

B-52 過疎地域における 集合型生活排水処理施設の更新

○上地 進¹・細井由彦^{2*}・増田貴則²・赤尾聡史²

¹足立区役所（〒120-8510 足立区中央本町1-17）

²鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻社会経営工学講座（〒680-8552鳥取市湖山町南4）

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

1. はじめに

生活排水処理施設は生活環境及び地域の水環境を守る上で欠かせない施設として計画、建設が行われてきた。

すでに建設後長い期間が過ぎている地域においては、施設の老朽化による更新需要にいかに対応していくかが課題になる。過疎化が進む地域では、個別事情によく配慮した柔軟な方策の検討が求められる。この分野における検討事例はこれまであまり見あたらず、本研究では、集合処理施設が老朽化している過疎地域を取り上げ、その更新方法について、費用と安全の両面から検討を行う。

2. 過疎化が進む集合処理事業の更新策

過疎化が進む地域に整備されている農業集落排水処理施設を考える。施設の更新において、人口減少がいつそう進むことが予想される場合には、現在の集合処理をそのまま維持するのではなく、将来においても効率性が保てるような姿に持続的に移行することを目的に、施設構成の変更も含めた検討が必要であると言えよう。

その方策として処理地区の統合による広域化や、集合処理から個別処理への切り替えなどが有効であると考え、具体的なケーススタディで検討を行う。

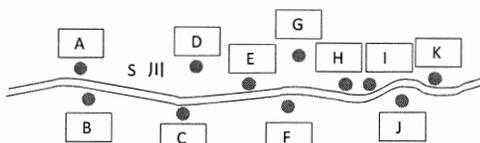


図1 検討対象とした農業集落排水処理事業地区

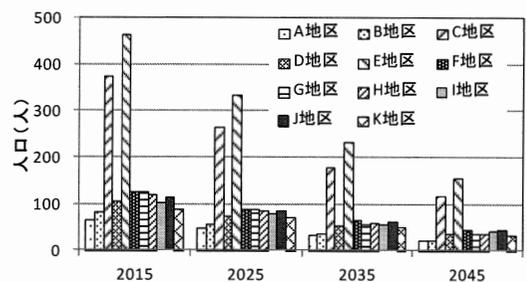


図2 検討対象地区の人口予測

表1 検討した更新対策

CASE	内 容
CASE-1	現在のまま11地区の農業集落排水処理施設を更新して継続
CASE-2	A, B, C地区を1つに, その他を1つに統合し, 処理施設をC地区, K地区におく
CASE-3	全地区を統合し, 処理施設をK地区におく
CASE-4	合併処理浄化槽による個別処理に切り替える
CASE-5	集合処理と個別処理の組み合わせを考える

図1に示されるように、河川に沿って上流のA地区から下流のK地区まで点在する農業集落排水処理11地区の更新について検討する。図2に当該地区の人口予測結果を示す。

表1に示す5つの案について検討を行う。CASE-1は現在の状況そのまま継続、CASE-2では上流に位置するA, B, C地区を1つの処理区域として、残る中下流の地区を1地区とし、CASE-3では全地区を1処理区とする。統合する場合には、連結管を建設して、上流地区の汚水をその地形条件によって自然流下、あるいは不要となった現処理施設を改築した中継ポンプ施設で圧送により順次下流地区へと輸送する。CASE-4では全地区を浄化槽による個別処理に切り替え、CASE-5においては、B, C, D, E地区を統合して集合処理とし、その他を個別処理とする。

3. 費用及び安全性の評価方法

(1) 更新に関わる費用

更新は2010年に実施し、2045年までの費用を考える。CASE-1では機械の耐用年数を7年とし、各処理施設において評価期間中に5回の更新を行う。A, B, D, G, H, J, Kの各地区にはばっき沈砂池を新設する。F, I以外の9地区の土木建築物には、断面修復を1回、耐用年数10年の水槽防食を3回行う。マンホールポンプ（以下MP）も1回更新を行う。管渠は2045年まで利用可能であるとする。なおMPと処理区域内の管渠については、CASE-2, 3, 5についても同じ扱いとする。

CASE-2ではA-B, B-C, D-E, G-H, E-F, F-H, H-I, I-K, J-K間にそれぞれ連結管を建設する。またC及びK処理施設をそれぞれ処理容量を増加させて更新する。

CASE-3では、CASE-2にさらに、C処理施設をポンプ場に改築しEに向け連結管を建設、K処理施設を全地区分を受け入れられるように処理容量を増加させ改築する。

工事費用を表2から表5に示す。処理場を更新する費用は、増築分は実績より作成した式で計算する。計算の結果を表5に示す。MPの設置費は880万円/台とした¹⁾。

浄化槽については設置費は1基当たり83.7万円、躯体と機器設備類との比率は9:1とした¹⁾。耐用年数は躯体が35年、機器設備類は12年とした。

表2 処理施設更新費

	機械更新	ばっき沈砂池	水槽防食	断面修復
A地区	5,048	998	8,042	3,094
B地区	5,194	998	7,157	1,048
C地区	14,446		26,639	7,813
D地区	5,194	998	9,028	3,412
E地区	14,268		27,802	7,489
F地区	2,870			
G地区	5,796	998	10,522	4,055
H地区	6,160	998	9,545	3,691
I地区	2,870			
J地区	6,144	998	7,354	1,841
K地区	5,772	998	8,161	2,991

(単位:千円)

表3 ポンプ場 表4 連結管

地区	建設費 (千円)	区間	延長 (m)	建設費 (千円)
A地区	13,797	A-B	435	18,000
B地区	16,055	B-C	1,350	43,000
C地区	16,076	C-E	960	39,700
E地区	21,116	D-E	710	36,000
F地区	10,385	F-H	1,940	80,200
H地区	18,711	G-H	2,200	90,900
I地区	9,240	H-I	1,050	53,300
J地区	13,566	I-K	460	19,000
		J-K	870	39,890
			730	23,500

表5 処理場の増築・更新費

処理場	増築・更新費 (千円)
C処理場 (CASE-2)	128,489
K処理場 (CASE-2)	255,758
K処理場 (CASE-3)	295,849

(2) 維持管理費用

処理施設の維持管理費として、電気代、水道料金、保守点検費、薬剤費、汚泥処理費、水質検査費、消耗品費、諸経費、職員報酬を考える。このうち電気代、薬剤費、汚泥処理費は処理人数により変化するものとして、過去の実績をもとに式を作成して用いた。MPの維持管理費は1台あたり20万円/年、管渠の維持管理費は57円/m

年、浄化槽の維持管理費は1基あたり6.5万円とした¹⁾。

(3) 安全性評価

下水道施設の地震による被害発生、機能低下については、処理施設までの接続性により評価する。地震発生時に処理区域*i*の管路及びMPが正常に働いて処理区末端まで処理区内全人口の汚水を輸送できる確率を $r_{A,i}$ 、ポンプ場*k*が正常に稼働する確率を $r_{P,k}$ 、連結管*j*が正常に働く確率を $r_{L,j}$ 、処理場が停止しないで処理区域*i*の排水が処理される確率を $r_{T,i}$ 、処理区域*i*の排水が処理施設に輸送されるまでに通過するポンプ場の集合を i_p 、連結管の集合を i_L 、処理区域*i*の人口を n_i とする。

浄化槽を利用する個別処理地区*m*における人口を n_m 、浄化槽が地震後も正常に稼働する確率を $r_{S,m}$ とする。

地震発生後にも処理が行える期待人口*N*はすべての集合処理地区 A_C 、個別処理地区 A_S の処理可能人口を合計してつぎようになる。

$$N = \sum_{i \in A_C} n_i r_{A,i} (\prod_{k \in i_p} r_{P,k} \prod_{j \in i_L} r_{L,j}) r_{T,i} + \sum_{m \in A_S} n_m r_{S,m} \quad (1)$$

本地域で予想される最大の震度は4から5強の間に分布している。処理区内の管路の被害率は、塩ビ管の被害率である震度5弱で1.0%、震度5強で2.3%とした²⁾。

簡便のため処理区域*i*の管路延長 z_i を1本の管とし、その延長に人口 n_i が均等に分布していると仮定すれば、若干の計算により処理区域内の管路信頼度 $r_{A,i}$ はつぎのように表すことができる。

$$r_{A,i} = \{1 - \exp(-b_i z_i)\} \frac{1}{b_i z_i} \quad (2)$$

連結管*j*に関してはつぎの被害予測式³⁾を用る。

$$b_{L,j} = C_p \times C_d \times C_g \times 9.92 \times 10^{-3} \times (v - 15)^{1.14} \quad (3)$$

ここで $b_{L,j}$ は連結管*j*の推定被害率(件/km)、 v は地震動の地表面最大速度(cm/s)、 C_p 、 C_d 、 C_g はそれぞれ、管種、口径、埋設地形に関する補正係数。被害発生数にポアソン分布を仮定し、連結管*j*が被害なく利用できる確率は

$$r_{L,j} = \exp\{-b_{L,j}(v)z_{L,j}\} \quad (4)$$

ここで $z_{L,j}$ は連結管*j*の延長である。

ポンプ場及び処理場については文献⁴⁾における震度6未満の場合の被害率0.001を用いた。浄化槽については兵庫県水質保全センターが兵庫県南部地震の際に調査した小型合併浄化槽の破損率0.3%という数値を用いる。

4. 更新対策の評価

(1) 費用の比較

総費用の計算結果を図3に示す。全処理区域について集合処理を継続するCASE-1からCASE-3において、建設費はCASE-1が最も少ないが、維持管理費が大きいために総

費用としては最大となる。CASE-2、CASE-3においては処理場よりも高い連結管の建設費が加わるために、建設費はCASE-1よりも高くなる。維持管理費は処理場が最も高く、その数が多いCASE-1で高い。このように建設費、維持管理費双方から見て、処理地区を統合して処理場数を減少させる方策は費用の面で妥当であると思われる。

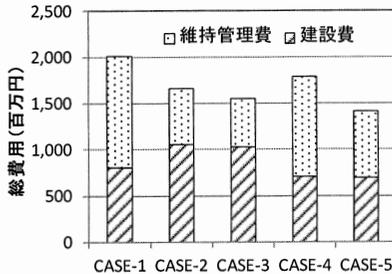


図3 建設費及び維持管理費

CASE-4は、CASE-2、CASE-3より総費用が高くなるがCASE-1よりは低い。CASE-2、CASE-3と比較すると、CASE-4は建設費が少ないが維持管理費が多く、結果として総費用が高くなる。CASE-5はCASE-4と比べ、浄化槽については減少するがそれと同程度の集合処理の費用がかかる。維持管理費は、集合処理の効率性が現れCASE-4より低くなっている。

(2) 地震時の安全性

各処理区域内の管路の地震時の信頼度は想定される震度が5強と対象区域内で最も高いD地区、区域内管路延長が最も長いE地区、2番目に長いC地区などにおいて低い。連結管の信頼度は延長が比較的長く、地震動による最大速度も大きいB-C区間、G-H区間の信頼度がやや低い。

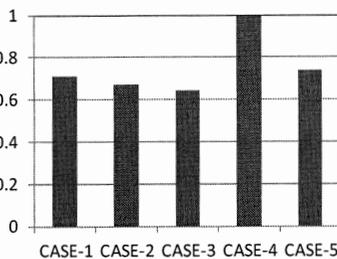


図4 各ケースの地震時信頼度

各地区の処理可能期待人口の合計を全人口で割ったものを、総括的な地震時の信頼度とし、その35年間の平均値を図4に示す。浄化槽を利用するケースの方が信頼度は高くなっている。

(3) 総合評価

総費用と地震時信頼度を図5に示す。CASE-4はCASE-1より、CASE-5はCASE-1、CASE-2、CASE-3より優

れているが、CASE-4とCASE-5はいずれが優位であると言うことはできない。費用と地震対策のいずれを重視するかにより選択が異なってくる。

図5において示されるCASE-4とCASE-5の地震時信頼度の差は、具体的には35年間に1度、想定規模の地震が発生した場合に、平均してCASE-5の方が317人多く生活排水処理施設を使用不能になるリスクを負うということである。これに対し、35年間に3億8千万円の費用負担増になるCASE-4を選択するかどうかという判断である。生活排水処理施設を使用できない場合の影響や応急措置の体制、復旧体制、人口予測や地震発生の不確定性などが決定の考慮材料となるであろう。

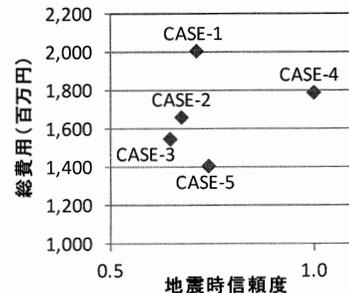


図5 各ケースの評価

5. あとがき

本研究では、集合処理が更新時期をむかえている過疎地域において、今後のさらなる人口減少への対応も考慮した更新方法について検討した。取り上げた事例においては、比較的人口の多い地区を中心に集合処理を統合し、周辺は個別処理に切り替える方法が、費用面から最も有利であるという結果になった。安全面においては、該当地域は想定される地震が最大で震度5強とされており、浄化槽の被害は非常に少ないと予想され、浄化槽を取り入れた政策ほど信頼度が高くなった。

参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：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），2008.
- 2) 大規模地震による下水道被害想定検討委員会：第1回大規模地震による下水道被害想定検討委員会資料，国土交通省，2005.
- 3) (財)水道技術研究センター：地震による水道管路被害予測の手引き，p.3-1，2011.
- 4) 大規模地震による下水道被害想定検討委員会：大規模地震による被害想定手法及び想定結果の活用マニュアル，国土交通省，p.50 2006.