

Ⅶ-4

山間地集落における効率的な生活系汚濁負荷削減対策の検討

(株)エース 正会員 ○田中久志, (株)I・I・シー・エンジニアリング 正会員 柴田貴昭
鳥取大学工学部 正会員 城戸由能, 鳥取大学工学部 正会員 細井由彦

1. はじめに

人間社会活動が集中する都市部における汚濁負荷削減対策として、最も効果が高いのは処理区全面を下水道整備することであるが、地域特性によっては浄化槽のような分散型の処理方法が有効な場合があり得る。本研究では山間地集落を対象とした生活排水処理計画の諸元データに基づき、下水道による集合処理と合併浄化槽による個別処理との整備を単独あるいは併用させた代替案を立案し、その建設および維持管理費用・削減負荷量の算定評価を行った。また、複数の集落形態条件に基づく算定を行うことで集落特性を踏まえた整備代替案の立案・比較検討を行い地域の特性に適合した効率的な生活排水処理システムを費用・効果の両面から検討した。

2. 研究方法

人口規模 1,000 人程度という条件設定のもとで茨城県内の山間地集落を選定した。対象とした集落 A は 10 個の小集落に分散しており、それぞれの小集落の人口密度は比較的高めである。まずこの集落 A の生活系汚濁負荷削減対策について面整備／線整備および単年度予算などの整備条件を設定し、経済性および負荷削減効果の比較検討を行った。評価指標として COD を用い、負荷量原単位や下水処理場および合併浄化槽の除去率については文献より抽出した数値の平均値を用いて算定した¹⁾。特に合併浄化槽についてはその浄化能力のばらつきを考慮するために除去率に幅をもたせた分析を行った。次に、集落数が 1 つで人口密度は比較的低めである同県内の集落 B をについて同等の比較検討を行った。

3. 整備手法の設定

以下の 6 つのパターンの整備条件を設定した。基本的条件として、全域の生活排水処理の達成を 15 年、下水道と合併浄化槽の耐用年数をそれぞれ 30 年と 15 年、評価期間を 30 年とし、特に割引率は考慮していない。資料²⁾から各施設の建設・維持に関する費用関数を選択して費用算定を行った。設定単価 (120 万円 / 基) に従い合併浄化槽を単独で全域に整備した場合には下水道単独整備より総額で 25 % 程度高額になった。

〔整備パターンⅠ〕：単年度予算は、水処理・汚泥処理施設、小集落間の接続管渠（線整備）・区域内管渠（面整備）全域整備のための総額を建設期間 15 年で除したものに固定する。施設の維持管理費用は制約を設けず、施設供用に従って積算した。また下流から上流方向に整備を進行させ小集落と小集落をつなぐ接続管渠を施工した後で上流側の小集落の区域内管渠整備を実施できるものとする。

〔整備パターンⅡ〕：単年度予算の設定や建設期間共に整備パターンⅠと同様であり、基本的に下流から上流へと整備を進めるが、整備パターンⅠとの相違点は全域の線整備を行った後に面整備を実施する点である。

〔整備パターンⅢ〕：単年度予算は、全域合併浄化槽整備に要する浄化槽費用と汚泥処理施設建設費用を建設期間 15 年で除したもので、汚泥処理施設と浄化槽の維持管理費用には制約を設けず施設供用に従って積算した。

〔整備パターンⅣ〕：合併浄化槽のもつ短期施工という利点を活かして、単年度予算を下水道整備（Ⅰ、Ⅱ）と同額に増やして整備し、全域の生活排水処理を 8 年で達成する。施設設置後 15 年の耐用年数を越えたものから順次、同じ単年度予算の設定で更新を進める。

〔整備パターンⅤ〕：下水道整備と合併浄化槽整備を並行して実施する。まず、下水道全域整備を 30 年かけて達成するとして、それに要する施設の総建設費用を 30 年で除したものを単年度予算とする。15 年経過時点での下水道未整備区域についてはその下流側から合併浄化槽を設置し、全域の生活排水処理を 15 年で達成する。設置された浄化槽は 16 年目以降下水道整備の進行に伴い順次解体されるものとする。浄化槽引き抜き汚泥の処理は下水道の汚泥処理と共通の処理施設を利用する。全ての施設の維持管理費用は施設供用に従って積算した。

〔整備パターンⅥ〕：整備パターンⅣと同様に浄化槽の短期施工という利点を活かして、単年度予算を下水道単独整備と同額に増やし全域の下水道・合併浄化槽併用整備を 10 年で達成する。

4. 算定結果および考察

費用および負荷削減効果の算定結果を表1に示す。下水道整備（Ⅰ、Ⅱ）を比較すると整備パターンⅠの方が面整備がより早く行われるため負荷削減効果で有利であるが、下水処理施設の維持管理費がより早く加算される分だけ総費用が高くなる。合併浄化槽整備（Ⅲ、Ⅳ）については整備パターンⅣの方が単年度予算が増加した分、全域整備期間が8年に短縮されるため削減負荷量の面では優れているが、浄化槽および汚泥処理施設の維持管理費用が増加して総費用が10%程高くなる。下水道・合併浄化槽併用整備（Ⅴ、Ⅵ）については整備パターンⅥの方が単年度予算が増加した分、削減負荷量の面では優れている。これは単年度予算が増加して下水道そのものの整備が早まり浄化槽からの転換が早期（19年目）に終了することが大きい。

それぞれの建設予算が各年均一という共通条件を持つ整備パターンⅠとⅢを比較すると、Ⅲは50%負荷削減到達期間において4年の遅れがあり他の面でも劣っている。同様に整備パターンⅡとⅣを比較すると、削減負荷量と50%負荷削減到達期間の面でⅣが優位であるが、単位負荷削減コストでは割高になってしまう。下水道・合併浄化槽併用整備は速やかな負荷削減を目指した整備であるが整備パターンⅤでは必ずしも早期の整備が達成されなかった。総じて、単独にせよ併用にせよ合併浄化槽を導入した場合に全域の生活排水処理達成期間を15年末までに早めて総削減負荷量を増加させることはできるが、単位負荷削減費用の面で下水道より高額となる。

また、集落Bについて同様の算出を行った結果、集落Aとほぼ同様の傾向が見られたが、集落Aの場合と比べて下水道・合併浄化槽併用整備の負荷削減効果は下水道単独整備より比較的高くなった。これは、集落間を結ぶ線整備に予算や時間を費やさずに面整備により早く汚水を取り込むことができるという要因の他に、集落が1つであっても人口密度が粗であれば下水道の面的な整備よりも浄化槽の個別的な整備の方が適しているためと考えられる。

合併浄化槽の除去率の設定を変えた場合の削減負荷量と総費用との関係を図1に示す。浄化槽単独整備は負荷削減の面でも不利であり、併用整備の場合において浄化槽の整備費用を設定より安く見積もっても除去率が低い施設が多く存在すれば総削減負荷量は下水道単独整備より小さくなり、費用効果の面では劣る。

5. まとめ

本研究では、集落Aのように小集落が分散していてもそれぞれの集落の人口密度とりわけ区域内管渠総延長に対する人口の割合が高ければ下水道整備が効率的であるといえる。一方、集落Bのように集落数が1つであっても人口密度が低ければ、合併浄化槽を用いた整備も効果的な場合がある。総じて、合併浄化槽の費用単価や処理性能のばらつきや維持管理の困難さを考慮した上で集中／分散型を併用した処理計画を検討する必要がある。

【参考文献】 1) 城戸他：第48回土木学会中支発表会要集，pp.133-134，1996、 2) 日本下水道協会：流域下水道整備総合計画調査指針と解説，1995、他

表1 生活排水処理施設整備の費用効果算定結果

整備パターンⅠ 下水道 (同時進行) 総費用： 174,203万円	下水道(COD除去率)	(88.5%)			
	総削減負荷量(トン)	198.30			
	負荷削減単価(万円/kg)	0.88			
	50%負荷削減到達期間	24年7ヶ月			
整備パターンⅡ 下水道 (線整備先行) 総費用： 173,067万円	下水道(COD除去率)	(88.5%)			
	総削減負荷量(トン)	185.18			
	負荷削減単価(万円/kg)	0.93			
	50%負荷削減到達期間	26年1ヶ月			
整備パターンⅢ 合併浄化槽 総費用： 217,466万円	合併浄化槽(COD除去率)	(77.6%)	(67.6%)	(88.2%)	浄化槽除去率変更 下限値 上限値
	総削減負荷量(トン)	161.71	140.87	183.80	
	負荷削減単価(万円/kg)	1.34	1.54	1.18	
	50%負荷削減到達期間	28年7ヶ月	—	26年3ヶ月	
整備パターンⅣ 合併浄化槽 単年度予算変更 総費用： 238,675万円	合併浄化槽(COD除去率)	(77.6%)	(67.6%)	(88.2%)	
	総削減負荷量(トン)	199.31	173.63	226.54	
	負荷削減単価(万円/kg)	1.20	1.37	1.05	
	50%負荷削減到達期間	23年9ヶ月	26年7ヶ月	21年5ヶ月	
整備パターンⅤ 下水道 + 合併浄化槽 総費用： 230,887万円	下水道(COD除去率)	(88.5%)	(同左)	(同左)	
	合併浄化槽(COD除去率)	(77.6%)	(67.6%)	(88.2%)	
	総削減負荷量(トン)	176.42	169.86	183.37	
	削減割合：下水道	71.1%	73.9%	68.4%	
整備パターンⅥ 下水道 + 合併浄化槽 単年度予算変更 総費用： 235,642万円	合併浄化槽	28.9%	26.1%	31.6%	
	負荷削減単価(万円/kg)	1.31	1.36	1.26	
	50%負荷削減到達期間	28年1ヶ月	28年10ヶ月	27年4ヶ月	
	25%負荷削減到達期間	19年4ヶ月	19年11ヶ月	18年10ヶ月	
整備パターンⅥ 下水道 + 合併浄化槽 単年度予算変更 総費用： 235,642万円	下水道(COD除去率)	(88.5%)	(同左)	(同左)	
	合併浄化槽(COD除去率)	(77.6%)	(67.6%)	(88.2%)	
	総削減負荷量(トン)	212.30	207.31	217.59	
	削減割合：下水道	81.8%	83.7%	79.8%	
整備パターンⅥ 下水道 + 合併浄化槽 単年度予算変更 総費用： 235,642万円	合併浄化槽	18.2%	16.3%	20.2%	
	負荷削減単価(万円/kg)	1.11	1.14	1.08	
	50%負荷削減到達期間	23年1ヶ月	23年7ヶ月	22年5ヶ月	
	25%負荷削減到達期間	15年6ヶ月	16年1ヶ月	15年0ヶ月	

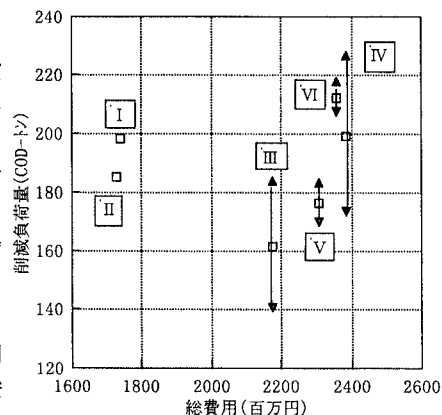


図1 削減負荷量と総費用の関係