

富士五湖の大腸菌群について(第一報)

田中正二郎 金丸佳郎 笠井和平

河川、湖沼及び海のような自然水界の汚染調査をする場合その指標として、化学的指標及び生物学的指標が用いられている。大腸菌群の検出は生物学的指標の代表的なものの一つである。大腸菌群の検出の目的はそれの存在により糞便汚染の可能性が推定されることによる^{1,2)}。しかし、水質試験における大腸菌群は現行の定義からは必ずしも糞便由来ではなく、したがって大腸菌群の検出をもって糞便汚染の指標とすることはできない²⁾。大腸菌群は分類すると9種類以上に分類されるが³⁾、その中には *Citrobacter freundii*, *Klebsiella aerogenes* などのように糞便のみならず自然界に広く分布しているものも含まれている。これらが検出された場合、おもに自然界からの混入によるものと考えられている^{2,3)}。そこで、糞便による直接汚染を推定する本来の意味から糞便性大腸菌を証明することが重視されるようになってきている^{2,4)}。われわれは1974年4月から1年間、毎月富士五湖の水質検査を実施し、その一部として大腸菌群の定量を行ってきた。今回は上記の糞便性大腸菌を重視する観点から、貝類、水産冷凍食品あるいは海水からの *Escherichia coli* 検出用培地として使用されている EC 培地を採用した^{5,6)}。そして糞便性大腸菌の定量及び EC 培地から分離された細菌の菌型分類を行ない、若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

- i) 採水方法：富士五湖（本栖湖，精進湖，西湖，河口湖及び山中湖）の湖心部及び河口湖の船津沖の6地点で、表面水を 100 ml の滅菌びんに採取した。
- ii) 使用培地：乳糖ブイオン培地（LB培地），EMB培地，EC培地，LIM培地，ブドウ糖磷酸ペプトン培地及びシモンズ・クエン酸ナトリウム培地。（栄研化学株式会社，日水製薬株式会社）
- iii) 大腸菌群の定量：上水試験方法¹⁾
- iv) 菌型分類：乳糖ブイオン（LB）陽性管についておのおの EC 培地に 1 白金耳量移植した。EC 培地 44.5°C，24時間培養後，混濁ガス産生を調べた。これより EMB 寒天平板にて 44.5°C，24時間培養後，出現した集落について IMViC 試験を行なった。

結 果

I) 富士五湖の大腸菌群の定量結果を図1に示した。河口湖は他の湖と比較する場合、湖心の結果で行ない、船津の結果は後に別にとり上げた。乳糖ブイオン培地による定量では、精進湖，河口湖及び山中湖で年間を通して冬期にもかなりの菌数で大腸菌群が検出された。水温が上昇し^{7,8,9,10)}，観光客の増加する^{7,8)}夏期にはいずれの湖水でも大腸菌群数が増加している。大腸菌群数が 10^2 MPN/100 ml 以上で検出された月は、精進湖では5月から10月の間であり、その間最高は7月の 350 MPN/100 ml にも達した。河口湖の湖心では7月—350，8月—350，9月—170であり，山中湖では8月にのみ170で 10^2 のオーダーになった。本栖湖でも8月，9月に大腸菌群が多く，その MPN はそれぞれ350，170であった。またわずかながら7，10，1，3月にも検出されている。透明度その他の化学的指標によると，西湖は本栖湖について汚濁が少ないと報告されているが^{7,8)}，大腸菌群は5，11，3月を除いて冬期にも検出されている。この点

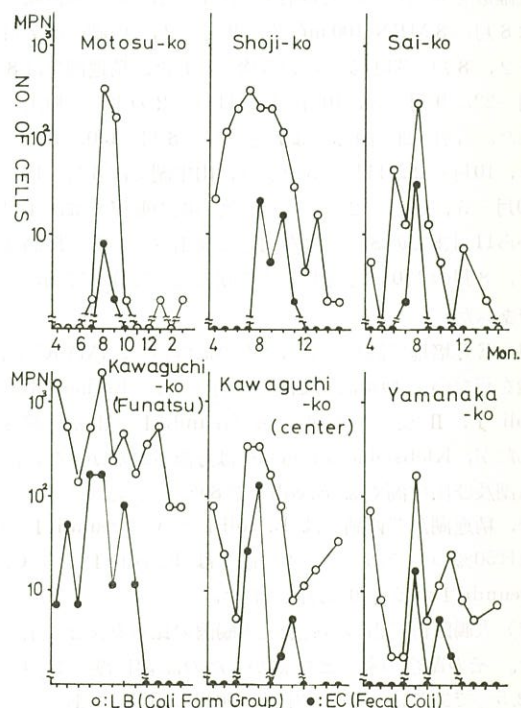


図1 富士五湖の大腸菌群と糞便性大腸菌

については、過去の報告^{7,8)}でも指摘されてはいるが今回の調査からも、その原因については依然不明である。河口湖の船津沖は、湖畔沿いの旅館、食堂及び商店街など観光客を対象とした施設が多く、利用者も多いことから、この付近では汚染がもっともすすんでいると考えられ、湖の生活排水による汚染の調査という観点から排水地点としてとり上げた。湖心では大腸菌群数が 10^2 MPN/100 ml のオーダー以上の月が、7、8及び9月であるのに対して、船津沖では4月から翌年1月までいずれの月でも 10^2 MPN/100 ml 以上のオーダーで大腸菌群が検出されている。このうち4月及び8月には 10^3 MPN/100 ml にも達した。 10^2 MPN に達しなかったのはわずかに2月、3月のみであったが、これらの月でさえ MPN は79あり、他と比較して汚染がいかにすすんでいるかがわかる。

以上、測定された富士五湖の大腸菌群数を水質汚濁に係る環境基準(湖沼)¹²⁾に照らしてみると、本栖湖及び西湖は大腸菌群数 50MPN/100 ml 以下のA型にはなるが、夏期の短期間のみ大腸菌群数 1,000 MPN/100 ml 以下であるA型になる。山中湖も前記2湖と同様な傾向が認められ、夏期にはA型、その他の季節はAA型であった。河口湖、精進湖は年間を通して大腸菌群に強く汚染されていて全季節A型である。

II) EC培地を乳糖パイオン培地と同様に用いて、菌が発育し、ガスを産生したものを糞便性大腸菌陽性として最確数を算出した。その結果を図1に示した。本栖湖では8月に8 MPN/100 ml 及び9月—2、西湖では7月—2、8月—33と夏期にのみ検出された。精進湖では8月—22、9月—5、10月—17、11月—2のように検出された。河口湖の湖心では7月—27、8月—130、9月—5、10月—2、11月—5であり、山中湖では8月—17、10月—5、11月—2であった。河口湖の船津では、4月から11月までの8カ月間を通して検出され、その最高は7、8月の170にも達し、他の湖と比べて極めて高い値であった。

III) EC培地で陽性であったものについて、IMViC 試験を行ない、型別に分類し表に示した。Escherichia coli I、II及びCitrobacter freundii I、IIが分離されたが、Klebsiella aerogenesは分離されなかった。河口湖及び山中湖ではE. coli Iが80%以上も分離されたが、精進湖及び西湖ではE. coli IとC. freundii Iがほぼ50%づつであった。本栖湖ではE. coli IよりC. freundii Iが多く80%分離された。

IV) 大腸菌群に占める糞便性大腸菌の比率を図2に示した。その割合のもっとも高かったのは河口湖の11月で62.5%であり、ついで山中湖の10月の45.5%であった。またもっとも長期にわたって連続的に糞便性大腸菌が検

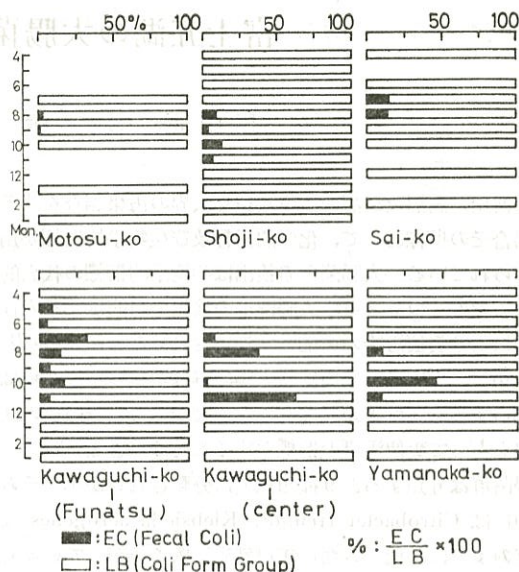


図2 大腸菌群と糞便性大腸菌の関係

出されたのは船津沖であり、5月から11月におよんだ。その他の湖で検出されたのは、夏期の一時的なものであり、その率も比較的低い。

考 察

大腸菌群に占める糞便性大腸菌の割合が高ければ高いほど、湖水が糞便により直接汚染されている可能性が高いといえる。この観点からの調査は、河川について桑原²⁾、芦立⁴⁾等によって多くの報告がなされている。図2にその比率を示したが、ここで注目すべきことは富榮養湖であり^{7-10,12)}、大腸菌群が高い値を示した精進湖で、糞便性大腸菌の占める割合は低く、最高でも13.1%にとどまった。これは、精進湖の大腸菌群による汚染が、人の糞便汚染によるものではなく、他の原因によるためと考えられる。河口湖の船津沖では、他の湖より長期間にわたって糞便性大腸菌が検出される。これは、湖岸の旅館などの観光施設からの排水が、湖に流入したための糞便による直接汚染の結果と考えられる。これらのことから、糞便性大腸菌を検出することは湖の汚染防止対策を講ずるに際して、重要な観点を与えるものと考えられる。なお本栖湖及び西湖については後述する菌型の問題はあるが、夏期観光シーズンの人の増加による糞便汚染と考えられる。河口湖の船津沖での8月の糞便性大腸菌の占める割合は低いが、今回の検査では希釈不足のために、MPN 10-1-0.1法で0.1の5管とも陽性となった。本来はさらに高い割合を占めると考えられる。

前述した大腸菌群数による分類の結果と比較し、人の糞便汚染といった面から糞便性大腸菌数のみを水質汚濁

	MOTOSU-KO	SHOJI-KO	SAIHO	KAWAGUCHI-KO FUNATSU	KAWAGUCHI-KO CENTER	YAMANAKA-KO	TOTAL
E.coli I	20.0% 2	51.2% 22	52.4% 11	81.4% 285	92.3% 143	84.0% 21	80.1 484
E.coli II				1.1 4	1.3 2		1.0 6
C.fre. I	80.0 8	48.8 21	47.6 10	15.1 53	5.2 8	16.0 4	17.2 104
C.fre. II				2.3 8	1.3 2		1.7 10

1974.4 ~ 1975.3

E.C.

表 E C培地培養より分離された菌型分布

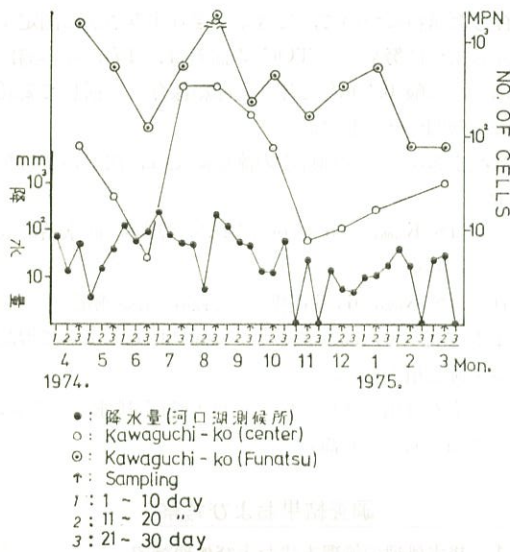


図3 降水量と大腸菌群

に係る環境基準(湖沼)¹²⁾に照らしてみると、本栖湖、西湖、山中湖及び精進湖がAA型に属し、河口湖のみA型となる。

II)において、EC培地培養で菌が発育し、ガス産生が認められた試験管を糞便性大腸菌陽性としたのは、本培地がE. coliを比較的選択的に検出し得る培地であることによる^{5,6)}。しかし表に示したように、これから分離されたものはかならずしもE. coliのみではなく、他の菌種も分離された。特にC. freundii Iが高率に分離された。このことから、本報では糞便性大腸菌の検出率を高く見積っていると考えられ、本培地の使用についてもさらに検討する必要がある。

河口湖及び山中湖で大腸菌群が6月に低い値を示したが、この原因を推定するための一助になると考えて、降水量と大腸菌群数との関係をみてみた。図3に示したように、降水量の増加にともなって大腸菌群数が減少する

傾向がみられた。これを単純に解釈すれば、5、6月の降水による湖水量の増加により、大腸菌群が希釈されたためと考えられる。しかし、精進湖では降水量との関係は顕著ではなかった。湖水での大腸菌群の希釈に関与するのはマクロに見れば、降水量よりむしろ湖の集水量であろう。河口湖の容量は精進湖の13倍であるが、河口湖の年間集水量は1.8億トンで精進湖の0.4億トンの4.5倍しかない^{7,8)}。したがって、降雨時の希釈効果は、精進湖においては、より顕著にあらわれてよい。しかしサンプリングの地点、回数も少なく、局地的にみた菌数をマクロな降水量、集水量のみで一義的に説明するのは困難であろう。

以上の結果から、富士五湖の大腸菌群の汚染は、各湖においてその原因が異なり、汚染防止対策もそれに対応した方法を講ずる必要があると思われる。

参考文献

- 1) 日本水道協会編、上水試験方法、同協会(1970)
- 2) 杉本昭典他編、衛生工学ハンドブック、39 朝倉(1967)
- 3) 相磯和嘉他、食品衛生学事典、415、医歯薬出版(1972)
- 4) 芦立德厚、日本陸水学会第39回大会講演要旨集、160(1974)
- 5) 厚生省環境衛生局監修、食品衛生検査指針I、118、日本食品衛生協会(1973)
- 6) 栄研化学株式会社編、栄研マニュアル、71 同株式会社(1970)
- 7) 山梨県、富士五湖水質調査報告書(1973)
- 8) 環境庁自然保護局、国立公園湖沼調査報告書(1972)
- 9) 笠井和平ほか、山梨県立衛生研究所年報、15、45、48、(1971)
- 10) 中島郁子ほか、山梨県立衛生研究所年報、17、86(1973)
- 11) 堤 充紀ほか、山梨県立衛生研究所年報、16、38(1972)
- 12) 水質汚濁に係る環境基準について、昭和46.12.28、環告 59
- 13) 甲府地方気象台編、山梨県気象月報、1974.4 ~ 1975.3