

(2) 低密度地域の生活排水処理方式の 選択に関する考察

STUDY ON THE OPTION OF APPROPRIATE SYSTEM OF WASTEWATER TREATMENT IN LOW-DENSED AREAS

浮田正夫*、中西 弘*、関根雅彦*、城田久岳**

ABSTRACT; The efficiency of wastewater treatment systems applied in low-densed areas was studied, by conducting statistical data analyses and questionnaire survey. A new idea of " external cost of water quality " was proposed. The main results obtained were as follows.

(1) The population density in served area is decreasing from 230 cap/ha in 1961 to 85 cap/ha in 1989 and the annual treatment cost is increasing from 7,000 yen to 45,600 yen/household.

(2) By considering the external cost of treated-water quality, the marginal population density and length of sewer pipe beyond which collective systems are advantageous to individual treatment systems, was estimated to be 15m/house comparing to the original value of 11m/house.

(3) Although use of a flush toilet is principal for citizens, other factors like as troublesome maintenance and neighboring pollution caused by the facilities should also be considered.

KEYWORDS; Wastewater treatment system, Cost analysis, Sewerage system, External cost.

1. はじめに

下水道の普及率は平成2年度末で44%となり、人口100万人以上の大都市では90%と高い普及率を示しているが、人口10万人以下の地方中小都市ではわずか16%である¹⁾。今後の普及率向上のためには、人口低密度地域における普及が必要になり、集合型処理と分散型処理システムの競合がある場合の合理的な選択方法が検討されている^{2)~6)}。本研究では、統計類を用いて、処理区域人口密度の変化、一人当りの処理費用の変化とその内訳の経年変化、処理人口密度と一人当たり処理費用の関係など基礎資料を整理した。また、下水道エリアマップ作成マニュアル⁷⁾の考え方を参考に、個別処理と集合処理の比較をするにあたって、各生活排水処理方式の放流水質の違いを考慮する水質外部費用の考え方を提案する。また、今後研究を進める上で重要と思われる、生活排水処理施設の便益満足度やそれに及ぼす要因を探る目的で、宇部市内の住民に対してアンケート調査を行った結果についても報告する。

2. 下水道統計等資料解析

2.1 解析方法 (A) 経年変化の解析 昭和33年度から平成元年度まで、下水道統計^{8)~10)}に記載されている、管渠建設費 C_p (億円)、処理場建設費 C_t (億円)、維持管理費 M (億円/年)、処理区域面積 A (ha)、処理区域人口 P (人) のデータを用い、以下のような手順で汚水分の費用の推定を行う。

(1) 管渠建設費(汚水分) C_{p1} 下水道統計(財政編)⁸⁾を参照し、管渠建設費のうち汚水の占める割合を推定する。すなわち、まず前述の管渠建設費 C_p 、処理場建設費 C_t より管渠建設費累計 ΣC_p (昭和33年より当

* 山口大学工学部 Faculty of Engineering, Yamaguchi University **宇部短期大学 Ube College

年度まで)と処理場建設費累計 ΣCt (同上)を求め、(1)、(2)式より資本費 Sp' 、 St' を算出する('は昭和59～平成元年度の財政編のデータ、添字pは管渠、tは処理場を表す)。

$$Sp' = S' \times \Sigma Cp / (\Sigma Cp + \Sigma Ct) \quad \dots\dots(1)$$

$$St' = S' \times \Sigma Ct / (\Sigma Cp + \Sigma Ct) \quad \dots\dots(2)$$

さらに、(3)、(4)式のように汚水関係は管渠汚水分と処理場、雨水関係は管渠雨水分のみに対応するものとして、同じく統計に記載されている資本費雨水分 $S2'$ から、次の(3)、(4)式によって資本費汚水分 $S1'$ 、資本費の管渠汚水分 $Sp1'$ および資本費の管渠雨水分の内訳が算出できる(添字1は汚水分、2は雨水分を示す)。

$$S1' = S' - S2' = Sp1' + St' \quad \dots\dots(3) \quad S2' = Sp2' \quad \dots\dots(4)$$

この資本費管渠分の汚水分、雨水分の対前年の増分の比率で、各年度の管渠建設費を割り振ると管渠建設費の汚水分、雨水分の内訳が算出される。

この結果、昭和58から昭和63までの範囲で管渠建設費のうち汚水の占める割合を計算し、その平均をとると、管渠建設費の約55%が汚水分であった。この割合を一律に用い、昭和36年から平成元年度までの管渠建設費(汚水分) $Cp1$ を推定する。

$$Cp1 = Cp \times 0.55 \quad \dots(5)$$

(2) 処理場建設費(汚水分) $Ct1$ 下水処理場は100%汚水処理のための施設とみて、 $Ct1 = Ct \quad \dots\dots(6)$

(3) 維持管理費(汚水分) $M1$ 下水道統計(財政編)の維持管理費の内訳より、雨水費を除いた部分は昭和59～平成元年度について平均値を取ると、全維持管理費中約79%を占めるので、 $M1 = M \times 0.79 \quad \dots\dots(7)$

(4) 資本費(汚水分) $S1$ 処理場、管渠等の土木建設物の耐用年数を30年とした毎年同一額払の定額法で減価償却と利息を計算する。耐用年数30年、利子7%のときの資本回収係数は0.0805であるから、

$$Sp1 = 0.0805 \times Cp1 \quad (\text{管渠分}) \quad \dots\dots(8) \quad St1 = 0.0805 \times Ct1 \quad (\text{処理場分}) \quad \dots\dots(9)$$

昭和36年からその年まで、各過年度の建設費に対する減価償却及び利息の累積値を資本費 $S1$ とした。

(5) 処理費用(汚水分) C 、一人当たり汚水処理費用 UC

$$C = S1 + M1 \quad \dots\dots(10) \quad UC = C/P \quad \dots\dots(11)$$

(6) 一人当たり資本費管渠汚水分 $USp1$ 一人当り管渠汚水分維持管理費 $UMp1$

$$USp1 = \Sigma Sp1/P \quad \dots\dots(12) \quad UMp1 = 0.025 \times M1/P \quad \dots\dots(13)$$

(下水道統計財政編(昭和59～平成元年度)から推定して、維持管理費の汚水管渠分は維持管理費汚水分の約2.5%であった。)

(B) 地方公営企業年鑑による解析 地方公営企業年鑑(平成2年度版)¹¹⁾を用いて、汚水処理に係る費用、人口密度と管渠延長の関係などを都市規模別に整理した。

2.2 解析結果

(A) 経年変化 図1に処理区域内人口密度の経年変化を示す。処理区域内の人口密度は昭和36年の230人/haから、平成元年度では、85人/haまでに減少し、徐々に人口密度の低密な地域へと移行している。

図2には、一人当たりの汚水処理費用の経年変化を示している。平成元年度を基準として物価補正し、管渠分と管渠以外に振り分けている。処理費用は経年的に大きくなってきており、とくに管渠分の増加の影響が大きい。図3は処理人口密度と処理費用の関係に置き換えたものであるが、処理区域内人口密度が小さくなるにつれ、一人当たり処理費用が大きくなることを示している。

(B) 都市規模別の比較 平成2年度における都市規模ごとの処理区域内人口密度、 $1m^3$ 当りの処理費用、年間1人当りの処理費用および1人当たり管渠長の比較を表1に示した。これを見ると都市規模によって、 $1m^3$ 当りの処理費用や1人当たりの年間処理費用に相当の差がある。図4は平成2年度における都市規模別の処理人口密度と管渠密度の比較を示す。管渠密度自体には大きな差は見られない。

(C) 人口密度と処理費用の関係 図5は平成2年度における、人口密度と一人当たりの管渠長の関係の関係を表したものである。図6は平成2年度における、人口密度と一人当たり汚水処理費用の関係を表したもので

表1 都市規模別の公共下水道の処理費用等比較（平成2年度）

	指定都市	30万～	10～30万	5～10万	3～5万	1～3万	～1万
処理区域人口密度（人／ha）	111	99	81	73	57	53	39
汚水処理単価（円／m ³ ）	101	95	103	131	180	199	495
1人当処理費用（千円／人／年）	18.9	14.7	15.9	19.8	23.9	28.9	46.5
1人当管きよ長（m／人）	2.3	2.4	2.9	3.1	3.9	4.4	6.0

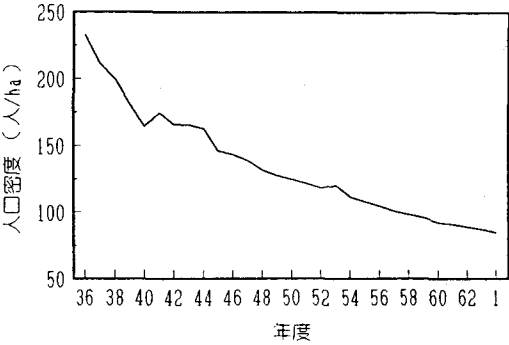


図1 処理区域内人口密度の経年変化

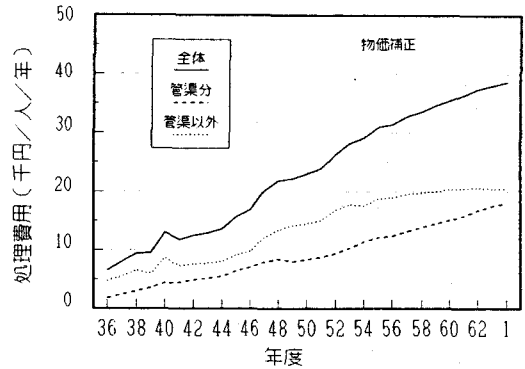


図2 1人当たり処理費用の経年変化

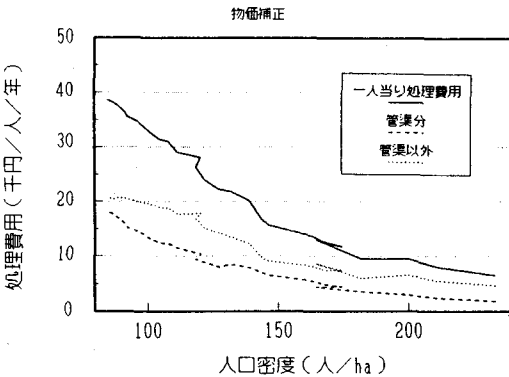


図3 処理区域内人口密度と処理費用の関係

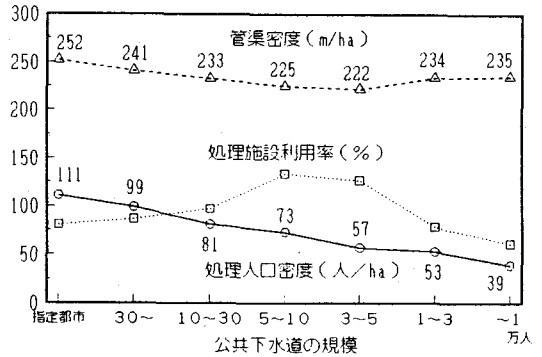


図4 公共下水道の規模と処理区域人口、管渠密度の関係

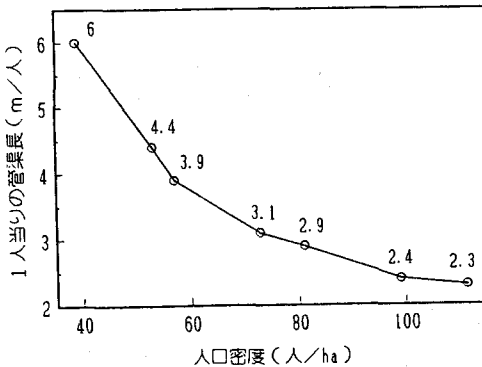


図5 処理区域内人口密度と1人当たり管渠延長の関係

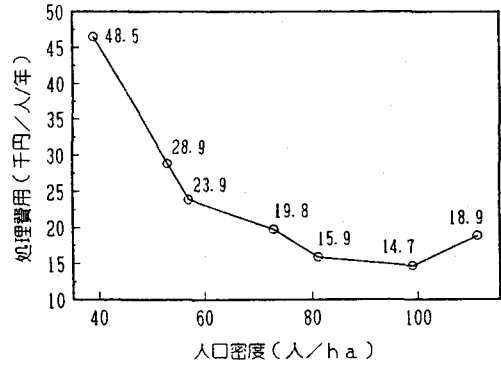


図6 処理区域内人口密度と処理費用の関係

ある。人口密度の低い地域ほど一人当たりの管渠延長が大きくなり、汚水処理に係る費用が大きくなっている。

普及の初期段階にある低密度地域では、先行投資のため、一人当たりの処理費用が割高になる事情も影響しているものと考えられる。図6において最も人口高密度なところで、処理費用がやや大きくなっているのは興味深いところであるが、その原因については明確ではない。

3. 生活排水処理方式の比較

3.1 生活排水処理の諸方式と費用の比較

低密度地域の生活排水処理施設として特定環境保全下水道、農村集落排水施設、地域し尿処理施設、集合合併処理浄化槽、個別合併処理浄化槽、個別単独処理浄化槽などがある。集合処理方式の定量的な相互比較はなかなか困難な問題であるので、ここではまず個別処理と集合処理の比較を考えてみる^{12) 14)}。

個別処理の長所は集水管が不要で、建設費用が安いことであるが、各戸の敷地が狭いと設置困難である、保守点検清掃が煩雑で費用がかかる、また臭気や騒音の発生など不快感を与えるなどの短所がある。

一方、集合処理の長所は管理が集中して行われ、高度な技術の適用が容易になること、維持管理に煩わされないことであるが、集水管が必要なため、低密度地域の場合は管きょ建設費が割高となる。

集合処理が個別処理より有利な条件は、次式により年間1戸当りの費用を比較して判定される。

$$(k_t \times C_t + M_t + k_p \times C_p \times L) / N \leq k_j \times C_j + M_j \quad \dots\dots(14)$$

C_t : 集合処理の処理場建設費(円) C_j : 個別処理の建設費(円/戸)

M_t : 集合処理維持管理費(円/年) M_j : 戸別処理維持管理費(円/戸/年)

C_p : 管渠建設費(円/m)

L : 家屋間の総距離(集合処理区内の全家屋の下水を集めるに必要な管渠長m)

k_t 、 k_j 、 k_p : 集合処理、戸別処理、管渠のそれぞれの施設建設に対する資本回収係数(1/年)

したがって、集合処理のほうが有利な限界家屋間距離は次式により求められる。

$$L/N = \frac{k_j \times C_j + M_j - (k_t \times C_t - M_t) / N}{k_p \times C_p} \quad \dots\dots(15)$$

家屋間の距離が L/N より小さいときは、集合処理の方が経済的であり、この限界距離と集落の規模により経済の見地からの集合処理地域を選定することになる。先に述べたように、それぞれの処理方式には経済評価に含まれない、管理の煩わしさ等々の条件があるが、以下では処理方式による処理水質の違いをどのように反映させるかについて検討する。処理水質の違いの経済評価については、単独処理浄化槽と合併処理浄化槽の費用の差を水質改善便益とみる試み⁹⁾があるものの、これまで適当な方法がなかった。

3.2 水質外部費用による処理水質の評価

(A) 累積処理費用関数の設定

下水処理から浄水処理まで、処理水質と水処理費用の関係を指数関数で表現することを目的として、文献資料の情報^{15) 22)}を整理した。

処理施設の建設費は一般に処理水量の指数関数で表されている。ここでは小規模下水道を対象にしているので、処理規模を一応 $1000\text{m}^3/\text{日}$ として建設費を計算した。この建設費の全額を利率7%で借金し、返済年数を20年ないし30年として、それぞれの資本回収係数を乗じたものを毎年の資本費とした。

生活排水の発生から、一次処理、二次処理、三次処理、高次処理、浄水処理と連続的に、それぞれの処理に要する費用とそれに伴う処理前後の水質変化を整理する。水質は COD_{Mn} 、TN、TPの3項目を取り上げ、富栄養化解析でよく用いられるTOD換算を行う。すなわち、平均的な植物プランクトンの組成に基づき、量論的に

計算された比率がTOD : N : P = 143 : 19.7 : 1であり、植物プランクトンに対するCOD₁₁₅の酸化率を経験的に1/3、N、PのTODへの変換率を1として、次式を用いる。

$$TOD = 3 \times COD + (19.7 \times TN + 143 \times TP) / 2 \quad \dots\dots (16)$$

文献²²⁾にまとめられている家庭下水の水量、水質および排出率のデータを基にして、未処理の生活排水から各処理段階まで、累積処理費用とその処理段階でのTOD換算した処理水質の関係を両対数紙にプロットし、指数関数として表現した。

計算に用いた費用関数及び処理水質は表2、表3に示す通りである。図7は処理水質レベルと累積処理費用の関係を示している。適合度は十分ではないが、累積費用CTCを処理水質の指数関数で表す。

$$CTC = 1604 \times TOD^{-0.3576} \quad \dots\dots (17)$$

表2 各水処理段階の処理費用関数

	建設費 (百万円)	維持管理費 (百万円/年)	文献
2次処理まで	$393 \times (1.25Q)^{0.730} \times 101.9/91.7$	$20.3 \times Q^{0.697} \times 101.9/91.7$	15
循環硝化脱窒	$24.0 \times (1.25Q)^{1.00}$	$12.18 \times Q^{0.440}$	15
3次処理 (凝沈ろ過活性炭)	$\{108.3 \times (1.25Q)^{0.774} + 167.9 \times (1.25Q)^{0.648}\} \times (101.9/91.7)$	$(10.67 \times Q^{0.703} + 7.38 \times Q^{0.665}) \times 101.9/91.7$	21
高次処理 (逆浸透)		資本費込みで	19
浄水前処理 (生物膜)	$100 \times 0.2902 \times Q^{0.9747} \times 3/2$	$m = 1.8 + 5 \text{ (円/} m^3 \text{)}$	20
浄水通常処理	$101.2 \times (1.1 \times 1.25Q)^{0.9153} \times 3/2$	$0.8628 \times CONC - 0.5947 \quad m = 10$	18
高度浄水 (オゾン活性炭)	$17.46 \times Q^{0.7926} + 149.8 \times Q^{0.5638} \times 3/2$	$7.089 \times Q^{-0.0833} \quad m = 1.4 + 5$	20

Q: 処理水量 (千m³/日) CONC: 過マンガン酸消費量 (mg/l) m: 人件費等 (円/m³)

表3 各水処理段階での処理費用と処理水質

	処理費用 累計 (円/m ³)		処理水質 (mg/l) 消費				
		COD	KMnO ₄	TN	TP	TOD	
未処理下水		100		36	5.1	1019	
2次処理まで	175	175	16		25	1.7	416
循環硝化脱窒	40	215	16		7.5	1.7	243
3次処理 (凝沈ろ過活性炭)	476	691	4.5		5.25	0.35	90
高次処理 (逆浸透)	152	843	2.4	9.48	2.4	0.06	35
浄水前処理 (生物膜)	9	852	1.67	6.60	1.92	0.054	28
浄水通常処理	44	896	0.42	1.65	0.96	0.0216	12
高度浄水 (オゾン活性炭)	64	960	0.06	0.24	0.864	0.0194	10

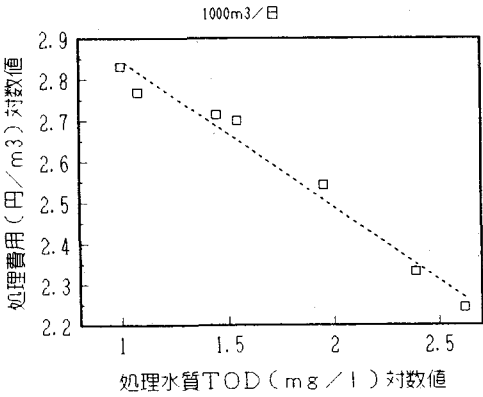


図7 処理水質と累積処理費用の関係

(B) 水質外部費用の定義

本来ここまできれいにしなければならないという処理水質基準に対応する処理費用と、現在段階の処理水質に対応する処理費用との差を水質外部費用と定義する。処理水質基準の決め方には2通りの考え方がある。

一つは ① 地域に関係なく、使った水はもとのきれいな水質まで浄化して自然に返すというものである。

二つめは、② 自然浄化能力に応じて、それを利用すべきであるというものである。この場合、その地域に応じた気候等条件により、ある環境目標水質 C_e が定まり、その地域内に降った雨に由来する水質 C_0 の水を希釈水として、環境目標水質を満足するような処理水質基準 C_r が決まる。すなわち、

$$q_0 = 10 \times (R/365) \times \alpha / D \quad \dots\dots(18)$$

$$\frac{C_0 \times q_0 + C_r \times q}{q_0 + q} < C_r \quad \dots\dots(19)$$

$$\therefore C_r < (C_r - C_0) q_0 / q + C_r \quad \dots\dots(20)$$

ここに、R：年降雨量（mm／年）

α ：年流出率

D：人口密度（人／ha）

q：排水原単位（ m^3 ／人／日）

いま、自然希釈水の水質 C_0 をCOD、TN、TPそれぞれ1.0、0.2、0.01とみ、環境目標値を仮に1.5、0.3、0.015mg/lとすると、処理水質の基準は以下ようになる。すなわち、

R：1,500mm、 q ：0.24 m^3 ／人／日、 α ：0.7、 C_0 をTODとして表すと、5.7mg/l、同じく C_r は8.5mg/lであり、処理水質の基準 C_r は人口密度10人／haでは43mg/lであるが、100人／haでは12mg/lと厳しくなる。この考え方では、都会ほど処理の程度をあげる必要があることになる。どちらかといえば②の考え方をとるべきであるかもしれないが、現状では自然浄化能力に応じた水質の設定根拠が不明確なので、とりあえず今回は①の立場になって、ある一定の自然希釈水の水質 C_0 （TOD 5.7mg/l）まで浄化する処理費用を水質外部費用とする。

（C）水質外部費用を考慮した集合処理、個別処理の費用比較

次に、集合処理、個別処理の費用比較として、水質外部費用を考慮した比較を行った。

各処理方式の処理費用の計算には下水道マップ作成マニュアルに記載されている建設費、維持管理費のデータ等⁶⁾を使用した。ただし、公共下水道の管渠建設費単価は4万円／mとした。資本費への換算は利率7%、返済年数は集合処理30年、個別処理20年とした資本回収係数0.0806、0.0944をそれぞれ用いた。

公共下水道等の集合処理、個別合併処理浄化槽、個別単独処理浄化槽の3者について、処理水質の推定とそのTOD換算値および水質外部費用を求めた結果を表4にまとめている。

これらの結果より、戸数密度と処理費用の関係について、水質外部費用を考慮しない場合と考慮した場合それぞれ図8と図9に表し、3方式の比較を行ってみると、用いた条件の下においては、水質外部費用を考慮しない場合13戸／ha程度、考慮した場合は9.5戸／ha程度で個別処理と集合処理の有利性が逆転する。すなわち、水質外部費用を考慮した場合、集合処理有利の範囲が拡大する。

また、一戸当たりの管きょ延長と家屋密度の関係は次式で表されているので²³⁾、

$$L/N = (130/D) + 6.3 \quad \dots\dots(21)$$

表4 生活排水処理方式別の処理水質と水質外部費用計算例

	下水 処理場	合併浄化 槽(集合)	合併浄化 槽(個別)	単独浄化槽 し尿	雑排水	計
水量 (l／人・日)	240	240	240	64	186	240
COD 発生負荷 (g／人・日)	24	24	24	9	15	24
排出率 (%)	21	16	37	32	100	
処理後濃度 (mg/l)	21	16	37	45	85	74
TN 発生負荷 (g／人・日)	8.6	8.6	8.6	7.15	1.45	8.6
排出率 (%)	61	49	70	72	100	
処理後濃度 (mg/l)	21.9	17.6	25.1	80.4	8.2	27.5
TP 発生負荷 (g／人・日)	1.22	1.22	1.22	0.68	0.54	1.22
排出率 (%)	39	64	85	88	100	
処理後濃度 (mg/l)	1.98	3.25	4.32	9.35	3.07	4.74
TOD 発生負荷 (g／人・日)	244	244	244	146	98	244
排出率 (%)	41	45	66	70	100	82
処理後濃度 (mg/l)	420	454	667	1595	555	832
処理施設建設費(円／戸)	800,000		1,000,000			308,000
維持管理費(円／戸・年)	40,000		65,000			26,000
水質外部費用(円／m ³)	676		704			716
(円／戸・年)	236,900		246,700			250,900
処理費用小計(円／戸・年)	341,300		406,100			306,000

本式を用いて換算すると、限界家屋間距離は、水質を考慮しない場合16m/戸であるが、考慮した場合約20m/戸である。これらの値は、人口規模の小さい公共下水道の現状よりやや大きい値である。

個別単独処理浄化槽は水質外部費用を上乗せしてもなお、合併処理し尿浄化槽より優位を保つ。水質外部費用の差がより大きく評価されなければ、単独浄化槽より合併浄化槽が選択されることを説明することはできない。仮想の高度処理も分散システムで行う場合、処理費用が割高になることや、トータルコストの算定を行えば、水質外部費用はさらに大きくなる可能性はあるが、これらについては今後の検討課題にしたい。また、水質外部費用が一見大きく見えるのは、現実経済の世界と環境経済の世界の感覚のギャップを示すものと思われる。

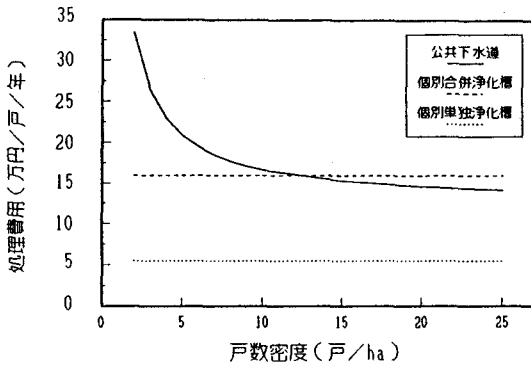


図8 処理方式別の家屋密度と一戸当たり年間処理費用の関係（水質外部費用を考慮せず）

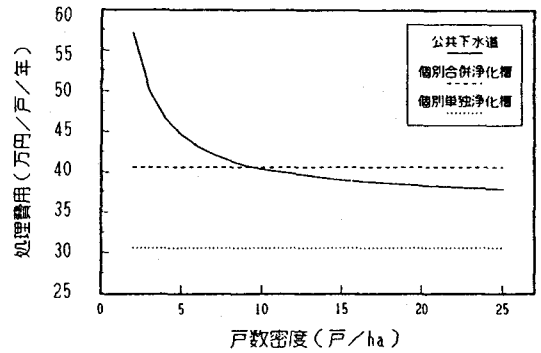


図9 処理方式別の家屋密度と一戸当たり年間処理費用の関係（水質外部費用を考慮）

4. アンケート調査による生活排水処理の評価

4.1 アンケート調査の方法

質問の内容は、以下に示すようなものである。

- 1) 家庭での生活排水を、どのように処理しているか。 2) 年間または月ごとにいくら処理費用がかかるか。
- 3) その金額を高いと感じているか。 4) 現在の生活排水の方式に満足しているか。また、満足していない場合その理由。
- 5) 自分の家庭からの生活排水が周りの水環境を汚していると思うか。 6) 周りの水環境を改善するために、生活排水の処理にかかる費用が現状からどのくらい高くなってほしいと思うか。

配布の方法は、宇部市内の20小学校区域の、52ヶ所に校区内の人口に合わせた枚数を合計1,988枚を、無作為に郵便受けに投函してまわり、面談依頼することはせず文面で郵送による回答を依頼した。調査時期は平成2年12月第3週に配布し、約1ヶ月後を回収期限とした。

4.2 調査結果および考察

1,988枚配布した内で616枚回収され、回収率は32%であった。それぞれ6項目の質問に対する回答の結果は表5にまとめる通りである。

- (1) 公共下水道38.8%、個別単独し尿浄化槽6%、し尿単独浄化槽（団地単位）1%、合併浄化槽（団地単位）6.8%、個別合併浄化槽1.9%、くみ取り式34.7%、その他0.5%という割合であった。
- (2) 年間維持費用の平均値は個別合併浄化槽で57,000円/(年・戸)、公共下水道47,000円、個別単独浄化槽で37,000円、集合合併浄化槽34,600円である。
- (3) その費用について、半数近くの人が、「高い」または「どちらかといえば高い」と感じている。特に個別単独し尿浄化槽で78.4%、個別合併浄化槽で100%とその傾向が強い。

の45,600円と上昇している。その主な原因は、1人当たりの管渠長の増大にあると考えられ、処理費用のうち管渠分の占める割合は、経年的に大きくなっている。

(2) 処理水質の違いを水質外部費用という形で表現する方法を提案した。従来の費用比較の方法にこれを加味した場合、集合処理の方が有利な限界家屋間距離は従来の水質外部費用を考慮しない場合に比べてより大きくなり、集合処理有利な範囲がやや拡大する。

(3) 住民にとってはトイレの水洗化の実現が最重要であるが、周辺環境への影響、維持管理の煩わしさも考慮されるべき要素である。

今後の課題として、水質外部費用の信頼性と精度の向上、顕在的な処理費用以外の生活排水処理システムに対する住民満足度の定量評価などがある。

謝辞： 研究遂行に尽力いただいた徳本弘幸氏（現福岡県庁）はじめ、関係各位及び研究室の職員に感謝いたします。

参考文献：

- 1) 建設省都市局下水道部監修：平成3年 日本下水道（1991.10）
- 2) 特集「オランとこの下水道整備は…」：月刊下水道Vol.10、No.4（1987）
- 3) 原沢英夫、甲斐沼美紀子、中杉修身、内藤正明：地域特性を考慮した下水処理システムの選定 — エキスパートシステムの試み、京都大学環境衛生工学研究会第9回シンポジウム講演論文集22-28（1987）
- 4) 森田明博、木村 洋：生活排水処理における集合処理区域の導入条件に基づく要整備量の検討、環境システム研究、Vol.17、158-163（1989）
- 5) 丁 賢、北畠佳房：生活排水処理方式選定のための支援分析手法例 — 人口1万人規模を例として—
- 6) 赤池一馬：下水処理場は合併浄化槽よりどのくらい優れているかを考慮した下水道計画、水情報Vol.11、No.6、3-7（1991）
- 7) 下水道整備構想エリアマップ作成マニュアル：日本下水道協会（1986.10）
- 8) 下水道統計 昭和35年度版～昭和58年度版：日本下水道協会
- 9) 下水道統計（財政編・行政編）：昭和59年度版～平成元年度版 日本下水道協会
- 10) 下水道統計要覧：昭和63年度版 日本下水道協会
- 11) 地方公営企業年鑑総括編第38集：平成2年度版 地方財務協会
- 12) 中西 弘他：生活排水処理体系を考える、浄化槽研究（投稿中）
- 13) 益倉克成：雑排水対策の進め方と問題点、公害と対策、Vol.20、No.5、407-412（1984）
- 14) 原沢英夫：自然浄化力を活用した処理システムに関する研究、国立公害研究所第2回自然浄化シンポジウム81-95（1985）
- 15) 流域下水道整備総合計画調査 指針と解説 日本下水道協会（平成2年）
- 16) 美坂康有：排水再利用のための高度処理コスト、P P M、No.2、90-97（1977）
- 17) 出口富雄編著：オゾンを中心とした高度浄水処理技術
- 18) 早貸外幸、真柄泰基、乙間末広：水量および水質の安定供給のための水道システムにおけるコスト最小化に関する一考察、水道協会雑誌59(1)3-11（1991）
- 19) 柘植日出夫、森 憲二：逆浸透による都市下水の再生利用、環境技術Vol.7、No.2、140-147（1978）
- 20) 高度浄水施設導入ガイドライン 日本水道協会（昭和63年3月）
- 21) 内田駿一郎：用排水処理に伴う建設費の推算、工業用水、No.400、25-63（1992）
- 22) 国松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析、技法堂出版
- 23) 生活排水対策推進計画策定資料集：環境庁水質保全局（1991.3）