

官崎大学工学部 正会員 石黒政儀, 学生員 大島徹夫
官崎大学工学部 学生員 新川信夫, 学生員 谷中正直

1. はしかき

わが国における公共用水域の水質汚濁現象は各地で深刻な様相を呈しているが、流域面積 2233 km² 幹川流路長 102 km, 3市17町3村, 流域人口約50万人, 九州第2の河川である大淀川においても本川特有の汚濁化が進行しつつある。官大衛生工学研究室は昭和38年より大淀川水質汚濁問題と取り組み、その汚濁対策¹⁾、水質調査²⁾、自浄作用³⁾、長期水質変動と将来水質予測⁴⁾などについて調査研究を続けており、その1部は既に本研究会でも発表して来た。大淀川は昭和38年から40年に甘藷澱粉廃液により最大の汚濁を受けたが澱粉工業の衰退により漸時清澄化しつつあった。しかるに近年都市下水、畜産排水などで汚濁が急激に進み、内水面漁業、観光、レクリエーション(水泳)面に支障を来とし、特に最下流部の柏田にて20万人給水の官崎市上水道用水の約85%を表流水から取水しており問題は深刻である。本流域の各市町村では公共下水道もほとんどなく、終末処理場も全く稼動しておらず、さらに畜産排水も野放しの現状であり、その結果、本川の水質はBOD₅値の増加とともに大腸菌群数が極端に多いという汚濁特徴をもたらししている。このような状態が続けば、大淀川は数年後には憂うべき汚濁河川となる事を既に指摘したが⁴⁾、昭和47年12月水質環境基準による類型が指定され、幹川はA、1部のみB、全支川はAAと厳しい規制が設けられた。(図-2) 大淀川の水質汚濁を防止し水質環境基準を守るには、わが国に昭和40年より開始された流域下水道の設置が最速と考えられる(流域下水道の4条件に合致)。本文では大淀川の現状水質の解析と将来予測および流域下水道計画(総計768組の組み合わせ計算を比較検討)に関する基礎的研究の成果をここに報告する。

2. 現在水質と将来水質

本文では汚濁指標としてBOD₅を用い、流域内8地点の昭和46、47年実測値を現在水質の基礎資料とした。現在水質の解析と将来水質推定のため、各ブロック別総汚濁負荷量と水質の間には次の

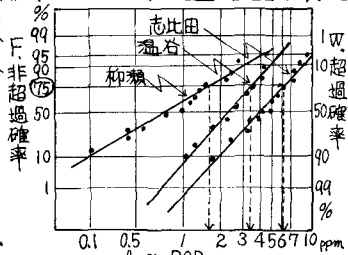


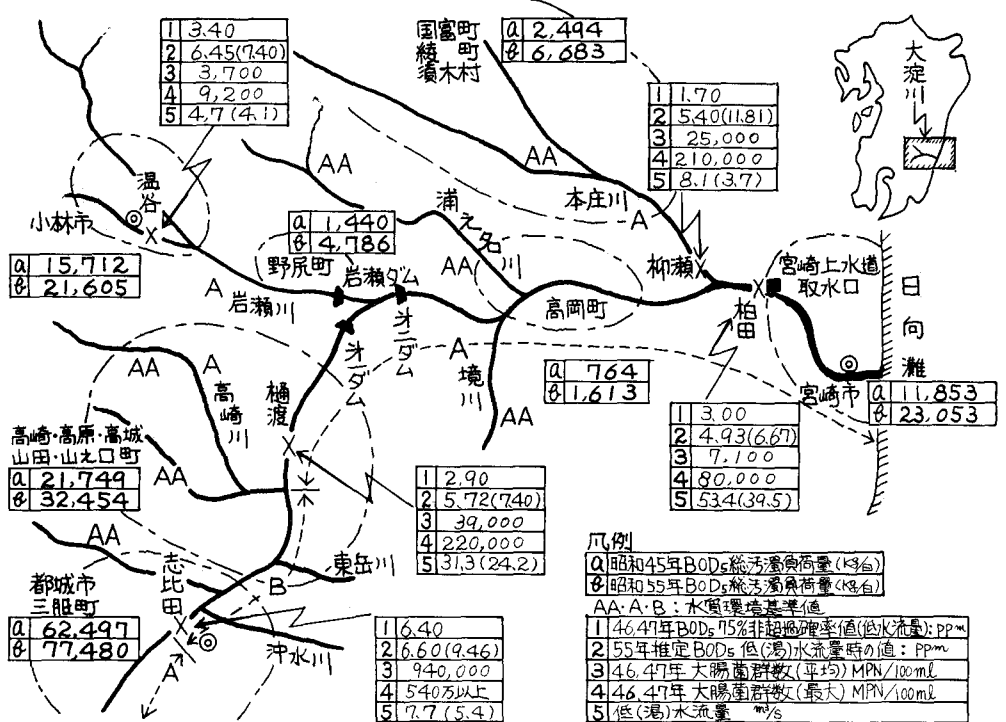
図-1 75%非超過確率水質推定図

関係があると仮定した。 $\alpha S = 86400 \cdot C \cdot Q$
ここでC: BOD₅ (g/m³), Q: 河川流量 (m³/sec), α : BOD₅負荷流出係数, S: 各ブロック内の総負荷量 BOD₅ (g/日)。全流域を7ブロックに分け、昭和45年、55年の人口、家畜頭数、工場排水BOD₅負荷量を表-1に示す。BOD₅原単位は、人: 449g/人(45年) 608g/人(55年), 牛: 600g/頭日×0.1, 豚: 200g/頭日×1.0 (係数0.1, 1.0は流出係数) 工場排水は各業種別原単位を用いた⁵⁾。現在水質は実測値の75%非超過確率値(低水流量

表-1 現在と将来推定値

市町村	年	人口(人)	牛(頭)	豚(頭)	工場BOD ₅ g
宮崎	45	202,900	5,763	8,940	791
	55	220,000	23,205	38,352	791
国富・綾	45	30,800	6,033	3,883	0
	55	31,500	24,344	16,658	0
高岡	45	12,900	2,547	213	0
	55	13,300	10,533	914	0
野尻	45	9,800	6,222	3,181	0
	55	10,000	24,288	13,646	0
小林	45	38,900	12,518	4,993	12,259
	55	40,000	44,367	21,420	12,259
都城	45	129,500	25,238	14,881	50,898
	55	135,000	95,234	63,839	50,898
高崎・高嶺・高城・山崎・北口	45	55,800	24,991	7,318	16,330
	55	54,100	109,986	31,395	16,330
合計	45	480,600	83,312	43,409	80,278
	55	503,900	331,957	186,224	80,278

図-2 大淀川流域図および総汚濁負荷量・水質表



値)を対数確率紙上で求め、(その1部を図-1に示す)さらに大腸菌群数(平均、最大)の値を合せて図-2に示した。本川の上流樋渡、温谷と下流柏田間53kmの自浄作用は、自浄係数値を実測して算出すべきであるが、各支川の流入やダムなどがあり自浄係数値を求め難いので、両地点間における多くの水質、水量実測値を用いて負荷量を算出し、その比1:0.67を代表値として推定に用いた。本流域の開発計画は宮崎県新総合開発計画で将来人口、畜産頭数、工場数などが昭和55年を目標に示されている。そこで将来水質は現在水質を基にして昭和55年の各ブロック別総汚濁負荷量から、流出負荷量を求め濁水(低水)流量に対する水質を推定した。その結果を図-2に示す。将来水質は低水流量時に柏田はBOD₅値493ppmと現在の1.7倍、柳瀬は540ppm現在の3.2倍、樋渡は572ppm現在の2.0倍、温谷は6.45ppm現在の1.9倍、志比田は6.60ppmと推定される。特に柏田には宮崎市の上水道取水点があり、水質基準はA(BOD₅=2ppm)で、早急な水質保全対策が必要である。

3 流域下水道計画

流域下水道計画の基本となるものは、その流域内にある多数の汚濁源から排出される汚水を、最も経済的(建設費、維持管理費)かつ効果的(水質保全)に処理することである。この種の問題については流域下水道の歴史が浅いため、問題の複雑さとのために研究の余地が多く残されている。本文では本流域の計画手法として(1)最下流点の宮崎市で一括処理(2)宮崎、小林、都城各ブロック別処理(3)(1)、(2)およびその他の組み合わせをとりあげ、さらに各処理場での浄化率に対する経済性と効果性などを、本流域の諸特性を加味しつつ比較検討する。排除方式は汚水のみを流す分流式とした。

(1)下水処理費用関数 下水処理費用は採用する処理方法あるいは浄化効率によって大きく変化する。ここに採用した下水処理費用関数は本山の算出した式⁽⁶⁾をもとに、処理場での浄化率 88 %、95 %、98 % の3段階 BOD₅除去についてである。[浄化率 88 %処理]=最初沈殿、活性汚泥、汚泥処理、塩素滅菌の操作を組み合わせたもの [95 %処理]=88 %処理に砂ろ過を加えたもの [98 %処理]=最初沈殿、活性汚泥、汚泥処理、石灰凝集沈殿、(夏期のみ、アンモニアストリッピング、再炭酸塩化) 砂ろ過、活性炭吸着、塩素滅菌の組み合わせ操作である。各浄化率に対する費用式は一般的に $Y = AX^b$ であり、係数 A、b、B は表-2 のようになる。

$Y_1 = AX_1^b$ --- (3.1) Y_1 : 単位下水流量当り処理費用 ($\times 10^6$ 円/ m^3)

$Y = AX^B$ --- (3.2) Y : 下水処理総費用 ($\times 10^6$ 円/日)

X_1 : 下水処理量 ($\times 10^6$ 円/日), この下水処理総費用はプラントを建設して、25年間の維持管理に要する全費用を1日当りの費用に換算したものである。

(2)下水輸送管路費用 下水輸送には円形の管渠を使用し、河川の流れにそって自然流下で輸送可能なものとする。輸送管路費用は高松らが算出した式⁽⁷⁾を用いる。

$Y_2 = 1.18 \times 10^{-5} D^2 D \leq 1800 \text{ mm}$ --- (3.3) $D = \left(\frac{X_2}{86.4 \times \pi} / 2.48 \times 10^{-2} \times I^{1/2} \right)^{2/3} \times 10^3$ --- (3.5)

$Y_2 = 2.46 \times 10^{-2} (D - 700)$ $D > 1800 \text{ mm}$ --- (3.4)

Y_2 : 輸送管路費用 ($\times 10^6$ 円/日), l : 輸送距離 (km), D : 管径 (mm), X_2 : 輸送下水流量 ($\times 10^6$ 円/日)
 n : Manning の粗度係数, I : 動水勾配 (%)

(3)計画汚水量 計画汚水量の原単位は、人については1人/日当り日平均給水量を用いた。宮崎市は観光都市であるため単位給水量は多く、昭和55年において $0.60 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 、その他の流域市町村は $0.33 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ を使い、畜産排水の牛については $0.07 \text{ m}^3/\text{頭} \cdot \text{日} \times 0.1$ 、豚については $0.035 \text{ m}^3/\text{頭} \cdot \text{日} \times 10$ を用いた。工場排水については、本流域に用水型工場誘致の動きは見られないので、現在排水量をそのまま採用した。各地区汚水量は表-3に示す。上記の計算数式と各地区汚水量を用いて小林地区(小林市、野尻町)は跡類、都城地区(都城市、高崎町、山の口町、高原町、山田町、三股町、高城町)は桶渡、宮崎地区(宮崎市、高岡町、国富町、綾町、須木村)は小戸の3地点に処理場候補地を設け(図-3参照)、各地点にどの程度の規模で、どの程度の浄化能力をもったプラントを建設すれば、系全体の所要コストを最小にし、かつ水系水質を良好に保持しうるかを総計768組の組み合わせ計算を行い、その結果を比較検討した。1部を表-4に示す。例えば、小林地区総汚水量の40%と都城地区総汚水量の80%を宮崎に輸送し、残りの汚水はおおのこの処理場候補地

表-3 昭和55年度 地区別総汚水量

地区	種別	人、頭数	単位水量 ¹⁾	流出率 ²⁾	汚水量 ³⁾	総汚水量 ⁴⁾
宮崎地区	人口	220,000人	0.6	100	132,000	155,705
	市	56,800人	0.33	100	18,744	
	牛	80,028頭	0.07	10	560	
	豚	64,886頭	0.035	100	2,271	
	工場			100	2,130	
小林地区	人口	50,000人	0.33	100	16,500	23,294
	牛	68,655頭	0.07	10	481	
	豚	35,066頭	0.035	100	1,227	
	工場			100	5,086	
	工場			100	5,086	
都城地区	人口	177,100人	0.33	100	58,443	87,665
	牛	183,274頭	0.07	10	1,283	
	豚	86,272頭	0.035	100	3,020	
	工場			100	24,909	
	工場			100	24,909	

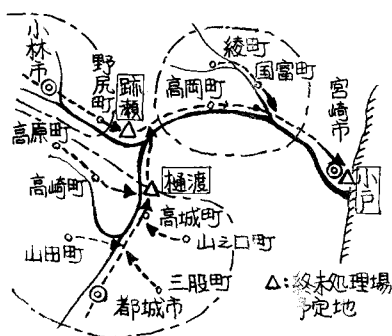


図-3 処理場と輸送モデル図

図-3 処理場と輸送モデル図

補地で BOD₅ 除去率のおお

表-4 系全体の所要コストと水質の計算表

の 88%, 98% の処理を行ない、宮崎では 2 地区からの輸送汚水量と宮崎地区の総汚水量の合計を BOD₅ 除去率 88% で処理するものとする、系全体の所要コストは各処理場ごとの総処理費用と小林、都城から宮崎までの下水輸送費用を加えた、3,907,800 円/年となり、この時の各処理場放流点における河川水質は濁水(低水)流量時の BOD₅ 値

小林地区		都城地区		宮崎地区		系全体の 所要コスト ×10 ⁶ 円/年	各処理場放流点における BOD ₅ 濁水(低水)流量時 PPM		
処理率 %	輸送率 %	処理率 %	輸送率 %	処理率 %	輸送率 %		跡瀬	樋渡	小戸
98	100	98	100	98	266.664	7.8717	0 (0)	0 (0)	1.0 (0.7)
98	80	95	0	95	174.340	3.9091	0.15 (0.11)	2.6 (2.0)	2.0 (1.5)
	4.659		87.665						
98	0	88	0	98	155.705	6.6319	0.80 (0.50)	6.2 (4.8)	3.2 (2.3)
	23.294		87.665						
95	80	98	80	95	244.472	4.3682	0.4 (0.3)	0.21 (0.16)	2.2 (1.7)
	4.659		17.533						
95	0	95	0	95	155.705	3.4595	1.9 (1.4)	2.6 (2.0)	2.0 (1.5)
	23.294		87.665						
95	0	95	0	88	155.705	3.1931	1.9 (1.4)	2.6 (2.0)	2.8 (2.0)
	23.294		87.665						
95	0	88	0	98	155.705	6.0541	1.9 (1.4)	6.2 (4.8)	3.4 (2.5)
	23.294		87.665						
88	0	98	100	98	243.370	7.5664	4.6 (3.2)	0 (0)	1.5 (1.1)
	23.294		0						
88	40	98	80	88	235.155	3.9078	1.8 (1.3)	0.21 (0.16)	5.3 (4.0)
	13.976		17.533						
88	0	88	0	88	155.705	2.9919	4.6 (3.2)	6.2 (4.8)	4.8 (3.4)
	23.294		87.665						

で、小林(跡瀬)では 1.83 (1.30) ppm であり、都城(樋渡)では 2.61 (2.16) ppm、宮崎(小戸)では 5.34 (3.95) ppm となる。

以上の計算結果より、大淀川の水質基準を守るためには、⁽¹⁾最下流の宮崎市には輸送せず、各処理場候補地にて BOD₅ 除去率のおお 95% の処理を行なうのが良く、その時、系全体の所要コストは、3,459,500 円/年であり、各放流点での BOD₅ 値は濁水(低水)流量で、表-4 のように跡瀬で 1.9 (1.4) ppm、樋渡で 2.6 (2.0) ppm、小戸で 2.0 (1.5) ppm となる。あるいは、⁽²⁾宮崎市には輸送せず、小林、都城は 95% の処理、宮崎は 88% の処理を行なうのが適しており、この時、系全体の所要コストは 3,193,100 円/年であり、各放流点での BOD₅ 値は濁水(低水)流量で跡瀬 1.9 (1.4) ppm、樋渡 2.6 (2.0) ppm、小戸 2.8 (2.0) ppm となる。結局 95% 以上の高級処理を汚水源の宮崎、小林、都城 3 地点で行なうのが最適である。しかし 95% の処理は現状では無理であるから、⁽³⁾88% 処理の後、かんがい処理(牧場散布、山林散布、農場散布)、酸化池(養魚池、クロレラ培養池)、回転円板処理など、本流域の諸特性に適した方法を考究付加すれば初期の目的は充分達成できるとと思われる。

4 むすび

本文では大淀川の現在水質を昭和 46, 47 年の実測水質から算出検討し、55 年現在を将来水質として推定した。推定将来水質を基準にして最も経済的な流域下水道パターンとして、総合処理場は最大汚濁源の 3 地区に設けることが最良との結果が得られた。この細部については、さらに研究を進めたい。最後に本年 1 月に大淀川流域下水道計画調査が正式に政府決定となったことは、われわれが数年来調査研究して来た大淀川の水質汚濁防止対策がいよいよ具体化して来たものと喜ぶものである。

参考文献 1) 小林、石黒: 甘藷粉廃液による大淀川水質汚濁について、林学会第 3 回青年工学討論会論文集、1965。2) 石黒、甘藷粉廃液の水質汚濁とその対策、産業公害、1967.3。3) 石黒、上野、松山、山下: 大淀川の水質変動と自浄作用、土木学会研究、1969.2。4) 石黒、池田: 大淀川の長期水質変動と予測について、林学会研究、1972.2。5) 東林: 公害防止計画における水質汚濁計算について、水処理技術 vol.13, No.78, 1972.8。6) 本川: 流域都市における水質水質配分、北海道大学工学部論文、1972.3。7) 廣松、阿藤、芝、岡本: 広域下水道システムの最適化計画、下水道会誌 vol.18, No.9, 1971.2。