

(22)

河川の大腸菌群汚染に関する基礎的研究

The coliform bacillus pollution of rivers

増田純雄*, 長友総一郎**, 山内正仁***, 土手 裕*, 丸山俊朗*

Sumio MASUDA*, Soichiro NAGATOMO**, Masahito YAMAUCHI***

Yutaka DOTE* and Toshiro MARUYAMA*

ABSTRACT: At present, percentage of sewered population in our country has reached 60%, and conversion into flush-toilet reached 79% of the total population when the domestic wastewater by the private sewerage system is also included. However, the achievement ratio of environmental quality standard item related to living environment is low, and achievement ratio of environmental quality standard and conditions of rivers is not much improved the past 10 years. It is said that the main reason for low achievement ratio of such environmental standard is caused by the domestic wastewater. Especially, the coliform group's environmental standard item achievement ratio is very low. At present, most of Japan's rivers has not achieved the standard value of the coliform group. Within class a river in Kyushu, there is not a single river that cleared the standard value either in the upstream or in the downstream. Therefore, it is necessary to improvement the achievement ratio of the environmental standard, that is to grasps the actual condition of the coliform group pollution and provide for countermeasure of the each every pollution source.

In this paper, measurement of coliform group number, *fecal coliform group*, *fecal streptococci* of Kiyotake river and the water quality survey was being carried out from upstream of Kiyotake river which flowed from Tano town, passing Kiyotake town to Miyazaki City in the lower reach. Following result was obtained. 1) The coliform group number of Kiyotake River seasonally fluctuated, and it was proven that the coliform group number in rainfall time were more abounding compared to the time of fair weather. 2) The coliform group number of Oka river which was the tributary for the Kiyotake river were very high, and it was proven that domestic wastewater is a cause for the coliform group pollution of the Oka river. 3) It is said that the low achievement ratio of such environmental standard is chiefly caused by domestic wastewater and does not satisfy the environmental standard value of the coliform group in present state of the river in Japan.

KEYWORDS: *coliform group, fecal coliform group, fecal streptococci, coliform bacillus pollution of rivers*

1.はじめに

現在、我が国の下水道普及率は60%に達しており、その他合併浄化槽、農業集落排水施設等を含めると、污水处理施設整備率は69%になっている¹⁾。さらに、単独浄化槽を含めると、トイレの水洗化率は総人口の79%²⁾になっている。しかし、生活環境項目に係る環境基準の達成率は低く、海域(80%)、河川(73%)、湖沼(40%)の環境基準達成率は10年以来ほぼ横這いの状態である。このような環境基準の達成率を低下させている主な原因は生活排水であると言われている。生活排水の内、トイレからの汚水のみを処理対象

*宮崎大学工学部 土木環境工学科(Dept. of Civil & Environmental Engineering, Miyazaki University)

**宮崎市 下水道課 (Miyazaki City, Sewerage Section.)

***鹿児島工業高等専門学校 土木工学科 (Kagoshima National College of Tech.)

とする単独処理浄化槽では家庭の雑排水を無処理で放流することが問題である。単独処理浄化槽は1999年4月から製造停止になり、2001年4月からは設置が禁止されている。しかし、既存の単独処理浄化槽は1999年度末で全国に約733万基使用²⁾されており、この問題の早急な解決は難しいと考えられる。生活環境の保全に関する環境基準（以下、環境基準）の項目の1つである大腸菌群数の環境基準値達成率は極めて低い値であり、九州の一級河川の中で、上流から下流まで大腸菌群数の環境基準値を達成している河川は1つもなく、日本のほとんどの河川が大腸菌群数の環境基準値を達成していないのが現状³⁾である。宮崎県においても、1998年度版「環境時報（宮崎市）」^{4,5)}によると、大淀川や清武川などの河川において、大腸菌群数は環境基準値をほとんど達成していないのが現状である。よって、環境基準の達成率向上のためには、大腸菌群汚染の実態と汚染源を把握し、汚染源ごとの対策を講じることが必要であると考えられる。

本論文では、宮崎市郊外を流れる清武川の源流から下流部の清武町にかけて、清武川とその支川の大腸菌群数、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌と水質の調査・研究を行い、若干の知見が得られたので報告する。

2. 清武川の現状

清武川は鰐塚山（1,118m）を源流とし、田野、清武町を経て、宮崎市木花を流れて日向灘に注ぐ2級河川である。その全長は33.6km、流域面積：166km²で、16の支川を有する。清武川上流部の渓谷は、田野、清武町、宮崎市民の憩いの場所として利用され、夏にはキャンプ場が開設されている。流域の総人口は約3万人で田野、清武町の中心部に集中している。現在、両町共に下水道が未整備であり、生活排水は主に単独処理浄化槽で処理されている。

また、宮崎県は食糧基地化農政により畜産業が盛んであり、清武川流域内で、牛、豚がそれぞれ約3,200、1,100頭飼育^{6,7)}されている。

Fig. 1に清武川の概略と本実験における採水ポイントを示す。清武川は、採水ポイント⑧から上流が環境基準の類型AA、下流が類型Aに指定されている。ただし、清武川に流入する支川については環境基準の指定が設けられていない。採水ポイント①は清武川の源流である鰐塚山中腹にある清幹の滝であり、清流である。採水ポイント②は鰐塚溪

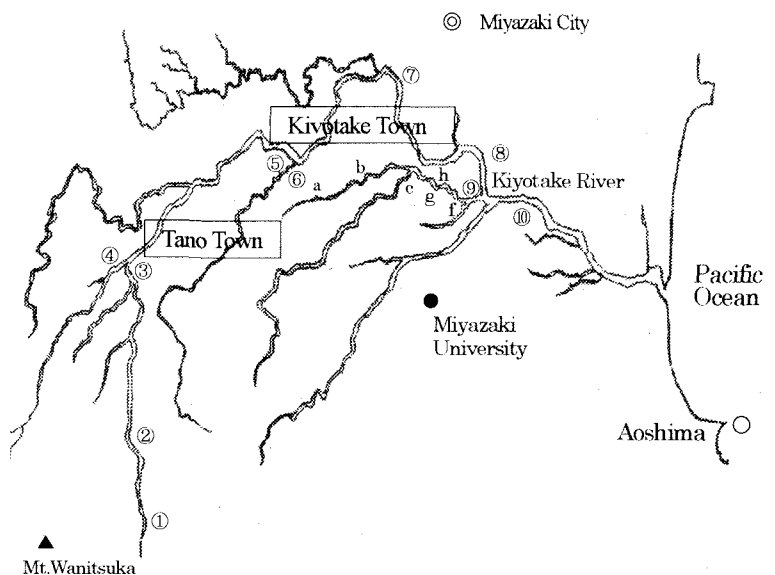


Fig. 1 Map of Kiyotake River and sampling points

谷いこいの広場（キャンプ場）から200mほど上流にある橋の下である。採水ポイント③は支川別府田野下流部、採水ポイント④は支川片井野川の最下流部、採水ポイント⑤は支川井倉川最下流の坂下橋下である。採水ポイント⑥は支川井倉川が清武川に合流する直前の清武川の坂下橋下である。採水ポイント⑦は支川黒北川最下流部、採水ポイント⑧は清武川の庵橋下、採水ポイント⑨は支川岡川の最下流部である。上使橋下流部は宮崎市となり、下水道が一部整備されているため、採水ポイント⑩は上使橋の上流側である。清武川の支川岡川は前平山（田野町）の山腹を源流として、今泉を流れ、清武川下流に注ぐ川である。採水ポイントは、上流から下流にかけてa～h及び⑨の9ヶ所である。採水ポイントaは上大久保交差点

近くを流れる大久保川の橋下、採水ポイントbは同じく大久保川の岡川に合流する手前の星野原橋下で採水した。採水ポイントcは、岡川に大久保川が合流する手前の岡川の通山橋下、採水ポイントdは松ノ木田橋下、採水ポイントeは岡橋下で採水した。採水ポイントfは岡川に流入する河川である祝田川下流の上打原橋下、採水ポイントgは佐代橋下で採水した。採水ポイント⑨は清武川に流れ込む直前の岡川から採水した。採水ポイントhは河川水ではなく、採水ポイントgと⑨の間にある岡川に流れ込む都市排水溝の流出水を直接採水した。

3. 採水方法と実験方法

清武川の採水は5月から2月の間に、2ヶ月に1回程度行い、採水時間は採水ポイント①～⑥では 8:30～11:00、採水ポイント⑦～⑩、a～⑨では 9:30～11:00 の間に行った。採水時には流れがある場所を選び、不純物が入らないように滅菌済みのポリビンで採水し、直ちに実験室に持ち帰り実験を行った。大腸菌群数はMPN法(LB-BGLB培地)、糞便性大腸菌群・連鎖球菌はメンブランフィルター法⁸⁾を用いて測定し、いずれも100ml当たりの菌数に換算した。糞便性大腸菌群はFC培地(44.5±0.2℃)で24時間培養後、フィルター上に形成された光沢のある青色のコロニーを計測した。糞便性連鎖球菌はエンテロコッカス培地(36±1℃)で48時間培養後、フィルター上に形成された光沢のある暗赤色のコロニーを計測した。ただし、径2mm以上のコロニーは光沢を有しない場合でも計測した。また、糞便性連鎖球菌の同定には連鎖球菌同定キット「ストレプトグラム」(和光純薬工業社製)を用いた。また、同時に採水した試料はTOC、NH₄-N、PO₄⁻³イオン濃度を測定した。なお、TOCは全有機炭素測定器(島津製 TOC-5000)、NH₄-Nはインドールフェノール法、PO₄⁻³イオンはモリブデン酸青法⁹⁾で行った。

4. 実験結果と考察

4.1 清武川における大腸菌群汚染

Fig. 2に清武川上流から下流の各採水ポイントにおける大腸菌群数の変化を示す。なお、図中のデータは各年における測定回数の平均値で示しており、大腸菌群数の環境基準は採水ポイント⑧から上流がAA類型、下流がA類型である。清武川最上流の採水ポイント(清幹の滝)①では、大腸菌群数の測定値が20～40MPN/100mLで、完全に環境基準値を満たしている。また、採水ポイント②も平均では環境基準値を満たしていた。しかし、採水ポイント③～⑧では、10³～10⁴ MPN/100mL程度の大腸菌群が測定され、類型AAの環境基準値を大幅に超えている。さらに、採水ポイント⑨⑩においても、A類型の環境基準値を大幅に越えた値となっている。図に示すように、1998年は1999年に比べて全体的に大腸菌群数の測定値が高くなっている。この原因は、98年には降雨時のデータが多く含まれているためであり、降雨によって、地表面の土壤中などに生息する環境由来の大腸菌群や畜舎周辺の土壌が河川に流入したためと考えられる。さらに、清武川の下流に流れ込む支川の1つである岡川(採水ポイント⑨)の大腸菌群数が極めて高い値であることが明らかとなった。

Table-1に、各採水ポイントにおける糞便性連鎖球菌の同定結果を示す。糞便性連鎖球菌は糞便性大腸菌群と同様、温血動物の糞便中に存在し、大腸菌群と腸球菌が検出されると糞便による汚染

の確率が高く^{10, 11)}なる。糞便性連鎖球菌は大腸菌群よりも10¹～10² MPN/100mL少ないという欠点はあるが、水環境における生残性や消毒耐性が大腸菌群に比べてやや高く、さらに水環境における増殖の可能性が大腸

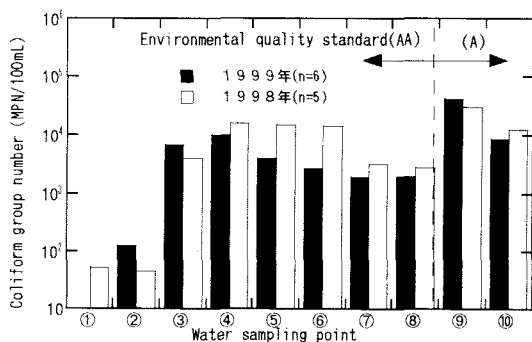


Fig.2 Coliform bacillus change of the water sampling point in Kiyotake River.

菌群よりも少ないことから、糞便性連鎖球菌や腸球菌はウイルスを含めた微生物汚染の指標¹²⁾としての可能性が高いとされている。採水ポイント①②では糞便性大腸菌群は検出されなかったが、採水ポイント③④からは、糞便性大腸菌群が検出された。その同定菌は、*Enterococcus faecium*, *Enterococcus avium*, *Enterococcus gallinarum*(ニワトリ由来の腸球菌)であった。これは採水ポイント②の下流部に養鶏場があることと、②から③の間には人口300人と牛100頭および豚70頭、採水ポイント④の上流には人口880人と牛220頭および豚240頭が飼育されていることから、これらの影響だと考えられる。採水ポイント⑤の支川井倉川には人口約6300人、570頭の牛が飼育されており、この場所では *Enterococcus faecium*, *Enterococcus avium*, *Enterococcus gallinarum*以外に *Enterococcus casseliflavus*が同定された。さらに、下流⑥の採水ポイントでは、*Enterococcus avium*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*などいずれも人・動物の糞便に由来する連鎖球菌が同定された。このように、採水ポイント②の上流部では糞便に由来する糞便性連鎖球菌は確認されなかったが、下流の方では、人、家畜の影響により、人・動物の糞便に由来する糞便性連鎖球菌が河川水中で同定された。

Fig. 3に清武川の各採水ポイントにおける水質変化を示す。採水ポイント①、②では、TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} イオン濃度がそれぞれ0.5、0.02、0.05mg/Lであり、ほとんど人為汚染を受けていないことが分かる。一方、採水ポイント③以降では、大腸菌群の増加と共にTOC濃度が1mg/Lに増加している。特に、採水ポイント⑨でのTOC濃度は2mg/Lと他と比較して約2倍となり、 $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} イオン濃度も高くなっている。このことから、この排水路に家庭排水が流入し、岡川(採水ポイント⑨)の水質を悪化させていることが示唆された。

Fig. 4, 5に清武川の採水ポイント⑨における大腸菌群と水質の経時変化を示す。この実験は2000年12月26日(月)に行ったものである。この採水ポイントでは、大腸菌群数

が1日中 $10^4 \sim 10^5$ MPN/100mLの値を検出し、14~16時、20~2時の間では 10^5 MPN/100mLの値が測定された。また、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌も同じ様なパターンを示している。水質は、Fig. 5に示すように、TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} イオン濃度は、大腸菌群数と同様に14~16時、20~2時の間で最大値を示しており、TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, PO_4^{3-} イオン濃度範囲はそれぞれ2.5~9.2、1.6~2.9、0.9~1.9mg/Lである。この値は平日(Fig.3)に比較すると非常に高い値である。しかし、年末のことを考えると、昼間に大掃除が行なわれたり、

Table-1 Fecal streptococci detected at sampling point

Sampling point	Coliform bacilli
①	not detected
②	not detected
③	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>E. avium</i>
④	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>E. faecalis</i> · <i>E. casseliflavus</i>
⑤	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>E. faecalis</i> · <i>E. casseliflavus</i>
⑥	<i>E. faecium</i> · <i>E. casseliflavus</i>
⑦	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>E. casseliflavus</i>
⑧	<i>E. faecium</i> · <i>E. casseliflavus</i>
⑨	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>E. faecalis</i>
⑩	<i>E. faecium</i> · <i>E. gallinarum</i> · <i>L. lactis</i>

E: *Enterococcus*, L: *Lactococcus*

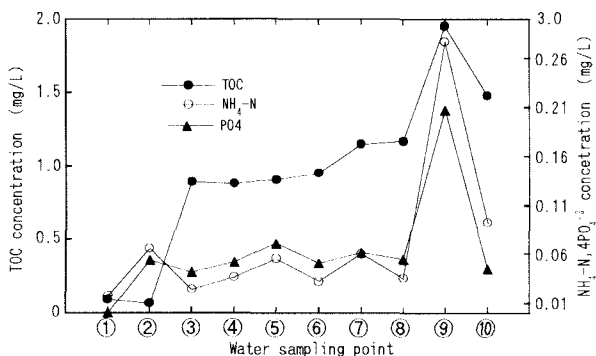


Fig.3 Water quality change of each water sampling point in Kiyotake river

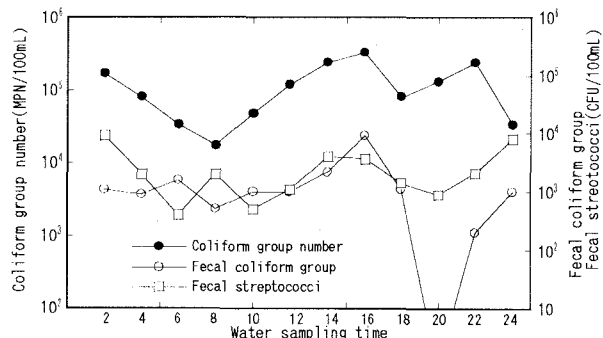


Fig.4 Change of coliform bacillus at sampling point ⑨

深夜遅くまで生活活動をしているために、TOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ イオン濃度が高くなった推察できる。このように、大腸菌群数と各水質が14～16時と夜の24～2時の間にピークを示していることは、大腸菌群汚染、水質汚濁が生活排水に起因していることを示唆している。また、大腸菌群汚染が人間の生活と密着に関係しており、時間的変動と共に季節変動、曜日による変動も受けることを示す。

Fig. 6、7に雨天時と晴天時における各採水ポイントの大腸菌群数の変化を示す。雨天時の河川水はわずかに茶褐色を呈しており、大腸菌群数の測定は、採水試料をそのままの状態希釈して測定した。採水は冬期（1月）に行ったものであり、雨量は夏期に比べて少なく、河川水量も夏の半分程度であった。雨天時（Fig.7）には、採水ポイント④⑤⑨⑩の大腸菌群数が多く、採水ポイント⑩では年平均大腸菌群数（Fig. 2）の2.5倍程度となっている。採水ポイント⑨では、年平均大腸菌群数より低下している。これは前日から降雨が続いており、排水路流量が降雨のために増加したためである。晴天時（Fig.7）の場合、採水ポイント④⑨の大腸菌群数が多く、その他の採水ポイントは低い値となっている。このことは、晴天時の大腸菌群汚染が人間由来であることが考えられる。また、採水ポイント⑨⑩では、晴天、雨天にかかわらず糞便性大腸菌群が500～9,000CFU/100mL検出されており、人間由来の大腸菌群が河川に流入していることを示している。

Fig. 8に清武川の上梓橋上流側（採水ポイント⑩）における大腸菌群数の経時変化を示す。図から明らかなように、採水ポイント⑩（清武川下流部）では、大腸菌群数が $8 \times 10^3 \sim 3.3 \times 10^4$ MPN/100mL測定された。また、大腸菌群が一日中環境基準値を上回っており、午前中（6～10時）と夜中（22～24時）にピークを示している。さらに、常時糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌が検

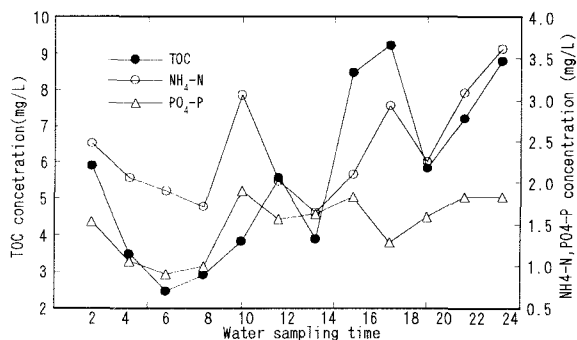


Fig.5 Change of water quality at sampling point⑨

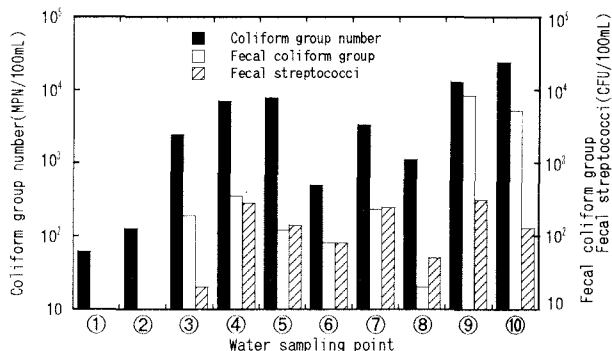


Fig.6 Coliform bacillus change of Kiyotake river in rainy weather

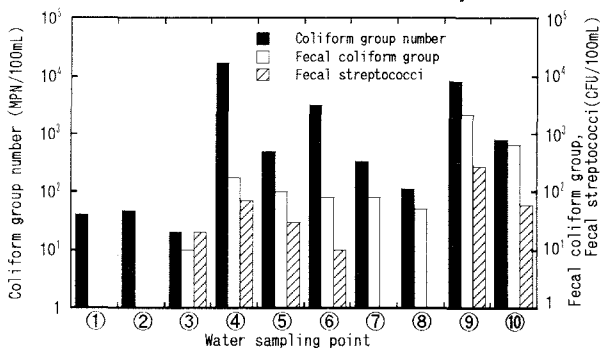


Fig.7 Coliform bacillus change of Kiyotake river in fair weather

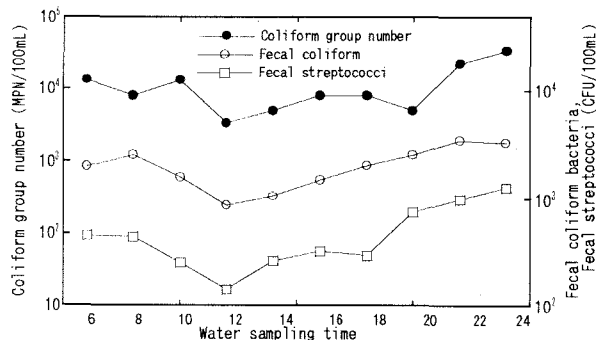


Fig.8 Change of a coliform bacillus versus time in the Kiyotake river's Joushi bridge.

出され、尿尿に汚染されていることが分かった。以上のように、清武下流部での実測大腸菌群パターンが人間の生活パターンに近いグラフであることから、清武川の大腸菌群汚染は人間由来の可能性が高いと考えられる。

4.2 支川岡川における大腸菌群汚染

清武川の各採水ポイントにおける大腸菌群汚染が一番ひどかった場所は採水ポイント⑨の岡川であった。以下、この場所（岡川）の大腸菌群汚染について検討する。 Fig. 9 に支川岡川における各採水ポイントの大腸菌群数の変化を示す。大腸菌群数は、採水ポイント b, f, h, ⑨での大腸菌群数が 10^4 MPN/100mL 以上の値が検出され、採水ポイント h では、大腸菌群数、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌がそれぞれ 10^5 MPN/100mL、 3×10^4 、 1.5×10^4 CFU/100mL 検出された。採水ポイント b の上流には大久保集落（人口 600 人）があり、f は、祝田川で、この川に生活排水が流れ込んでおり、この地区の人口は 1200 人、h は清武町中心部（人口 3300 人）の都市排水路となっている。各採水ポイントでの糞便性大腸菌群と糞便性連鎖球菌は大腸菌群数と同じパターンを示している。特に、採水ポイント h では、糞便性大腸菌群と糞便性連鎖球菌が 10^4 MPN/100mL 検出された。そこで、糞便性連鎖球菌の同定を行った結果、*Enterococcus.faecium*, *Enterococcus.avium* が同定された。この地区には家畜が飼育されていないことから、このポイントでの大腸菌群汚染源は人間由来の尿尿汚染であることが判明した。したがって、岡川の大腸菌群汚染は生活排水に由来すると考えられる。採水ポイント a, c は採水から上流がほとんど農地であるため、大腸菌群数は低くなっている。しかし、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌が $20 \sim 450$ CFU/100mL 検出されており、し尿に汚染されていることが分かる。

Fig. 10 に岡川の採水ポイント h における平日（2月7日（月））の大腸菌群数の経時変化を示す。大腸菌群数は 10^5 MPN/100mL の値を示し、午前中（10 時）と夜中（22～24 時）の 2 つのピークを示している。また、糞便性大腸菌群と糞便性連鎖球菌も同じパターンを示し、 $10^3 \sim 10^4$ MPN/100mL の値となっている。この採水ポイント h は清武町中心部の都市排水路であり、周辺住宅の生活雑排水と浄化槽の処理水が流入している。そのために、人間の生活活動と同じような大腸菌群ピークを示しており、これは夕方から夜にかけて各家庭から多量の生活排水（風呂、洗濯時の水）が浄化槽に流入し、処理に必要な滞留時間を確保できないまま浄化槽から排出されている

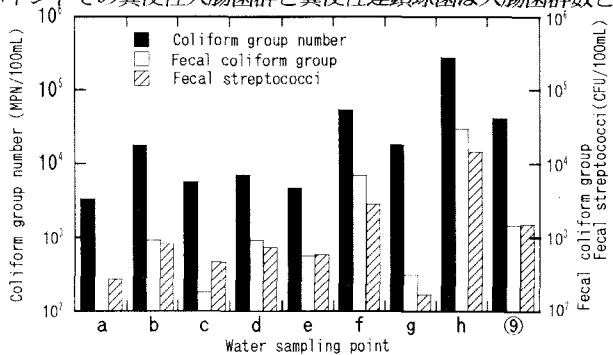


Fig.9 Coliform bacillus of the water sampling point in Oka river

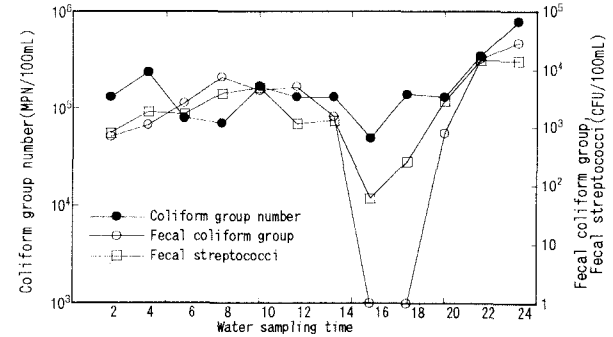


Fig.10 Change of a coliform bacillus versus time in the each water sampling point of the Oka river(h)

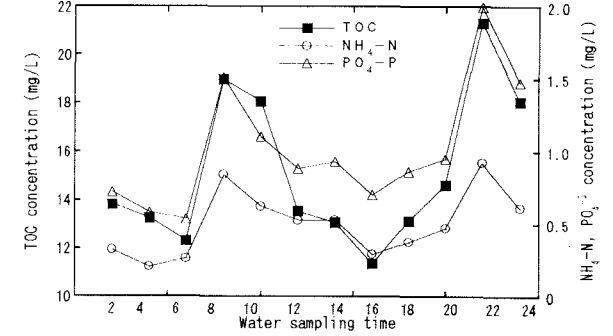


Fig.11 Water quality change of Oka river(h)

のが原因と考えられる。以上のように、平日の地方都市部における生活排水中の大腸菌群は深夜に最も多く河川に排出されることがかった。また、この排水路から常時 10^5 MPN/100mL 前後の大腸菌群数が検出されたことから、この地区の浄化槽の維持管理に問題があるか、あるいは処理能力を超えた生活排水が浄化槽に流入していると考えられる。

Fig. 1 1に採水ポイントhにおける水質の経時変化を示す。TOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 PO_4^{3-} イオン濃度は午前8～10時と夜中の22～24時の間にピークがあることが分かる。特に、TOC濃度は常に10 mg/L以上の値を示し、ピーク時には19～22mg/Lと高濃度であった。これらの値は、実験室に持ち帰った試料を振とう後、30分間静置後のTOC濃度を測定したが、沈殿しない懸濁物質が含まれていたためである。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 PO_4^{3-} イオン濃度も0.5 mg/L以上であり、この値はTOC濃度と相関関係にあることがわかる。この採水ポイントhは清武町中心地の住宅街から排水されている生活排水であるため、人間の生活活動時間と関連した朝、夜の時間帯に大腸菌群のピークがあるグラフになると予想されたが、深夜の時間帯に大きなピークがあるグラフとなった。

4.3 非特定汚染源に由来する大腸菌群

大腸菌群は主に人や温血動物の腸内に寄生する菌であるが、土壌など広く自然界に生息する細菌も含まれる。したがって、降雨時には、道路や畑地などの土壌が洗い流されて河川に流入し大腸菌群数が増加する。そこで、岡川の大腸菌群汚染に、畑地、川原の土壌中の大腸菌群が関与するかを検討するために、各土壌中の大腸菌群を測定した。

Table-2 に岡川沿いの川原の土壌を採取し、大腸菌群数を測定した結果を示す。河原の土壌中には多数の大腸菌群数と土壌の採土場所により糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌が存在することがわかった。さらに、Table-3 に畑地土壌中の大腸菌群数を示す。畑地土壌中の大腸菌群数は $10^3 \sim 10^5$ MPN/乾

Table-2 Coliform bacills in dry riverbed per gram

Sampling point	a	b	c	d	e	f	h
Coliform group number	1000	34000	5800	24000	38000	17000	4000
Fecal coliform group	0	1290	1350	2200	4840	0	0
Fecal streptococci	0	2150	0	0	2420	0	0

Table-3 Coliform bacills in a cultivated field per gram

Sampling point	a	b	c	d	e	f	h	⑨
Coliform group number	10000	1.8×10^5	4700	7000	73000	9000	20000	9000
Fecal coliform group	0	0	0	0	0	0	0	0
Fecal streptococci	0	0	0	0	4320	0	0	0

土1gと幅が大きいが、糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌は採水ポイントeを除いて全く検出されなかった。これは、土壌の採取期間が冬季であり、この時期は、畑地が休耕状態であったため、ほとんど畑地に堆肥などの肥料が施肥されなかったことによると考えられる。このように、冬季においては、河原、畑地土壌中の大腸菌群は河川の汚染源になりにくいと考えられ、冬季の河川における大腸菌群汚染源は各家庭からの生活排水に由来することが明らかとなった。以上のように、河原や畑地土壌中には多数の大腸菌群が確認されたが、畑地では糞便性大腸菌群、糞便性連鎖球菌はほとんど確認されなかった。このことから、環境基準における大腸菌群数は、大腸菌群数が多いから、即糞便に汚染されていると言い難い。よって、水環境における糞便汚染を考える場合には糞便性大腸菌群の測定が現実的だと考えられる。

5. おわりに

本論文では、清武川の源流から下流の清武町までの大腸菌群を調査、測定した結果、上流域の源流では、環境基準の類型AAを完全に満たしていたが、中流域では環境基準を大きく超えていることがわかった。また、大腸菌群汚染が人間、家畜、自然由来のどれに相当するかは判明できなかったが、以下のような結果が得られた。①清武川の大腸菌群は季節的に変動し、晴天時よりも降雨時の大腸菌群数が多いことが判明した。これは非特定汚染源である道路、農地、河原の土壌に起因することが分かった。②清武川下流に注ぐ支川岡川の大腸菌群数が極めて高く、岡川の大腸菌群汚染は生活排水が原因であることが判明した。③雨量が少ない

冬季における大腸菌群汚染は、大腸菌群数、生活排水の経時変化から、生活排水由来の大腸菌群数であることが予測された。④清武川の大腸菌群汚染経緯から、河川の大腸菌汚染は生活排水に起因することが示唆された。河川の大腸菌群汚染状況を把握するには、汚染源から河川への流入経路が複雑多岐であること、時間的変動が大きく、気象・環境条件の影響を受けやすいため、今後、継続した調査・研究を続行する。さらに、都市排水路の大腸菌群汚染については、財団法人日本環境整備教育センターの研究助成の一環として実施中である。最後に、本研究に対して多大のご協力を頂いた本学卒業生の野原正象、城市浩司両氏に衷心より謝意を表する。なお、本研究の一部は参考文献 13、14)において一部発表済みである。

参考文献

- 1)平成 11 年度の下水道普及率、污水处理施設整備率；建設省都市局下水道公共下水道課、日本下水道協会誌、Vol.37,No.456,pp53～79,(10)2000
- 2)平成 12 年度 浄化槽行政組織など調査結果 環境庁
- 3)九州地方建設局水文・水質 DB 流量年統計、2000
- 4)宮崎市「河川をきれいにするために」(平成 10 年度版)
- 5)宮崎市「環境時報」(平成 10 年度版)
- 6)九州農政局宮崎統計情報事務所「宮崎県畜産統計」(平成 11 年 11 月)
- 7)宮崎県農政水産部畜産課「宮崎の畜産」(1998)
- 8)日本下水道協会「下水道試験法」(1997)
- 9)日本分析化学会北海道支部「水の分析」(1997 年)
- 10)微生物生態研究会；芦立德厚、微生物の生態 5「水質汚染における衛生学的指標細菌」、共立出版、1987
- 11)都留 信也；微生物とその応用⑥環境と微生物、共立出版、1979 年
- 12)金子光美；水質衛生学、技報堂出版、1999 年
- 13)長友総一郎、増田純雄；河川の大腸菌群汚染に関する基礎的研究、平成 11 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 II、2000、3
- 14)城市浩司、増田純雄、Mohd Fauzi Bin Abudul Aziz；都市排水路における大腸菌汚染に関する調査研究、平成 12 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 II、2001、3