

## 合併処理浄化槽の整備効果を評価する一手法について

財団法人 鹿児島県環境検査センター検査部調査分析課  
濱田 恭暢, 前田 美樹朗, 坂元 修一, 濱川 和之

### 1. はじめに

近年、公共下水道や農業集落排水施設などの集合処理と合併処理浄化槽による個別処理との経済比較を行い、最も経済的に有利な整備手法が求められ、各市町村においてもこれまでの生活排水処理施設整備計画の見直しが図られているところである。このように、経済的な観点から見た検討が行われている反面、合併処理浄化槽による放流先の水質改善効果については、必ずしも十分な検討が行われていない。そのため、浄化槽設置整備事業や浄化槽市町村整備推進事業の推進の際に整備効果を簡便に予測できる手法を検討する必要性が求められてきた。

そこで今回、整備効果の把握に適したモデル地区を選定し、排出汚濁負荷量と水質調査地点に於ける流達率等から、将来の水量と水質の予測ができないか、水質予測モデルの中から河川の汚濁予測に適した2つの手法を用いて検討した。

その結果、2手法の何れも浄化槽の整備により水質が大幅に改善されるという予測が得られたので、合併処理浄化槽の整備効果を評価する一手法として提案する。

### 2. 調査方法

#### (1) 調査地点

図-1に示すA町内、A用水路の上流と下流の2地点(上流、下流)を調査地点とした。

#### (2) 調査地点の選定根拠

- 1) A町は、浄化槽設置整備事業に積極的で、毎年400~500基が整備されている。
- 2) A町内全体では合併処理浄化槽の整備により、44.7%の生活排水処理率であるが、この地区

は23.5%と低い。

- 3) 例年、下流地点の水質汚濁が町内でも特に著しい。
- 4) 上流と下流の調査地点以外に他の流域からの流入水がなく、汚濁解析が容易である。
- 5) 下流の調査地点の地先には海水浴場があり、ここ数年水浴判定がB判定であり、町民のこのエリアへの関心が非常に高く、生活排水対策の必要性が求められている。
- 6) 排水先は、湾内の閉鎖性水域で窒素やリンの汚濁負荷量が増加傾向にあり、毎年赤潮が発生し富栄養化が懸念されていることから、今後は窒素やリンの対策も求められるであろうと予測される地域である。

#### (3) 水質調査及び流量測定

水質分析項目

pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P, 糞便性大腸菌群数の8項目とした。

流量測定

電磁式流速計を用い調査地点での流速を測定し流量を算出した。

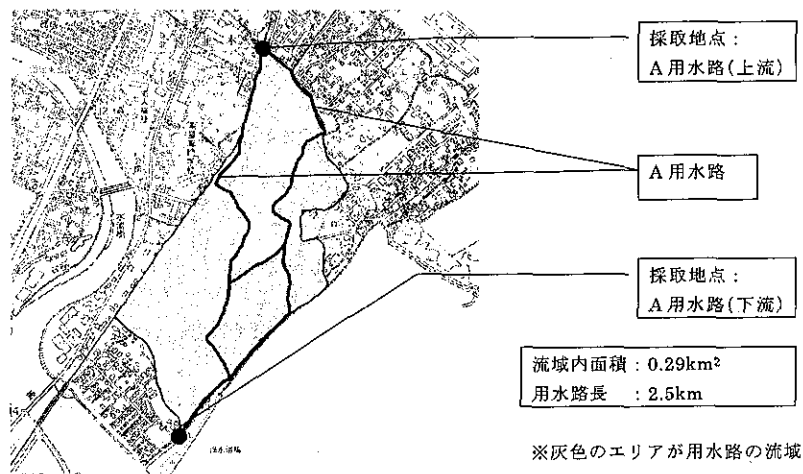


図-1 A用水路流域図

(4) 実測汚濁負荷量

水質分析結果と流量より実測汚濁負荷量を算出した。

(5) 流域内の生活排水処理形態別人口

流域内の世帯数、合併処理浄化槽設置基数、単独処理浄化槽設置基数、汲み取り世帯数を資料から調べ、処理形態別人口を算出した。

(6) 排出汚濁負荷量

流域内の形態別人口から排出汚濁負荷量を算出した。なお、このエリアは住宅地であり畜産系、水産系、事業系、農林系もほとんど無視できるので評価していない。また、降雨による負荷についても評価していない。

3. 調査結果

(1) 水質分析結果

水質分析結果を表-1に示す。上流と下流を比較すると、下流は流域内の生活排水が流入するためほぼすべての分析項目で数値が悪くなっている。特に糞便性大腸菌群数の値が高くなっている。

(2) 流量測定結果

流量測定結果を表-2に示す。

9月の水量が多いのはかんがい期にあたりA川より用水を引いているためである。11月と12月は非かんがい期で水門からの水量は少量であり家庭から出る生活排水が主であると思われる。

下流の量から上流の量を引くと約600m<sup>3</sup>/日であり、これが流域内から排出される量であると思われる。

表-2 流量測定結果

(単位: m<sup>3</sup>/日)

	測定日	測定値
A 用水路 (上流)	H15.9.19	2,030
	H15.11.26	130
	H15.12.18	280
A 用水路 (下流)	H15.9.19	1,400
	H15.11.26	750
	H15.12.18	860

(3) 実測汚濁負荷量

流域内の実測汚濁負荷量を表-3-1~4に示す。

$$\text{計算式: 実測汚濁負荷量 (kg/日)} = \text{水質分析結果 (mg/L)} \times \text{流量 (kg/日)} \div 1,000$$

実測汚濁負荷量の算出は上式で表され、下流の値から上流の値と流出分を差し引いた値を流域内実測汚濁負荷量とした。

BOD, COD, T-N, T-Pのそれぞれの流域内実測汚濁負荷量は、平均で15.3kg/日, 10.9kg/日, 6.1kg/日, 1.2kg/日となった。

(4) 生活排水処理形態別人口

流域内の生活排水処理形態別人口を表-4に示す。

流域内の世帯数は、地図上で調べ合併処理浄化槽世帯数と単独処理浄化槽世帯数は設置届出数を調べ、汲取世帯数は全体から合併世帯と単独世帯を引いて算出した。また形態別人口については、A町の1世帯当たりの人口が2.5人なのでその数を世帯数にかけて算出した。その結果、流域内の

表-1 水質分析結果

	項目	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ふん便性大腸菌群数
	単位	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	個/100mg/L
	基準値	6.5~	7.5	2.0		25			1,000
採取日	8.5	以上	以下		以下			以下	
A 用水路 (上流)	H15.9.19	7.4	7.9	1.9	3.1	5.7	0.87	0.16	1,900
	H15.11.26	7.8	5.7	27	22	29	12	2.6	2,500
	H15.12.18	7.6	8.2	6.5	8	4.3	5.8	1.4	110
A 用水路 (下流)	H15.9.19	7.4	2.1	11	11	6.1	3.9	0.81	27,000
	H15.11.26	7.7	4.0	23	19	14	9.1	2.4	25,000
	H15.12.18	7.6	5.3	27	18	11	13	2.1	18,000

注1 基準値の pH, DO, BOD, SS は、町内を流れる 2 級河川の環境基準値 (A 類型)

注2  は基準値を超えた測定値

注3  はふん便性大腸菌群数が水浴場水質判定基準 (水浴不適1,000個/ml以上) を超えた測定値 (環境庁 平成9年5月)

表-3-1 流域内の実測汚濁負荷量(BOD)

(単位:kg/日)

採水地点名	BOD 実測汚濁負荷量			
	H15.9.19	H15.11.26	H15.12.18	
A用水路(上流)	4.6	3.5	1.8	
A用水路(下流)	15.4	17.3	23.2	平均
流域内実測汚濁負荷量	10.8	13.7	21.4	15.3

表-3-2 流域内の実測汚濁負荷量(COD)

(単位:kg/日)

採水地点名	COD 実測汚濁負荷量			
	H15.9.19	H15.11.26	H15.12.18	
A用水路(上流)	7.4	2.9	2.2	
A用水路(下流)	15.4	14.3	15.5	平均
流域内実測汚濁負荷量	8.0	11.4	13.2	10.9

表-3-3 流域内の実測汚濁負荷量(T-N)

(単位:kg/日)

採水地点名	T-N 実測汚濁負荷量			
	H15.9.19	H15.11.26	H15.12.18	
A用水路(上流)	2.1	1.6	1.6	
A用水路(下流)	5.5	6.8	11.2	平均
流域内実測汚濁負荷量	3.4	5.3	9.6	6.1

表-3-4 流域内の実測汚濁負荷量(T-P)

(単位:kg/日)

採水地点名	T-P 実測汚濁負荷量			
	H15.9.19	H15.11.26	H15.12.18	
A用水路(上流)	0.4	0.3	0.4	
A用水路(下流)	1.1	1.8	1.8	平均
流域内実測汚濁負荷量	0.8	1.5	1.4	1.2

表-4 流域内の生活排水処理形態別人口

(単位:戸/人)

項目	人口/ 世帯数	合併世帯	単独世帯	汲取世帯	合計
生活排水処理形態別世帯数		176	376	196	748
生活排水処理形態別人口	2.5	440	940	490	1,870

人口は1,870人、その中で合併人口は440人で生活排水処理率は、23.5%であった。

## (5) 排出汚濁負荷量

計算式: 排出汚濁負荷量(kg/日) = 生活排水処理形態別人口(人) × 原単位(g/日・人) ÷ 1,000

排出汚濁負荷量の算出は上式で表され、生活排水処理形態別人口にそれぞれの原単位をかけ算出した。なお浄化槽のBOD原単位については当センターの平成6年度から平成14年度までの浄化槽データ約5万7千基の整理及び法定検査時の排水

表-5 生活排水処理形態別人口と原単位

項目	単位	合併世帯	単独世帯	汲取世帯
生活排水処理形態別人口	人	440	940	490
BOD	g/日・人	2.6	43.3	39.0
COD	g/日・人	7.7	22.7	18.0
T-N	g/日・人	6.5	8.9	3.0
T-P	g/日・人	0.75	0.93	0.30

表-6 流域内排出汚濁負荷量

(単位: kg/日)

項目	合併世帯	単独世帯	汲取世帯	合計
BOD 排出汚濁負荷量	1.1	40.7	19.1	61.0
COD 排出汚濁負荷量	3.4	21.3	8.8	33.5
T-N 排出汚濁負荷量	2.9	8.4	1.5	12.7
T-P 排出汚濁負荷量	0.33	0.87	0.15	1.35

表-7 流達率

	実測汚濁負荷量 kg/日	排出汚濁負荷量 kg/日	流達率
BOD	15.3	61.0	25.1%
COD	10.9	33.5	32.4%
T-N	6.1	12.7	47.8%
T-P	1.2	1.35	89.5%

量調査を実施し、放流水 BOD 平均値9.6mg/L、排水量平均値267L/人・日の結果を得た。これから BOD の原単位を2.6g/人・日としこれを使用することとした(表-5 参照)。その他の原単位は「流総指針」(平成11年度版)<sup>1)</sup>を基本とした。

BOD, COD, T-N, T-P のそれぞれの流域内排出汚濁負荷量は61.0kg/日, 33.5kg/日, 12.7kg/日, 1.35kg/日となった(表-6 参照)。

(6) 流達率

計算式: 流達率(%) = 実測汚濁負荷量(kg/日) ÷ 排出汚濁負荷量(kg/日) × 100

BOD, COD, T-N, T-P のそれぞれの流達率は25.1%, 32.4%, 47.8%, 89.5%となった(表-7 参照)。ここで得られた BOD 流達率の妥当性については、参考文献<sup>2)</sup>でも解析されているが、水路での BOD 分解による寄与は少なく、沈殿が卓越しているためであるとしている。実際の A 用水路に

は水路柵も見られ、ゆえにこのような低い流達率も十分予測されると考えた。

4. 将来予測

(1) 流達率が将来も変化しないとした場合の予測

先で得られた BOD 流達率が今後も不変の値であり、さらに今回調査した流域内の77%を占める単独処理浄化槽世帯及び汲取り世帯が生活雑排水を合併処理浄化槽で100%処理したと仮定することにより A 用水路の下流の水質予測が可能となる。

その場合の汲み取り世帯が浄化槽になることによる水量の増加も加味した。

流域内の生活排水処理率が100%の場合の予測水質を表-8 に示す。

域内の世帯がすべて合併処理浄化槽を設置した場合の A 用水路の下流の水質は、BOD においては0.8~1.4mg/L となり現在の水質が11~27mg/L であるので約1/14~1/19になると予測された。

(2) Streeter-Phelps の式による予測<sup>3)</sup>

流下負荷量は以下の式で表される。

$$L(n) = L_0 \exp\{-(K1 + K3)t_0\} + \sum_{i=1}^n L_i \exp\{-(K1 + K3)t_i^*\}$$

流下負荷量 L(n), 総流下時間 t<sub>0</sub>, 総合除去速度係数 K = (K1 + K3), i 地点から i-1 地点までの流下時間 t<sub>i</sub>, i 地点以降から n 地点までの流下時間 t<sub>i</sub><sup>\*</sup> は次の式で表す。

表-8 流域内生活排水処理率100%の場合の予測水質

かんがい期

	合併世帯 の原単位	処理人口	排出汚濁 負荷量	流達率	予測流達 負荷量	水量	予測水質
	g/日・人						
BOD	2.6	1,870	4.9	25.1%	1.22	1,449	0.8
COD	7.7	1,870	14.4	32.4%	4.66	1,449	3.2
T-N	6.5	1,870	12.2	47.8%	5.81	1,449	4.0
T-P	0.75	1,870	1.4	89.5%	1.25	1,449	0.87

非かんがい期

	合併世帯 の原単位	処理人口	排出汚濁 負荷量	流達率	予測流達 負荷量	水量	予測水質
	g/日・人						
BOD	2.6	1,870	4.9	25.1%	1.22	854	1.4
COD	7.7	1,870	14.4	32.4%	4.66	854	5.5
T-N	6.5	1,870	12.2	47.8%	5.81	854	6.8
T-P	0.75	1,870	1.4	89.5%	1.25	854	1.5

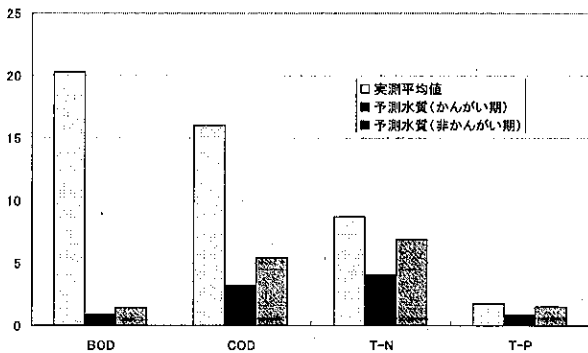


図-2 実測平均値の水質と予測水質の比較

$$t_0 = \sum_{i=1}^n t_i \quad t_i^* = \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n l / \left( \frac{v_{i-1} + v_i}{2} \right)$$

l はリーチ i, i-1 の区間の距離である。

$$C(n) = L(n) / Q(n)$$

河川水質 C(n) は流下負荷量 L(n) ÷ 河川流量 Q(n) で表される。

今回の実測の平均値及び算出された汚濁負荷量をそれぞれに代入する (L(n) = 18.6(kg/日), L<sub>0</sub> = 3.3(kg/日), t<sub>0</sub> t<sub>i</sub> = 0.16(日), L<sub>i</sub> = 61.0(kg/日)) と総合除去速度係数は7.45と計算される, これより流域内の生活排水処理率が100%と仮定して (L<sub>i</sub> = 4.9(kg/日)かんがい期 Q(n) = 1,449(m<sup>3</sup>/日), 非かんがい期 Q(n) = 854(m<sup>3</sup>/日)) 計算をおこな

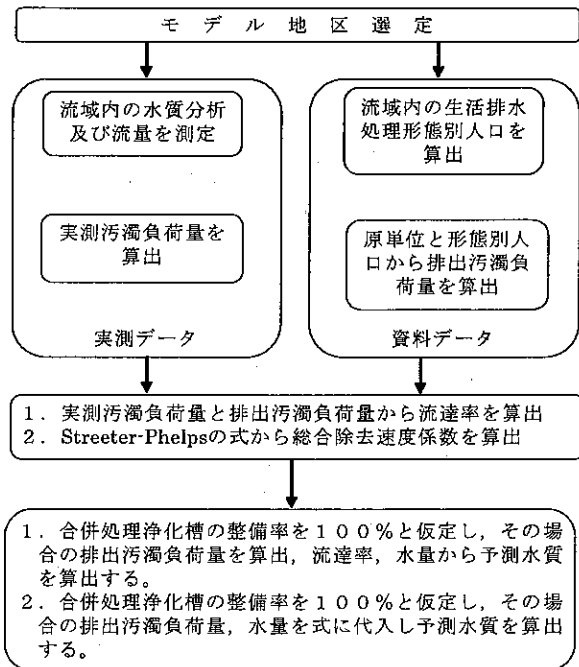


図-3 予測水質算出フロー

うとかんがい期のBOD予測水質は1.6mg/L, 非かんがい期のBOD予測水質は2.8mg/Lとなり流達率より求められた数値よりは幾分高い予測値が求められた。

### 5. まとめ

再度, 予測水質の算出までを図-3に示す。

モデル地区の選定から、流域内の水質、流量調査による実測データの収集、資料からの排出汚濁負荷量の算出を経て流達率を、Streeter-Phelpsの式からは総合除去速度係数を算出する。

いずれの手法も流達率または総合除去速度係数が不変であると仮定して予測水質を算出する。

## 6. 最後に

経年的に実施している河川水質調査結果からは、合併処理浄化槽の整備の効果が水質結果に顕著に現れているとの判断は難しい状況であるため、今回、整備効果の把握に適したモデル地区を選定し、排出汚濁負荷量と水質調査地点に於ける流達率等から、2手法により将来の水質の予測をおこなった。その結果、浄化槽の整備による効果が非常に高いことが予測できた。

簡易な手法ではあるが、実データを元にした予測は市町村の担当者、地域住民等にも受け入れられやすく、今後の浄化槽設置整備事業や浄化槽市町村整備推進事業の推進の際のデータとして活用できると考えている。

実際に、最近この地区の漁協ではこれらのデータを参考にしつつ、海水浴場周辺の水質環境を早急に改善するために、町議会に対してこの地区を浄化槽市町村整備推進事業で検討するようという内容の陳情がなされている。

最終的な放流先である海からの視点で考えた場合、流達率などの効果が期待できる浄化槽の果たす役割が今後さらに大きくなっていくであろうことも今回の評価手法により明らかとなった。

今後はBODに限らず、窒素やリンを含め、このモデル地区の水質を経年的に測定することにより、浄化槽設置整備の効果についての実測データを集めることにより検証を行っていききたい。

## 参考文献

- 1) 社団法人 日本下水道協会(2003),『流域別下水道整備総合計画調査指針と解説』平成11年版, p51
- 2) 楠田哲也編著(1994)『自然の浄化機構の強化と抑制』, 技報堂出版, p78~81
- 3) 國松孝男・村岡浩爾 編著(1989)『河川汚濁のモデル解析』, 技報堂出版, p147~150