

# 江津湖・加勢川水系および木山川水系における水温変化と *Aeromonas* 属細菌および大腸菌群の分布

浅川 牧夫\*・開田 耕\*\*

## Variations in Water Temperature and Population of *Aeromonas* and Coliform Bacteria in Ezuko Lake, Kasegawa River, and Kiyamagawa River

Makio ASAKAWA\* and Kou HIRAKIDA\*\*

(Received September 1, 1997)

*Aeromonas* and Coliform bacteria are commonly found in the aquatic environment and have been associated with various infections in humans and other animals. These organisms have been isolated from a variety of sources including wild and domestic animals, diarrhetic and asymptomatic humans as well as drinking water and various foods.

For examination of the water pollution in Ezuko Lake, Kasegawa River, and Kiyamagawa River in Kumamoto City, a two year-long survey from April 1994 to March 1996 was conducted in eighteen stations set up in these areas. Water samples were collected at monthly intervals from each of the stations and subjected to various bacteriological analyses within a day. Variations in population of total viable bacteria, *Aeromonas* group and Coliform group were monitored with water temperature at each station.

The water temperature in the upper stream with spring spots of Ezuko Lake was at 18 to 20°C throughout the period of the examination, whereas in the lower region the variation of water temperature was closely affected by the atmospheric temperature and the difference between winter and summer was about 15°C with the range from 13 to 28°C.

Seasonal variation in population of total viable bacteria was not clearly observed in the stations except the stations in the lower region of Ezuko Lake; in these areas the seasonal variations occurred about two times between winter and summer. The densities of *Aeromonas* and Coliform groups were at a high level throughout the year in the water samples from Shokeborigawa River and Kengungawa River, which are tributary streams of Kasegawa River, and from Akitsugawa River, which sheds into Kiyamagawa River. Especially in summer, populations of these bacteria examined were higher in the upper stream rather than in the middle area of Ezuko Lake.

The results from the present study showed that high densities of *Aeromonas* and Coliform groups in the domestic effluents from the branch streams shed into Ezuko Lake are responsible for water pollution in the areas monitored.

**Key words:** water pollution, Ezuko Lake, *Aeromonas*, coliforms, aquatic environment

### 1 はじめに

江津湖は加勢川の膨張湖であり, 上流の湧水域から下江津湖下流域の約 5km の水域の中に, 河

\* 熊本大学教育学部家政教育 食物学研究室: 〒 860 熊本市黒髪 2-40-1

\*\* 熊本市立田迎南小学校

川としての性格を凝縮した流れやよどみが随所に見られる。上江津湖上流域から下江津湖下流域に至る周辺には公園や遊歩道が完備され、自然環境が比較的良好に守られた状態にあり、親水公園として熊本市民の憩いの場となっている。

江津湖の湧水はかつては藻器堀川の流れを押し戻すほど豊かであったといわれる。しかし、昭和28年の熊本大水害を契機として、またその後の高度経済成長による都市化とそれに伴う家庭からの生活雑排水の流入による水質汚濁が原因で、江津湖の富栄養化が問題となってきた。最近では地下水位の低下と湧水量の減少などにより、ヘドロの堆積で水深が浅くなり、江津湖・加勢川水系全体の環境悪化が懸念されている。また、これらの環境の変化に伴って、汚染に強いテラピア、フルーギルあるいはブラックハスのような帰化魚や帰化植物が増えて、固有種のタナコ類などの水生生物の生態系の変遷も問題となってきている。

これら江津湖の環境保全対策として、昭和56年より水質保全の目標値の設定や江津湖水質環境管理計画が策定され、江津湖・加勢川水系の浚渫が行われてきた。熊本市は平成7年に「環境保全都市宣言」を発表し、熊本の地下水や江津湖・加勢川水系などの環境保全に取り組んできている。<sup>1)</sup>

これまで江津湖・加勢川水系の水質汚染と細菌との関係について、水系全体を対象とした長期的な微生物モニタリングは全く行われていない。そこで1993年夏期の調査結果<sup>2)</sup>をふまえ、本研究においては、江津湖・加勢川水系のほかに木山川水系の河川を対象に加え、各水域の水温変化と一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌の分布について2年間にわたる調査・研究を行った。

## 2 実験方法

### 2-1 採水

採水地点は図1の通りである。調査水域の水前寺公園から下江津湖下流域に至るまでの約5kmの水域を、一般河川の上流部（湧水域）、中流部（上江津湖付近）および下流部（下江津湖以降）として対比させると共に、秋津川、木山川および矢形川の3河川を調査対象に加えて合計18ヶ所の採水地点を設け、1994年4月から1996年3月までの2カ年間にわたり月毎の調査を行った。採水は極端な降雨による影響を避けて天候の安定した日の午前中に行った。採水した試料水は滅菌したサンプル瓶に保存し、氷冷して実験室に持ち帰った。

### 2-2 水温、気温および降水量

本研究では、毎月採水時に各採水地点の気温と水温を測定した。なお、調査期間中の熊本市の気温および降水量は熊本地方気象台（熊本市）の観測結果を使用した。

### 2-3 細菌数の測定

細菌数測定に際しては、予想細菌数に応じて滅菌生理食塩水で試料水を10倍段階に希釈して使用した。一般細菌数および*Aeromonas* 属細菌数の測定は前報<sup>2)</sup>と同様に行った。大腸菌群細菌の検査は、テゾキシコレート寒天培地（ニッスイ製）を用いる重層平板培養法（35°C、24時間培養）により行った。なお、細菌数は試料水1ml当たりの生菌数（colony forming unit, cfu/ml）として示した。

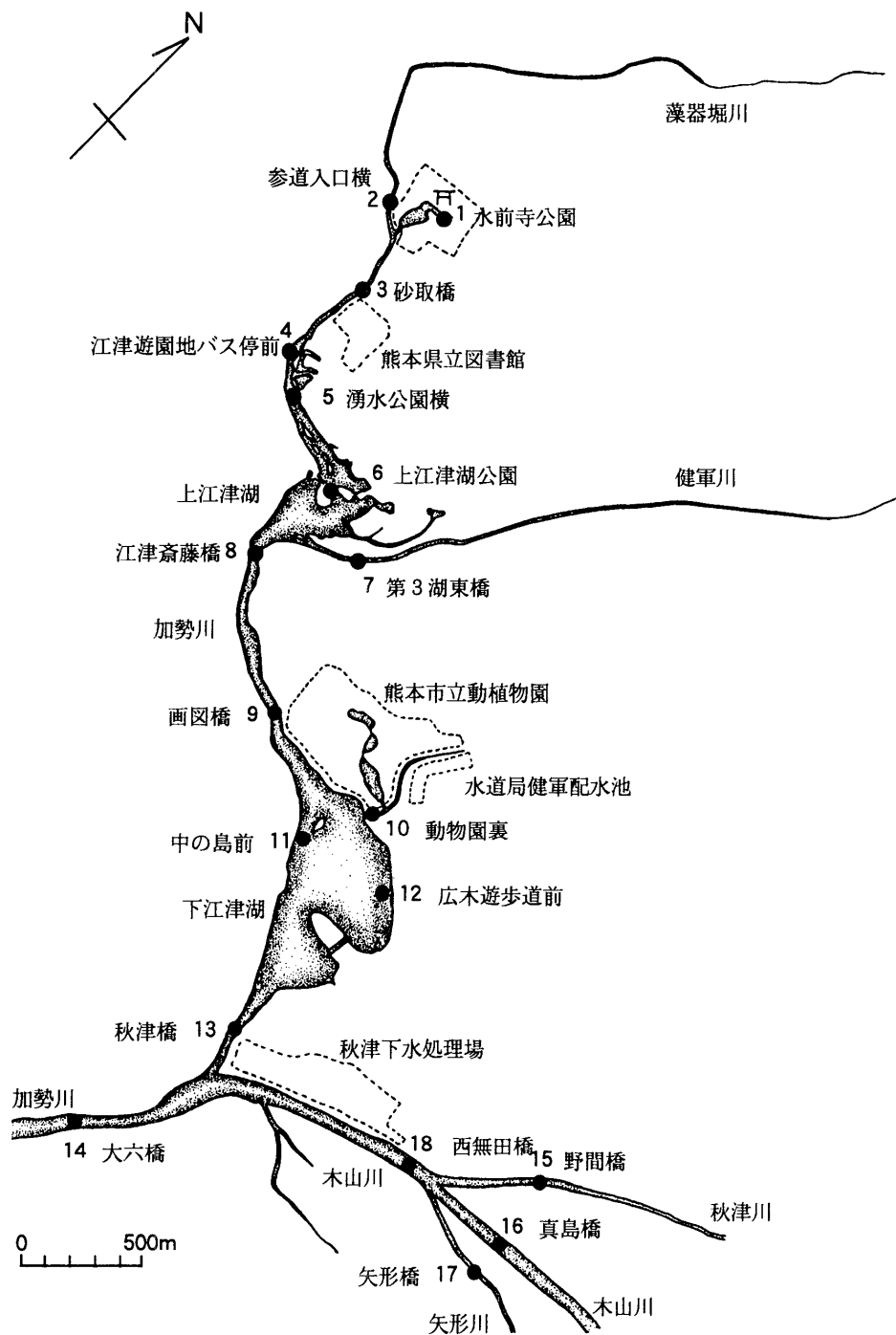


図1 江津湖・加勢川水系および木山川水系の採水地点

### 3 結果および考察

#### 3-1 調査水域の現況

今回調査した江津湖・加勢川水系は、阿蘇西麓台地の末端に位置し、県下で有数の湧水群を形成している。江津湖は、河川膨張湖で周囲約 6km、水面積約 50ha あり、上江津湖と下江津湖に分かれていて、全体は中央がくびれたひょうたん型の湖である。この一帯は、古くは加勢川沿いに広がる湧水から成る沼沢地であったが、約 390 年前に加藤清正が沼沢地の西側に堤防（江津塘）を築き、現在の姿が作られたと言われている。<sup>3)</sup> 湖水の大部分は水前寺、砂取および神水の湧水、それに藻器堀川および健軍川の流水が注ぎ込んで湖を形成している。現在は水や緑の景観を活かし、親水機能を持った公園として市民の憩いの場として位置付けられている。

加勢川は水前寺公園内の湧水を源流とし、下江津湖で木山川と合流した後、緑川の中流域に注ぐ全長約 20.9km の一級河川である。加勢川は、生活環境の保全に関する環境基準によると、緑川の支流として全域が A 類型に指定されている。しかし、秋津橋 (St.13) より上流域は A 類型と評価されているが、これより下流域は平成 7 年度においてもこの基準を満たしていない。<sup>4)</sup>

##### 1) 上流部（湧水域）

St.1 の水前寺公園は正式には水前寺成趣園といい、かつて細川家の庭園で国指定の名勝である。公園全体が湧水域であり、スイゼンジノリ (*Aphanothece sacrum*) の自生地としても知られている<sup>3)</sup>。水前寺公園内の湧水池は近年水位の低下が著しく、水深も浅くなり湖底が現れているところも見られる。特に、夏期には微小藻類の増殖が見られ、水中や底部に浮遊物や堆積物がヘドロ状に認められるようになってきた。夏期には湧水対策として地下水の汲み上げによる補充が行われている。

St.2 (参道入口横) は藻器堀川 (6.3km) の最下流域に位置する。藻器堀川は御領や保田窪などの住宅地を流下し、水前寺公園裏で加勢川と合流している一級河川である。St.2 付近は公共下水道などの整備により調査初期の頃からみると濁りは減少しており、生活排水の流入が減っていると考えられる。しかし、降雨後には依然として大量の排水のため透明度が悪く、コイやフナなどの汚染に強い魚の生息が観察された。

St.3 (砂取橋) 付近の流れは周年清冽であったが、降雨時の藻器堀川の増水などにより、その流量や水質は大きく影響を受けた。最近では水質保全目標である BOD (生物化学的酸素要求量) 値 2mg/l 近くに改善されてきている。<sup>4)</sup>

St.4 (江津遊園地バス停前) および St.5 (湧水公園横) の採水点は、上流の湧水域にあって流量が増えて水深も深くなり、オイカワ、カワムツ、アブラハヤなどの群が多く観察された。St.3, St.4 および St.5 の流域には、ササバモやヒメバイカモなどの清流に繁茂する種類の水草が多く見られた。これより下流域では泥土の堆積や植物の繁茂により中州が発達していたが、調査終了後に大規模な浚渫が行われ、現在は消失している。

##### 2) 中流部（上江津湖水域）

St.6 (上江津湖公園) は上江津湖の中心部であり、左岸の砂取・神水地域は湧水域の一つを形成している。しかし、この上江津湖一帯には夏期にオオカナダグモやイバラモのような種類の水草が大量に発生し、腐敗した植物が湖底に堆積して淀みがひどく、調査期間中もたびたび濁りが見られた。水草の除去作業は定期的に行われているが、繁茂した水草の腐敗物やこれらの堆積物の増加は、一時的な除去では対処できないのが現状である。St.7 (第 3 湖東橋) は健軍川 (7km) の最

下流域に位置する。護岸工事により現在は排水路的な機能が強化され、水深も浅く水生生物も生育しにくい環境に変わった。また、雨後は短時間に多量の雨水や生活雑排水が流入し、下江津湖の水質汚染の要因となっている。St.8 (江津斎藤橋) から下流では急に川幅が狭くなり、流量が多く流れも速いが透明度が低いことが多かった。上江津湖水域から St.9 (画図橋) までは、昭和 59 年に設定された水質保全目標値 (BOD: 2mg/l 以下) を達成している。<sup>1)</sup>

### 3) 下流部 (下江津湖およびその下流域)

St.9 (画図橋) より下流は急に川幅が広くなると共に流れが緩やかになり、下江津湖を形成している。この St.8 と St.9 の間は川幅が狭く年間を通してかなりの程度の水量がみられた。St.10 (動物園裏) は健軍配水池および動物園からの排水が下江津湖に流入する地点であるが、流量は周年非常に少ない。夏期にはオイカワの群遊が見られた。

St.11 (中の島前) 付近は水流が停滞気味であり、見た目の汚れは採水地点の中で一番悪い状況であった。特に夏期にはオオカナダモなどが繁茂し、それらが腐敗するためにある種の臭気を感じることもあった。また、水草やプラスチック瓶などの雑多なゴミが着岸し、泡立ちが見られることもあった。St.12 (広木遊歩道前) 一帯は遠浅で、水草が波で打ち寄せられて溜まり、それらが腐敗して水質を悪化させていた。湖水の循環はあまり見られず、年間を通して濁った状態にあった。St.13 (秋津橋) から下流は川幅が急に狭くなり江津湖水域の水が集まり、流量が多くなると共に常時濁っている状況を呈していた。平成 7 年度の下江津湖左岸、同右岸および秋津橋の BOD の年平均値はそれぞれ 4.1mg/l、3.2mg/l および 3.3mg/l で、江津湖・加勢川水域の中で最も高い値を示している。<sup>1)</sup> St.14 (大六橋) は下江津湖と木山川 (16.5km) の合流点の下流域に位置していて、水量は豊富であるが、周年濁った状態であった。平成 7 年度の BOD 値は 1.6~6.7mg/l (平均 3.5mg/l) で目標値に達していない。<sup>1)</sup>

この下江津湖水域は、毎年 5 月から 9 月の日照が強くなる時期に、水温の上昇と並行して植物性プランクトンの増殖に由来するクロロフィル-a 値が急激に高くなり、これと連動して BOD 値の上昇も観察されている。<sup>1)</sup> そのため長年水質保全目標である BOD 値 2mg/l を達成できない状況にある。下江津湖の植物性プランクトンの増殖の要因は、栄養塩である窒素およびリンの量が、富栄養化のレベル (全窒素: 0.2mg/l、全リン: 0.02mg/l) の 5~10 倍以上の濃度で含まれていること、下江津湖の広がった部分において水の流れが極端に遅くなり長期間湖内に滞留することおよび表層部分が日光の照射を受け続けることが原因であると報告されている。<sup>1)</sup>

### 4) 木山川水系河川

St.15 (野間橋) の秋津川 (6.2km) の右岸は新興の住宅区域として急速に開発されてきており、左岸一帯は水田地帯となっている。本来水量が少ない川であるが、降雨後にはかなりの生活排水の流入がみられる。また、川底には一般ゴミやヘドロ状の堆積物がみられ、木山川水系の中で最も細菌数が多かった。

St.16 (真島橋) の木山川 (16.5km) は阿蘇郡西原村の山岳地に源を發し、東部の市街地近郊を流れ、加勢川に注ぐ一級河川である。水深が浅く砂状の川底であり、水田地帯を貫流しているため、しらかき時や梅雨時期に増水して濁ることが多かった。調査地点の中で水温は最も外気の影響を受けやすく、夏冬の温度変化が 15°C 以上と採水地点の中で一番大きかった。

St.17 (矢形橋) の矢形川 (13.7km) は、上益城郡御船町の山間部からの流水がそのまま流下して木山川と合流している。そのために流量が多く、水温は年間を通して比較的低くあまり変動しない。川底には石や水草が多く見られ、自然な姿が残っており魚影も濃く、水生生物にとって好ましい自然環境にある。

St.18 (西無田橋) は上記3河川が合流した地点に位置しており、流量も増えて川幅も広がって緩やかな流れとなる。平成7年度のBOD値は1.0~3.6mg/l (平均2.2mg/l) であった。<sup>1)</sup>

### 3-2 採水地点の気温と水温および降水量の関係

熊本は緯度から言えば温暖な地帯であるが、熊本市と有明海との間に金峰山系の山が連なるため、熊本市内は内陸盆地的気象条件となり寒暖の差が大きいのが特徴である。一般に、冬から春への移り変わりは早く、夏は比較的長いことが多い。夏の夕方は「肥後の夕風」といって蒸し暑い。

調査期間(1994年4月~1996年3月)における熊本市の平均気温および総降水量は図2に示す通りである。平均気温の変化は平年と同様な傾向であったが、降水量に関しては平成6年は小雨であり、平成7年と大きな違いが見られた。

採水地点毎の水温の変化を図3および図4に示す。調査期間中の採水当日の気温変化は、図3Aに示すように熊本市の平均気温と類似していたが、6月と9月の採水時に気温の低下があり、この影響は流入河川、下江津湖および木山川水系河川の水温変化として認められた。

上流部の湧水域(St.1, St.3~St.5)は、加勢川水系の中でも最も湧水量が豊富で水量が安定している。従って気温の影響を受け難いことから、水温が年間を通して最も安定し、ほぼ一定の水温(18~20°C)を示した(図3B)。

中流域の上江津湖水域(St.6, St.8, St.9)では気温の影響により水温の変化がはっきりと現れはじめ、年間を通して5~6°Cの差が見られた(図3C)。

下流部の下江津湖水域(St.11~St.14)では、気温の変化とともに水温が直接的に影響を受ける結果が得られた(図3D)。特に湖水の停滞が見られるSt.11やSt.12などの採水地点では、夏期と冬期の水温差が15~16°C近くもあった。なお、これらの水域では雨期(6月)と秋期(9月)に水温の低下がはっきりと認められた。

江津湖へ流入する藻器堀川や健軍川においては、普段流量が少ないため気温の影響が大きく現れ、夏期と冬期で約8~10°Cの温度差が見られた(図4A)。

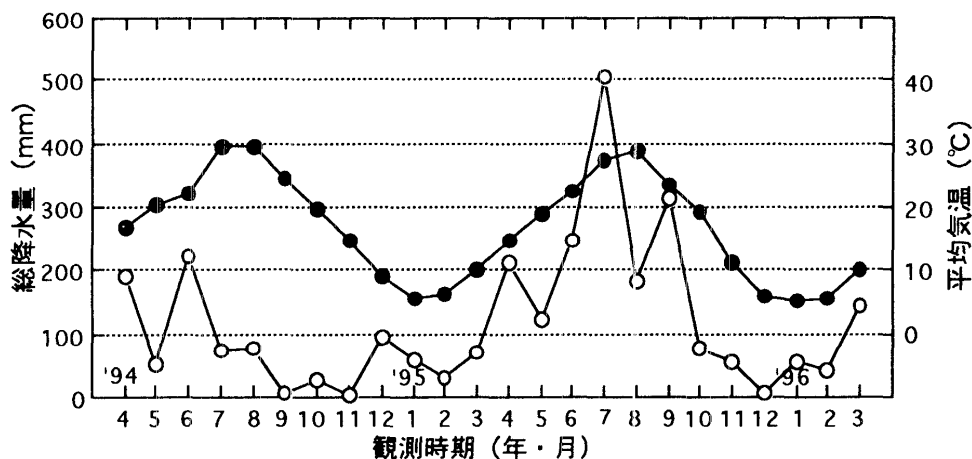


図2 調査期間中の熊本市の平均気温および総降水量

—○—, 総降水量; —●—, 平均気温

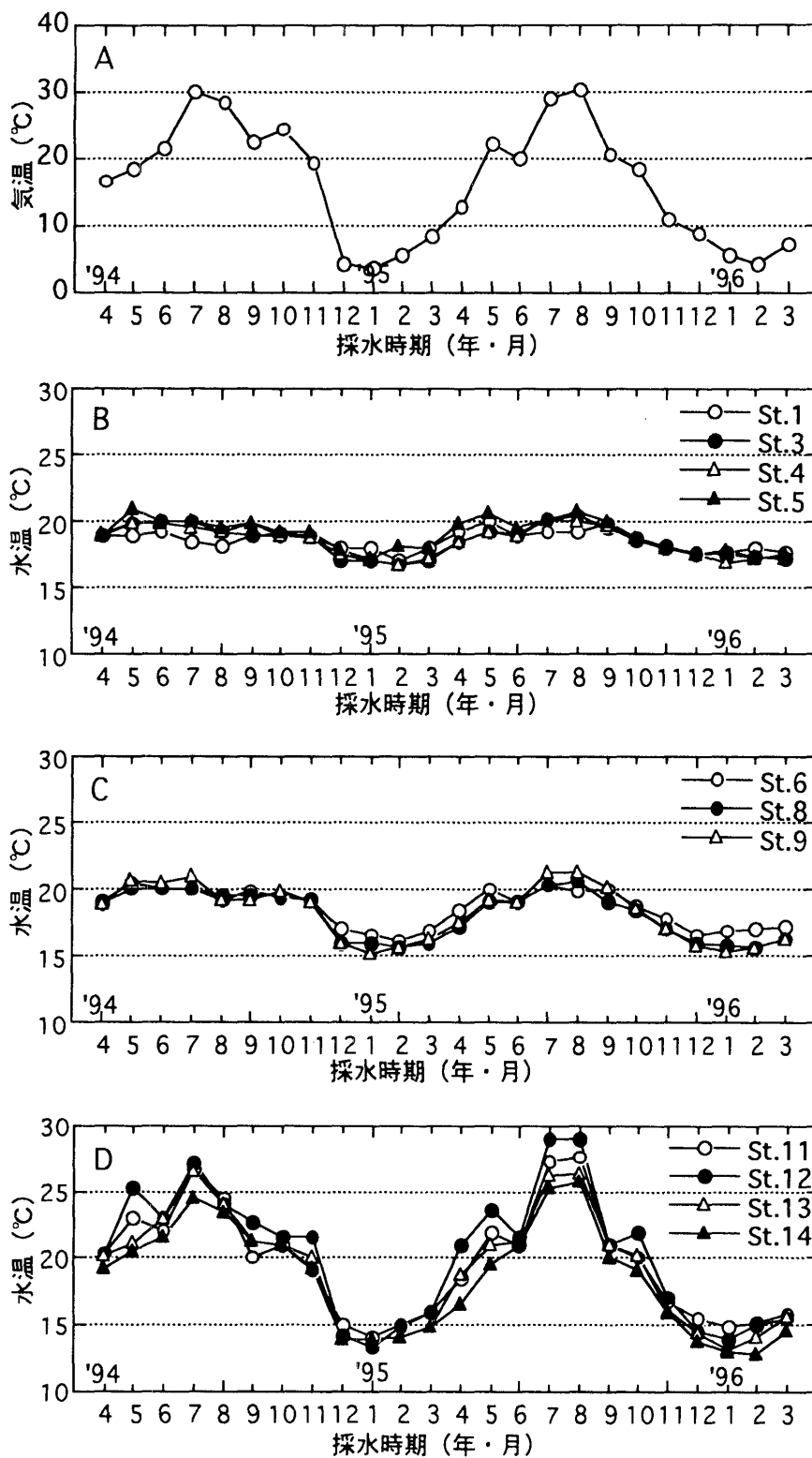


図3 採水日の気温と江津湖湧水域、上江津湖および下江津湖の水温変化  
 A, 採水日の気温; B, 湧水域; C, 上江津湖; D, 下江津湖

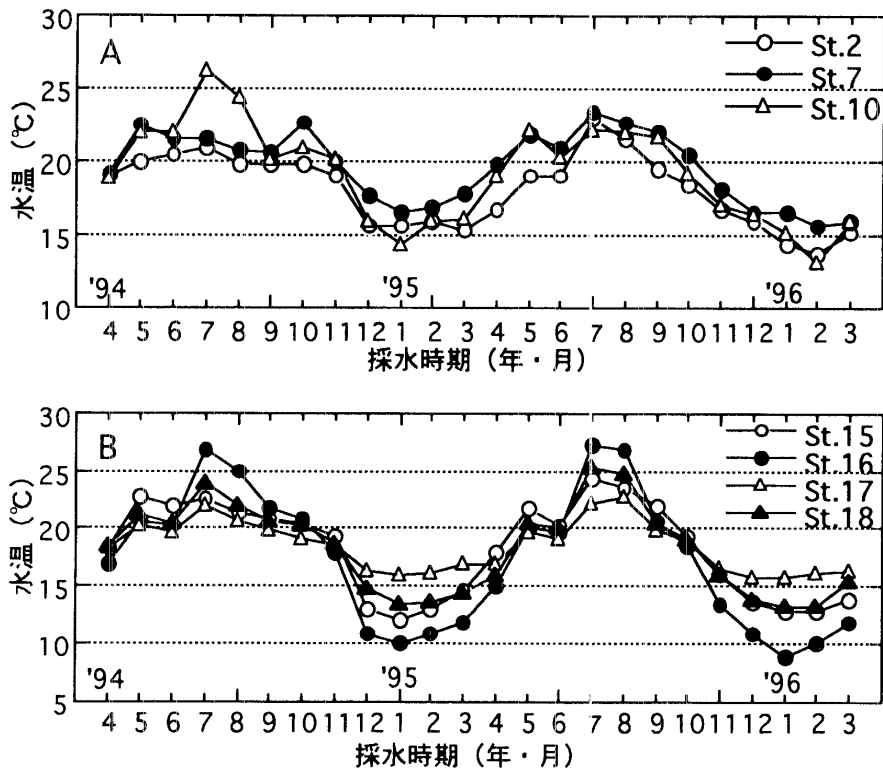


図4 江津湖への流入河川および木山川水系河川の水温変化  
A, 江津湖への流入河川; B, 木山川水系河川

下江津湖の下流域で加勢川に合流する木山川水系河川の水温は、図4Bに示すように気温の影響を大きく受けることが明らかになった。すなわち、各河川の特徴（流量、水深、川幅など）がそのまま水温の変化に反映し、年間の水温差は秋津川（St.15）では10～12℃、川幅が広く水深の浅い赤井川（St.16）では、気温の影響を強く受け採水地点の中では最高の17～18℃であった。また、川幅が狭く流量の多い矢形川（St.17）では約7℃の差しか認められなかった。

図3および図4に示すように、江津湖・加勢川水系の上流部、中流部、下流部および木山川水系河川の各水域で、特徴的な水温の年間変化を明らかにすることができた。このような各水域の特徴ある水温の周年変化は、それぞれの水域の生物相に大きな影響を与えているものと思われた。

### 3-3 調査水域における細菌数の分布

図5に夏期（1995年7月）および冬期（1996年1月）における採水地点別の細菌数について示す。江津湖への流入河川（St.2, St.7, St.10）および木山川水系河川（St.15～St.18）を除いた江津湖の各水域において、全般的に各細菌数とも夏が多く冬が少ない傾向にあった。夏期の一般細菌数および *Aeromonas* 属細菌数はそれぞれ  $1.4 \times 10^4$  cfu/ml および  $7.2 \times 10^2$  cfu/ml で、冬期の約2倍程度であった。大腸菌群細菌数については、夏期は  $2.2 \times 10^2$  cfu/ml で、冬期 ( $6.2 \times 10^1$  cfu/ml) の約4倍程度多かった。

流入河川である藻器堀川（St.2）および健軍川（St.7）の各細菌数は、夏冬に関わらず他の江津湖水域より多く、一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌数は、それぞれ  $6.5 \times 10^4$  cfu/ml、 $3.8 \times 10^3$  cfu/ml および  $2.2 \times 10^3$  cfu/ml であった。また、夏期において水温の年変化の少ない



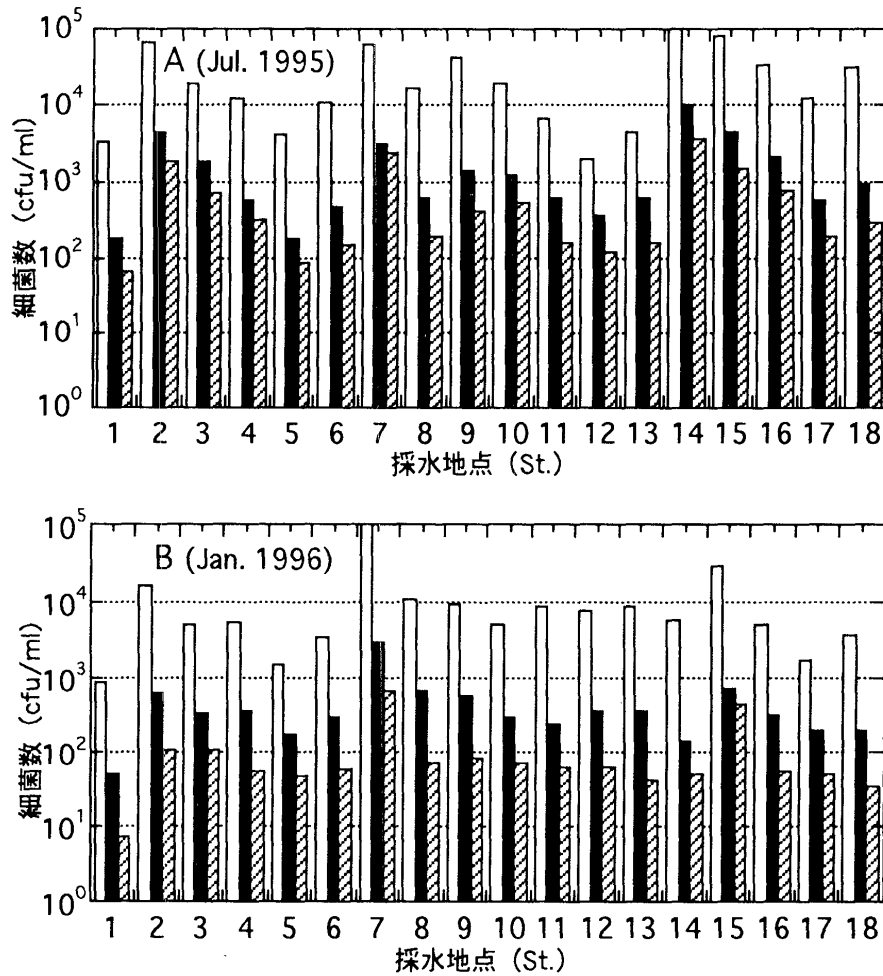


図5 夏期および冬期における各採水地点の最近数  
 □, 一般細菌; ■, *Aeromonas*属細菌; ▨, 大腸菌群細菌

清冽な湧水域 (St.3~St.5) の上流部ほど各細菌数が多いことから、流入河川からの生活排水が下流域を汚染していることが明らかになった。この傾向は健軍川についても認められた。

木山川水系については、3河川の合流域である西無田橋 (St.18) より上流域の各河川の細菌数は多く、木山川本流もこれらの流入河川、特に秋津川からの生活排水によって汚染されていることが明らかになった。

次に、全採水地点の中から代表的な上流湧水域 (St.4)、中流域 (St.8) および下流域 (St.13, St.14) の月毎の細菌数の変化を図6に、また藻器堀川 (St.2)、健軍川 (St.7) および秋津川 (St.15) のそれを図7に示す。

藻器堀川 (St.2)、大六橋 (St.14) や木山川 (St.16) のように、季節的な変動が明瞭に認められた水域もあったが、流入河川 (St.2, St.7, St.10) および木山川水系河川を除いた江津湖の各水域においては、各細菌数に変動 (2~3倍の範囲) はあるものの夏冬ともほぼ一定のレベルで推移し、夏冬間の明瞭な増減は認められなかった。

*Aeromonas* 属細菌数については藻器堀川 (St.2)、下江津湖下流の大六橋 (St.14)、秋津川 (St.15) などで夏期 ( $5\sim9\times 10^3$  cfu/ml) に多い傾向にあり、これらの汚染の進んだ水域では、比較的

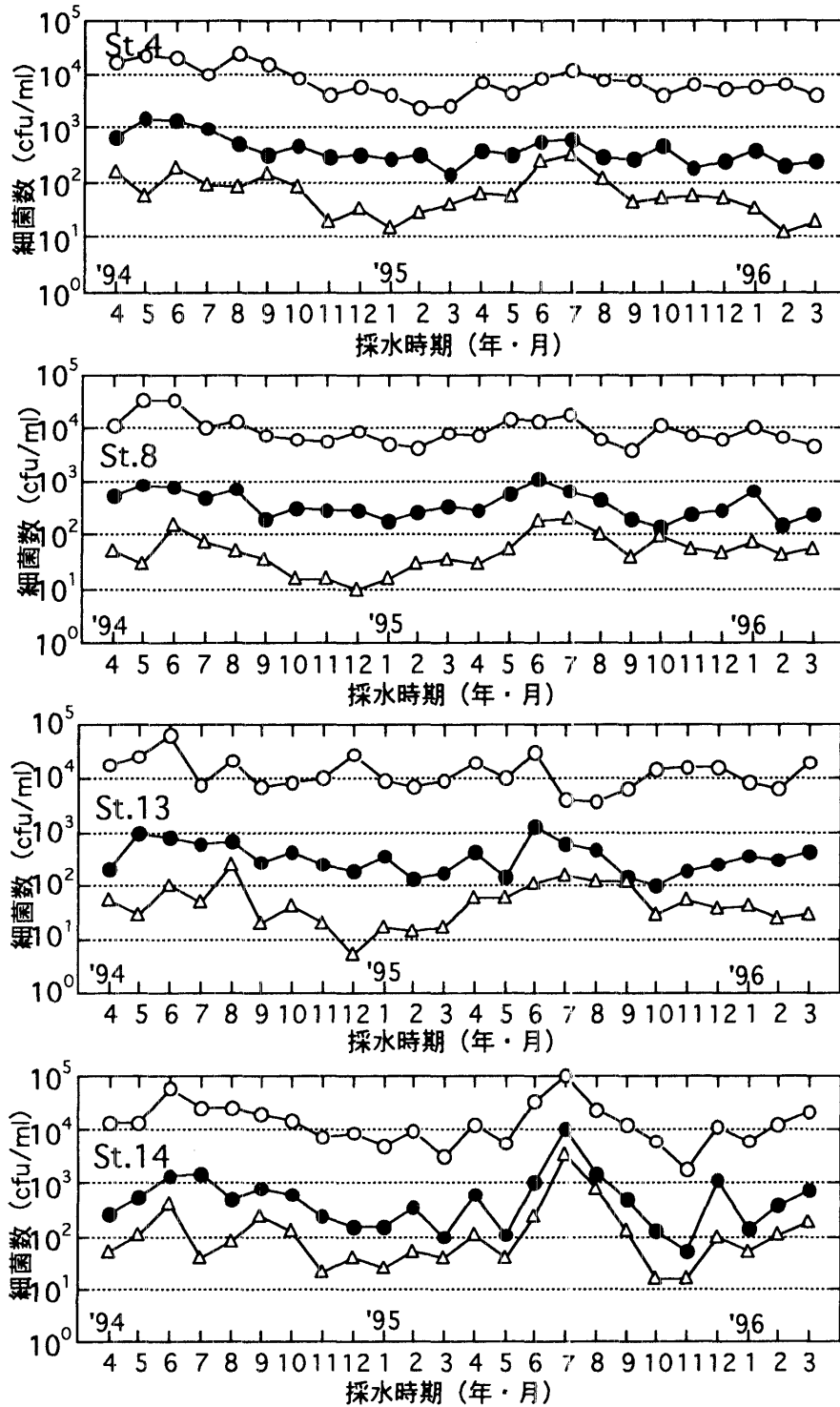


図6 湧水域、上江津湖及び下江津各水域の細菌数  
 ○—, 一般細菌; ●—, *Aeromonas*属細菌; △—, 大腸菌群細菌

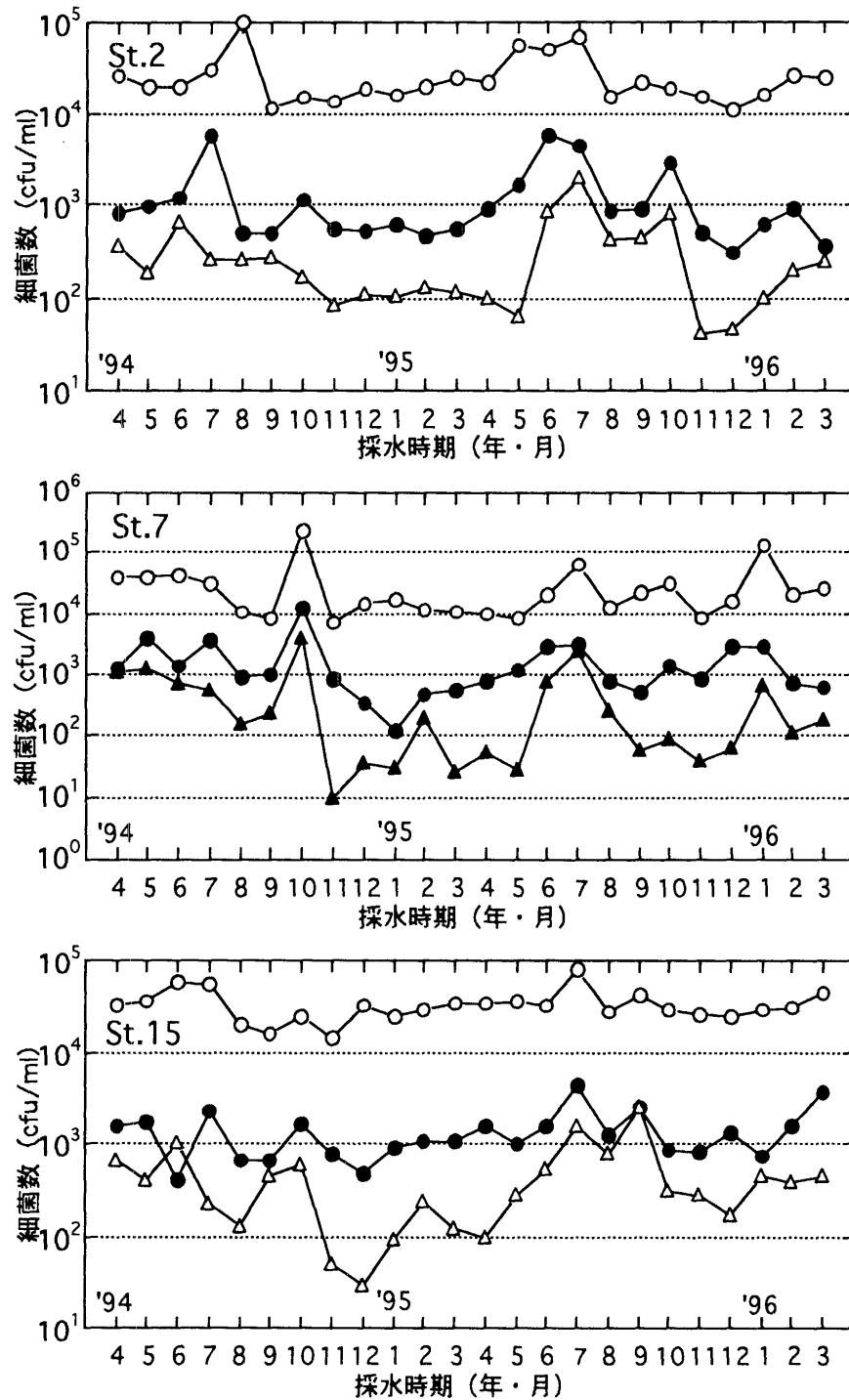


図7 藻器堀川, 健軍川および秋津川水域の細菌数  
 ○, 一般細菌; ●, *Aeromonas*属細菌; △, 大腸菌群細菌

はっきりと季節的な変動が観察された。大腸菌群細菌数については各水域で *Aeromonas* 属細菌よりも季節的な変動が認められた。

流入河川 (St.2, St.7, St.10, St.15) については、梅雨時に生活排水を含んだ多量の雨水が流入することによって細菌の増加が認められた。

代表的な採水地点の年間を通じた細菌数の変化を見ると、一般細菌と *Aeromonas* 属細菌とは、年間を通して水温の変化が少ない上流部では細菌数の変動が小さく、大腸菌群細菌はかなり広い水域で変動が認められた。一方、年間の水温の差が大きくなる下流域 (St.13, St.14) ほど、各細菌数の変動が大きいことが明らかになった。

以下に各採水地点毎の細菌数に関して述べる。

#### 1) 上流部 (湧水域)

St.1 の水前寺公園池の調査期間を通しての生菌数は、一般細菌数 (月平均  $1.2 \times 10^3$  cfu/ml)、*Aeromonas* 属細菌数 ( $2.5 \times 10^2$  cfu/ml) および大腸菌群細菌数 ( $1.1 \times 10^1$  cfu/ml) とともに、全採水地点の中で最も少なく、生活排水の流入のない水前寺公園池は、非常に優れた水質であることが明らかになった。藻器堀川最下流域 (St.2) の一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌数は、健軍川 (St.7) と同様に上流域の生活排水の影響を強く受け、それぞれ平均  $2.7 \times 10^4$  cfu/ml、 $1.3 \times 10^3$  cfu/ml および  $3.2 \times 10^2$  cfu/ml と最も高いレベルにあった (図7)。St.3~St.5 の湧水域の各細菌数は、藻器堀川からの生活排水の流入の影響が強く認められた。

#### 2) 中流部 (上江津湖水域)

St.6 は上江津湖公園の中心部である。一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群の細菌数は、それぞれ平均  $7.6 \times 10^3$  cfu/ml、 $4.8 \times 10^2$  cfu/ml および  $5.0 \times 10^1$  cfu/ml、St.8 のそれは  $1.1 \times 10^4$  cfu/ml、 $4.1 \times 10^2$  cfu/ml および  $5.7 \times 10^1$  cfu/ml と、上流の湧水域に比べて多い傾向にあった。

健軍川の最下流に位置する St.7 は上流域からの生活排水の影響を強く受け、一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌数は、それぞれ平均  $3.6 \times 10^4$  cfu/ml、 $1.9 \times 10^3$  cfu/ml および  $5.5 \times 10^2$  cfu/ml と全般的に藻器堀川と比べて多かった (図7)。なお、1994年の10月の St.7 の各細菌数の突出は、採水途中に降雨があり、上流より雨水が流れ込んだためである。

#### 3) 下流部 (下江津湖および下流域)

St.9 (画図橋) より下流になると図3に見られるように、夏期と冬期との水温の差が大きくなり、気温の高くなる夏期には水温の変化に応じて菌数が増加する傾向が見られた。St.10 (動物園裏) の小川も他の流入河川と同様に細菌数は多かった。

St.11 (中の島前) および St.12 (広木遊歩道前) は他の採水地点に比べ、加勢川が最も膨張した水域である。湖水の循環が少なく、特に St.12 は停滞気味であるという特殊な水域にある。水温の変化は気温の変化に追従して大きく変動し、夏期には水温が急激に上昇して冬期との差が  $15 \sim 16^\circ\text{C}$  であった。この大きな水温変化の影響から、この水域では一般細菌 ( $1.3 \sim 1.7 \times 10^4$  cfu/ml)、*Aeromonas* 属細菌 ( $3.8 \sim 5.9 \times 10^2$  cfu/ml) および大腸菌群細菌 ( $5.7 \sim 8.5 \times 10^1$  cfu/ml) とともに高いレベルの細菌数が認められた。

下江津湖は上江津湖に比べて透明度が低く細菌数も高いレベルにあるが、これは富栄養的な環境での微小藻類の大量繁殖に起因するものであり、下江津湖の水質悪化の要因の一つと考えられる。

St.14 (大六橋) は加勢川水系と木山川水系の合流点の下流域で、一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌数は、それぞれ平均  $2.1 \times 10^4$  cfu/ml、 $1.2 \times 10^3$  cfu/ml および  $2.7 \times 10^2$  cfu/ml と高いレベルの値が観測された (図6)。

#### 4) 木山川水系河川

St.15 (秋津川) は調査期間を通して藻器堀川 (St.2) や健軍川 (St.7) と同程度の高いレベルの一般細菌 (平均  $3.4 \times 10^4$  cfu/ml) が検出され、採水地点の中で最も細菌によって汚染されていることが明らかになった (図 7)。また、*Aeromonas* 属細菌数 (平均  $1.4 \times 10^3$  cfu/ml) および大腸菌群細菌数 (平均  $4.9 \times 10^2$  cfu/ml) も St.2 や St.7 と同様な高いレベルを示した。St.16 (木山川) は水温と気温の変化が最もよく相関し、全般的に細菌数も増殖の最適期である夏期に多く冬期に少ないという典型的な傾向が見られた。St.17 (矢形川) は水量が多いことによって水温の変化が年間を通して少なく、細菌数の夏冬の差は大きくなかった。St.18 は上記 3 河川の合流点下流に位置し、一般細菌、*Aeromonas* 属細菌および大腸菌群の細菌数は、それぞれ平均  $1.5 \times 10^4$  cfu/ml、 $5.6 \times 10^2$  cfu/ml および  $1.2 \times 10^2$  cfu/ml と高いレベルにあった。

### 3-4 *Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌と水質汚染

*Aeromonas* 属細菌は、*Vibrio* 属などと共にビブリオ科 (Vibrionaceae) に分類されている通性嫌気性のグラム陰性桿菌である。<sup>4)</sup> 典型的な水系の常在細菌で、地下水、井戸水、河川・湖沼域および沿岸域に広く分布している。<sup>5-9)</sup> 本菌は種々の病原因子を産生し、ヒトや他の動物に各種感染症を引き起こす病原菌として知られてきた。<sup>10)</sup> 特に魚類の出血性敗血症による大量死は、養殖漁業で大きな問題となっている。<sup>11-13)</sup>

本菌による水環境の汚染が原因で、飲料水や食品などを介した下痢症、胃腸炎などの発症<sup>14-16)</sup> や、外国では本菌による上水道の汚染と下痢発症との関係について多くの研究が報告されている。<sup>17-21)</sup> また、河川での魚釣り、水泳および潜水時における創傷あるいは河川水の誤飲などにより、*Aeromonas* による感染症が起きるとの報告もある。<sup>22-24)</sup> 我が国では *A. hydrophila* および *A. sobria* が細菌性食中毒菌として指定されている。<sup>25)</sup>

大腸菌群として定義される細菌は、グラム陰性の無芽胞桿菌で、乳糖を分解して酸とガスを発生する好気性または通性嫌気性の一群の細菌を指し、細菌学上の分類に基づく腸内細菌科 (Enterobacteriaceae) に属する *Escherichia coli* とは必ずしも一致しない。<sup>4)</sup> しかし、大腸菌群試験は各種食品、上水、環境水などがヒトや動物の糞便でどの程度汚染されているかの指標として、食品衛生や水質検査の分野で広く利用されている。

調査した江津湖・加勢川水域における *Aeromonas* 属細菌および大腸菌群細菌は、藻器堀川、健軍川、秋津川などの流入河川および下江津湖水域で高いレベルでほぼ周年観察された。江津湖・加勢川水系の水圏環境が、*Aeromonas* 属細菌や大腸菌群細菌によってどの程度汚染されているかについては、今回の調査結果と比較できる報告がないために、水系の過去の汚染状況を知ることはできない。流入河川域の下水道整備や江津湖・加勢川水域の環境整備によって水質の向上が今後期待されるが、親水公園としての江津湖・加勢川水系の水資源や水環境の保全のためには、今後水系全体を対象とした定期的な微生物モニタリングが必要であると考えられる。

### 3-5 湧水量の確保と下水道整備

熊本地域は阿蘇山がもたらす地下水の恩恵を受け、熊本市を中心に周辺約 90 万人の住民の生活用水のほぼ 100% を地下水でまかなっており、その規模は日本一である。<sup>26,27)</sup> 江津湖の湖水の大部分は菊池台地、託麻原台地などからの地下水で、水前寺地区、砂取地区および神水地区の湧水群を源とする加勢川が、河川からの流入水を合わせて江津湖を形成し、下流域で一級河川の緑川に合流している。今回の調査の結果から、江津湖・加勢川水系の水圏環境の保全に関しては、これ

ら湧水域での今後の湧水量の確保と流入河川域の下水道整備の徹底が重要であると考えられる。

熊本市は昭和51年に「地下水保全都市宣言」に関する決議を行い、その中で無秩序な地下水の開発と自然環境の破壊が進み、地下水の汚染をはじめ枯渇を憂慮される状態にあるとし、市民の総意を結集して自然環境の回復と保全を図り、貴重な水資源を後世にまで守り伝えていくことを誓っている。<sup>1)</sup>しかし、熊本地域の地下水は揚水量が昭和61年以降ほとんど増加していないにも関わらず、市内の各地域で湧水量が減少している。特に、八景水谷や水前寺の湧水の枯渇現象が近年ひどくなり、更に上江津湖一帯での一部湧出口からの湧水の枯渇や江津湖全域の水位低下が見られるなど、熊本市内の湧水環境に著しい変化が現れてきている。この原因は白川中流の地下水涵養域の減少による、昭和63年以降からの地下水プールの水位の低下にあるといわれている。<sup>26,27)</sup>

熊本県は平成6年に「水資源総合計画」<sup>26,28)</sup>を、平成8年に「環境基本計画」<sup>29)</sup>をそれぞれ策定し、熊本市は平成7年に「環境保全都市宣言」<sup>1)</sup>を行っている。これらの中で熊本地域の地下水を含む水資源の現状と課題およびその総合的な対策について、将来の指針を明らかにしている。

湧水量の減少と関連して、流入河川である藻器堀川や健軍川からの生活排水が江津湖・加勢川水系の水質に非常に大きく影響していることが今回の調査で明らかになった。特に降雨時には周辺地域からの生活排水を含んだ多量の流入水によって川は非常に濁り、またそれに伴って下流域の細菌も増大する。藻器堀川流域の公共下水道の整備(平成7年度下水道整備率:74.7%)は進んでいるものの年毎の進捗率は低く、平成7年度の藻器堀川(九州記念病院前)のBOD値は1.0~4.0mg/l(平均2.6mg/l)である。<sup>1)</sup>一方、健軍川は上流域からの生活排水などの流入が周年認められるが、流域下水道の重点的な整備(平成7年度下水道整備率84.9%)および生活排水対策の実施により、平成2年頃から水質保全目標値(BOD:2mg/l)に近づいてきている。<sup>1)</sup>上江津湖水および下江津湖流域の水質保全のためには、両河川の下水道整備が急務と考えられる。

#### 4 要 約

本研究では親水公園として市民の憩いの場となっている江津湖の水環境の現状や課題を明らかにするために、湧水量の減少やヘドロの堆積といった環境の悪化が懸念されている江津湖・加勢川水系および木山川水系に18ヶ所の調査地点を設け、各水域の水温と一般細菌、*Aeromonas*属細菌および大腸菌群細菌の分布に関して、1994年4月から1996年3月までの2年間にわたって細菌学的な研究を行った。

*Aeromonas*属細菌は人ばかりでなく両生類や魚類の病原菌でもあり、また食品衛生的観点からだけでなく公衆衛生の面からも重要な細菌として注目されている。本菌は水系の常在菌であり、河川水、湖水、沿岸海水、泥や土などの自然環境に広範囲に分布しているため、一般細菌や大腸菌群細菌と共に水質汚染の対象菌として取り上げた。大腸菌群細菌は各種食品、上水、環境水などがヒトや動物の糞便でどの程度汚染されているかの指標として、食品衛生や水質検査の分野で一般的に検査対象になっている。

江津湖・加勢川水系において、上流の湧水域や上江津湖などの流域では年間の水温差は僅かであった。しかし、藻器堀川や健軍川、湖水の停滞が見られる下江津湖流域および木山川水域では、夏期には極端に水温の上昇が見られ、気温の影響を強く受けることが明らかになった。このような特性から上流湧水域や上江津湖では年間を通して細菌数の変動が少なく、流入河川や下江津湖

では高いレベルの細菌数が観測された。

一般細菌数は、流入河川や木山川水系河川を除いて、江津湖・加勢川水系の各採水地点とも水温の変化に応じた変動はあまり見られず、年間を通してほぼ一定のレベルにあった。

*Aeromonas* 属細菌や大腸菌群細菌数は、上江津湖水域および下江津湖水域より藻器堀川や上流の湧水域で多い傾向にあった。また、大腸菌群細菌数の変化については、夏冬の気温の変化と並行して細菌数が変動する傾向が明らかになった。

一般的に、上江津湖水域では細菌数の変動に藻器堀川および健軍川からの生活排水の流入の影響が大きく作用していることが明らかになった。一方、下江津湖流域では周年細菌数は高いレベルにあるが、これは流入河川の影響も考えられるが、この水域全体の流れが停滞気味であることおよび富栄養的条件であることが要因であると考えられる。

江津湖・加勢川水系は生活環境の保全に関する環境基準によると、全水域が A 類型に指定されている。しかし、上流部の湧水域や上江津湖水域を除いて、下江津湖およびその下流域は設定された水質保全目標である BOD 値 2mg/l に未だに達していない現状である。近年水資源に対して大きな社会的関心が寄せられているが、細菌汚染を含めた江津湖・加勢川水系の水質汚染や富栄養化の状況を改善していくためには、流入河川である藻器堀川および健軍川の下水道整備の普及・徹底をはかることが必要であろう。更に、上江津湖上流域の湧水量の減少は、江津湖の低水位化と湖岸域の陸地化に拍車をかけ、水系の動植物などの生態系や自然環境の破壊につながるものが予想される。このため将来に向けた地下水涵養域の保全や拡大あるいは水資源の再利用の問題などについて具体的な基準目標を設定して、その実現に向けて努力していく必要があると思われる。

## 5 文 献

- 1) 平成 8 年版熊本市公害白書：熊本市環境保全局環境部公害対策課（1996）。
- 2) 浅川牧夫・開田耕：江津湖・加勢川水系における *Aeromonas* 属細菌の分布。熊本大学教育学部紀要（自然科学），**44**，181-189（1995）。
- 3) 熊本日日新聞社編：熊本県大百科事典（1982）。
- 4) N. R. Krieg and J. G. Holt: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1, 409-601（1984）。
- 5) T. C. Hasen, C. B. Fliermans, R. P. Hirsch, and G. W. Esch: Prevalence and distribution of *Aeromonas hydrophila* in the United States. *Appl. Environ. Microbiol.*, **36**, 731-738（1978）。
- 6) 沖津忠行, 浅井良夫, 安田哲夫, 松島章喜, 滝沢金次郎：井戸水からの *Aeromonas* 属菌の検出。日本公衛誌，**33**，317-321（1986）。
- 7) 中野宏幸, 橋本秀夫, 佐々木真哉, 亀山俊樹, 高橋利明, 川上英之：水系環境，とくに河川における運動性 *Aeromonas*, *Plesiomonas* の分布と性状。食品と微生物，**3**，101-108（1986）。
- 8) H. Nakano, T. Kameyama, K. Venkateswaran, H. Kawakami, and H. Hashimoto: Distribution and characterization of hemolytic, and enteropathogenic motile *Aeromonas* in aquatic environment. *Microbiol. Immunol.*, **34**, 447-458（1990）。
- 9) 坂崎利一：食水系感染症と細菌性食中毒，中央法規出版株式会社，東京，pp.251-267（1991）。
- 10) M. M. Cahill: Virulence factors in motile *Aeromonas* species. *J. Appl. Bacteriol.*, **69**, 1-16（1990）。
- 11) C. Paniagua, O. Rivero, J. Anguita, and G. Naharro: Pathogenicity factors and virulence for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) of motile *Aeromonas* spp. isolated from a river. *J. Clin. Microbiol.*, **28**, 350-355（1990）。
- 12) J. C. Thornton, R. A. Garduno, and W. W. Kay: Molecular biology of bacterial fish diseases, in "Biochemistry and molecular biology of fishes, 2", ed. by P.W.W. Hochachka and T.P. Mommsen,

- Elsevia, Amsterdam, pp. 159-189 (1993).
- 13) R. J. Roberts: Motile *Aeromonas* Septicaemia, in "Bacterial diseases of fish", ed. by V. Inglis, R. J. Roberts, and N. R. Bromage, Blackwell Scientific Publications, London, pp. 143-155 (1993).
  - 14) C. Abeyta, Jr. and M. M. Wekell: Potential sources of *Aeromonas hydrophila*. *J. Food Saf.*, **9**, 11-22 (1988).
  - 15) C. R. Fricker and S. Tompsett: *Aeromonas* spp. in foods: A significant cause of food poisoning?. *Inter. J. Food Microbiol.*, **9**, 17-23 (1989).
  - 16) S. Knochel and C. Jeppesen: Distribution and characteristics of *Aeromonas* in food and drinking water in Denmark. *Inter. J. Food Microbiol.*, **10**, 317-322 (1990).
  - 17) V. Burke, J. Robinson, M. Gracey, D. Peterson, and K. Partridge: Isolation of *Aeromonas hydrophila* from a metropolitan water supply: Seasonal correlation with clinical isolates. *Appl. Environ. Microbiol.*, **48**, 361-366 (1984).
  - 18) V. Burke, J. Robinson, M. Gracey, D. Peterson, N. Meyer, and V. Haley: Isolation of *Aeromonas* spp. from an unchlorinated domestic water supply. *Appl. Environ. Microbiol.*, **48**, 367-370 (1984).
  - 19) S. D. Holmberg, W. L. Schell, G. R. Fanning, I. K. Wachsmuth, F. W. Hickman-Brenner, D. J. Brenner, and J. J. Farmer: *Aeromonas* intestinal infections in the United States. *Ann. Int. Med.*, **105**, 683-689 (1986).
  - 20) K. Krovacek, M. Peterz, A. Faris, and I. Månsson: Enterotoxigenicity and drug sensitivity of *Aeromonas hydrophila* isolated from well water in Sweden: A case study. *Int. J. Food Microbiol.*, **8**, 149-154 (1989).
  - 21) K. Krovacek, A. Faris, S. B. Baloda, T. Lindberg, M. Peterz, and I. Månsson: Isolation and virulence profiles of *Aeromonas* spp. from different municipal drinking water supplies in Sweden. *Food Microbiol.*, **9**, 215-222 (1992).
  - 22) S. W. Joseph, O. P. Daily, W. S. Hunt, R. J. Seidler, D. A. Allen, and R. R. Colwell: *Aeromonas* primary wound infection of a diver in polluted waters, *J. Clin. Microbiol.*, **10**, 46-49 (1979).
  - 23) R. J. Seidler, D. A. Allen, H. Lockman, R. R. Colwell, S. W. Joseph, and O. P. Daily: Isolation, enumeration, and characterization of *Aeromonas* from polluted waters encountered in diving operations. *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**, 1010-1018 (1980).
  - 24) N. P. Moyer: Clinical significance of *Aeromonas* species isolated from patients with diarrhea. *J. Clin. Microbiol.*, **25**, 2044-2048 (1987).
  - 25) 篠田純男: 新しい食中毒菌。衛生化学, **29**, 33-44 (1983).
  - 26) 熊本県水資源総合計画, くまもと水プラン 21: 熊本県開発課水資源開発室 (1994).
  - 27) 熊本開発研究センター: 地下水のはなし (1995).
  - 28) 平成 8 年度熊本の水資源: 熊本県企画開発部土地資源開発課水資源開発室 (1997).
  - 29) 平成 8 年版熊本県環境白書: 熊本県環境公害部 (1997).