

(25) 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

EVALUATION OF THE AMOUNT OF SEWAGE WORKS BY COMPARING EXPENDITURES
FOR CONSTRUCTING AND USING SEWERAGE SYSTEM WITH ONSITE TREATMENT SYSTEM

森田 明博*・木村 洋*

Akihiro Morita*, Hiroshi Kimura*

ABSTRACT; In Japan, the public sewerage service rate remains only about 37% as of F.Y.1986. However, in big municipalities that have a population of over 500,000, it remains more than 50%. Recently, therefore, with the progress of sewerage system, the priority of investment is moving from such bigger municipalities to smaller. And it is required to use the limited budget as effectively as possible in order to increase the service rate and keep waters clean. On the other hand, onsite treatment system has been established. Its effluent quality is as clear as sewerage system. So it's important to choose between two systems for providing sewerage disposal facilities. The purpose of this study is to compare both systems economically using the area mesh statistics method and evaluate the amount of sewage works. As result of this study, sewage from 70% ~ 80% of residents can be treated economically by sewerage system.

KEY WORDS ; onsite treatment, sewerage system, area mesh statistics, sewage disposal

1. はじめに

我が国の生活排水処理は、これまで下水道整備を軸として進められてきた。下水道整備状況を日本の都市規模別にみると人口 100万人以上の都市では、下水道普及率（人口）が80%を越え、50万人以上 100万人未満の都市では、同じく50%を越えており、下水道整備の進展とともに事業の中心は地方の小都市へと移行してきている¹⁾。

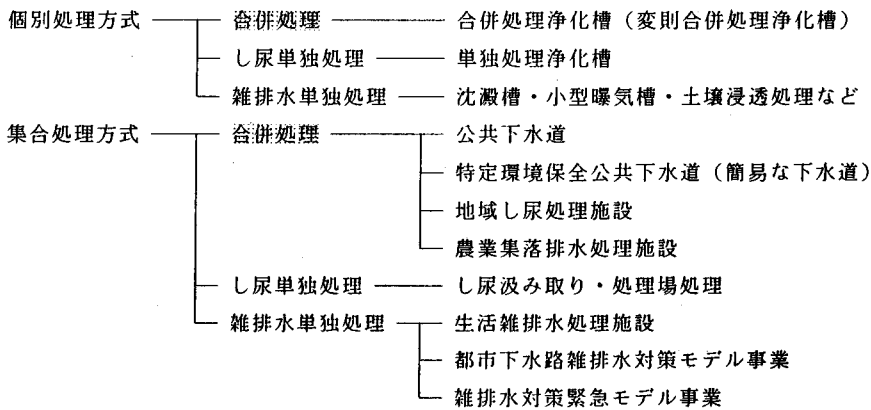
一方、生活排水処理の処理システムをみると、近年、従来からあった地域し尿処理施設に加えて、農山漁村集落排水処理施設や合併処理浄化槽等の新たな生活排水処理に係わる事業制度の整備や技術開発が進み、地域の実情に則した適正な処理方式を選定できる条件が整ってきている。

しかし、生活排水処理対策に係わる費用も膨大なものであり、導入に伴う負担のあり方や費用効率の良いシステムの導入が厳しく問われてきている。特に、合併処理浄化槽の技術の進展と補助制度の整備は、これまでの集水一括処理といった集合処理方式とは全く異なった、個別処理-汚泥の共同処理といった新たな処理システムが選択肢として加わったことになり、今後、生活排水処理事業の中心となっていくと考えられる地方中小都市等の導入地区における選定すべき処理方式の幅が大きく拡大したこととなる。

これらの生活排水処理システムをまとめると図-1のようになる。

*株式会社 エックス都市研究所 EX CORPORATION

本検討は、これらの各種処理方式のうち生活排水処理施設計画を策定していく上で、便所の水洗化に加えて公共用水域の水質保全や生活環境の改善といった課題に対応可能な合併処理方式による生活排水処理に視点を置き、特に個別処理と集合処理の境界領域となるような小規模な集落を想定し、個別処理方式と集合処理方式の導入選定に係わる判断基準として、経済的側面からの導入地区の選定手法の一例を示すとともに、全体計画を策定していく上で目標となる事業量水準の試算を行ったものである。

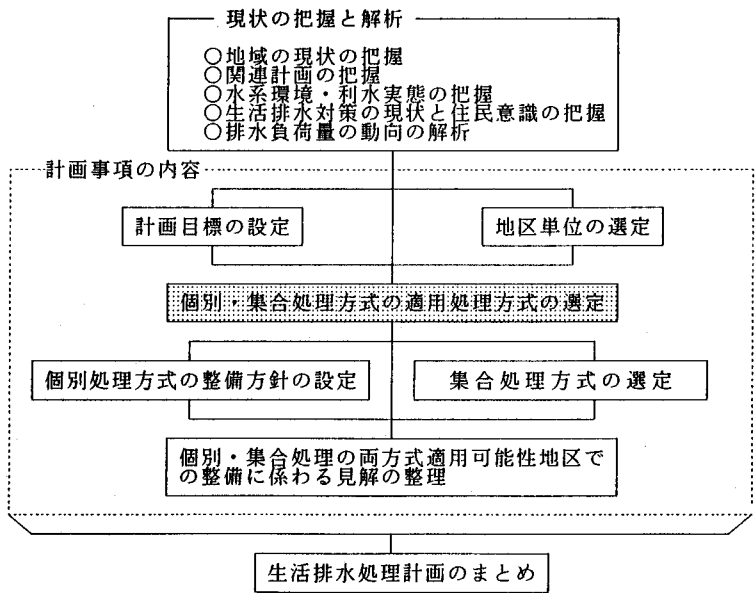


図－1 生活排水処理方式の類型

2. 検討方法

2.1 基本的考え方

生活排水処理計画の立案プロセスを大別すると、例えば図－2 に示すように対象地域の諸状況の把握・解析と計画緒元の決定の2段階に分けられる。



図－2 生活排水処理計画策定フロー

ここで処理方式の選定において、まず、基本となるのが個別処理方式と集合処理（以降では集合合併処理を「集合処理」ということとする）方式の適用地区の区分けである。特に、個別処理方式のなかで合併処理浄化槽（以下、個別合併処理を「個別処理」ということとする）が合併型の個別処理方式として優れた性能を持つようになった現在、この個別処理と集合処理の適用地区をどのように設定するかが処理方式選定の第一段階の作業となる。

この個別処理と集合処理の設定作業の一つとして、両方式の費用比較が挙げられる。なお、集合処理方式の導入が適当な地域での方式の選定については、主に、各事業方式の制度面からの適否判断が中心となるもの、小規模な地域での汚水処理に限ってみれば施設整備等に要する費用は処理技術的には、各方式とも基本的には同様に考えることができ、大差がないものと考えられる。

そこで、本検討では1人当たりの生活排水処理に係わる費用を算定することによって両方式の費用比較を行うこととし、60年国勢調査（人口）の地域メッシュ統計（概ね1kmメッシュ）を用いて、個別処理と集合処理の境界と考えられる限界人口密度を設定し、要整備人口の算定を行う。

2.2 検討方法

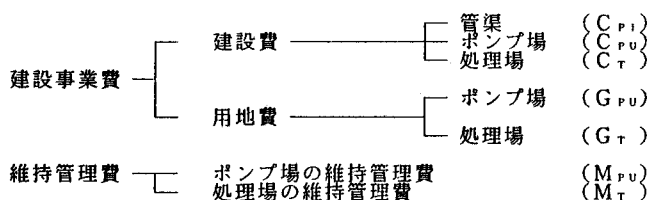
1kmメッシュに特定される地区毎に、その地区を個別処理で整備した場合と集合処理で整備した場合に施設の耐用年数より算定した一人一年当たりの費用を以下の基本的考え方に基づいて算定し比較検討を行う。

- ① 集合処理システムとしては、比較的簡易な施設を想定したケースと通常施設の実績を参考としたケースの比較をすることとし、個別処理と比較するため観光、営業排水等を除いた汚水処理に係わる費用について見込む。
- ② 主として市街化区域以外で実施される小規模の生活排水処理システムを想定し、費用関数や単価等についてもこれらの地区を考慮した検討を行う。
- ③ 計画処理人口は基本的に現状人口で推移するものとする。

(A) 費用関数とケース設定

(1) 集合処理

集合処理の費用については、費用関数を用いて建設費及び維持管理費用の算定を行う。費用の区分は以下のとおりである。なお、単価は昭和59年度の単価を用いている。



図－3 建設事業費、維持管理費の算定区分

建設費は、「町村下水道財政モデルの作成について」³⁾を参考として表－1に示した費用関数を用いて算定する。これらの費用を算定する上での設定条件は以下のとおりである。

〔設定条件〕

- ・建設期間は建設開始後直ちに計画処理水量が確保されるとし、施設の更新、物価変動を考慮しない。
- ・処理場建設費は、日最大処理水量 2.5千 m^3 /日以下の関数を適応する。
- ・用地費単価については1万円/ m^2 とする。

- ・ポンプ場箇所数は、人口5万人以下の場合概ね1箇所であることから²⁾1ヵ所とみなす。
- ・施設の耐用年数は、一般に40年～50年であることから45年とする。
- ・処理施設の計画水量は観光や営業等の排水がない場合を想定して以下のように設定する。

$$Q_{MAX} \text{ (千} \text{m}^3 \text{/日)} = \frac{0.37 \text{ m}^3 \text{/人日}}{1,000} \times \text{計画処理人口 (P)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_{AVE} \text{ (千} \text{m}^3 \text{/日)} = \frac{0.31 \text{ m}^3 \text{/人日}}{1,000} \times \text{計画処理人口 (P)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

- ・ポンプ場の時間最大揚水量は「町村下水道財政モデルの作成について」より、次式を用いて算定し、揚水対象人口として計画処理人口の半分を見込む。Q_{PU}は以下になる。

$$\begin{aligned} Q_{PU} \text{ (m}^3 \text{/分)} &= Q_{MAX} \times 1000 \times 2 \times \frac{1}{1,440} \times \frac{\text{当該ポンプ場の揚水対象となる区域内人口}}{\text{計画処理人口 (P)}} \\ &= 0.694 Q_{MAX} \quad \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

表－1 集合処理施設の費用関数

区 分		算 定 式	備 考
建設費	管 渠 建 設 費 (C _{PI} : 百万円)	$C_{PI} = 9.1 \times \alpha \times A \quad \dots (4)$	・ A は計画処理面積 (ha) である ・ α は管渠工事単価補正係数で $\alpha = 1.0 \sim 2.5$ (町村下水道等の小規模下水道事業で事例の多いのは $\alpha = 1.7$ 前後となっている)
	ポンプ場建設費 (C _{PU} : 百万円)	$C_{PU} = 102 \times Q_{PU}^{0.598} \quad \dots (5)$	・ 1 箇所当たりの費用関数である ・ Q _{PU} はポンプ場の時間最大揚水量 (m ³ /分)
	処理場建設費 (C _T : 百万円)	$C_T = 216 \times Q_{MAX}^{0.566} \times \alpha \quad \dots (6)$	・ Q _{MAX} は日最大処理水量 (千 m ³ /日) で $0.3 \text{ 千} \text{m}^3 \text{/日} \leq Q_{MAX} < 2.5 \text{ 千} \text{m}^3 \text{/日}$ のにするもの ・ α は単価補正係数で施設の種類により異なる ・ 可否か等による単価の違いを反映させるものであり実績では $\alpha = 1.0 \sim 2.5$ となっている
用地費	ポンプ場用地費 (G _{PU} : 百万円)	$G_{PU} = 3.29 \times Q_{PU}^{0.446} \times \text{用地費単価} \quad \dots (7)$	・ Q _{PU} はポンプ場の時間最大揚水量 (m ³ /分) となるが ・ 用地費単価は地域の実情によって異なる ・ 本検討では 1 万円/m ² を採用している
	処理場用地費 (G _T : 百万円)	$G_T = 56.7 Q_{MAX}^{0.645} \times \text{用地費単価} \quad \dots (8)$	・ Q _{MAX} は日最大処理水量 (千 m ³ /日) ・ 用地費単価は地域の実情によって異なる ・ 本検討では 1 万円/m ² を採用している
維持管理費	ポンプ場維持管理費 (M _{PU} : 百万円)	$M_{PU} = 1.10 \times Q_{PU}^{0.691} \quad (9)$	・ 年当たりの維持管理費である ・ Q _{PU} はポンプ場の時間最大揚水量 (m ³ /分)
	処理場維持管理費 (M _T : 百万円)	$M_T = 12.9 \times Q_{AVE}^{0.337} \quad (10)$	・ 年当たりの維持管理費である ・ Q _{AVE} は日平均処理水量 (千 m ³ /日)

以上の費用関数及び算定条件のもとに、単価補正係数の設定により、ケース分けを以下に行う。

表－2 集合処理のケース設定

ケース	α 値	ケース条件
ケースⅠ	$\alpha = 1.0$	簡易な処理施設を想定したケース
ケースⅡ	$\alpha = 1.7$	標準ケース

(2) 個別処理

合併処理浄化槽の規模は各戸とも一律の規模の浄化槽を設置するものとし、住民基本台帳に基づく1世帯当たりの平均世帯人員で算定する場合(人槽は5人槽とする)と、㈸日本環境整備教育センターが実施した63年度調査実績(人槽平均 6.7人より7人槽とする)の2ケースを想定する。また、耐用年数について、まだ実績が少ないことから、メーカーヒアリング⁴⁾を基にした場合の15年と「下水道財政モデル」で示されている30年に設定した場合の2ケースを想定する。したがって、個別処理では表－3に示した4ケースを比較

対象とする。

また、個別処理に要する費用は(財)日本環境整備教育センターの調査を基に表－4に示す。

(B) 基本式

以上の算定式等から集合処理及び個別処理に要する耐用年数1人当たりの費用を算定し比較を行う。
したがって算定式は以下のようになる。

表－3 個別処理のケース設定

ケース	人 槽	耐用年数	備考(世帯人員)
ケース i－①	5 人槽	15年	3.1 人
ケース i－②		30年	
ケース ii－①	7 人槽	15年	4.4 人
ケース ii－②		30年	

表－4 個別処理の算定条件

人 槽	本体 (FRP 製)	送風機	掘付工事	合 計	備 考
5 人槽	477 千円	53千円	230 千円	760千円	送風機の耐用年数 5 年
7 人槽	657 千円	73千円	280 千円	1010千円	同上

(集合処理の耐用年数1人当たりの費用) ≤ (個別処理の耐用年数1人当たりの費用)

$$\frac{1}{45P} (C_{PI} + C_{PU} + C_T + G_{PU} + G_{GT}) + \frac{1}{P} (M_{PU} + M_T) \leq \frac{1}{F} \left(\frac{J_c}{Y} + J_M + \frac{J_B}{5} \right) \quad \dots \dots \dots (11)$$

ここで、P ; 処理対象人口で1 kmメッシュ内の人口〔人〕

F ; 一世帯当たりの人員〔人〕

Y ; 合併処理浄化槽の耐用年数〔年〕

J_c ; 一基当たり浄化槽設置費(本体、掘付費込み)〔百万円/基〕

J_M ; 一基当たり浄化槽設維持管理費〔百万円/基/年〕

J_B ; 送風機費用〔百万円/台〕

表－1に示した(4)～(10)の算定式に(1)～(3)を代入し、さらに(11)に代入し、A(処理面積〔ha〕)についてまとめると次式を得る。

$$A \leq \frac{1}{\alpha} \left\{ \frac{4.95P}{F} \left(\frac{J_c}{Y} + J_M + \frac{J_B}{5} \right) - 0.079 P^{0.596} - 0.270 P^{0.566} - 0.009 P^{0.446} - 0.038 P^{0.645} - 4.18 P^{0.337} - 0.017 P^{0.697} \right\} \quad \dots \dots \dots (12)$$

3. 算定結果

3.1 人口ランク別人口分布

地域メッシュ統計より人口ランク別の人口分布をまとめたのが表－5である。この表でわかるようにD I D地区に相当する人口ランク4000人/㎢の人口割合は全体の50%程度であり、都市計画区域内のD I D地区人口割合が約60%⁵⁾であることからメッシュではうまく特定できない部分があることがわかる。そこで、メッシュ内の居住地域の占める面積のばらつきを見込むため人口ランク別の人口のばらつきが比較的全国の中位的な位置を示した千葉県について、各メッシュに占める集落の面積と人口ランクを把握し、算定結果を補正することとした。

3.2 ケース別の要処理人口

各ケース別の処理区域面積Aと処理人口Pの関係をまとめたのが図－4である。また、この図より集合処

理の要処理人口をまとめたのが表-6である。

この算定結果より、最も集合処理対象人口の多いのはケースⅠ-i-①であり、比較的簡易な下水道整備を実施した場合には、総人口の81%程度が処理の対象となっている。

また、ケース設定で最も処理対象人口に影響を与えているのは、 α の値であり総人口に対して5~7%の違いが生じている。次に浄化槽の耐用年数であり同じく4~6%の影響が見られる。

また、境界領域における処理人口の割合は、3~3.5%程度となっている。

本検討においては、一律に算定条件をおいて試算したが現状での概ねの要整備人口が把握されたとともに、各地区で条件を設定することにより簡易に要整備人口が把握できるものと考えられる。

表-5 メッシュ統計による人口ランク別人口

人口ランク (人/km ²)	人口 (全体に占める割合)
0~200	6,670 (5.5)
201~400	6,869 (5.7)
401~600	5,494 (4.6)
601~800	4,437 (3.7)
801~1000	3,760 (3.1)
1001~2000	13,834 (11.5)
2001~3000	10,300 (8.6)
3001~4000	8,935 (7.4)
4001~	60,098 (49.9)
計	120,397 (100.0)

表-6 ケース別要処理人口 (単位: 千人, %)

ケース	単一メッシュで特定される集合処理対象人口	境界領域で特定される集合処理対象人口	集 合 処 理 対 象 人 口
I-i-①	93,167 (77.6)	4,247 (3.5)	97,414 (81.2)
I-i-②	87,203 (72.7)	3,826 (3.2)	91,029 (75.9)
I-ii-①	90,005 (75.0)	4,092 (3.4)	94,097 (78.4)
I-ii-②	85,821 (71.5)	2,982 (2.5)	88,803 (74.0)
II-i-①	85,821 (71.5)	3,606 (3.0)	89,427 (74.5)
II-i-②	78,198 (65.2)	4,086 (3.4)	82,284 (68.6)
II-ii-①	84,391 (70.3)	3,564 (3.0)	87,955 (73.3)
II-ii-②	74,937 (62.4)	6,679 (5.6)	81,616 (68.0)

注) ・ () 内は総人口に対する割合
 ・ 単一メッシュで特定される集合処理対象人口は、120,397,000人である。
 ・ シュエーデンでは、集合処理対象人口は、120,397,000人である。
 ・ 境界領域は、個別メッシュで特定される集合処理対象人口は、120,397,000人である。

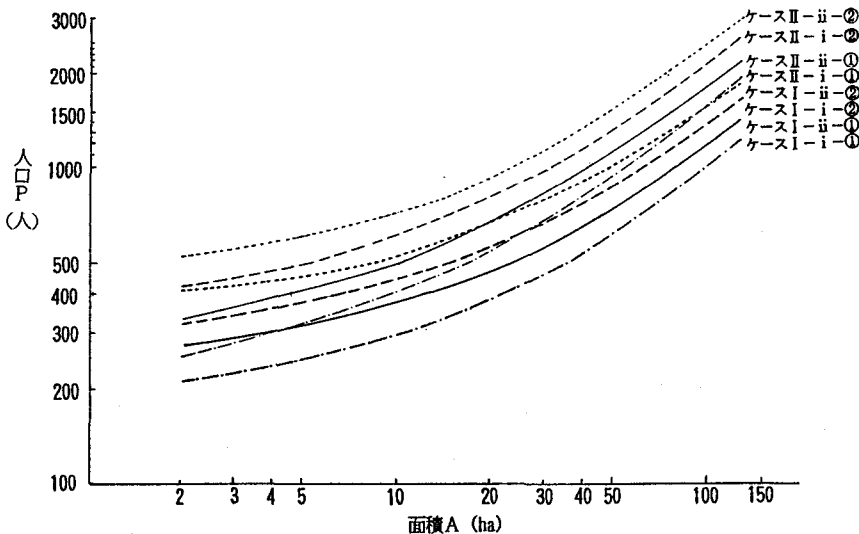


図-4 各ケース別の処理区域面積Aと処理人口Pの関係

4. 参考文献
 1) 建設省都市局: 日本下水道 (昭和63年版)
 2) 下水道法 (平成3年3月)
 3) 下水道法: 町村下水道財政モデルの作成について
 4) 下水道法: 下水道整備構想エリアマップ作成マニュアル
 5) 都市計画協会: 都市計画年報