

甲府市内河川の水質汚濁特性のマトリックス型 配列グラフによる表示と考察

今 岡 正 美*
平 山 公 明*
平 山 けい子*
山 宮 浩*

(昭和62年8月31日受理)

Characteristics of Water Pollution of Rivers in Kofu City

by Masaharu IMAOKA*, Kimiaki HIRAYAMA*,
Keiko HIRAYAMA* and Hiroshi YAMAMIYA*

Abstract

A study is made about aquatic environment of Kofu city including effectiveness of the constructed sewerage system using water quality data which the authors obtained for the last 15 years. The main objective of the study is to find out an overall tendency of water quality. Figures are presented which allow finding tendency of a long term water quality variation in terms of both sampling stations and water quality items. The figures are like multivariation graphs. The figures indicate that water quality does not change noticeably at all stations and it becomes worse toward downstream in the Ara River for the last 15 years and that water quality improvement is observed at two stations in the upper part of the Nigori River these years. The figures also suggest that construction of the sewerage system is helpfull for preventing water quality deterioration caused by domestic sewage.

1. はじめに

1960年代から1970年代にかけての高度経済成長の時期に、各種の公害が顕著になり、これに関連する法律の制定や環境調査が行われるようになった。

水質汚濁の進行の原因は、公害をもたらす工場の新増設、都市における人口増加や都市機能の集中あるいは生活水準の向上による汚濁負荷流出の増加などによるものと考えられる。これに対し、水質汚濁防止や環境保全対策として、下水道の建設、工場排水処理施設や浄化槽放流水の水質管理の強化および河川保清用水の確保などがある。現在甲府市の下水道整備は、公共下水道普及率は50%をこえ都市下水路の整備も行われている。

このような対策の必要性、あるいは対策の効果を知

* 環境整備工学科, Department of Environmental Engineering.

るには、その基礎となる河川水質調査が必要となる。著者らは、甲府市内河川の水質調査を、1971年以来、年間調査回数6回で約16年間継続して行ってきた。この調査の目的は、建設省や山梨県で行う環境基準点の水質調査に対応しつつ、環境基準点が甲府市内ではきわめて少ないので、市内河川の生活環境保全や農業用水としての水質保全の状況などを、よりきめこまかく調査し、さらに、水質汚濁防止対策の背景となる都市排水や産業排水による河川の水質汚濁機構やその影響を調査することなどである。ここでは、甲府市内河川の各調査地点の水質の現状や経年変化、調査地点相互の関連性、あるいは下水道普及の効果などについて、これまでの水質調査結果をもとに考察した。

考察は、グラフによる方法を用いた。一般に、このように蓄積された水質項目別のデータはかなりばらつきがあり、たとえば10年程度の経年変化を読み取るのはかなり困難である。その上、いくつかの水質項目を

関連づけてそこから汚濁傾向を把握することは、さらに困難であり、これを容易にするために、ここでは約15年間の水質測定データを一覧して目視可能な一つの図にまとめ、水質汚濁の特性を考察する方法を試みた。

2. 河川調査方法の概要

2.1 調査期間および調査回数

水質調査は、1971年4月より開始し、予備的な毎月の調査を経て1972年4月から現在に至るまで、隔月に年間6回、偶数月に晴天の続いた日の午後に行ってきた。採水は集中的に行うために2班に分かれて行き、それぞれの所要時間は約3時間である。採水時刻は、1日の水質変動の様子や作業手順などから午後1時から4時頃までの時間帯が適当と考えた。

流量調査は年に1回、農業用水の流出入の安定した10月に行った。所要時間は、午前10時頃から約6時間で、この場合は採水時刻もこれに合わせた。

水質調査の回数は、後述の採水地点数、水質調査項目数と同様に調査能力に合わせて必要最小限とした。

2.2 採水調査地点

採水調査地点の位置の概要を図-1に示す。調査地点の位置や数は、水質調査の目的、採水の容易さなどを考慮し、次のような基準で選定した。主要河川である荒川と濁川については、荒川は環境基準点の二川橋、濁川は環境基準点の濁川橋下流約1kmの穏池橋附近(調査開始当時の濁川二之橋)を選び、その他は、支流の合流点下流側に重点をおいて、適当な間隔に選定した。次に、主な支流の流末と、貢川、湯川、相川については、中流部にも調査地点を設けた。また、市内を流れる小水路は、一般に荒川から取水し、市街地を東の方向に流れ、農地を経て、濁川、蛭沢川に至るいくつかの網目状の流れとなっている。これらの調査地点は、調査開始当時、ほぼ市街地と農地との境界とみられたJR身延線にそってそれらの横断点附近に設けた。

2.3 水質調査項目

水質調査項目の選定は、それまでの予備的な調査結果から、甲府市内河川の水質汚濁の原因として、都市排水の比率が大きいことが推定されていたので、都市排水による水質汚濁に重点をおいた。まず、生活環境にかかわる環境基準に示される水質項目として、pH、溶存酸素、浮遊物質、BOD、大腸菌群数を選び、その他、アンモニア性窒素、磷酸イオン、COD、陰イオン界面活性剤など、都市排水に関連するものを加え、さらに一般に調査されている項目として、水温、塩素イ

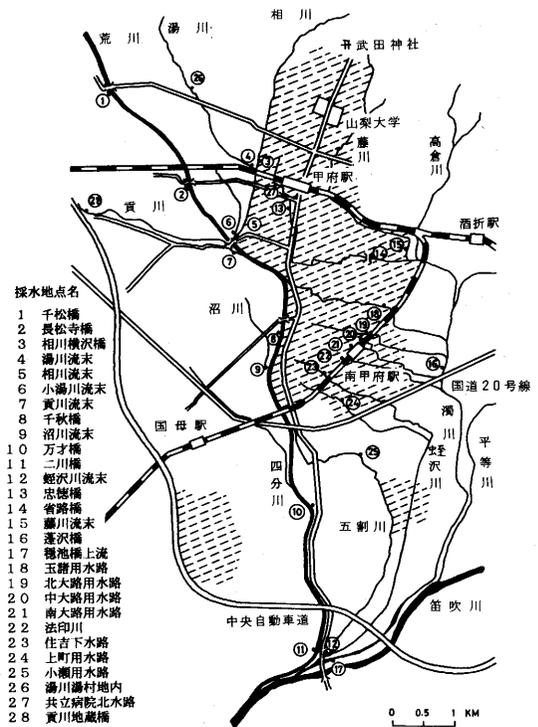


図-1 採水地点および下水道供用開始区域の概要図
(斜線の部分は、1987年現在の下水道供用開始区域の概略を示す。)

オン、濁度、蒸発残留物、一般細菌数、電導度を選び、測定結果に対するクロスチェックの可能性も考慮した。1978年頃からTOCの測定も行った。なお、陰イオン界面活性剤については4月と10月のみ検査した。水質試験方法は主にJIS K0102によった。

2.4 流量調査およびその他の調査

流量測定は、流量の比較的大きい地点について行った。測定方法は、川の流れの幅に対して1~2m間隔に測定点を取り、水深はポールにより流速は電磁流速計を用いて測定し、流量計算を行った。

その他の調査として、水質の時間変動調査、重金属による汚染の調査なども行った。

水質および流量の測定方法、および各年度ごとの測定値とその考察については、各年度ごとにまとめて示されている^{1),2)}。

3. 甲府市内河川の水質測定値と水質特性の表示方法の考察

3.1 河川の水質変動の特性と表示方法

河川水の水質の変動要因として、汚濁負荷発生量、流出量、流達量および河川の自然流量とその変動があ

る。さらに水質の変動は、ランダムともいえる瞬間的に近い負荷の発生の変動の影響、および生活活動に伴った時間的な発生量および発生密度の増減による1日の周期的変動の影響、降雨による流出などの影響、年間の季節的な河川流量の変動の影響を受けた周期的な変動などがあり、その中に社会的変動要因による経年変動がある。水質測定値にはその他にも多くの要因による誤差が含まれ、さらにそれだけ精度は劣る。したがって、河川水質の現況、あるいは経年変動などを知るために必要な代表値を厳密に求めるのは実際的には困難と思われる。また代表値を求める具体的な方法を定めることも困難である。たとえば環境基準点における水質測定値も、一日の平均値によることのみ指示されていて、採水時間、採水回数の指示はみられない。

水質汚濁の状況やその変化などの特性を説明するのに、数値的な解析方法と、グラフによる解析方法がある。数値的解析³⁾は、通常、平均値、標準偏差、変動率、測定誤差や棄却検定、相関係数に関する計算などが行われる。甲府市内河川のある期間内の水質測定値の分布は、一般に正規分布とはならず、1あるいは2個の極端に大きな値を含むことが多い。また、例えば年度別平均値に差がみられても、それが有意であると認められるのは少ない。いずれにしても、計算によって求められた数値のみで、市内全般の水質の状況を把握し、分かりやすく示すのは困難と思われた。

グラフによる解析⁴⁾では、経年変動や地点間の変動、あるいは相関関係を示す直角座標型のグラフのほか、多変量グラフでは、水質資料に対して星型グラフや顔グラフなどが適していると思われる。グラフによる解析方法は、詳しい数値は読み取れないが視覚的で分かりやすいので、水質資料に対しては適した方法と考えられる。星型グラフは、多変量を同時に量的に示すのに最も一般的な方法と思われる。また顔グラフは、表情によって示されるわずかな差によっても、水質変動や水質相互間の関連の相異も見分けやすいが、量的な差異を詳細に示しにくい。また、両者とも、地点別、年度別の変動を比較考察するには、差を見分けられるように、比較するグラフを並べて画く必要がある。このような図に必要な紙面は全体として大きくなる欠点がある。

ここでは、グラフによる解析方法として、甲府市内河川水質をある程度長期間測定した結果の全貌が、一枚の紙面で示せる程度の単純な表現形式で、しかも、量的な評価もある程度可能となるように図示する方法を試みた。

3.2 水質の経年変動図の作成

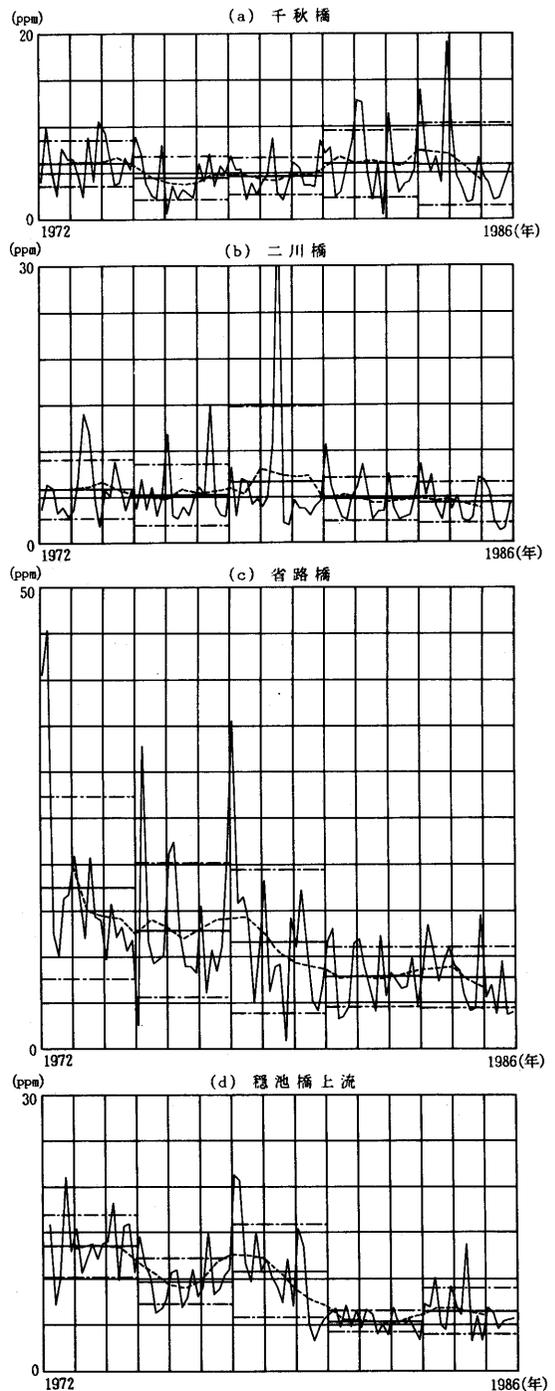


図-2 BODの採水地点別経年変動図の例
 (実線—全測定値、破線—2年移動平均値、
 実線と一点鎖線—3年間隔平均値と標準偏差)

水質測定資料として、1地点、1水質項目について年間6回の測定（陰イオン活性剤は年間2回）により15年間に90個の測定値が得られている。これを各地点、各水質項目ごとに直角座標の横軸に経過年月、縦軸に測定値をとってその経年変動を示すグラフを作成した。その例として、図-2(a), (b), (c), (d)に、千秋橋、二川橋、省路橋、穂池橋上流の4地点の経年変動図を示す。これらのグラフによると、水質変動はたとえば次のような傾向を示している。(1)年間の周期変動がみられるものがあり、水温や溶存酸素のように季節によると思われるもの、BODの一部などに見られるように自然流量の季節的増減によると思われるものなどがある。(2)測定値のばらつきは水質や地点により異なるが、小水路は一般にばらつきが大きい。(3)年に一回程度、目立って大きな値が観測される場合が多く、これが平均値をおし上げる原因となる。(4)比較的短期の、すなわち、毎回の測定値が示す変動幅の中に、比較的長期的な経年変動の傾向がよみとれる。

この(4)の傾向をより明確に示すために、適当と思われるいくつかの種類の平均値を選んでみた。平均値として、移動平均値と一定期間ごとの平均値を求めた。移動平均値については1, 2, 3年、一定期間については1, 3, 5年について計算し、それぞれの経年的な変動図を作成した。例として、図-2に2年移動平均値(破線)と、3年間ごとの平均値(実線)および標準偏差(一点鎖線)を示す。移動平均値は、曲線が大きな測定値にひきずられる傾向があり、経年変動をみるには、変化の起伏がありすぎるように思われた。また、一定期間ごとの平均値について、5年間隔では、全測定値が15年間の場合変化が単調すぎるように思われた。3年間隔では、この間に発生する少数の目立って大きな値が平均値に及ぼす影響はあまり見られず、しかも、それらの平均値が負荷発生量の増加や下水道整備、水路の改修など社会環境の変化に見合った水質変動の状況を示すと想定してよいのではないかと考えられた。これらの点を考慮し、3年間の平均値をもとに、水質の経年的変動図を作成した。

3.3 甲府市内河川の水質汚濁状況の一覧図の作成

水質項目を行、採水地点を列として、甲府市内の河川の水質汚濁状況を経年的に示す図によるマトリックスの作成を試みた。図-3にこれを示す。

図-3を構成する小枠内は、各地点、各水質項目別の経年変動図であり、1972年から1986年までの水質測定値を3年ごとの5区分に分け、各区分の18の測定値(年間6データの3年分)の平均値を求め、一つの小枠内に、横軸方向に3年単位で5区分とした経過年、

縦軸にそれぞれの区分に対応する3年間の平均値を示したものである。縦方向の総目盛に対する最大値は、水質項目別に平均値の大部分がその範囲に入るように設定した。したがって、これをこえると図では頭打ちとなっている。途中より測定を始めたものは、それ以後の3年ごとの区分からの経過年の区分を示す。これらの小枠を、水質測定項目の全項目と流量を縦方向に、測定地点のうち、25地点について横方向に配列して一覧図とする。図-3により、甲府市内の水質変動特性の全体が把握できるとともに、特定の水質項目の欄を横方向にみることにより、測定地点別に、汚濁状況の大小や変動の傾向を比較することができ、ある測定地点について縦方向にみることにより、その地点の各水質濃度の大小や、変動特性の相互の関連をみることができるなど、多変量グラフの性質も有している。

図-4は図-3と同様の構成であるが、各小枠ごとの5区分の各平均値のうちの最大値の区分の値を1とし、他の区分については各平均値と平均値の最大値との比を示した。総目盛の最大値はすべて1である。図-4は、各小枠ごとの相対的な変動傾向を示し、図-3で数値や変動が小さく、その変動傾向が分かりにくいものに対してこれらが分かりやすく示されている。

図-5は、縦軸の方向に各小枠内の5区分のそれぞれの平均値の変動率(標準偏差/平均値)を示したもので、総目盛の最大値はすべて2とし、これをこえるものは図では頭打ちとなっている。図-5は、図-3および図-4では各区分内の測定値のばらつきの状態は示されていないので、このばらつきに関する特性を示す図を作成したものである。

4. 甲府市内河川水質特性のグラフによる考察

4.1 採水地点別の水質汚濁状況の考察

図-3~図-5には、主に水質濃度に関するいろいろな情報が含まれているが、そのいくつかについて、これらを、荒川本流と支流、濁川本流と支流、および市内小水路に関するものに大別して考察する。

荒川は、千松橋から二川橋まで、たとえばBODについて下流程汚濁が進み、特に千秋橋より下流が顕著である。荒川に流入する支流のBODは、荒川本流と同程度かそれより大きく、これが千秋橋より下流のBODの増加に影響のあることが推定できる。このことをより確実に示すには負荷量による必要があるが、この算出に必要な流量測定は年に1回10月に行っているのみである。また、10月における荒川本流の、最近の平均値が減少し、上流側のダムによる流量調節の影響も考えられる。負荷の発生と流出が変わらなるとすれば、

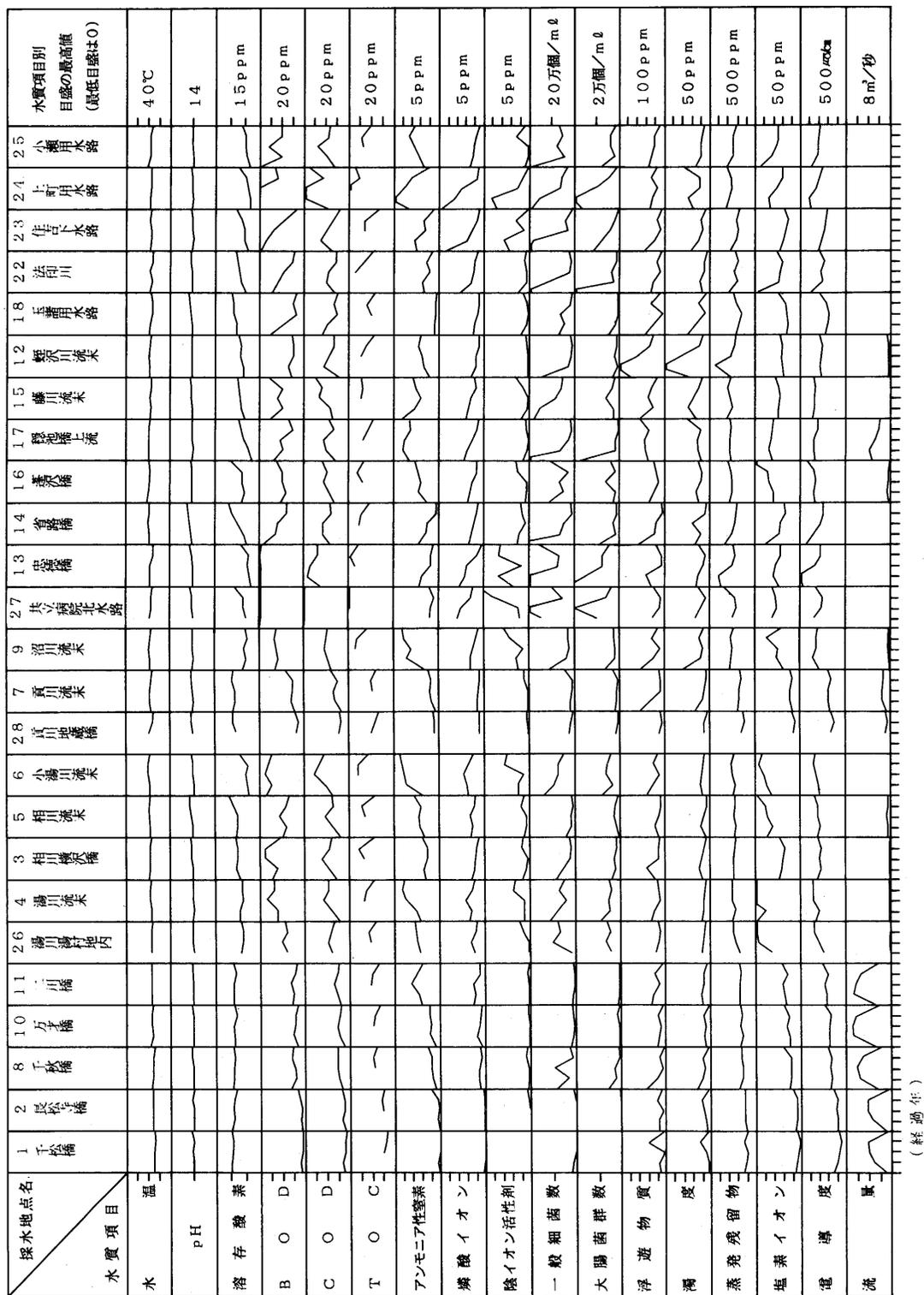


図-3 甲府市内河川の水質汚濁状況 (測定値の平均値による表示)

(経過年)

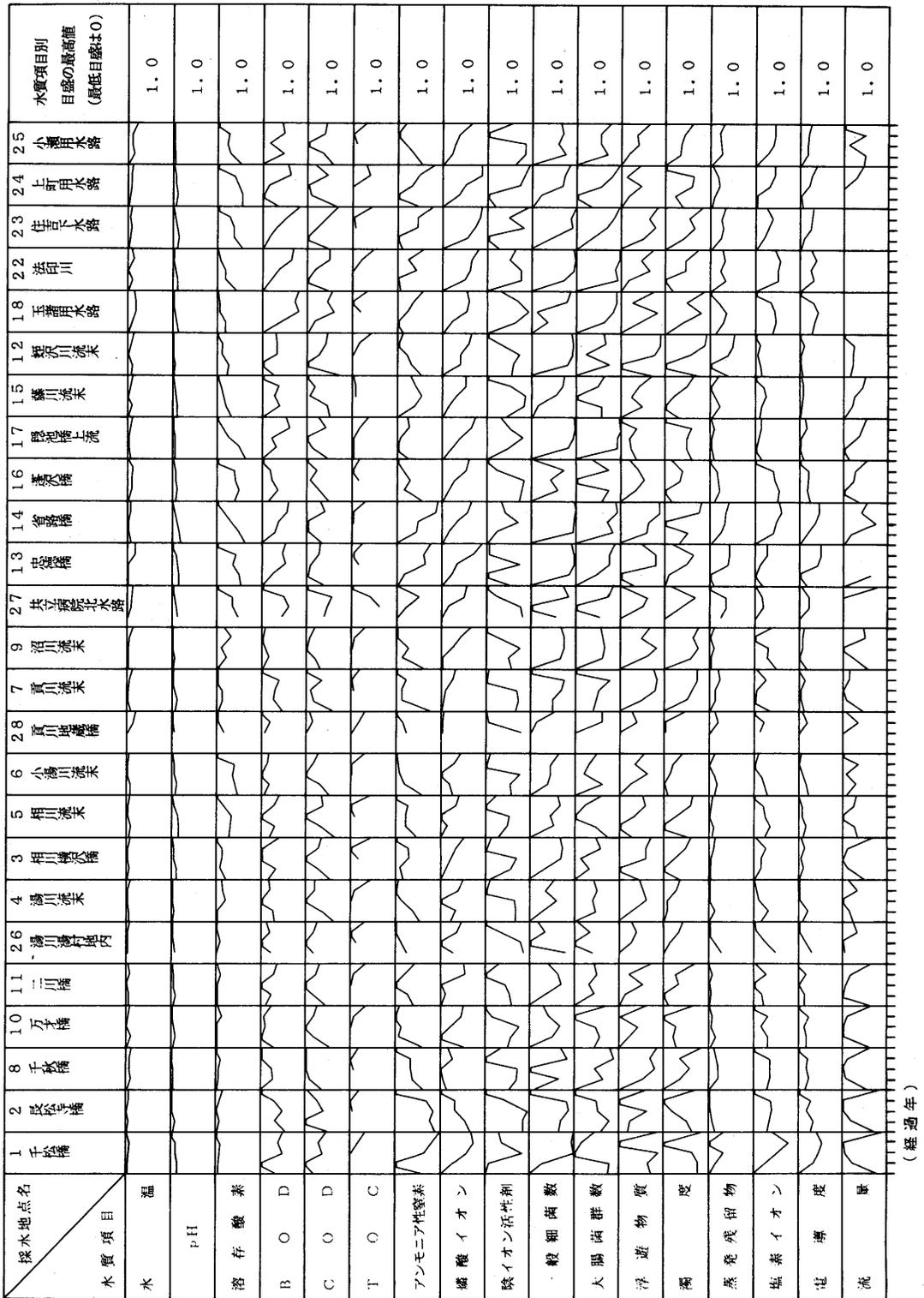


図-4 甲府市内河川の水質汚濁状況 (各平均値/平均値の最大値による表示)

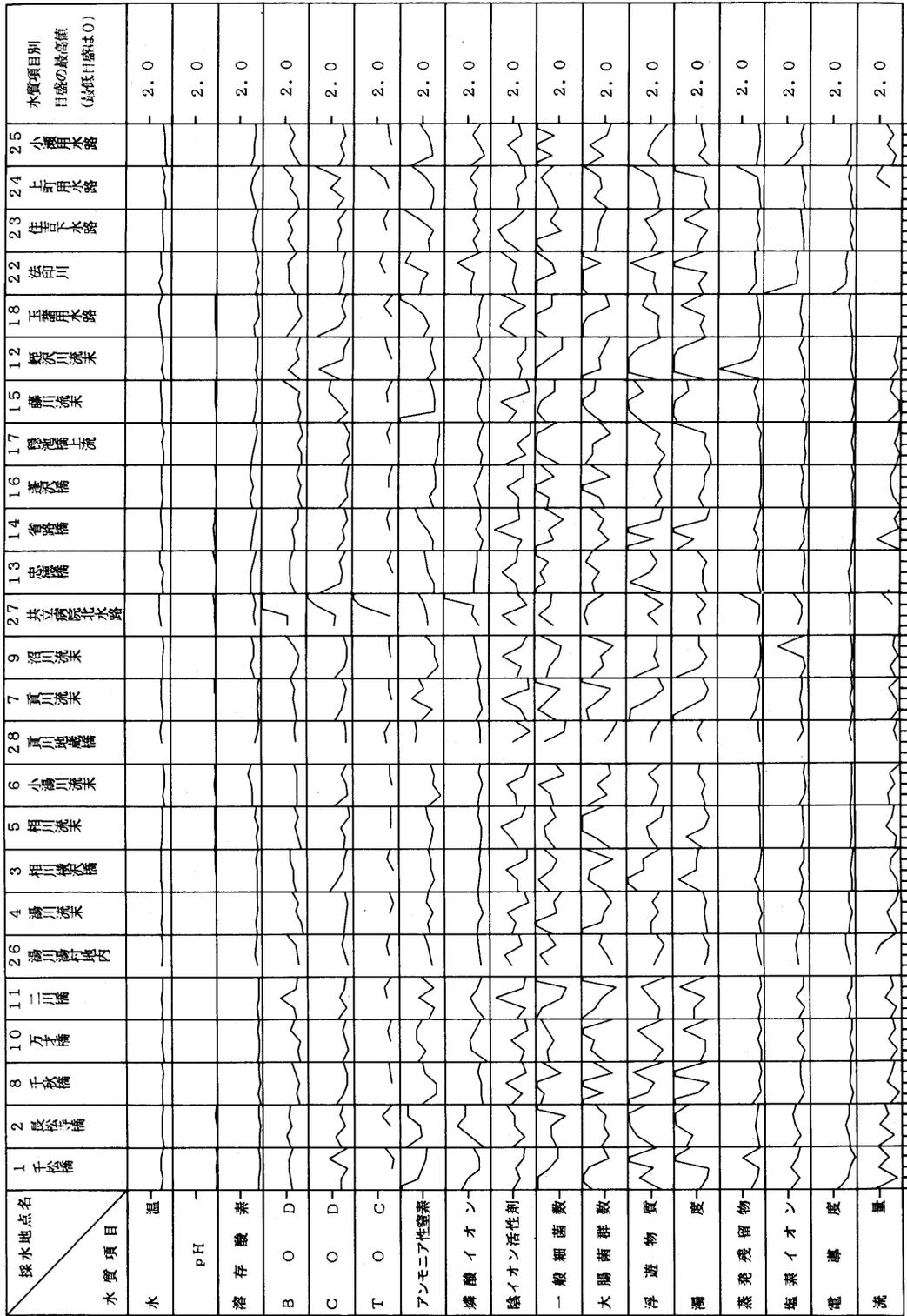


図-5 甲府市内河川の水質汚濁状況（測定値の変動率による表示）

（経過年）

流量の減少により当然水質が悪化することになるが、長松寺橋のBODの増加と溶存酸素の減少が目立っているものの、千秋橋より下流では、年間を通じての水質濃度に大きな変化はみられない。その他、支流の水質も汚濁が進み、市街地周辺部の人口増加にも関連しているようである。

濁川水系は、本流のBODその他の水質について改善の傾向が見られる。特に忠徳橋、省路橋附近は、調査開始当初は悪臭の苦情の絶えない地点であったが、ほとんどの水質項目に関して著しく改善された様子がみられる。

市街地東部の小水路でも水質の改善が見られるが、その下流側の蛭沢川流末に大きな変化はみられない。

4.2 水質項目別にみた水質汚濁状況の考察

水質環境保全の点で、特に注目される水質項目について考察する。

pHや溶存酸素、浮遊物質などに関して、特に問題とすべき点はないように思われる。BODやCODは、下水道が使用されている地点で減少している所があるが、その他の地点も含めて、BODの環境基準E類型の環境保全の限度とされる10ppmすらこえている地点も多い。アンモニア性窒素も、下水道供用開始区域ではほぼ減少傾向を示し、その他の地点では上昇傾向がみられる。磷酸イオンはほぼ全地点で減少しているが、陰イオン界面活性剤は逆に増加する傾向を示している。これらについては、洗剤の成分の変化、浄化槽の

普及、あるいは下水道の使用状況などとも無関係でないと思われる。

4.3 下水道施設の効果などに関する考察

下水道の目的として、公共用水域の水質保全があげられているので、これについて考察する。

甲府市内の下水道普及状況の概略を図-1の斜線の部分で示す。甲府市の下水道は、JR中央線の南側の市内中心部（ほぼ濁川より北の部分）がもっとも早く建設され、1963年に供用開始されている。甲府市内河川の多くの地点において、水質汚濁の原因が生活排水によるものであることはほぼ確認されていることであり、水質汚濁防止と下水道普及の関連は大きい。図-3～図-5によれば、下水道が使用されている忠徳橋や省路橋では、多くの水質項目について水質が改善されている状況がわかる。また、その後のJR中央線北側への拡張も含めて、図-1に示されるように左岸側のみ下水道が使用されている相川でも水質改善がみられる。これらの現象は、下水道の効果と推定してよいと思われるが、その場合でも下水道の効果は供用開始時点より序々にしかも相当遅れて現れていることになる。しかし、下水道の効果を実証するには、負荷の発生と、下水道への取用と河川への流出の関係を経年的に示すことが必要であり、これには多くの要因について調査を要する。たとえば、省路橋の上流側の地域は、下水道が作られているが、表-1に示すように、定住人口は急速に減少している。したがって、生活排水も減少して

表-1 濁川省路橋上流側流域附近の定住人口の減少の例

地名	面積(ha)	昭和40年		昭和48年		昭和55年		昭和62年	
		世帯数(世帯)	人口(人)	世帯数(世帯)	人口(人)	世帯数(世帯)	人口(人)	世帯数(世帯)	人口(人)
丸の内1~3丁目	67.0	2223	7016	1726	5107	1440	4158	1281	3563
中央1~5丁目	66.3	2790	10074	2482	7843	2241	6580	2101	5804
城東1~5丁目	61.8	2461	9693	2598	8336	2260	6871	2106	6078
宝1~2丁目	36.4	1574	5673	1532	4786	1294	3731	1191	3239
北口1~3丁目	20.2	945	2848	725	1914	591	1571	534	1325
朝日1~5丁目	34.5	1794	6257	1622	4806	1435	3936	1441	3520
武田1~4丁目	42.3	1411	4847	1295	3779	1234	3256	1159	2834
美咲1~2丁目	23.3	850	3047	825	2550	781	2208	744	1845
天神町	15.0	462	1577	503	1405	545	1260	543	1196
相生1~3丁目	39.3	-----	-----	1364	4360	1220	3604	1214	3225
寿町	15.4	-----	-----	481	1566	416	1279	410	1129
甲府市全域	-----	46901	172901	61117	189416	65490	199467	70416	201179

(甲府市資料)

表-2 地域別給水量の例

地名	給水量(昭和62年1月~2月)		住民基本台帳登録人口(昭和62年1月1日)		1人1日給水量(ℓ/人/日)
	件数(検数)	給水量(m³)	世帯数(世帯)	人口(人)	
丸の内一丁目	362	120106	170	509	3933
丸の内二丁目	781	67709	589	1602	704
中央一丁目	684	86757	284	800	1807
中央二丁目	697	34100	591	1569	362
中央三丁目	360	24226	378	1023	395

(甲府市水道局資料)

いるはずである。しかし、この地域の上水道の給水量の一例を表-2に示すが、これが100%下水道に取用されるとすれば、一人一日当たりの水量は、一般に使用される基礎家庭汚水量の値に比べて大きい値がみられる。すなわちこのように営業用水率が大きいことは、都市機能の維持に使用される水量が多く、定住人口は減少しても負荷の排出量は減少していないかも知れない。いずれにしても、下水道の効果を説明するための資料の収集は、特に局地的なものについては困難であることが多いが、これについては現在検討中である。

環境基準点における環境基準の達成も、下水道の普及と密接な関係がある。荒川の二川橋の環境基準はBODが3 ppm以下である。図-2にBODに関する二川橋の経年変動を示すが、BODが3 ppmをこえている場合も多く、まだ環境基準の達成率は十分でないことがわかる。したがって、荒川本流の水質汚濁に影響している流域の下水道整備が急がれる必要がある。

この調査期間中に、荒川および濁川で広い範囲で水路の改修が行われているが、これが河川水質改善等に及ぼす影響は、測定値からは十分確認できなかった。

5. ま と め

(1) 甲府市内河川の水質汚濁状況についてグラフによる表示方法を用いて考察を試みた。ある地点における水質濃度の状況を見るには、水質濃度の相互の関連のわかりやすい多変量グラフが適すると思われるが、従来用いられている星型グラフや顔グラフによって、地点別の差異や経年的な変化を同時にみるにはやや不適と思われる。ここでは、測定値を経年変動の様子がわかりやすい程度にまとめて、その単変量の経年変動図を、採水地点、水質項目に関して、図-3~図-5に示すように縦横方向に配列し、水質変動について、その増減の傾向と量的な考察を同時にできる多変量グラフとしての効果をもたせる方法を試みた。その結果(2)~(6)に述べるように、甲府市内河川の水質変動の傾向を容易に把握することができ、本研究で示す水質データのグラフマトリックス表示方法は、水質変動の概要を知る上で有効な方法と考えられた。

(2) 荒川本流では、上流から下流にかけて特に千秋橋から下流が汚濁している。経年変化は、長松寺橋でやや悪化している他は目立った変化はない。荒川に流

入する相川、小湯川、貢川、沼川水門などの支流は汚濁が進み、これらの流入により、荒川本流の水質汚濁が増加しているものと思われる。

(3) 濁川本流は、上流は小水路であるが、市街地中心部を流れ、笛吹川に流入する。省路橋より上流側の大部分は下水道供用開始区域である。忠徳橋、省路橋採水地点では、下水道供用開始後も悪臭が感じられたが、最近では水質改善が顕著である。

(4) 市街地を西から東へ流れる小水路については、最近、水質の改善が目立ってきた。それらの一部の下流にあたる蛭沢川流末は、多少の水質改善がみられる程度である。

(5) 水質項目に関しては、BOD、COD、アンモニア性窒素などは、下水道供用開始区域附近の地点で減少し、他の地点で増加傾向を示す。磷酸イオンはほぼ全地点で減少し、小水路の大腸菌群数も減少している。陰イオン界面活性剤は、測定回数が年2回と少ないが、特に減少はみられない。

流量は、荒川本流で近年の10月における流量が減少している。上流側における流量調整の影響も考えられるが、年間を通しての水質測定値に関しては、水質の悪化はみられない。

(6) 下水道供用開始区域である忠徳橋、省路橋では、各水質項目について水質の改善がみられ、また、左岸側が下水道供用開始区域である相川も同様である。ここでは、主に水質濃度について調査し、負荷量に関する十分な調査を行っていないが、これらの水質改善は下水道の効果と推定し得ると考えられる。また、図-3に示すように、荒川下流における水質汚濁の原因も、下水道のない地域からの水質汚濁の進んだ支流の流入によるものと考えられる。

文 献

- 1) 今岡正美：甲府市内河川汚濁状況調査と報告（昭和46年度）~（昭和50年度）：（甲府市環境部受託研究報告書）
- 2) 今岡正美、平山公明：甲府市内河川汚濁状況調査と報告（昭和51年度）~（昭和61年度）：（甲府市環境部受託研究報告書）
- 3) たとえば 半谷高久：水質調査法：丸善（1960）
- 4) たとえば 脇本，後藤，松原：多変量グラフ解析法：朝倉書店（1979）