

# 流水保全水路と下水道整備の係わりについての一考察

研究第一部 次 長 高橋 定雄

研究第一部 主任研究員 角野 和美

## 1. はじめに

河川は、家庭や工場から河川に排出される汚濁負荷量の増大に伴い、河川環境や水利用の面で、いろいろな問題が発生し、その保全と回復が望まれている。特に近年、湖沼やダム・貯水池における富栄養化の進行、これに伴う異臭味の発生、中・下流域におけるアンモニア態窒素の増大などにみられるようにその問題は複雑多様化してきている。

流水保全水路はこれらの水質汚濁問題を解消し、主要な汚濁流入源になっている支川からの汚濁排水等を分離浄化し、河川の水量、水質の一体管理を行い、安全でうるおいのある河川環境を取り戻すため、河川敷等に新たな低水路と浄化施設を設置するものである。流水保全水路は流域対策としての下水道整備とあいまって効果を発揮するのであるが、下水道との係わりにおいて本事業の位置づけが必ずしも明らかとなっていない。

よって、本研究は河川流域をモデルに下水道完成時の保全水路の効果について数値シミュレーションを行い、その役割について定量的に評価を行ったものである。

## 2. 流水保全水路の概要

### 2.1 流水保全水路の機能

#### 2.1.1 利水障害に対する回避

##### (1) おいしい水の供給

水道水の浄水過程で問題になっているのは、

- ・アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4 - \text{N}$ ) の増大
- ・トリハロメタン (THM) の生成

## ・かび臭の発生

などがある。

人間活動に伴うし尿や雑排水は、有機態窒素、アンモニア態窒素等の形態で排出され、生物による分解、酸化により、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素に変化する。アンモニア態窒素は人為排水による汚濁の指標となるものである。浄水場では、前塩素処理－凝集沈澱－ろ過－滅菌の処理を行っている。前塩素処理は、鉄、マンガン、及び有機物とアンモニア態窒素を酸化分解する。注入する塩素量はアンモニア態窒素のおよそ10倍であり、アンモニア態窒素の濃度が高くなると注入塩素量が多くなり薬品費の増大になる。また、冬期は水量変動が大きく、降雨時などにより瞬時に汚濁した支川水が排出され、濃度変動が大きくなるので、適正な塩素注入を行うためには十分な管理体制が必要になってくる。水道水源として望ましい基準は、 $0.5\text{mg/l}$ 以下である。さらに、アンモニア態窒素の濃度が高くなると多量の塩素を注入するため、その塩素と有機物が反応し、発ガン性物質のトリハロメタンが生成される。

かび臭の原因物質は、藍藻類（ホルミディウム、オシラトリア）や放線菌から発生する2-MIB（2メチルイソボルネオール）である。富栄養化しているダム・湖沼、河川の湛水域で植物プランクトンが異常発生する結果、そのプランクトンから発生するものである。2-MIBは通常の浄水処理工程では、除去できないため、特殊処理として活性炭やオゾン処理で除去する。このため、薬品費、維持管理費とも多大な費用になってくる。出水時のように急激に2-MIBの濃度が高くなると、活性炭処理が適正に行えずにかび臭の苦情がでる。河川水と汚濁水を分離することでこれらの問題の解決が図れる。

## (2) 安全な水の供給

汚濁流入水の本川と分離することにより有害物質（重金属、シアン化合物、有機ハロゲン化合物、農薬等）や未知有害物質についても水道原水を分離し、安全な水道原水を確保できる。

## 2.1.2 危機回避

### (1) 水質事故に対する対応

支川等において水質事故が発生した場合、支川水を本川と分離し流水保全水路内で処理でき、有害物質等についても未然に水道原水と分離することができる。

### (2) 異常渇水等の極限気象対応

本川が異常渇水の際は、流水保全水路を本川に合流させることにより、本川の流況維持に対応できる。

## 3. 下水道整備完了時における流水保全水路事業の役割について

下水道整備と流水保全水路の関係、とりわけ下水道整備完了時における保全水路の施策的意味合いについて河川流域モデルとして定量的検討を行った。以下にその概要について記述する。

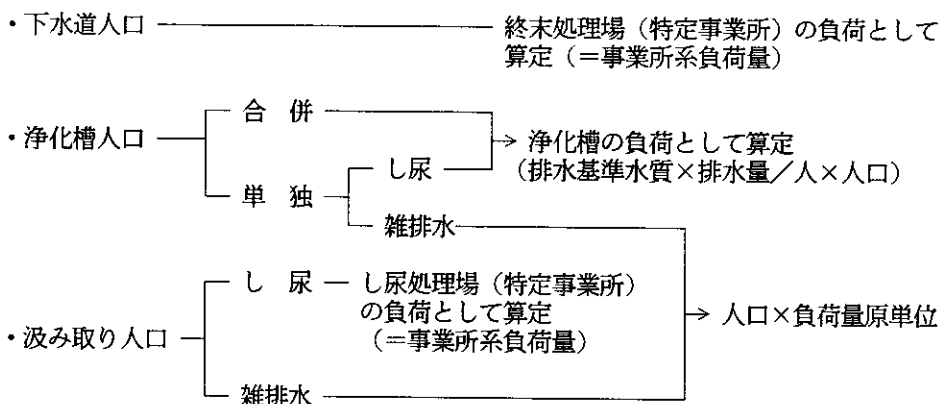
### 3.1 流域内の排出負荷量（メカニズム）

下水道整備に伴う流域からの負荷排出について整理するために、下水道整備の概要と生活系と事業所系フレーム等についてとりまとめる。

#### ① 生活系

生活系の汚濁負荷量は、し尿処理形態別に以下のように見込む。

単独浄化槽人口、汲み取り人口（自家処理を含む）及び雑排水負荷量は、「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 昭和58年（日本下水道協会）」から引用した雑排水の負荷量32 g／人・日に人口を乗じて算出する。



図－1 し尿処理形態別汚濁負荷

② 事業所系

事業所は水質汚濁防止法に基づき、特定事業所と非特定事業所に分けることができる。将来については、事業所の排水量や排水水質が産業の発展に従って増加すると考えられないため、排出負荷量全体は現状固定とし、下水道取り込み分を削減して算出する。

③ 家畜系

対象を牛（肉用牛、乳用牛）及び豚とする。鶏については、鶏糞が肥料として利用されることが多いため対象外とする。家畜頭数は市場に大きく左右されて変動するため、その動向を把握することが困難であり、たとえば減少傾向にある場合は将来現状維持と見込むこととする。家畜排出負荷量は、家畜頭数に排出負荷量原単位を乗じて算出する。

表－1 家畜負荷量の排出率

区分 \ 項目	堆肥等の利用以外の野積等の割合 ①	降雨等による排出率 ②	①×②
牛・馬	10	20	0.02
豚	17	20	0.034

表-2 家畜汚濁負荷量の算出

区分 \ 項目	発生負荷量 (g/頭・日)	排出率 (%)	排出負荷量 (g/頭・日)
牛・馬	640	0.02	12.8
豚	200	0.034	6.8

「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 昭和58年」  
(日本下水道協会)

④ 面源系

流域の状況より水田・畑地等の面積を見込む。

土木研究所資料第2766号「汚濁負荷の原単位に関する調査報告書(1)」  
(平成元年3月、土木研究所下水道部水質研究室)をもとに、道路からのBOD負荷量原単位で時間単位が明瞭なものを整理すると、表-3になる。  
これより0.41kg/ha/日を路面負荷原単位として設定する。

表-3 路面のBOD負荷原単位

調査年	調査地域	調査方法	時間条件	道路からのBOD負荷量原単位	
				kg/ha	kg/ha/日*
S.56	横浜市	堆積物の採取	① 無降雨18日間	8.04	0.45
			② ①調査から48hr経過	2.79	1.40
			③ ②調査から96hr経過	2.76	0.69
	東京都谷端川流域の3ヶ所の実験地	散水実験	無降雨約70日間	4.04	0.06
				2.74	0.04
				11.37	0.16
	[土木研究所による調査]	散水実験	無降雨約70日間	6.1	0.09
平均				5.41	0.41

\* (kg/ha)/(時間条件)

### 3.2 下水道整備と河川水質（BOD）の関係について（実績）

下水道が整備されている流域からの排出負荷として、一般的に次のようなものが考えられる。下水道に取り込まれない負荷として、大規模工場（特定事業所）のように自己処理施設を有する場合には、必ずしも、下水道に取り込まれないことが、下水道法で認められている。この場合排水水質が基準を満足し処理コスト面で有利になったり、あるいは冷却水など負荷的に支障がなければ雨水管への放流となり、下水道への排出がなされないことが多い。工場の敷地、道路路面や屋根等にも負荷が堆積しており、これらが雨水により排出される。また、工場敷地からは堆積した毒物の流出の危険性もある。その他、合流式下水道の越流雨水、汚濁された浅層地下水、緑地や濃耕地等からの流出も考えられる。

これらを裏付けるものとして次のような調査結果がある。都市域を流れる河川において、下水道が概ね 100%普及している河川について、水質（BOD）等を整理すると、表-4になる。これによると対象12河川の下水道普及率は92～100%であり、BODは0.5～6.2mg/lとなっている。これより、下水道の普及が進んだ河川においても、BODで高い値を示す河川があり、これは非特定汚染源（ノンポイント）からの流入等の影響が考えられる。

### 3.3 A河川をモデルとした定量的検討

#### (1) 算定方法

支川流量は図-2に示したように、タンクモデルによる流出解析をもとに、自流量と排出量から流域別に流量を算定する。

支川からの流達負荷量は下記のように設定する。

$$(\text{支川流量}) = (\text{自流量}) + (\text{排出量})$$

$$(\text{流達負荷量}) = (\text{排出負荷量}) \times (\text{流達率})$$

$$(\text{流達率}) = (\text{現況実測負荷量}) / (\text{現況排出負荷量})$$

$$(\text{支川水質} \cdot \text{mg/l}) = (\text{流達負荷量} \cdot \text{g/s}) / (\text{支川流量} \text{m}^3/\text{s})$$

表-4 下水道の普及が進んだ河川の水質

都市	河川	下水率普及率 (%)	B O D (平均値) (mg/l)	流域の土地利用状況	河川水質、水量に影響する事項	他水源からの流入※
イ 市	a 川	95	2.5	住宅地 畑地	固有水量の減少	○
	b 川	100	1.3	住宅地	湧水の流入 清流復活用水の流入	×
	c 川	100	2.8	住宅地	固有水量の減少 非特定汚染源からの流入	○
ロ 市	d 川	m区 99% n区 92%	3.4	住宅地	流量は横ばい 下水処理水の流入なし	○
	e 川	95	6.2	住宅地	固有水量の減少	○
ハ 市	f 川	99	6.2	都心部 工業地域	運河のため全域が感潮域 非特定汚染源からの流入	×
	g 川	99	4.4	住宅地	固有水量の減少 非特定汚染源からの流入	○
	h 川	99	5.7	住宅地	固有水量の減少 維持用水の導入	×
	i 川	98	5.6	都心部 工業地域	浄化用水(海水)の導入	×
ニ 市	j 川	100	0.5	住宅地	渓流水	×
	k 川	100	1.3	住宅地	渓流水	×
	l 川	100	2.9	住宅地	渓流水	×
全平均(n=12)		98 (92~100)	3.6 (0.5~6.2)	住宅地、畑地 都心部、工業	X	○&×
他水源流入なし平均 (n=5)		97 (92~100)	3.9 (2.5~6.2)	住宅地、畑地 都心部	X	×

※ 流入なし→○、 流入あり→×

(2) 下水道整備時での支川の水量・水質の推定

下水道完成時において、流域全体が下水道整備区域となる支川については、下水道区域からの排水が  $0 \text{ m}^3 / \text{s}$  となる支川が多くなる。しかし、地下水のしみ出しや、不特定排出源からの流入により、下水道完成時に流量がなくなることはないと考えられる。そこで、現況流量での平水流量をベースに（低水流量／平水流量）、（濁水流量／平水流量）の比と、低水流出解析による下水道完成時平水流量により設定する。

表－4 より下水道が普及した河川水質の予想値を決め平均流量を乗じて汚濁負荷量を求め、低水流量、濁水流量で割り下水道完成時の水質を設定する。未整備区域の汚濁負荷量については、フレームより設定する。下水道整備区域と未整備区域の流量は、流域面積比で平均流量を分配する。

表－5 モデル流域のフレーム

時 期	流 域 面 積 ( $\text{km}^2$ )	人 口 (人)	下 水 道 整 備 率 (%)
現 況	161.8	821,640	20.1
下 水 道 完 了	161.8	1,003,820	82.3

$$\text{下水道整備率} = \frac{\text{下水道整備面積}}{\text{流 域 面 積}} \times 100$$

時 期	下 水 道 整 備 区 域				下 水 道 整 備 区 域 外			
	面 積 ( $\text{km}^2$ )	人 口 (人)	事業所数 (ヶ所)	面源面積 ( $\text{km}^2$ )	面 積 ( $\text{km}^2$ )	人 口 (人)	事業所数 (ヶ所)	面源面積 ( $\text{km}^2$ )
現 況	32.5	260,310	171	3.9	129.3	561,330	532	129.3
下 水 道 完 了	133.3	987,060	703	15.9	28.5	16,060	0	28.5



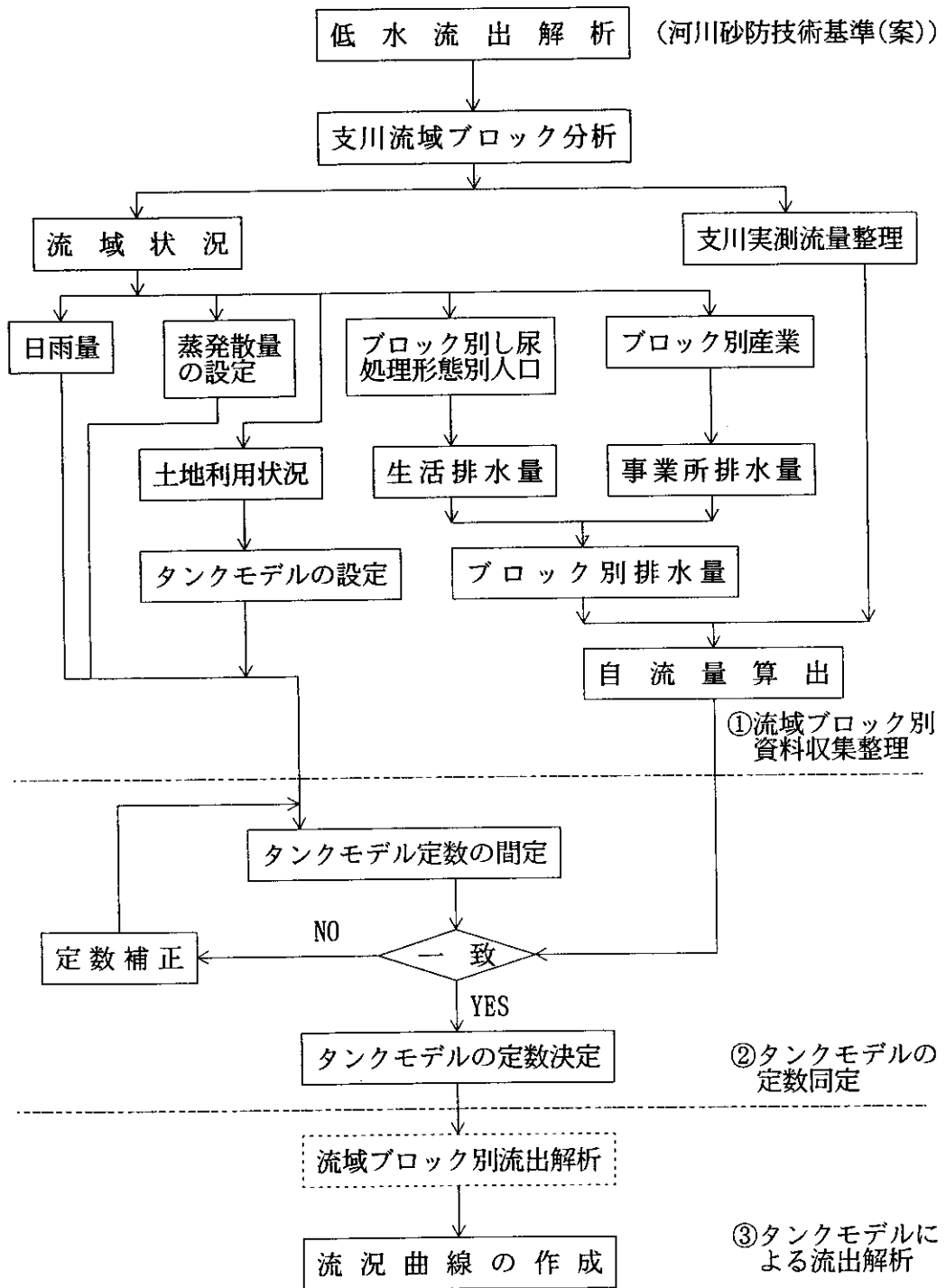


図-2 支川流出解析フロー

### 3.4 検討結果による考察

A河川において、現況と保全水路の有無で上記に基づき検討を行うと以下のようになる。この場合の流水保全水路は支川等からの汚濁負荷を受け、本川と分離する形態のものである。

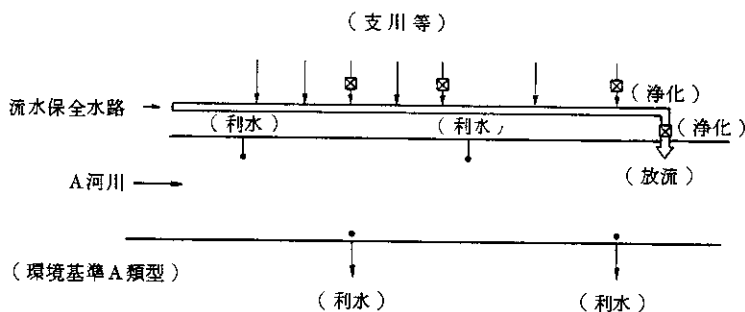


図-3 保全水路の模式図

表-6 BOD改善効果

単位：mg/l

下水道整備状況	現 況			完 了		
	な し		あり	な し		あり
	浄化なし	浄化あり		浄化なし	浄化あり	
低 水	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8
濁 水	3.1	2.8	2.5	2.5	2.3	2.2

\*「浄化あり、なし」は流水保全水路に流入する以前の支川において浄化がされているか否かを示す。

水 質 指 標	NH <sub>4</sub> - N (mg/l)			2-MIB (ppt)		
下水道整備状況	現 況					
保全水路	なし	あり	基準値	なし	あり	基準値
低 水	0.46	0.28	0.5	21	8	20
濁 水	0.62	0.38		32	17	

(水質は保全水路区間の平均値)

これより、下水道整備の進捗を全く期待しない場合においても、本川の現況水質BOD 2.5mg/lを2.1mg/lまで改善でき、概ね環境基準を達成できる。さらに、下水道整備が完成した時点においては、下水道の事業効果とあいまって、BOD 1.8mg/lまでの改善が見込まれ、渇水時の水質悪化時にも、BOD 2.2mg/lが確保され、ほぼ一年を通して環境基準値を満足する良好な水域環境の形成が可能になる。

なお、将来下水道が完備された場合、下水道単独で達成できる水質は、低水時にBOD 2.0mg/l、渇水時BOD 2.5mg/lと推定される。低水時には環境基準値を達成なし得るが、渇水時には現況の低水時の水質程度の改善にとどまり、一年を通して良好な水域環境を確保するためには、流水保全水路が不可欠である。

一方、利水障害（上水道）の回避という観点からみても、BOD値が一年を通して水道水源基準の2級（高度処理を必要としない）を満足し、アンモニア態窒素及び、2-MIB値はそれぞれ渇水時において、0.62mg/l、32ppt、0.38mg/l、17pptに改善され、それぞれの管理値0.5mg/l、20pptを下回ることになり、一年を通して良質な上水道源の確保となる。

#### 4. おわりに

A河川を一例に下水道完了時の保全水路の役割を定量的に評価してみると

- ① 下水道の完成は遠い将来
- ② 点源負荷であっても下水道には取り込まれないことがある
- ③ 非点源負荷（ノンポイントソース）

など負荷が完了時においてもなお存在することが確認された。

おいしい水、安全な水を求め、危機回避等を考慮すると、保全水路が必要になってくる。今後はデータの蓄積をはかりさらに精度をあげて検討を進めていきたい。