

## 江ノ口川水質汚濁解析について

渡 辺 賢 介 ・ 門 田 治 幸  
 邑 岡 和 昭 ・ 堀 内 泰 男  
 西 山 泰 彦 ・ 河 淵 雅 恵\*

### 1. はじめに

わが国の典型7公害のうち水質汚濁をめぐる現状は、ここ10年間徐々に改善の傾向で推移してきた。しかしながら都市内中小河川と湖沼、内海、内湾等の閉鎖性水域では依然として汚濁の水準は高く、水質保全のための条件は厳しい。その原因の1つとして生活排水系汚染の占める割合が大きいことが指摘され<sup>1),2)</sup>、この問題に対して各地で各種の対策が検討されているが<sup>3),4)</sup>、地域の特異性があり決定的な方策がないのが現状である。本県でも昭和59年度からの生活排水浄化対策事業の中で、県下で最も水質汚濁の進んだ江ノ口川がモデル河川として取り上げられた。本報告は江ノ口川浄化の有効な施策を行う基礎資料を得る目的で、BODを指標として汚濁の現状と、まとめ併せて将来水質の予測を試みたものである。

### 2. 調査方法

#### 2.1. 河川の概況

江ノ口川は高知市の西部に源を発し、高知市の市街地を東西に貫流して、二級河川の国分川に注ぐ流路延長7.5km、流域面積6.1km<sup>2</sup>の小河川である。昭和47年に水質環境基準C類型が設定されたが現在まで上流、下流ともに達成されていない。流域には昭和46年までパルプ工場があり汚濁原因の大部分を占めていたが、現在は生活排水の占める割合が大きくなっている。流域中一部下水道整備区域があり、これを除いた流域内の人口は約34,000人、人口密度は約6,500人/km<sup>2</sup>である。

#### 2.2. 調査地点および流域区分

調査地点と流域区分を模式化して図1に示したが、本川の調査地点は順流部は起点(地点I)、長尾山橋(地点II)、井口堰(地点III)、常通寺橋(地点IV)、感潮部は廿代橋(地点V)、横田橋(地点VI)の計6地点

とし、支川は主な8支川について本川への流入直前を調査地点とした。流域は地点Iまでの流域を流域I、地点Iから地点II間に流入する流域を流域IIというよ

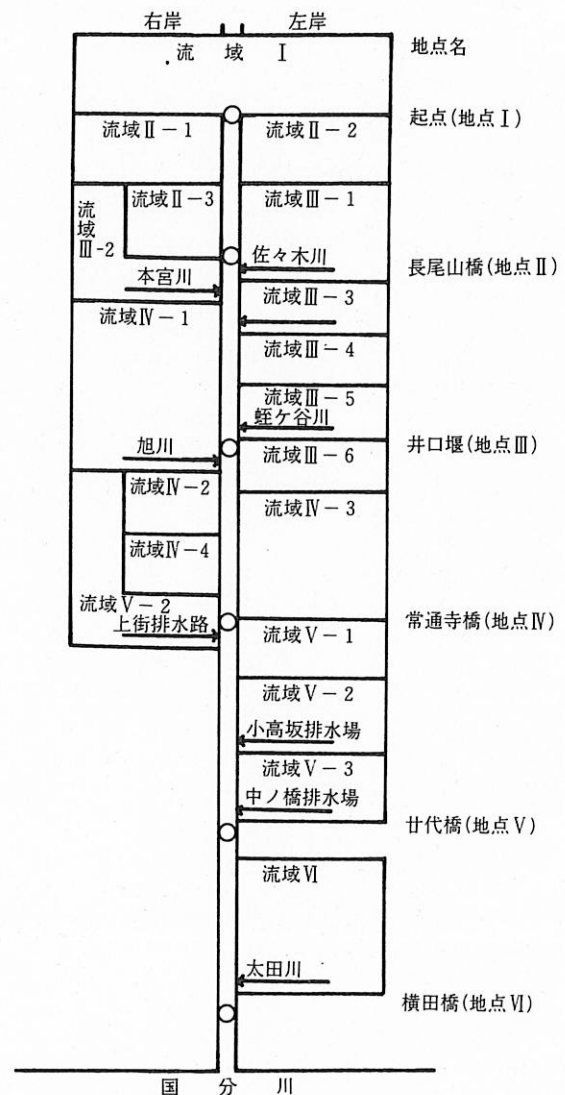


図1 江ノ口川調査流域区分

\* 中央保健所

うに分け、さらにできるだけ支川ごとに細分し19流域に区分して解析を行った。

2.3. 調査日

調査は晴天後の流量の安定した日を選び、順流部の調査は豊水期として昭和59年5月18日～19日、渇水期として昭和59年12月20日～21日に、それぞれ4時間ごとに24時間調査を行った。感潮域は昭和59年8月29日～9月11日の2週間1日1回同時刻に採水を行った。また、支川については流量の大きい本宮川、旭川、井口堰取水の3支川は本川調査時に行い、他は日を変えて2時間ごとに24時間調査を行った。

2.4. 調査方法

調査は、流量については回転式流速計を用いてJIS K 0094による方法、BODはJIS K 0102による方法によって行った。

2.5. 解析方法

2.5.1. 排出BOD負荷量

排出源からの負荷量の算出は表1の原単位を使用し、水質汚濁防止法に基づく特定事業場からの負荷量は届出を参考に算出した。また、流域内にある2製紙工場と1繊維製品製造工場については規模が大きいため数回にわたる実測データを使用した。

2.5.2. 順流域解析モデル

順流域の解析に利用したモデルは図2に示すとおりで、基準点は順流部最下流の地点IV（常通寺橋）とし

表1 BOD排出原単位

汚濁排出源	BOD負荷原単位
生活系雑排水 <sup>5)</sup>	37 g/人・日
し尿浄化槽 <sup>6)</sup>	44.5 g/人・日
合併浄化槽 <sup>6)</sup>	12 g/人・日
病院 <sup>7)</sup>	50床未満 99 g/人・日 50床以上 122 g/人・日
自然系 <sup>8)</sup>	0.84 g/km <sup>2</sup> ・日

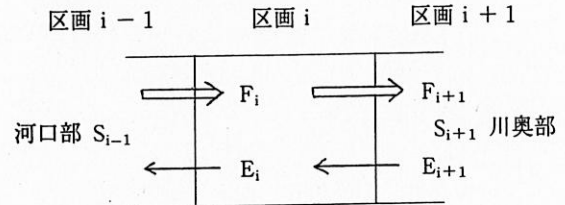
た。

本川での浄化残率の算出は、地点nの実測負荷量を地点n-1での実測負荷量と地点n-1から地点nの間に流入した負荷量の和で除した値を区間残存率とし、残りを浄化されたものとしてこれを求めた。

2.5.3. 感潮域解析モデル

感潮域の解析に際しては、矢野によって実用化されたモデル<sup>9)</sup>を利用した。これは半潮期（6時間）より小さい単位時間を取り、上げ潮期と下げ潮期を区分し、それぞれの潮位差による水の移動に従って隣接した区間で単位時間ごとに汚濁物質と水とを交換して混合するものとして、上げ潮期と下げ潮期を交互に計算して水質濃度を求めるものである。

実際には、下に示した計算過程でパーソナルコンピュータを用いて濃度が安定するまで反復計算した。



a) 上げ潮期(t)の区画iの濃度Sは

$$S_i^t = (S_{i-1}^{t-1} V_i^{t-1} - S_{i+1}^{t-1} F_{i+1} + S_{i-1}^{t-1} F + Q_i) / V_i^t$$

b) 下げ潮期(t)の区画iの濃度Sは

$$S_i^t = (S_i^{t-1} V_i^{t-1} - S_{i+1}^{t-1} E_i + S_{i+1}^{t-1} E_{i+1} + Q_i) / V_i^t$$

但し、 $F_i$  : 上げ潮期の単位時間に区画iの河口側断面を通過する水量(上げ潮期の移動水量)  
 $E_i$  : 下げ潮期の単位時間に区画iの河口側断面を通過する水量(下げ潮期の移動水量)  
 $V_i^{t-1}$  : 区画iの時刻(t)より単位時間前の全水

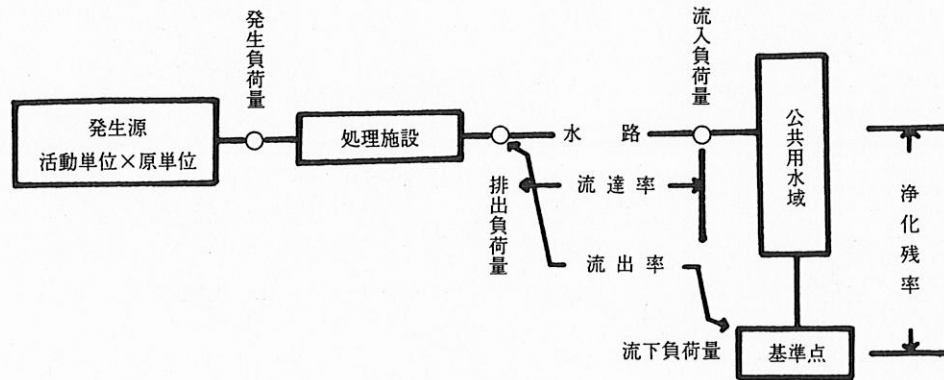


図2 汚濁物質流出モデル

量

$Q_i$  : 区画  $i$  の単位時間あたりの流入汚濁負荷量

ここで1潮時の間に移動する水量として、上げ潮期の通過水量 ( $FT_i$ ) は下げ潮期の通過水量 ( $ET_i$ ) より1潮時間の汚水流入分 ( $l_i$ ) だけ少なくなると仮定して、以下のように求めた。

$$\begin{aligned} ET_n &= DV_n & FT_n &= DV_n - l_n = ET_n - l_n \\ ET_{n-1} &= DV_n + DV_{n-1} & FT_{n-1} &= DV_n + DV_{n-1} - (l_n + l_{n-1}) = ET_n - \sum_{k=n-1}^n l_k \\ &\vdots & & \vdots \\ ET_i &= \sum_{k=i}^n DV_k & FT_i &= \sum_{k=i}^n DV_k - \sum_{k=i}^n l_k = ET_i - \sum_{k=i}^n l_k \\ &\vdots & & \vdots \end{aligned}$$

但し、 $FT_i$  : 上げ潮時に1潮時に区画  $i$  の河口側断面を通過する水量

$ET_i$  : 下げ潮時に1潮時に区画  $i$  の河口側断面を通過する水量

$DV_i$  : 区画  $i$  の満潮時全水量と干潮時全水量との差

$l_i$  :  $i$  に1潮時に流入する汚水

今回の調査では潮位は過去5年間の高知港の平均満潮位1.962mと平均干潮位0.146mを利用し、上流からの流入水量、流入負荷量は昭和59年5月調査分を利用した。支川からの流入水量は実測値のあるものはそれ

を使用し、一部は高知市の資料を使用した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1. 排出汚濁負荷量調査

江ノ口川流域のBOD排出量を流域別に表2に示した。この表から排出負荷量は、旭川流域(流域IV-1)が全体の28%を占め、ついで太田川流域(流域VI)が全体の16%を占めた。また、排出源別には生活雑排水が全体の58%を占め、し尿浄化槽の生活系のを含めると60%を越すと考えられた。

#### 3.2. 順流域調査

##### 3.2.1. 流量収支

今回の調査で実測した流量の収支は、図3のようになり、全体の90%以上が把握できた。この図から常通寺橋(地点IV)の通過水量に対する本宮川を通じての鏡川取水の割合をみると、途中の農業用水としての取水を差し引いても5月調査分49%、12月調査分37%を占め、流量に与える影響が極めて大きいことがわかった。その他の流入については、ほとんどが人為的なもので、旭川からの流入が5月調査分31%、12月調査分40%と大きな値を示したが、これらの77%がこの流域の製紙2社と繊維製品製造会社の排水と推定された。

##### 3.2.2. 流達率・流出率

本川へのBOD流入負荷量と各地点の通過量を図4に示した。この中で小側溝や直接流入の集まった流域、

表2 流域別排出BOD負荷量

(単位 kg/日)

流域区分	支川	雑排水	単独浄化槽	合併浄化槽	病院	特定事業場	自然系	合計
I-1		36.14	3.75	...	...	3.61	0.39	43.89
II-1		23.12	2.35	...	...	1.95	0.09	27.51
II-2		50.99	5.11	...	1.88	...	...	57.98
II-3		36.92	4.01	4.56	...	0.16	1.33	46.98
III-1	佐々木川	58.09	4.58	...	...	8.13	0.12	70.92
III-2	本宮川	67.82	1.36	...	1.88	2.72	23.00	96.78
III-3		15.24	1.18	...	...	0.09	...	16.51
III-4		21.61	1.11	4.54	...	2.50	0.03	29.79
III-5	蛭ヶ谷川	34.08	3.02	...	...	0.12	0.07	37.29
III-6		55.69	3.90	...	...	...	...	59.59
IV-1	旭川	243.53	25.33	4.02	53.73	301.74	...	628.35
IV-2		17.13	5.12	...	...	0.19	...	22.44
IV-3		27.60	4.28	...	20.94	6.72	...	59.54
IV-4		8.81	5.97	2.29	1.88	0.18	...	19.13
V-1		19.68	2.76	...	14.64	...	...	37.08
V-2	上街排水路	112.36	30.88	...	59.81	34.02	...	237.07
V-3	小高坂排水場	216.75	25.63	4.96	36.53	0.60	...	284.47
V-4	中ノ橋排水場	63.34	17.38	...	9.08	7.01	...	96.81
VI	太田川	190.85	40.54	1.80	43.51	87.03	0.07	363.80
総計		1299.75	188.26	22.17	243.88	456.77	25.10	2235.93

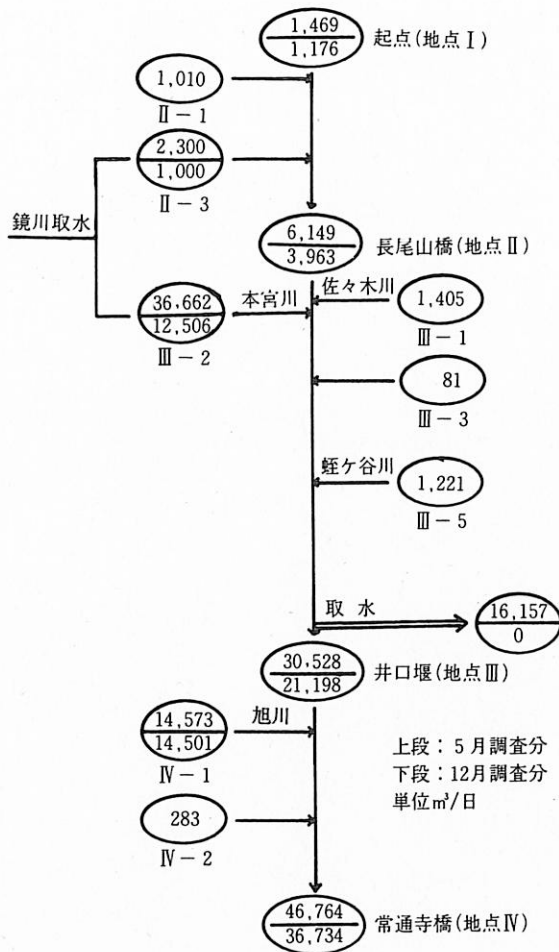


図3 順流域における流量収支

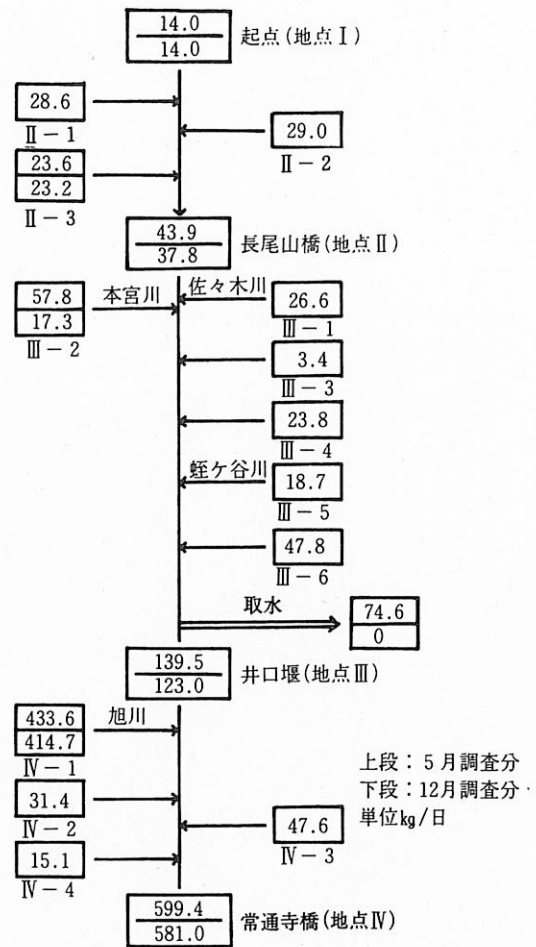


図4 順流域におけるBOD負荷量収支

感潮域への流入については流域面積と人口密度を参考に流達率を推定した。この図からBOD負荷量については旭川の影響が大きく、常通寺橋(地点IV)の通過BOD量に対してこの流域からの負荷量が5月調査分の72%、12月調査分の71%を占めた。また、常通寺橋(地点IV)において環境基準Cを達成するためには現況の水量と仮定して、5月調査分では365.5kg/日、12

表3 区間残存率および浄化残率

地点	BOD通過量(kg/日)	流出入BOD量(kg/日)	区間残存率	浄化残率
地点I (起点)	14.0 14.0			
地点II (長尾山橋)	43.9 37.8	81.2 80.8	0.46 0.40	0.40 0.26
地点III (井口堰)	139.5 123.0	103.5 137.6	0.95 0.70	0.86 0.64
地点IV (常通寺橋)	599.4 581.0	527.7 508.8	0.90 0.92	0.90 0.92

注) 上段: 5月調査分  
下段: 12月調査分

表4 流達率および流出率

流域	支川	流達率	流出率
I		0.32	0.13
II-1		1.04	0.42
II-2		0.50*	0.20
II-3		〃	〃
III-1	佐々木川	0.38	0.33
III-2	本宮川	0.60	0.51
III-3		0.21	0.18
III-4		0.80*	0.69
III-5	蛭ヶ谷川	0.47	0.40
III-6		0.80*	0.69
IV-1	旭川	0.69	0.62
IV-2		1.40	1.26
IV-3		0.80*	0.72
IV-4		〃	〃
V-1		〃	...
V-2	上街排水路	0.48	...
V-3	小高坂排水場	1.00*	...
V-4	中ノ橋排水場	〃	...
VI	太田川	0.35*	...

\*は推定値

月調査分では392.5kg/日を削減する必要があり、これは現状通過量のそれぞれ61%, 68%に相当した。

各区間での残存率を表3に示したが、地点Ⅰから地点Ⅱの区間で残存率が小さくなり、この間で浄化される割合が大きくなった。これはこの区間が流速が遅く、汚濁密度が低いためと考えられ、それより下流では浄化残率が90%程度で浄化の様相はほとんど認められなかった。

5月調査時に得られた流達率と流出率を表4に示した。

3.3. 感潮域汚濁解析

今回の調査では江ノ口川感潮域を図5のように3区画に分け、単位時間を1/6潮時(2時間)として解析を行った。各区画の干潮時、満潮時体積を表5に示し、1潮時あたりに河口側河川断面を通過する水量と各区画への流入水量、流入負荷量を表6に示した。また、河口から遡上する外界水質として、河口の葛島橋における水質監視時の過去5年間(昭和54年度~昭和58年

度)のBOD値の75%値(2.2mg/l)を利用した。

各区画の水質の初期値をBOD 5.0mg/lと仮定し混合計算を行った時の区画2の水質の計算値を満潮時と干潮時のみ図6に示したが、計算開始後4~5潮時で収束を始め、10潮時後には各潮位で15.5mg/l, 11.7mg/l, 9.6mg/l(満潮時), 10.3mg/l, 12.4mg/l, 21.5mg/l(干潮時)を得、平均水質はBOD 13.5mg/lとなった。一方、実測値としてこの区画にある廿代橋における定期的水質監視時の過去5年間のBOD値の75%値は12.0mg/lであり、計算値との換算比(β)は0.833となった。

計算値 BOD 13.5mg/l  
 実測値 BOD 12.0mg/l

$$\text{換算比 } \beta = \frac{12.0}{13.5} = 0.833$$

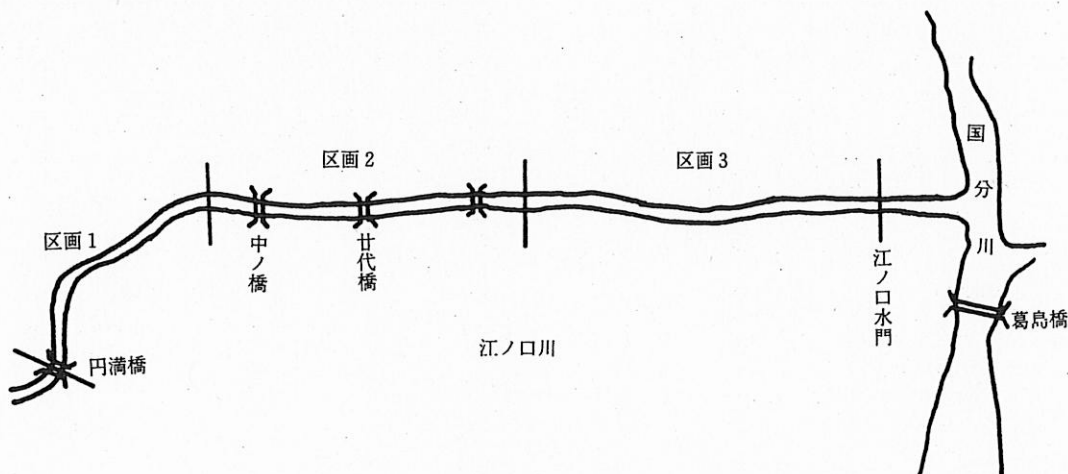


図5 感潮域における区画面

表5 区画別の河川体積

区画	河口からの距離(m)	満潮時体積(m³)	干潮時体積(m³)	干満差体積(m³)
1	3,000-4,300	27,120	820	26,300
2	1,650-3,000	80,900	15,000	65,900
3	300-1,650	115,600	41,200	73,900

表6 1潮時の通過水量と流入負荷量

区画	満ち潮時通過水量(m³)	引き潮時通過水量(m³)	1潮時の流入水量(m³)	1潮時の流入BOD量(kg)
1	1,000	26,300	25,300	515
2	64,100	92,200	2,800	49
3	137,050	166,100	950	64

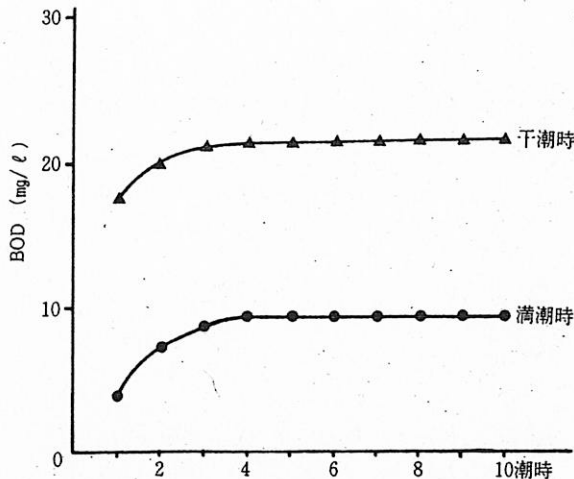


図6 反復計算した時の区画2におけるBOD値の収束

4. 江ノ口川の将来水質の予測

現況解析時に得られたデータを基に、公共下水道の普及と人口の推移を加味し昭和70年度における江ノ口水質を推定した。

4.1. 昭和70年の流域人口

江ノ口川流域は一部公共下水道認可区域であり、昭和65年度末には流域IV-2より下流が下水道化される計画である。また、昭和70年の人口予測は、若干の増加が見込まれる上流域(流域I, II)と、人口の飽和した中流域(流域III, IV)に区分して計算した。流域I, IIおよび流域III, IVの人口推移を図7に示したが、将来予測分については過去の数値から2次式に近似して推定した。この時の回帰式を昭和45年度を0にした経過年数をx, 人口をyとして同じく図7に示した。

得られた人口予測値を流域別に現況人口比で按分して、各流域の予測人口とし、現況の流域人口とともに表7に示した。流域I, IIは若干増加し、流域III, IVについては公共下水道化と人口減によって減少し、流域V, VIは全て下水道化されると思われ、江ノ口川の流域人口は現況の約50%と推計された。

4.2. 排出BOD負荷量

汚濁排出源の変化を、人口とそれに伴う浄化槽増に限って、昭和70年における排出BOD量の推定を試みた。使用原単位は雑排水のみ42.5g/日を用い、その他は現況のものを使用した。結果を表8に示したが、流域内の排出BOD負荷量は現況の54%となった。

4.3. 将来水質

4.3.1. 順流域

評価地点は現況解析時と同様に常通寺橋とし、流出率は現況と変化せず、流入水量、取水量を5月調査時と同じと仮定して将来水質を計算すると、昭和70年に

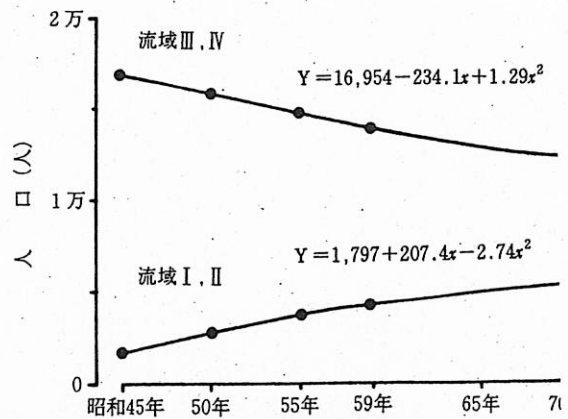


図7 流域別の人口推移

表7 流域別予測人口(昭和70年)

流域	現況人口	昭和70年予測人口	備考
流域I	977	1,294	
流域II	3,001	3,978	
流域III	7,459	6,338	
流域IV	8,029	5,566	
流域V	11,146	.....	公共下水道化
流域VI	3,653	.....	
合計	34,265	17,176	

表8 流域別の予測BOD排出量(昭和70年)

流域	排出負荷量 (kg/day)
流域I-1	64.1
流域II-1	41.0
流域II-2	86.6
流域II-3	67.7
流域III-1	90.7
流域III-2	94.8
流域III-3	19.3
流域III-4	27.3
流域III-5	36.3
流域III-6	58.0
流域IV-1	621.4
合計	1207.2

は常通寺橋で通過水量45,000m<sup>3</sup>/日、BOD通過量524.0kg/日と推定され、日平均BODは11.6mg/lとなり、現状(12.8mg/l)と比較して水質は若干良化することとなった。しかしなお環境基準は達成せず、そのためにはBOD負荷を56%以上削減することが必要で、江ノ口川浄化の困難さを示していた。

4.3.2. 感潮域

感潮域における評価地点を廿代橋とし、河川体積および水質の換算比は現況のものを用いた。但し、外界水のBOD値のみは下水の普及で葛島橋の水質が良化すると考え2.0mg/l(現況2.2mg/l)を使用した。

昭和70年における感潮域への汚水流入は上流からのBOD 負荷524.0kg/日のみと推定され、混合計算によって得られる計算値は各潮位でそれぞれBOD8.1mg/l, 6.2mg/l, 5.1mg/l (満潮時), 5.6mg/l, 6.7mg/l, 11.6mg/l (干潮時)であり、平均7.2mg/lとなった。これに換算比( $\beta$ ) 0.833を掛けてBOD 6.0mg/lを得、これが昭和70年における廿代橋のBOD 予測値となった。この値からみれば現況BOD 12.0mg/lと比較して大幅に水質が良化するが、なお環境基準は達成せず、今後は排出源において雑排水の個別処理、コミュニティプラントの推進、小型合併処理の普及、製紙2社からの負荷削減等の下水道整備以外の対策を併せ行う必要があると考えられた。

## 5. ま と め

昭和59年度江ノ口川汚濁調査を行い以下のような結果を得た。

5.1. 江ノ口川流域では2,236kg/日の排出BOD 負荷量があり、流域別には旭川流域の排出が全体の28%、太田川流域が16%を占め、排出源別には生活排水系からのものが60%以上を占めていた。

5.2. 順流域における河川流量は鏡川からの取水に対する依存が大きく、5月調査結果では49%、12月調査結果では37%を占めた。

5.3. 順流域における河川の自浄は、長尾山橋までは浄化が期待できるが、それより下流ではほとんど浄化は認められず、現況で常通寺橋で環境基準を達成するためには通過BOD 量を5月調査結果では61%、12月調査結果では68%削減する必要がある。

5.4. 簡単な混合モデルを使用して現況水質を計算すると、廿代橋においてBOD 13.5mg/lを得て実測値

との換算比は0.833となった。

5.5. 昭和70年における水質の予測計算を行うと、流域からの排出BOD 負荷量は1,207kg/日となり、現状の54%と推計された。また、予測水質は常通寺橋11.6mg/l, 廿代橋6.0mg/lを得て、特に感潮域で水質の良化が予想され、下水道以外の施策を補足することで環境基準の達成も不可能ではないと考えられた。

なお、江ノ口川の汚濁調査は今後感潮部における有機物の堆積状況、底質の水質に及ぼす影響等の調査の必要も考えられた。

## 文 献

- 1) 山中芳夫：生活系排水による水質汚濁の現況，用水と廃水，21，1005-1011，1979.
- 2) 鈴木守正ら：黄瀬川水系の水質解析について，静岡県環境衛生センター報告，26，121-126，1983.
- 3) 百瀬敦海：雑排水のあり方（地方自治体における対応），水質汚濁研究，7，141-145，1984.
- 4) 並木陟：埼玉県所沢市における雑排水対策，用水と廃水，27，44-51，1985.
- 5) 日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査と指針（昭和55年）
- 6) 建設省：建築基準法 し尿浄化槽の構造基準（昭和56年）
- 7) 大野茂ら：用途別建築物の排水量，水質および負荷量，用水と廃水，22，567-579，1980.
- 8) 宮城県：宮城県環境管理計画 ABC計画（昭和56年）
- 9) 矢野雄幸：海域における廃水の希釈混合計算について，用水と廃水，14，18-27，1972.