

生活排水による河川の水質汚濁について（第二報）

—— 荒川に対する通日調査 ——

沼田 一 飛田 修作 浅川 中 小林規矩夫
河西 正男 沢登 春成 田中 久

生活排水による水質汚濁の影響として、本県の場合極めてその比重は高いものと考えられており、中でも富士川水系における水質汚濁要因の大半を占め、笛吹川の主要汚濁源として挙げられている荒川および濁川には人口約19万人の甲府市を中心とする都市排水が集中的に流入、高い水質汚濁を示している。甲府盆地を縦断している荒川については、その上流地点におけるBOD値0.6~0.8ppmに対し、流末地点では平均BOD値3.5ppm(1974)、4.3ppm(1975)、5.1ppm(1976)と年々水質汚濁の進行を観察、明らかな都市排水の影響がみられる¹⁾。とくに荒川の場合甲府市周辺の都市化等に伴い水資源の安定確保のため、また河川の水量調節により水質や干害を防止するため、総合開発事業の一環として昭和55年を目標に、その上流地点に多目的ダムの建設が予定されており、これら建設計画に伴う事前調査の一つとしてもこの流域に対する水質調査は欠かせないものがある。

甲府市内における河川の汚濁状況に関しては今岡²⁾により1971年以降継続的に調査が進められてきたが、今回、我々は荒川ならびに濁川に対し生活環境項目ならびに汚濁負荷量を中心とし24時間にわたる通日の水質測定により都市排水の影響についての調査を行ったので、この結果を報告する。なお、濁川に対する調査結果は第三報にゆずる。

調査地点ならびに調査方法

1. 調査地点

荒川流末：採水地点 二川橋

甲府市西部を北から南へ貫流し、笛吹川・富士川へと流入する荒川は、河川延長34kmであり、甲府市・竜王町・敷島町等の支流内市町村面積は17,170ha、市街地面積746ha、かんがい用水として1,449haが、また水道用水として40,574人が利用している（昭和48年）³⁾。

2. 調査方法

1) 採水方法：夏季調査として51年9月1日午前10時から、9月2日午前10までの24時間にわたり、冬季調査は12月16日午前10時から同様24時間にわたって2時間間隔で13回の採水を行い試験に供した。

2) 流量測定：採水日の前日（8月31日および12月15日）午前・午後の2回、水深測定およびCM-1B型電気流速計を使用して流量を測定、これと共に採水地点に設置した水位標の読みならびに水位流量曲線図から各採水時における流量を算出した。

3) 河川流域の人口分布：本県における環境基準類型調査報告書³⁾および今岡による流域人口調査報告書⁴⁾また甲府市での調査資料を参照し、採水当時（52年9月）の流域人口分布状況について調査を行った。

4) 各成分の測定：pH・DO・BOD・COD・ABSおよびClはJIS K0102の方法にもとづき、その他の成分はつぎに述べる方法により測定を行った。

(1) SS；GFP法⁵⁾

(2) organic N；硫酸銅および硫酸カリウムを分解補助剤とし、ケルダール総窒素を測定、これからNH₄-Nを減じたもの⁶⁾。

(3) NH₄-N；採水後、直ちに濾過した液を検液とし、インドフェノール青法により測定⁶⁾。

(4) NO₂-N；採水後、直ちに濾過した液についてスルファニルアミドおよび1-ナフチルエチレンジアミンを用いRobinson-Bendschneider法により測定⁷⁾。

(5) NO₃-N；採水後、直ちに濾過した液についてブルシン硫酸法（9月の試料）⁸⁾ならびにフェノールジスルホン酸法（12月試料）⁶⁾により測定。

(6) 総リンおよび遊離リン；前報にもとづき採水後直ちに濾過した液について遊離リンを、また総リンは過塩素酸分解法⁹⁾ならびに過硫酸カリウム分解法¹⁰⁾により分解処理した検液について、アスコルビン酸アンチモニル塩混合液を還元剤としたリンモリブデン酸法により測定。

結果および考察

1. 人口分布

甲府市の都市排水流入河川としては荒川・濁川を始め、鎌田川・蛭沢川があり、これらの流域人口をみると、表1に示したごとく48年当時それぞれ71,800人、101,100人、4,000人および15,200人と推定される。また、今岡

表1 流域別人口

内容				河川流域							
				荒川	濁川	鎌田川	野沢川	計			
甲府市	流域人口			49年1月1日	71,800人	101,100人	4,000人	15,200人	192,100人		
				51年9月30日	76,000	100,700	4,100	15,500	196,300		
	内	下水道供用開始地域	地域人口	49:1:1	700	75,400	—	—	76,100		
				51:9:30	600	74,500	—	—	75,100		
			内	訳	水洗化地域人口	49:1:1	0	72,300	—	—	72,300
						51:9:30	0	71,500	—	—	71,500
					未水洗化地域人口	49:1:1	700	3,100	—	—	3,800
						51:9:30	600	3,000	—	—	3,600
	下水道未設地域人口			49:1:1	71,100	25,700	—	—	96,800		
				51:9:30	75,400	26,200	—	—	101,600		
敷島町流域人口			51年(推定)	11,000	—	—	—	11,000			
竜玉町流域人口			51年(推定)	7,000	—	—	—	7,000			
双葉町流域人口			51年(推定)	800	—	—	—	800			
計	流域人口			94,800	100,700	—	—	195,500			
	内	水洗化人口		0	71,500	—	—	71,500			
		未水洗化人口		94,800	29,200	—	—	124,000			

の報告⁴⁾によると当時の甲府市常住人口は下水道供用開始地域人口76,129人、下水道未設地域人口115,980人合計192,109人(60,193世帯)となっており、この場合の下水道処理排水は全て濁川に流入している。

51年9月当時の人口動態については更に、町別常住人口⁴⁾、甲府市下水道部の資料等を参照して算出した結果甲府市人口は196,334人と49年と比較し約2%の増であり、このうちの約90%は荒川・濁川流域に常住、また甲府市総人口に対する下水処理人口割合は38.2%、処理区域世帯に対する水洗化済世帯95.3%(市街化区域面積に対する処理区域面積は28%)となっており、この結果、荒川流域の人口は94,800人、一方、濁川の場合は流域人口100,700人内71,500人が下水道による水洗化人口となっている(表1)。

2. 流量

各時間帯における流量は表2に示したごとくであり、9月における流量は $340 \times 10^3 \text{m}^3/\text{日}$ に対し、12月は $208 \times 10^3 \text{m}^3/\text{日}$ と約2/3に低下している。一般的に荒川における年間の流量変化は渇水期と豊水期でその差は著しく、50年度における年間流量調査結果¹⁾をみると二川橋における流量は最低 90.7×10^3 (6月)、最高 $795.7 \times$

表2 二川における流量調査成績

測定地点	二川橋				
	9月		12月		
	平均水位 cm	流量 $\text{m}^3/120\text{min}$	平均水位 cm	流量 $\text{m}^3/120\text{min}$	
10:00-12:00	86	32,400	41.5	16,668	
12:00-14:00	85.5	29,880	42	16,992	
14:00-16:00	85	27,360	41.8	16,812	
16:00-18:00	85	27,360	41.8	16,812	
18:00-20:00	85	27,360	42.5	17,280	
20:00-22:00	84.5	25,920	44.5	17,892	
22:00-0:00	84.8	26,640	44.5	17,892	
0:00-2:00	85.5	28,800	43.5	17,568	
2:00-4:00	85.5	28,800	42.5	17,280	
4:00-6:00	85.5	28,002	42.5	17,280	
6:00-8:00	85.5	8,800	43	17,568	
8:00-10:00	85.2	28,080	43	17,568	
計	$\text{m}^3/\text{日}$	—	340,200	—	207,612

10³ (8月), 中央値 255.7×10³, 平均値 308.4×10³と最低と最高では約9倍近い差がみられる。

なお, 今回の調査時における平均流速は9月 0.50m/sec, 12月 0.59 m/sec であり, 平均水深はそれぞれ18.1 cm (水位 84 cm), 28.8 cm (水位 43 cm), 川巾は32 m ならびに 13.8 m となっていた。

3. 各成分の測定成績

(1) 水温・透視度・導電率

水温は夏季・冬季共に気温とほぼ一致しており, また9月の気温 22~33°C, 12月 2.5~11.5°C に対し, 水温はそれぞれ 21.5~27°C, 12月 7.0~9.0°C と日間における水温変動は比較的小であった。透視度として30度以上を示した澄明な試料は9月13件中8例, 12月13件中10例であり, この点荒川は全く清澄な河川であるとは言い難く, また, 平均導電率は9月198.2μS/cm, 12月224.1 μS/cm と冬季における上昇がみられた。

(2) pH・DO・BOD・COD・SS

DO, BOD は表3・図1に示したごとく, 夕刻から夜半にかけて DO の低下, BOD の上昇が認められ, 9月の調査では DO の最低値は22時(9月1日)の 6.1 ppm (酸素飽和度73.3%), BOD の最高値は16時~20時(9月1日)の 5.1 ppm となっている。12月の調査ではこの経時パターンは更に夜半へと移行しており, DO の最低値は0時~2時(12月17日)の8.5 ppm (酸素飽和度64.3%), BOD の最高値は同様2時における 9.2 ppm であり, 一方, COD・SS 成分は BOD の経時パターンまた最高値とは必ずしも一致した傾向はみられなかった。

(3) 窒素成分・リン成分・ABS・Cl

生活排水と極めて密接な関係にあり, これらの汚濁指標と考えられている窒素・リン・ABS ならびに Cl 各成分の測定結果は表3・図2に示したごとくであり, これら各成分の経時的パターンは一般的に BOD と同様であり, とくにこの関係は ABS 成分において明らかであった。すなわち, ABS の最高濃度値は BOD とほぼ一

表3 二川橋通日調査成績

		9 月			12 月			
		平 均	最 低	最 高	平 均	最 低	最 高	
気 温	°C	26.93	22.0	33.0	6.46	2.5	11.5	
水 温	°C	24.21	21.5	27.0	7.92	7.0	9.0	
透 視 度		27.9 <	16	30 <	27.5 <	15	30 <	
導 電 率	μS/cm	198.2	179	237	224.1	211	278	
pH		7.53	7.4	7.7	7.47	7.3	7.7	
DO	ppm	7.19	6.1	8.4	10.12	8.5	12.9	
BOD	ppm	4.07	3.1	5.8	5.85	2.8	9.2	
COD	ppm	—	—	—	6.86	4.8	10.3	
SS	ppm	10.18	7.5	13.8	10.06	3.9	22.9	
N	Total N	2.741	1.53	4.34	3.415	2.70	3.89	
	内 訳	organic N	0.992	0.04	3.10	0.677	0.44	1.08
		NH ₄ -N	0.937	0.23	2.24	2.108	1.55	2.88
		NO ₂ -N	—	—	—	0.098	0.07	0.13
		NO ₃ -N	0.718	0.64	0.94	0.532	0.44	0.66
P	Total P ^{a)}	0.269	0.15	0.42	0.376	0.31	0.64	
	Total P ^{b)}	—	—	—	0.428	0.36	0.66	
	PO ₄ -P	0.246	0.14	0.39	0.256	0.22	0.31	
ABS	ppm	0.335	0.16	0.58	0.481	0.32	0.78	
Cl	ppm	10.74	8.2	13.8	21.56	19.5	22.9	

a) HClO₄ 分解法

b) K₂S₂O₈ 分解法

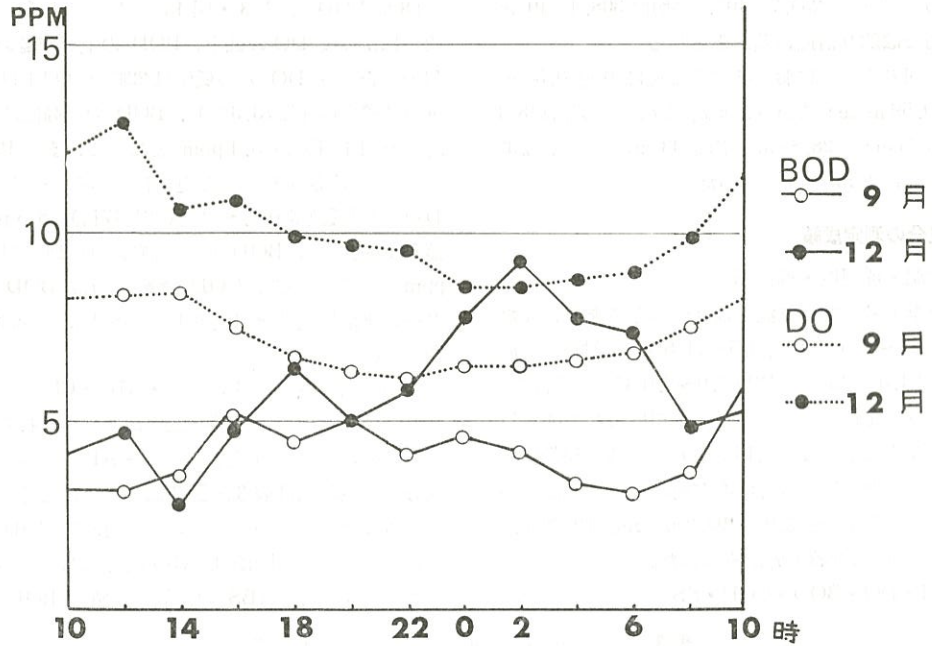


図1 二川橋における水質の経時変化

致し9月の調査では18時の0.58 ppm, 12月は0時の0.78 ppm となっており, BODとこれらの汚濁指標との間には明らかな相関が認められ, その相関係数は表4に示したごとく, ABS>Total P>Cl>Total N の順に高かった。

9月における平均 BOD値は 4.07 ppm に対し12月は 5.85 ppm と約 1.4 倍の上昇が観察されているが, 総窒素成分中アンモニア性窒素が占める比率は9月 $33.8 \pm 19.03\%$, 12月 $69.6 \pm 7.49\%$ と冬季において大となっており, 一方総リン中遊離リンが占める比率は9月 $92.3 \pm 5.69\%$, 12月 $69.6 \pm 7.93\%$ とアンモニア性窒素成分とは逆に冬季の BOD 値の高い試料程小であった。

4. 汚濁負荷量

48年度における今岡の甲府市内河川調査報告²⁾によると荒川流末における BOD 汚濁負荷量は 12.507 g/sec ($1,080 \text{ kg/日}$), SS 負荷量は 34.11 g/sec ($2,947 \text{ kg/日}$) となっている。一方, 荒川上流地点(竜沢川合流点)に対する調査では BOD, SS, Total N (ケルダール法総窒素) および Total P の汚濁負荷量 (1976年9月・11月, 1977年1月・3月における測定値) をみると, それぞれ BOD は

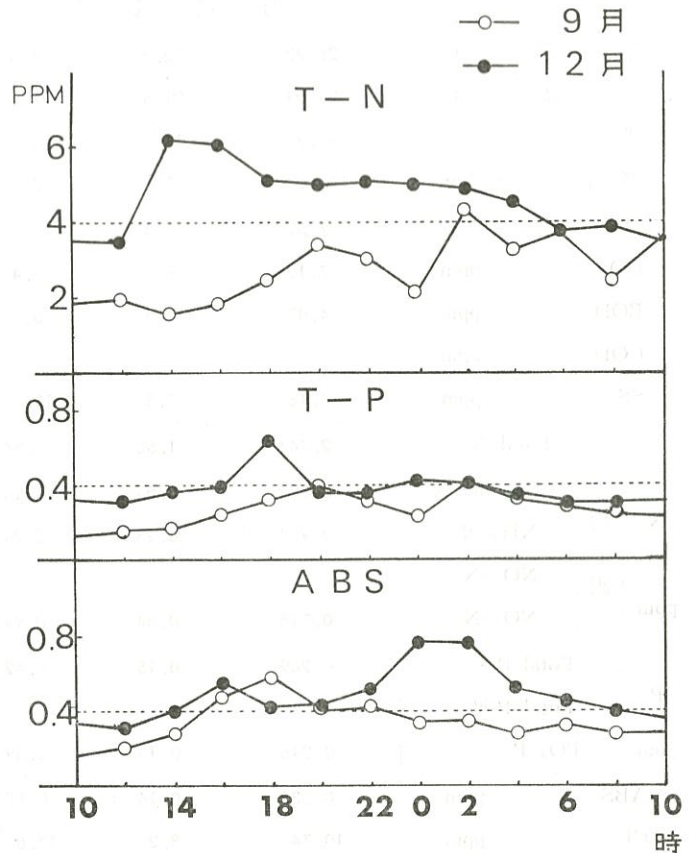


図2 二川橋における水質の経時変化

表4 生活関係汚濁成分間における相関

採水地点	n	r	r_0	回 帰 直 線
			$n-2, 0.01$	
二 川 橋	26	0.487	$\frac{0.496}{(0.389)^*}$	Total N=0.226 BOD+1.96
	43	0.632	0.389	Total P=0.077 BOD-0.05
	43	0.767	0.389	ABS = 0.092 BOD - 0.04
	43	0.713	0.389	ABS=0.699 Total P +0.18
	26	0.610	0.496	Cl = 2.142 BOD + 5.58

() * : 1% の有意水準を示す相関係数
 () * : 5%)

47~173 kg/日, SS 76~680 kg/日, Total N 8.8~27.7kg/日, および Total P は 1.1~2.3 kg/日であった。¹⁾

今回の通日調査による荒川流末の汚濁負荷量は表5に示したごとくであり, BODの負荷量は9月1,365kg/日12月1,235kg/日と9月に比較し12月はBODの濃度上昇が認められたものの流量低下に伴い負荷量は減少している。このことはCl成分を除き他の成分にも共通して同様な結果が観察されており, いずれも12月の負荷量

は9月に比較して少なく, また一人当りの汚濁負荷量を見るとBODは9月14.4g/日/人, 12月13.0g/日/人SSはそれぞれ36.6, 23.0g/日/人, Total N 9.5, 7.5g/日/人, Total P 0.99, 0.83g/日/人 およびABSは1.2, 1.1g/日/人となっており, 原単位標準値⁹⁾に比較しBODは平均31%, SS 74%, Total N 71%, Total P 65%ととくにBOD成分においてより低い負荷量を示していた。

48年における県調査の算出資料³⁾では, 家庭下水の排水量は54,845 m³/日(88.5%), 工場事業所排水量7,118 m³/日(11.5%) またBOD負荷量は前者5,011kg/日(93.3%), 後者360kg/日(6.7%)となっているが, 今回の負荷量測定では算出値の25.4%~23.0%に過ぎずさきの原単位標準値に対するBOD比率に近似しておりこの点河川による自浄作用も考慮されこれらの要因についても今後検討する必要があるものとする。

総 括

近年, 荒川は河川敷の整備等環境整備の諸施策がなされ, 外観的にはかつての自然環境へと戻りつつあり, 甲

表5 各時間帯における荒川流末の汚濁負荷量

測 定 月		9 月						12 月					
汚濁成分		BOD	SS	Total-N*	Total P	ABS	Cl	BOD	SS	Total N**	Total P	ABS	Cl
時 間 帯		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1	10:00-12:00	100.4	302.9	60.3	5.07	5.83	265.7	75.8	100.0	46.0	5.33	5.58	345.9
2	12:00-14:00	98.6	248.0	51.4	5.02	7.17	252.5	64.6	139.3	49.2	5.69	6.12	351.7
3	14:00-16:00	117.6	217.5	45.1	5.66	10.40	258.6	63.9	262.3	53.0	6.31	7.99	349.7
4	16:00-18:00	130.0	210.7	50.3	7.81	14.50	296.6	94.1	379.1	59.2	8.66	8.15	329.5
5	18:00-20:00	130.0	273.6	80.7	9.96	13.41	318.7	98.5	263.5	61.9	8.64	7.34	338.7
6	20:00-22:00	118.0	282.5	83.2	9.18	10.63	296.8	96.6	218.3	64.6	6.44	8.41	369.5
7	22:00-0:00	114.6	254.4	69.3	7.17	10.12	295.7	121.7	237.2	67.3	7.07	11.54	382.9
8	0:00-2:00	126.7	295.2	93.9	9.35	9.79	358.6	149.3	170.4	64.9	7.38	13.53	403.2
9	2:00-4:00	108.0	303.8	110.3	10.67	8.93	384.5	146.0	136.5	64.8	6.57	11.06	411.3
10	4:00-6:00	92.2	345.6	102.0	8.84	8.64	361.4	129.6	99.4	61.6	5.79	8.47	394.0
11	6:00-8:00	96.5	394.6	89.6	7.85	8.64	319.7	106.3	86.1	60.0	5.53	7.55	397.0
12	8:00-10:00	132.0	337.0	65.1	6.78	7.86	280.8	88.7	88.7	61.6	5.53	6.59	394.
一日の負荷量		1365.	3466.	901.	93.4	116.	3690.	1235.	2181.	714.	78.9	102.	4468.

* organic N+NH₄-N+NO₃-N

** organic N+NH₄-N+NO₂-N+NO₃-N

府市民等には親まれていた河川として知られている。しかしながら、この河川の水質は年々 BOD 値は上昇し水質の悪化が観察されている。

荒川の流域人口は調査当時（51年9月）甲府市・敷島町・竜玉町また双葉町の人口を含め約94,800人と推定され、これら住民の排水は湯川・小湯川・相川・貢川および沼川の各小支川を通し荒川に流入、今岡²⁾の調査（48年10月）によるとこれら各小支川の BOD 汚濁負荷量（kg/日）はそれぞれ 397（湯川）、423（小湯川）、113（相川上流）、294（相川下流）、276（貢川）および1,339（沼川）と報告、都市排水による影響が極めて大きいことを物語っている。今回は荒川流末（採水地点 二川橋）において、夏季（9月）ならびに冬季におけるこれら汚濁負荷等に対する把握と共に都市排水の影響として生活排水の汚濁指標として知られている諸成分の動向についても調査を行い、これら各成分間の相関についても検討を行った。

荒川流末での流量は9月 $340 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ 、12月 $208 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ と低下していたが、荒川の場合、渇水期と豊水期ではその差が著しく、50年度における年間流量は $90.72 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{日}$ から $795.74 \times 10^3/\text{日}$ と大きな巾を示していた。BOD の最高濃度値またその時間帯をみると9月の調査では16時から20時の間で 5.1 ppm、12月は0時から2時の間 8.5 ppm と更に夜半へと移行、この傾向はとくに ABS 成分において同様なパターンが観察され、BOD の最高濃度値とほぼ一致し、9月 0.58 ppm、12月 0.78 ppm となっていた。かつて、ABS 成分による環境汚染については沢登ら¹²⁾により検討がなされ、二川橋における調査結果（47年4月～49年3月）をみると最高濃度値 1.48 ppm、平均値 0.66 ppm と比較し、今回の調査では9月平均 0.335 ppm、12月 0.481 ppm とこの成分については減少傾向が観察されている。しかしながら、一方総窒素成分をみると9月平均 2.741 ppm、12月 3.415 ppm、COD は12月平均 6.86 ppm を示していたが、農業用水としての基準が COD 6 ppm 以下、総窒素濃度 1 ppm 以下であることからみてこの河川がかんがい用水としても広く利用されてはいるが、この面からも次第に農業用水として好ましくない水質となりつつある。

荒川の場合、これら生活排水の汚濁指標成分と BOD との相関をみると、いずれも明らかな相関があり、その相関係数は ABS が最も高く ($r=0.767$, 0.01 , $n=43$)

ついで Total P, Cl および Total N の順となっており、荒川における水質汚濁は明らかに生活排水と密接な関係にあることが証明された。

二川橋地点における BOD 値は9月平均 4.07 ppm、12月 5.85 ppm と冬季において高い濃度値を示しているが、流量の減少からその汚濁負荷量は9月 1,365 kg/日、12月 1,235 kg/日 と逆に低い負荷量となっており、このことは、ABS, Total P, Total N, SS 等の各成分も共通して同じ傾向を示していた。これを一人当りの汚濁負荷量からみると、BOD の場合は原単位標準値 44g/日/人に対し、14.4, 13 g/日/人と約31%に相当、また SS は36.6, 23 g/日/人、Total N 9.5, 7.5 g/日/人、Total P 0.99, 0.83 g/日/人 および ABS 1.2, 1.1 g/日/人 といずれも原単位標準値に比較し、約70%と低い負荷量を示し、この点、荒川の場合高い河川の自浄作用等も予想され、更に各小支川の流入地点等を含めた汚染源の究明等今後の調査課題として検討したい。

文 献

- 1) 公害第一科業務報告：山梨衛研年報, 18, 17—20, 1974; 19, 18—19, 1975; 20, 21—25, 1976.
- 2) 今岡正美：甲府市内河川汚濁調査報告書 昭和46年度, 47年度, 48年度（甲府市）
- 3) 山梨県：昭和48年環境基準類型指定調査報告書（笛吹川水域）
- 4) 今岡正美：『昭和49年度市内河川の流域住民と汚染の関係』報告書（甲府市）
- 5) 環境庁告示第64号附表四, 1974
- 6) 日本薬学会編：衛生試験法注解 807—808; 705; 708—709, 1973
- 7) Bendschneider K& Robinson R. J.: J. Mar. Res. 11, 87—96, 1952
- 8) 日本下水道協会：下水試験方法 120—123, 1967
- 9) 沼田一他：山梨衛研年報 19, 36—39, 1975
- 10) 小山忠四郎, 半田暢彦, 杉村行勇：湖水・海水の分析 69—70, 49—51, 1972; 講談社
- 11) 山梨県：昭和50年度公共用水域水質測定結果, 昭和51年7月
- 12) 沢登春成, 沼田 一：山梨衛研年報 17, 23—27, 1973