

人口減少を考慮した污水处理方式の検討

鳥取大学工学部

正会員 細井由彦

㈱三水コンサルタント

正会員 〇上地 進

1. まえがき

污水处理システムの整備手法として、管路により污水を集める集中処理を採用するか、合併式浄化槽を各戸に整備する個別処理を採用するかは、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。このような地域は人口密度が低いだけでなく、人口の減少も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。そこで、「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)」((社)日本下水道協会(2001)) (以下「マニュアル」と記す)に示されている、集合処理と個別処理の判定を行う家屋間距離の考え方に、人口の減少を考慮した污水处理施設整備の方法の検討手法を検討する。

2. 人口減少を考慮した污水处理の選択

これまでに行われているように、初期建設費と維持管理費より1年当たりの費用を求めて、集合処理と個別処理を比較する方法では、人口の減少を考慮することはできない。そこでここでは集合処理の処理施設の土木建築構造物の耐用年数である50年を検討の期間と考える。

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。検討期間 T (ここでは50年)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。

$$TC_1 = C_{1i}(Q_d^*) + C_{Li}(L_i^*) + \sum_{t=1}^T \{C_{1m}(Q_a) + C_{Lm}(L_i^*)\} \quad (1) \quad TC_2 = C_{2i}(x_1^*) + \sum_{t=1}^{T-1} C_{2m}(x_t) + C_{2i}(x_{T+1}^*) + \sum_{t=T+1}^T C_{2m}(x_t) \quad (2)$$

ここで $C_{1i}(Q_d^*)$ は、計画1日最大汚水量 Q_d^* の関数として表される処理施設建設費、 $C_{Li}(L_i^*)$ は、計画管渠延長 L_i^* の関数で表される管渠建設費、 $C_{1m}(Q_a)$, $C_{Lm}(L_i^*)$ は、それぞれ1日平均汚水量 Q_a の関数として表される毎年の施設維持管理費と、管渠の維持管理費である。 $C_{2i}(x_1^*)$ は初期の浄化槽整備世帯数 x_1^* の関数で表される浄化槽整備費、 $C_{2m}(x_t)$ は年度 t における世帯数 x_t の関数として表される浄化槽の維持管理費、 T は浄化槽の耐用年数である。ここで浄化槽設置世帯は初期($t=1$ および $T+1$)に設置した世帯以外には増加せず、減少するのみとしている。マニュアルと同様に、 $C_{1i}(Q_d^*)$ 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、管渠72年、浄化槽26年とする。

3. 処理方法選択のための家屋間距離

マニュアルで示されている費用関数等(表1に示す)を用いて、集合処理を選択する限界家屋間距離を種々の人口減少率を仮定して求めたものが図1である。図中の人口減少率は初期の人口に対する毎年の減少率を示している。初期の家屋数が100戸の場合、年間人口減少率が0.5%, 1.0%, 1.5%に対して、限界家屋間距離はそれぞれ1416m, 943m, 498mとなっている。人口減少がない場合は1905mとなっており、マニュアルで示される値2534mとはかなりの差が出ている。これは、マニュアルでは定常状態を考えているために、ここで考慮した50年の計算期間の後、耐用年数が72年としている管渠と、耐用年数が26年の浄化槽の2基目の価値が残るが、本手法ではこれを無視していることによる。

表1 費用関数およびパラメータ値

C_{1i} (万円) $=493 \times Q_d(m^3/d)^{0.676}$ ($Q_d < 300$)	
C_{1m} (万円/m) $=47.8 \times Q_a(m^3/d)^{0.501}$ ($Q_a < 300$)	
C_{Li} (万円) $=7.5 \times L(m)$	C_{Lm} (万円) $=0.08 \times L(m)$
C_{2i} (万円/基) $=88.8$	C_{2m} (万円/基) $=6.5$
1世帯3人, 1人1日最大汚水量 $0.300m^3$	
1人1日平均汚水量 $0.225m^3$	

そこでこれらの残存価値も考慮に入れて計算をした結果が図2である。この場合、初期家屋数100戸、年間人口減少率0%に対して、限界家屋間距離は2562mとなり、マニュアルとほぼ近い値となった。すなわち、残存価値を考慮することにより、集合処理が有利となる家屋間距離が長くなる。

この場合に、集合処理を選択した場合には、50年後に処理場が耐用年数に達したときに、管渠がまだ使用可能であるため、再度集合処理を選択することになる。もし50年経過以後は個別処理に切り替えるとするならば、まだ使用可能な管渠は放棄することになる。すなわち、50年しか使用しないにもかかわらず、耐用年数がその約1.4倍の管渠を使用することになる。このような、放棄する管渠の残存価値を考慮して限界家屋間距離を計算した場合は、家屋数100戸の場合の限界家屋間距離は、人口減少率0%、0.5%、1.0%、1.5%に対して、それぞれ1819m、1340m、879m、446mとなる。最初から浄化槽を選択した場合は、そのままの体制を継続するので、最初に集合処理を選択したときのみ、資産としての管渠を途中で放棄するため、浄化槽、管渠の両者を考慮した図2の場合よりも限界家屋間距離が短くなる。

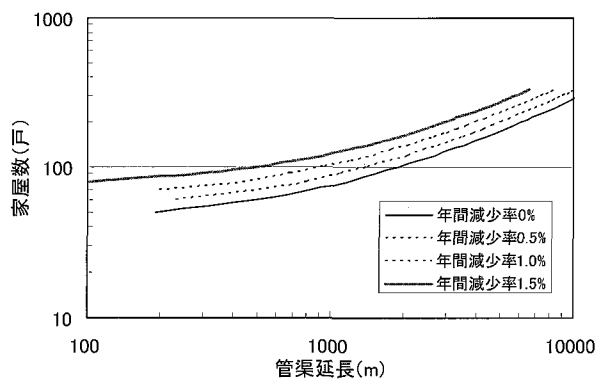


図1 家屋間距離

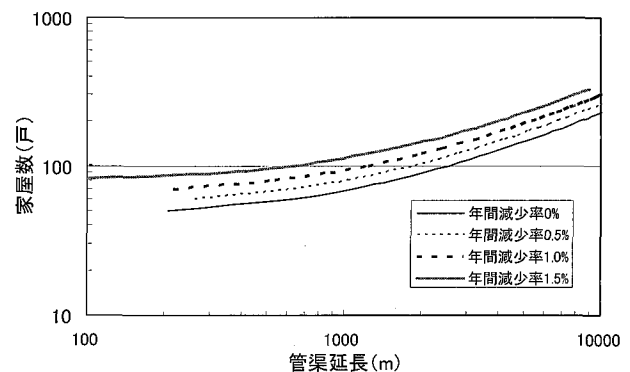


図2 残存価値を考慮した家屋間距離

4. 集合処理区域に1戸を接続する家屋間限界距離

集合処理区域に対して、そこに隣接する家屋1戸を接続するか否かの限界家屋間距離についても、マニュアルに計算法が示されている。これに集合処理区域の人口減少と、検討対象家屋の存続期間を考慮した計算を行ってみる。

表2 集合処理区域に1戸を接続する場合の限界距離

その結果を表2に示す。費用関数については、マニュアル記載のものを使用した。費用関数の関係から一部計算が行えなかったところがある。ここでは、マニュアルの結果と比較できるように、いったん選択した体制が将来にわたって継続するとして、50年以降の残存価値を考慮している。対象家屋は1戸であるため、集合処理区域の汚水量に対して、接続を行った場合の汚水量はほとんど無視できる。したがって、集合処理区域の人口減少は、結果にはあまり影響を及ぼさない。

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

対象家屋の残存年数の違いにより、接続の家屋間限界距離には大きな差がある。これまでの考え方は、対象家屋の残存年数を50年とする場合に相当しているが、残存年数が10年の場合には、限界距離はその約30%に、30年の場合には約75%になる。人口減少高齢化社会では、このような点も考慮する必要があると思われる。

5. あとがき

ここでは現在使用されているマニュアルを対象に、人口減少の影響を加味した考察を展開した。今後ケーススタディによる検討も加える。本研究は、平成18年度浄化槽に関する調査研究助成および科学研究費(基盤研究(C))の補助を受けて行われた。

参考文献 (社)日本下水道協会(2001): 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)