腸菌群数及び大腸菌数の測定が四半期に1回であるため経時変化が読み取りにくく、測定を毎月行うことも汚染状況の把握には重要であると思われた。

VI 利益相反

本調査における利益相反なし。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局水環境課長通知、要測定指標の測定の実施について（協力依頼）、環水大発第110324001号、平成23年3月24日
- 2) 日本水道協会：上水試験方法。2011年版。V微生物編、p65-p81、社団法人日本水道協会、2011
- 3) 環境省水質保全局監修、水質法令研究会編集：逐条解説水質汚濁防止法、p40-p124、中央法規出版株式会社、1996