

(26) 人口減少を考慮した污水处理施設整備方法の検討

細井 由彦^{1*}・上地 進²

¹鳥取大学工学部社会開発システム工学科 (〒680-8552鳥取市湖山町南4)

²㈲三水コンサルタント (〒171-0031東京都豊島区目白2丁目1-1)

* E-mail: hosoiy@sse.tottori-u.ac.jp

污水处理施設を整備するにあたり、家屋の集合の度合いから費用を検討して、集合処理を行うか個別処理を行うかの判定が行われている。しかしこの判定方法は計画策定時の状況をもとにしており、今後顕著に進むと思われる人口減少の影響は考慮されていない。

本研究では、従来の判定方法に人口減少の影響を考慮する方法を提案し、人口減少がある場合には結果がどのように異なるかを示した。さらに具体的な事例を取り上げ、従来の方法では集合処理が有利であると判定された地区においても、人口減少を考え個別処理の方が有利になる場合があることを示した。実際の地方における事業実施を考え、総額だけではなく、自治体、受益者などの費用分担についても検討した。

Key Words :government subsidy, local bond, population decrease, wastewater treatment system

1. まえがき

平成17年度末の我が国の下水道整備率は69.3%、農業集落排水処理施設、合併式浄化槽等を含めた污水处理施設整備率は80.9%になっているが、未整備の地区が約20%残っており、今後の整備の推進が求められる。このような地区は人口密度も高くはなく、効率的な整備が必要である。

整備手法として、管路により污水を集め処理場で処理を行う集中処理システムを採用するか、合併式浄化槽を各戸に整備する個別処理システムを採用するかは、整備とその後の運営に関わる大きなポイントである。家屋が密集している場合は集合処理が費用的に有利であり、家屋が分散している場合は管路を必要としない個別処理が有利になる。これまで整備地区の人口密度や地形特性により経済性を検討したり^{1)・2)}、長期にわたる整備途上の経済性や環境影響の検討³⁾が行われてきている。またLCAによる環境負荷量から見た検討⁴⁾も行われるようになってきている。

家屋の存在状況に応じて、いずれの処理システムを選択するのが初期投資と維持管理の費用面から見て有利であるかを検討する方法が、「効率的な污水处理施設整備のための都道府県構想策定マニュアル(案)」として考案されている⁵⁾。污水处理施設は人口の多い都市部で

は問題なく集合処理が選択され、このように処理方法を改めて検討する必要があるのは、人口密度の低い地域である。ところでこのような地域は、人口密度が低いだけではなく、人口の減少も無視できない速さで進みつつある場合が少なくない。したがって、人口あるいは家屋の密度のみを考慮するのではなく、污水处理設備が稼働している間の、人口の変化についても考慮する必要があると考えられる。しかし上述したマニュアルや既往の研究では、この点まで明瞭に考慮されているとは言い難い。

そこで本研究では、将来の人口減少の進行を考慮して、費用面から集合処理あるいは個別処理による污水处理施設整備の方法の検討手法を考える。それをもとに事例研究を行い、提案した手法の有効性を検証する。また、国、地方団体、受益者の費用負担について検討を行う。

2. 従来の污水处理施設整備方法の考え方⁵⁾

污水处理を集合処理で行う区域を、経済性をもとにした家屋間限界距離をもとに検討している。家屋間限界距離は、1戸の家屋を隣接する集合処理区域に接続した場合に接続に要する費用と、1戸の家屋を個別処理とした場合の費用が、同程度になるときの接続管渠延長で示される。実際に既整備区域に1戸を接続する場合や、新規

に集合処理区域を検討する場合の、区域の線引きの目安として利用される。

既整備集合処理区域の日最大汚水量、日平均の水量をそれぞれ Q_d 、 Q_a とし、1人あたりのそれらを q_d 、 q_a とする。処理場建設費 C_{li} は日最大汚水量の関数 $C_{li}(Q_d)$ 、維持管理費 C_{lm} は日平均汚水量の関数 $C_{lm}(Q_a)$ 、管路建設費 C_{li} と維持管理費 C_{lm} はともに管路延長 L に比例、合併浄化槽の建設費 C_{2p} 、維持管理費 C_{2m} は戸数に比例し、1基当たりそれぞれ c_{2p} 、 c_{2m} とする。家屋間限界距離 L_c^* は次式により決定される。

$$\frac{C_{li}(Q_d + aq_d)}{T_1} + C_{lm}(Q_a + aq_a) + \frac{p_c}{T_L} L_c^* + p_m L_c^* \\ = \frac{C_{li}(Q_d)}{T_1} + C_{lm}(Q_a) + \frac{c_{2p}}{T_2} + c_{2m} \quad (1)$$

ただし a は1戸あたりの人数、 p_c 、 p_m はそれぞれ管延長当たりの建設費と維持管理費、 T_1 、 T_L 、 T_2 はそれぞれ処理場、管渠、合併浄化槽の耐用年数である。上式は1年当たりの費用で比較している。したがって建設費については耐用年数で割ることにより1年当たりの費用にして、1年当たりの維持管理費用と加え合わせている。

新規に集合処理を行う区域を検討する場合は、まず家屋間限界距離を目安に区域の線引きを行い、その区域について集合処理を行った場合と個別処理を行った場合の費用の比較を行う。すなわち次式の比較を行う。

$$TC_1 = \frac{C_{li}(xaq_d)}{T_1} + C_{lm}(xaq_a) + \frac{p_c L}{T_L} + p_m L \quad (2)$$

$$TC_2 = \frac{xc_{2p}}{T_2} + xc_{2m} \quad (3)$$

ここで L は集合処理とした場合の管渠延長、 x は処理区域内の戸数である。 $TC_1 > TC_2$ の場合は個別処理を、 $TC_1 < TC_2$ の場合は集合処理を選択する。

ここでは初期投資をその資本の耐用年数でわり、1年当たりの費用による比較を行っている。このようにすることで、維持管理費も含めた総合的な費用比較が可能になり、目前の費用だけではない長期的な視点から見た整備を考えることができる。

しかし、このような考え方が適用できるのは、耐用年数の間、施設の利用者数が変化をしない場合である。とくにそれぞれ異なった耐用年数のものを比較している。その前提には短い耐用年数の施設は同じ状態で更新が行われるとしている。すなわち半永久的に利用者数が変化しないと考えることになる。このような扱いは人口減少が顕著になるような地区においては適切であるとは言いがたい。そこで次節において、人口減少が進んでいく

場合の考え方について検討を行う。

3. 人口減少を考慮した汚水処理施設の選択方法の検討

(1) 検討対象期間

集合処理施設と個別処理施設を考えた場合、利用の自由度は集合処理の方が少ない。集合処理の場合、いったん整備がされれば基本的には全ての世帯が、施設が存続する期間それを利用することになる。また利用者が減少しても施設は同じものが利用される。それに対して個別処理の場合、利用は各世帯の自由であり、利用世帯の変動に応じて利用される施設数も変動する。また耐用年数も集中処理より短く、いったん使用を初めても、途中で状況の変化に応じて、再度集合処理の整備を検討することも可能である。

したがって、費用比較の検討は集合処理を選択した場合に、その施設を利用し終わるまでの費用を、個別処理で実施した場合の費用と比較するのが妥当である。そこで検討対象期間を集合処理施設（処理場）の耐用期間とする。この場合関連する種々の施設の耐用年数が異なることによる問題も発生するが、これは「残存価値」の問題として後に議論する。

(2) 人口減少を考慮した処理費用の検討

対象区域全域を集合処理か個別処理かいずれかで初期 ($t=1$) に整備が完成しているとする。対象区域は人口が減少するものとし、検討期間に人口が初期人口を上回ることではないとする。計画には初期人口 h_1 をもとにした計画人口 h_t が用いられるとする。計画1日最大汚水量を Q_d^* とすると、 $Q_d^* = h_t^* q_d$ となる。

処理場の建設費は計画1日最大汚水量をもとに決定される。

$$C_{li} = C_{li}(Q_d^*) \quad (4)$$

処理場の1年あたり維持管理費 C_{lm} は、処理場の規模により発生する固定費 C_{lmf} と、水量により発生する変動費 C_{lmm} からなり、変動費部分は実際の1日平均汚水量 Q_a の関数であると考えられる。

$$C_{lm} = C_{lmf} + C_{lmm} = C_{lmf}(Q_d^*) + C_{lmm}(Q_a) \quad (5)$$

$$Q_a = h_t q_a \quad (6)$$

ここで h_t は年度 t における人口である。

管渠の建設費、維持管理費を C_{lp} 、 C_{lm} とする。これらは初期の管渠規模 L_{1p} の関数となる。

$$C_{Li} = C_{Li}(L_i^*) \quad (7)$$

$$C_{Lm} = C_{Lm}(L_i^*) \quad (8)$$

個別処理の場合、合併処理浄化槽を全世帯に整備するとして、初期の世帯数 x_i により、初期整備数を x_i^* と表す。初期整備費、維持管理費、それぞれは初期整備数、該当年度利用数の関数で表される。

$$C_{2i} = C_{2i}(x_i^*)$$

$$C_{2m} = C_{2m}(x_i)$$

検討期間における集合処理、個別処理の総費用をそれぞれ TC_1 、 TC_2 とすると次のように表される。

$$TC_1 = C_{1i}(h_i^* q_d) + \sum_{i=1}^T \{C_{1mf}(h_i^* q_d) + C_{1mv}(h_i^* q_d)\} \quad (9)$$

$$+ C_{Li}(L_i^*) + \sum_{i=1}^T C_{Lm}(L_i^*)$$

$$TC_2 = C_{2i}(x_i^*) + \sum_{i=1}^{T1} C_{2m}(x_i) + C_{2i}(x_{T1+1}^*) \quad (10)$$

$$+ \sum_{i=T1+1}^T C_{2m}(x_i)$$

既述のように検討対象とする集合処理施設の耐用年数としては、最も費用と工期がかかると考えられる土木建築物の耐用年数を取りあげる。

上記の TC_1 と TC_2 を比較することにより、集合処理か個別処理かの選択を行う。

(3) 集合処理と個別処理を判定する管路延長の検討

実際に人口減少を加味して集合処理と個別処理の判定計算を行い、従来の方法との比較を行う。「効率的な汚水処理施設整備のための都道府県構想策定マニュアル(案)」⁹⁾ (以下マニュアルとよぶ) と同様の数値を用いる。

集合処理に関する各種費用関数はつぎの通りである。

$$C_{1i} = 493 \times Q_d^{0.676} \quad (\text{万円}) \quad (11)$$

$$Q_d: \text{日最大汚水量 (m}^3/\text{日)} \quad Q_d < 300$$

$$C_{1m} = 47.8 \times Q_d^{0.501} \quad (\text{万円/年}) \quad (12)$$

$$Q_d: \text{日平均汚水量 (m}^3/\text{日)} \quad Q_d < 300$$

$$C_{Li} = 7.5L \quad (\text{万円}) \quad (13)$$

$$C_{Lm} = 0.008L \quad (\text{万円/年}) \quad (14)$$

L は管路延長で単位は m。

C_{1i} に含まれる処理場の土木建築物と機械電気設備の比率は 1:1 とし、耐用年数は土木建築物 50 年、機械電気設備 25 年とする。 C_{1m} について、マニュアルで使用されている費用関数は式 (12) であり、変動費のみを考え、固定費については扱っていない。また管路の耐用年数は 72 年とする。

個別処理は合併処理浄化槽とし費用関数はつぎのよう

になる。

$$C_{2i} = 88.8 \quad (\text{万円/基}) \quad (15)$$

$$C_{2m} = 6.5 \quad (\text{万円/年}) \quad (16)$$

耐用年数は 26 年とする。

1 戸当たりの人数や 1 人当たりの汚水量についてはつぎのようおく。

$$a = 3 \quad (\text{人}) \quad (17)$$

$$q_d = 0.300 \quad (\text{m}^3) \quad (18)$$

$$q_d = 0.225 \quad (\text{m}^3) \quad (19)$$

以上のようなマニュアルの値を用いて集合処理、個別処理それぞれの 50 年間の総費用はそれぞれつぎのように表される。(費用の単位は万円。以下同じ。)

$$TC_1 = \frac{3}{2} \times 493 \times (3x_i^* \times 0.300)^{0.676} \quad (20)$$

$$+ \sum_{i=1}^{50} \{47.8 \times (3x_i \times 0.225)^{0.501}\} + (7.5 + 0.008 \times 50)L$$

$$TC_2 = 88.8x_i^* + \sum_{i=1}^{26} 6.5x_i + 88.8x_{27}^* + \sum_{i=27}^{50} 6.5x_i \quad (21)$$

$$= 88.8(x_i^* + x_{27}^*) + \sum_{i=1}^{50} 6.5x_i$$

式 (20) の右辺第 1 項、処理場費用にかかる 3/2 は、耐用年数がそれぞれ 50 年と 25 年の土木建築物と機械電気設備の比率が 1:1 としていることによる。第 2 項は処理場維持管理費を、第 3 項は管路の建設・維持管理費を示している。式 (21) の右辺第 1, 2 項は 1 回目の浄化槽の設置及び維持管理費を、第 3, 4 項は 2 回目のそれぞれを示している。

ここでは世帯人数に変化はなく、人口減少に比例して世帯数が減少するとしている。もし人口減少の影響を全て世帯人数の変化に反映させると、世帯数の変化はなく、ここで用いている費用関数のもとでは、 TC_1 は人口減少の影響を受けないことになる。現実的にはこの 2 ケースの間で推移するが、ここでは費用関数形の現状と、人口減少の影響を反映させて従来法と比較するために、人口減少を世帯数に反映させる方法をとっている。

なおこのような長期にわたる費用を考える場合に、将来の費用を現在価値で評価するために社会的割引率を考えることが行われる。本研究においては、式 (2)、(3) で示される人口減少を考えない従来の方法と、人口減少を考慮した場合の比較を行う。そのために、割引率を導入すると、割引率の値に結果が依存し、結果の差異を検討するときの要因が増えてしまう。さらに割引率の値をどのように設定するかも大きな課題である。割引率の設定にあたって、将来世代の価値を現在の世代が評価することになるが、ここで考えている今後 50 年は、わが国の人口が現在の約 70% と大幅に減少する見通しで、経済規模の縮小や経験したことのない社会状況の変化が予想さ

れている。人口減少を考慮した割引率をどのように考えるかは未だ明確にはされていない。以上のようなことから、本研究では割引率は考慮しないことにする。

人口減少を、1年間に初期戸数の一定の割合（等差の）で戸数が減少するとして、50年間の費用が等しくなる管渠延長を求める。すなわち式(20)、(21)の x_i が変化するときの TC_1 と TC_2 が等しくなる L を求める。その結果を図-1に示す。

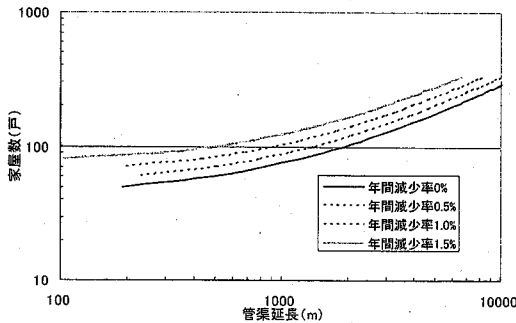


図-1 集合処理と個別処理を判定する管路延長

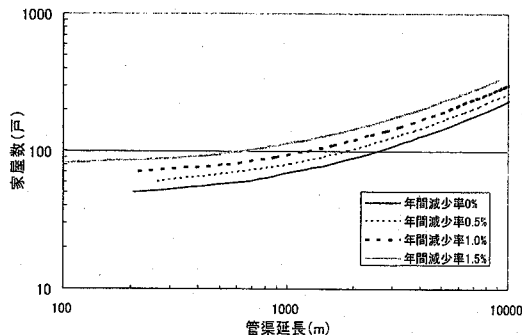


図-2 50年以降の残存価値を考慮した場合の管路延長

家屋の経年的な減少を考慮すると、処理方式の判断基準となる管渠延長は減少率が大きくなるにしたがって短くなることから分かる。100戸の場合では、初期戸数に対する年間減少率が0.5%、1.0%、1.5%に対し、それぞれ1416m、943m、493mとなる。

人口減少を考慮しない場合、すなわち年間減少率が0%の場合でも、家屋数100戸の場合管渠延長は1905mとなる。これはマニュアルで示されている2534mとは約600mの差が出ている。これはマニュアルでは管渠の耐用年数を72年としているのに対し、ここでは50年分しか評価していないことが大きな理由である。もし50年後以降に残っているパイプと浄化槽の残存価値を考慮するならば、パイプの耐用年数を72年、浄化槽を26年としているから、 TC_1 、 TC_2 はそれぞれつぎようになる。

$$TC_1 = \frac{3}{2} \times 493 \times (3x_1 * \times 0.300)^{0.676} \quad (22)$$

$$+ \sum_{i=1}^{50} \left\{ 47.8 \times (3x_i \times 0.225)^{0.501} \right\} + 7.5 \times \frac{50}{72} L + 0.008 \times 50L$$

$$TC_2 = 88.8x_1 * + \sum_{i=1}^{26} 6.5x_i + 88.8x_{27} * + \sum_{i=27}^{50} 6.5x_i \quad (23)$$

$$= 88.8x_1 * + 88.8x_{27} * \times \frac{24}{26} + \sum_{i=1}^{50} 6.5x_i$$

これより計算した管路延長は図-2のようになる。この場合には、100戸の地区の場合の初期戸数に対する年間減少率0%、0.5%、1.0%、1.5%に対し、それぞれ2562m、1888m、1238m、628mとなる。減少率0%、すなわち人口減少を考慮しない場合にはマニュアルにほぼ近い値となっている。

現実的に考えた場合、処理場が耐用年数に達して更新が必要になった場合に、さらに22年の残存価値のある管渠を使用するためには、処理場に対する投資が必要となる。したがって残存価値を考慮する考え方は、計算上の尺度を合わせるという意味では合理性があるが、現実的な検討という意味では、必ずしも妥当であるとは言えない。使用する環境にない場合は、たとえ使用可能な施設でも放棄せざるを得ない場合もある。

(4) 集合処理区域に1戸を接続する家屋限界距離

集合処理区域に対して、そこに隣接する家屋1戸を接続するかどうかの、家屋間限界距離について、集合処理区域内の人口減少と、接続対象家屋の存続期間を考慮して検討を行う。家屋間限界距離の考え方は、式(1)で示されるとおりであるが、人口減少を考慮するので費用の検討期間を(3)で述べたように処理場の耐用年数である50年とする。1戸の接続限界は次式を満たす距離となる。

$$C_{1i} (3x_i * \times 0.300) \times \frac{3}{2} + \sum_{i=1}^{50} C_{1m} (3x_i \times 0.225) + \left\{ \begin{array}{ll} 88.8 & T \leq 26 \\ 88.8 + 88.8 \times \left(\frac{24}{26} \right) & T > 26 \end{array} \right\} + 6.5T \quad (24)$$

$$= C_{1i} (3x_i * \times 0.300 + 0.9) \times \frac{3}{2} + \sum_{i=1}^{50} C_{1m} (Q_{ai}')$$

$$+ 7.5L \times \left(\frac{50}{72} \right) + 0.008TL$$

ここで Q_{ai}' は t における現集合処理区域と接続対象家屋を含めた日平均汚水量を示す。 T は接続する家屋の存続する年数を示している。1戸を接続しない場合は、左辺第3、4項にその家屋の個別処理費があるのに対し、接続する場合には、右辺第1項の処理施設建設費に1戸分の日最大汚水量が加わるとともに、第3項、4項に接

続するための管渠の建設費と維持管理費が現れている。

集合処理区域の人口減少を考えない場合と、初期人口に対して年間1%ずつ一定数が減少すると考えた場合、接続対象家屋の存続する年数を10年、30年、50年とした場合についての計算結果を表-1に示す。ここでは日最大汚水量が300m³以上を考えているので、処理場の建設費と維持管理費についてはつぎのような費用関数を用いている⁵⁾。

$$\begin{aligned} 300 \leq Q_d < 1200 \quad C_{li} &= 23.090Q_d + 14598 \\ 1400 \leq Q_d < 10000 \quad C_{li} &= 32.775Q_d + 85431 \\ 300 \leq Q_d < 1200 \quad C_{lm} &= 2110.7(Q_d/1000)^{0.4692} \\ 1400 \leq Q_d < 10000 \quad C_{lm} &= 3083.9(Q_d/1000)^{0.6172} \end{aligned}$$

費用関数の関係から、表-1では集合処理区域の初期日最大汚水量が2000m³の場合に、一部計算が行えなかったところがある。また50年以降の残存価値を考慮した計算となっている。これはマニュアルの結果との比較を行うためである。集合地区の人口減少が無いとし、対象家屋の残存年数を50年とした場合が、人口の減少を考慮しないマニュアルの場合に相当する。対象家屋が存続して残存する年数が、接続する家屋間限界距離に大きく影響を及ぼしている。一方、対象家屋の1戸を無視できるほど集合処理区域の家屋数が多いので、集合処理区域の人口減少はそれほど大きな影響は及ぼしていない。

表-1 集合処理区域に1戸を接続する家屋間限界距離

初期日最大 汚水量(m ³ /d)	集合地区の人口減少無し			集合地区の年人口減少率1%		
	対象家屋の残存年数			対象家屋の残存年数		
	10年	30年	50年	10年	30年	50年
500	21	55	73	21	55	73
1000	22	57	76	22	57	75
2000	19	53	71	19		
3000	19	54	72	19	53	71
4000	19	54	73	19	54	72
5000	19	55	74	19	54	73
6000	19	55	74	19	55	73
7000	19	55	74	19	55	74
8000	20	56	75	19	55	74
9000	20	56	75	20	55	74

(家屋間距離の単位はm)

現実的には、既整備地区に対して隣接家屋を取り込むことを検討する場合、すでに処理場が供用されており、処理場建設費や耐用年数を、未整備の状態から考えるのは不自然である。しかしここでは、従来の家屋間距離の検討方法に従い、そこに人口減少を考慮した場合の検討を行うことにしており、この問題については触れない。

4. 事例研究による検討

(1) 検討対象地区

ここで提案した方法を用いて具体的な検討を行ってみる。図-3はY市の汚水処理計画区域を示している。図中の黒く塗られているところはすでに下水道が整備されている地区である。未整備の地区について、家屋間距離が60m以内の家屋による暫定集合処理区域として線引きを行った結果、図中に実線で囲んで示される48区域が設定された。これらの区域は人口が数十人から最大で700人程度の規模である。これらについてマニュアルによる方法で、各区域内の家屋数をもとに、新たに処理場と管渠を建設して集合処理とした場合と、個別処理との費用比較を行った結果、図中に大文字アルファベットで示すA～Kの11区域において、集合処理の方が経済的であると判定された。これらの地区について、人口減少を考慮した場合を検討してみる。

なお小規模の汚水処理事業地域においては、整備が遅れたためにすでに浄化槽を使用していたり、利用期間の短い高齢者等が増加しているなどの理由で、集合処理の整備が完成しても、それに接続して使用する世帯の割合が高くはないという問題も顕在化している⁶⁾。著者は世帯特性と下水道利用との関係については別途検討している⁷⁾。ここでは接続率は100%として、全ての世帯から汚水が流入するものとする。

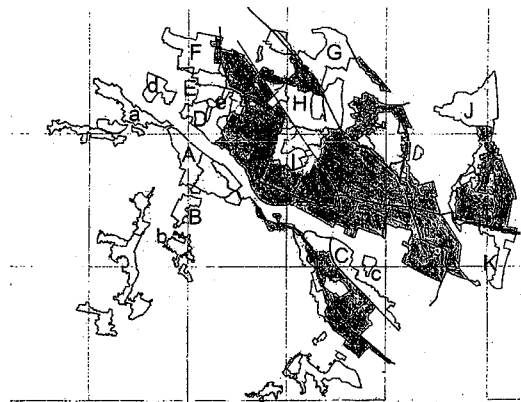


図-3 事例で取り上げた整備区域

(2) 将来人口の設定

国立社会保障・人口問題研究所によるY市の2030年までの人口推定結果⁸⁾を、2005年人口に対する割合で示したものが、図-4中のプロットである。推定は5年間隔であるため、図中の実線のように内挿して各年の指数値を求めた。検討対象のいずれの地区もこの割合で人口が推移するものとした。

費用の検討期間が50年間であるために、2031年以降に

については、2025年から2030年までの傾向がそのまま続いて減少すると仮定した。その結果2054年の値は0.804となった。全国的には2030年までよりもそれ以降の方が人口減少は加速すると予想されている⁹⁾。実際に、平成18年12月の発表では、2005年に対する2055年の人口は高位推定で76.5%、中位、低位推定でそれぞれ70.3%、65.8%と推定されている。このことより、本研究における仮定は将来の人口をやや過大に見積もっていると考えられる。

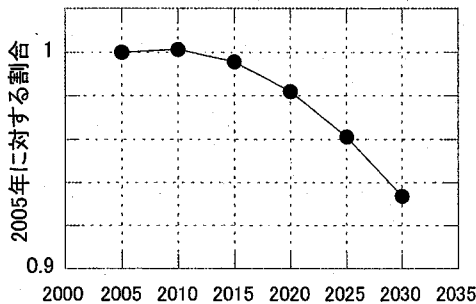


図-4 検討対象とした市の将来人口指数

(3) 処理方法判定の計算結果

計算に用いた費用関数や各パラメータの値は前節までと同じものであるが、1戸あたりの人数は実績を用いて2.82人とし、将来も変化しないとした。

A地区は人口が536人で、集合処理を行う場合は自然流下で管路延長は5880mとなる。人口が変化しないと考えた場合は、50年経過して51年以降（2055年以降）の残存価値を考慮した場合には（2054年までの償却分で考える場合には）、集合処理を行った場合の総額が8億2279万円、個別処理を行った場合が9億4196万円となり、既述のように集合処理が有利と判定される。しかし51年以降の残存価値を無視すると集合処理は9億5754万円、個別処理は9億4196万円となり、わずかながら個別処理の方が安くなる。人口減少を考えた場合は、51年以降の残存価値を考慮すると集合処理8億1265万円、個別処理8億8555万円となり、人口を一定と考えた場合と同様に集合処理が有利であるが、集合処理と個別処理の費用の比は人口一定のときの0.87から、0.92へと両者の差異が小さくなっている。51年以降の残存価値を無視すると、集合処理は9億4740万円、個別処理は8億9764万円、費用比は1.06となり、個別処理が顕著に有利になる。

11地区における集合処理と個別処理の費用を比較した結果を、人口を一定とした場合を図-5に、人口減少を考えた場合を図-6に示す。図-5の51年以降の残存価値を考慮した場合が、マニュアルの手法と同じ場合であり、既述の通り全て比率が1以下になっており、集合

処理が経済的であると判定されている。人口が一定の場合でも51年以降の残存価値を無視すると比率が1以上となる地区も現れるが、人口一定を仮定する限りこのケースを考える必要はない。

人口減少を考慮した場合、残存価値を考慮してもE、G、H地区において、わずかではあるが個別処理の方が経済的になる。残存価値を無視するとさらにA、B、D、F、J地区が加わり、8地区において個別処理の方が経済的であると判定される。

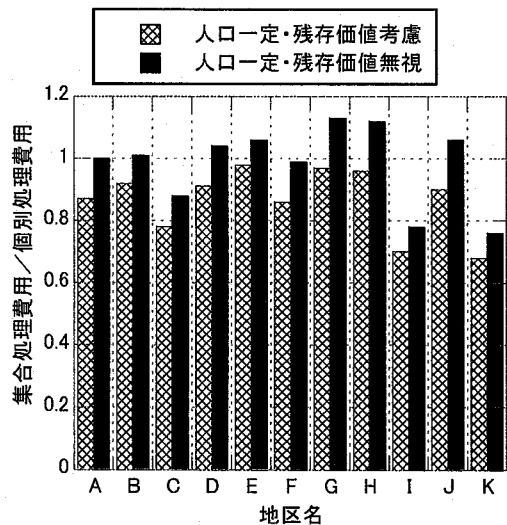


図-5 集合処理と個別処理の費用比較（人口一定と仮定）

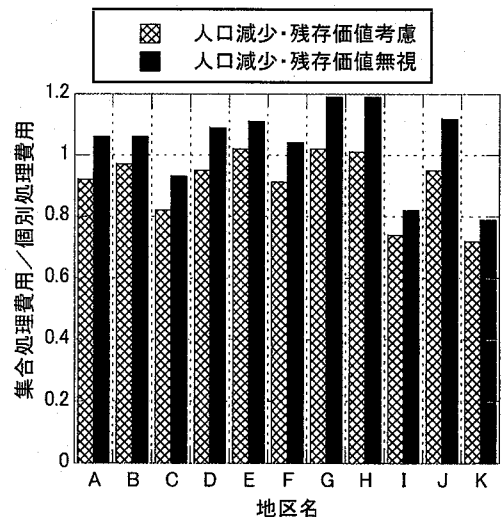


図-6 集合処理と個別処理の費用比較（人口減少を考慮）

(4) 個別処理と判定された区域の集合処理区域への接続についての検討結果

個別処理が経済的であると判定されている区域のなかで、図-3の地図中に小文字で示したa～eの地区を、隣接の集合処理を行うと判定された地区に接続するか、個別処理で行うかを検討する。その組み合わせは、それぞれ対応する大文字と小文字で示されている。この場合も人口の減少を考慮しない場合とする場合を比較する。

個別処理区域を集合処理区域に接続をする場合の費用を計算し、その比を示したものが図-7である。人口を一定とした場合は51年以降の残存価値を考慮することが適切であり、人口減少を考慮した場合にはむしろ考慮しない方が適切であると考えられるので、ここではその2通りによる比較を行っている。

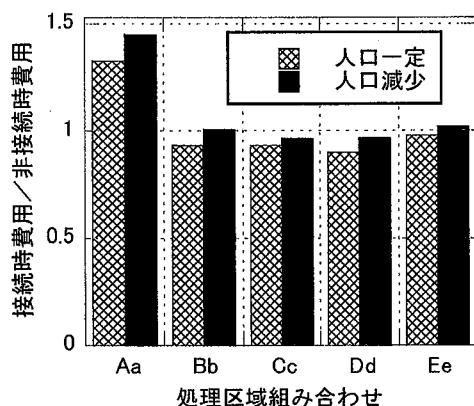


図-7 個別処理区の集合処理区への接続費用比較

マニュアルの手法（人口一定とする）ではA地区とa地区の接続のみが経済的ではなく、あとの地区は接続す

る方が経済的であると判定される。しかし人口減少を考慮した場合には、Cとc地区、Dとd地区のみが接続の方が有利となり、Bとb地区、Eとe地区では結果が逆転した。

(5) 費用負担から見た検討

(3)における検討は総額を基本にした検討であったが、地方自治体においては国庫補助率や地方交付税交付金等現実的な問題もある。総額とともに、地方団体、受益者の立場も含めた検討を行ってみる。

集合処理の場合、処理場については55%が国庫補助、残りの90%（全体の40.5%）が地方債、10%（全体の4.5%）が受益者負担、管渠施設については50%が国庫補助、残りの90%（全体の45%）が地方債、10%（全体の5%）が受益者負担とされている。地方債の元利償還金の45%が地方交付税措置されている¹⁰。

個別処理の場合には、浄化槽市町村整備推進事業¹⁰で整備を行った場合、浄化槽設置費の1/3が国庫補助、17/30が地方債、1/10が受益者負担となっている。また地方債元利償還金の1/2が地方交付税措置されている。

図6において集合処理の総額と個別処理の総額との比が最も大きかったG地区と、最も小さかったK地区について、50年間の総額の費用負担の内訳を示したものが、表-2である。

個別処理が有利と判断されたG地区の場合、総額においては集合処理は10億116万円、個別処理は8億4018万円と1.19倍の違いであるが、建設費が7億2861万円と3億458万円と2.39倍、そのうち地方が負担する地方債の元金では1億7490万円と8630万円と、2.03倍の違いとなっている。もし受益者負担分や、維持管理費を全て受益者から徴収することができれば、地方自治体に

表-2 費用負担の内訳（50年間の総額）

		建設費総額							維持管理 費総額	総 額
		国の負担			地方の負担			建設費総 額		
		国庫補助	地方債(交付税措置)	計	地方債	受益者負担	計			
G地区	集合処理	37527	14310	51837	17490	3533	21023	72861	27256	100116
	個別処理	10153	8630	18783	8630	3046	11676	30458	53560	84018
K地区	集合処理	30917	11440	42357	13983	2825	16807	59164	30111	89275
	個別処理	13586	11548	25135	11548	4076	15624	40759	71598	112357

(単位：万円)

表-3 費用負担の内訳（第1期25年間）

		建設費(1期25年)							維持管理費 (1期25年)	総 額 (1期25年)
		国の負担			地方の負担			建設費総額		
		国庫補助	地方債(交付税措置)	計	地方債	受益者負担	計			
G地区	集合処理	33506	12977	46483	15861	3204	19066	65549	14006	79555
	個別処理	5269	4478	9747	4478	1581	6059	15806	28418	44224
K地区	集合処理	26024	9819	35842	12001	2424	14425	50268	15492	65760
	個別処理	7045	5988	13033	5988	2113	8102	21134	37993	59127

(単位：万円)

としては、個別処理を選択すると、負担は総額で考えた場合の集合処理に対する割合である 84%よりずっと少ない半分で済むことになる。

G 地区において建設費の地方負担と維持管理費を加えると、集合処理では約 4 億 8 千万円、個別処理では 6 億 5 千万円となる。これを地方負担分と考える場合には、総額では個別処理が有利ではあっても地方負担では集合処理が有利となる。結果として地方にとっては集合処理が選択されることになり、財政制度が集合処理を優遇しているという指摘もある¹²⁾。

集合処理が有利と判断された K 地区においても、建設費の総額は個別処理の方が少ない。国庫補助金、交付税措置を加えた国の負担、および地方債の地方負担分などは、個別処理の方が少ない。しかし、受益者の負担は集合処理の方が 2825 万円と、個別処理の 4076 万円に比べて、69%と少ない。これは個別処理では浄化槽設置費の 10%を負担するのに対し、集合処理では建設費の 4.5~5%ですむためである。維持管理費も集合処理が個別処理の 42%（7 億 1598 万円に対して 3 億 111 万円）である。すなわち集合処理は国の負担と地方自治体の負担は大きい、受益者の負担が小さくなっている。

当面の費用が事業実施者にとってはより関心があると思われるので、集合処理の機械電気設備の耐用年である最初の 25 年（第 1 期）について、費用の内訳を計算したものが表-3 である。G 地区、K 地区ともに総額において個別処理が有利になっている。これは 50 年間使用する集合処理の処理場の、土木建築設備の投資が大きいためである。国、地方、受益者負担ともに個別処理が少ないが、維持管理費は個別処理が高い。

集合処理の場合の維持管理費を 1 人当たりで表して、その変化を示したものが図-8 である。人口に対する管渠延長が短い K 地区の方が少なくなっている。人口が減少するとともに 1 人当たり維持管理費は増加している。個別処理を行った場合の 1 人当たりの維持管理費は年間 2.3 万円であり、集合処理の約 2 倍を超える。もし維持管理費のみを受益者に求めるならば、個別処理は利用者には明らかに不利になる。

一般会計からの負担と受益者による料金の負担の、負担割合はそれぞれの自治体の状況により異なってくると思われる。そこで地方の負担を総括的に考えるために、地方債の地方における元利償還分も考慮して、維持管理費と合わせ、年間の地方負担分を 1 人当たりで表したものが図-9 である。ここでは第 1 期のみを考えている。償還は利率を 2.5%、5 年据え置き、30 年償還で、元金均等償還とした。個別処理については両地区とも同じ値になる。元金据え置き期間は維持管理費の少ない集合処理がいずれの地区においても安価である。元金の返済が

始まると 1 人 1 年当たりの費用は増加する。増加の割合は集合処理の方が個別処理より大きく、G 地区においては集合処理が個別処理を上回るようになる。

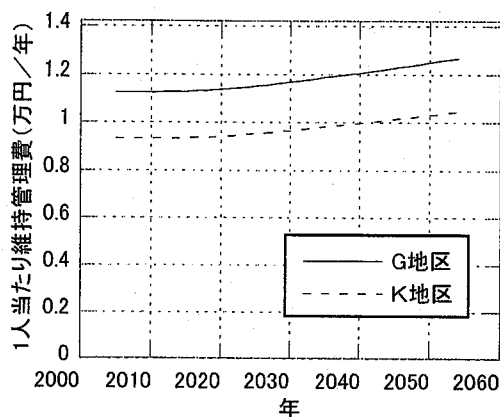


図-8 1人当たりの維持管理費

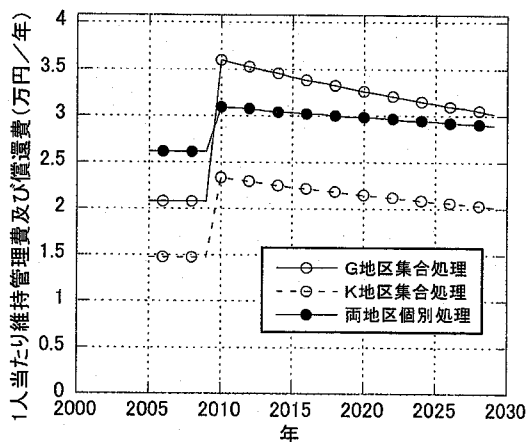


図-9 1人当たりの地方負担額

5. あとがき

本研究においては、集合処理か個別処理かの污水处理法選択に、人口減少の影響を考慮する方法を提案した。すなわち従来の 1 年当たりの費用ではなく、50 年間における総費用をもとに検討することが妥当であることを示した。さらに総額だけではなく、地方において事業を実施する場合の現実的な面から、国庫補助や地方交付税措置なども考慮した経済性の検討を行った。

国庫補助のあり方、地方交付税のあり方については現在議論が進められており、今後変わっていくものと考えられ、本研究で得られた具体的な内容についてもそれに

応じた修正が必要になる。国の財政の立て直し、地方分権とともに人口減少が進む社会にあって、事業実施のあり方は、広範な方面からの検討が行われるようになるべきであり、本研究においては、その一つの検討方法とその事例を示すことができたと考えられる。

なお本文中でも触れたが、このような長期にわたる費用を考える場合に、将来費用を現在価値に割引いて考えるのが通常である。この場合の社会的割引率をどのように設定するかは、わが国の社会経済状況がこれまで経験をしたことのない大きな変化が予想される状況において、極めて重要な課題である。人口減少、高齢化社会の社会基盤整備を考えていく上での今後の課題である。

参考文献

- 1) 浮田正夫・中西弘・関根雅彦・城田久岳：低密度地域の生活排水処理方式の選択に関する考察，環境システム研究，Vol. 20，1992.
- 2) 柴田貴昭・細井由彦・城戸由能・木村晃：経済性から見た小規模地域における生活排水処理施設の整備計画手法に関する研究，環境工学研究論文集，第 34 巻，pp. 167-177，1997.
- 3) 柴田貴昭・城戸由能・細井由彦・木村晃：費用および負荷削減効果から見た効率的な小規模生活排水処理事業の評価に関する一考察，下水道協会論文集，第 35 巻，No. 430，pp. 159-171，1998.
- 4) 荒谷裕介・平出亮輔・南山瑞彦・中島英一郎：LCA 手法を用いた汚水処理システムの評価，土木技術資料，47-2，pp. 22-27，2005.
- 5) (社) 日本下水道協会：効率的な汚水処理施設整備のための都道府県構想策定マニュアル（案），2001.
- 6) (社) 日本下水道協会：日本の下水道，平成 17 年版，2005.
- 7) 細井由彦・灘英樹・増田貴則：人口減少高齢化地域における下水道整備後の家計の接続行動に関する研究，環境システム研究論文集，35 巻（印刷中）.
- 8) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の市区町村別将来推計人口ー平成 15 (2003) 年 12 月推計ー
- 9) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口ー平成 18 (2006) 年 12 月推計ー
- 10) 下水道事業経営研究会：下水道経営ハンドブック，ぎょうせい，2006.
- 11) (社) 全国浄化槽団体連合会：「浄化槽市町村整備推進事業」パンフレット.
- 12) 越智浩一郎・戸田常一：わが国の中山間地域における下水道事業に関する研究ー広島県太田川上流域における実証分析をふまえてー，広島大学マネジメント研究，3，pp. 17-33，2003.

(2007.5.25受付)

Choice Method of Wastewater Treatment System Considering Population Decrease

Yoshihiko HOSOI¹ and Susumu UWAJI²

¹Dept. of Social Systems Engineering, Tottori University

²Sansui Consultants Co., Ltd.

When wastewater treatment system in rural area is decided, two systems which are sewer system and septic tank system are compared according to cost. Though the effect of population decrease is not considered in the previous method, it becomes one of the important factors for public projects.

New method to choose wastewater treatment system was examined considering population decrease. The previous method was revised to consider population decrease. Case studies were carried out on the basis of the new method. There are areas that the septic tank system is chosen even when sewer system is less expensive not considering population decrease. From the point of local government and users, those systems were compared from public subsidy and local bond.