

費用・便益による排水処理システムの評価

九州大学工学部 学生員 ○瀧江隆介
同上正員 楠田哲也 森山克美

1.はじめに 公共施設の建設に当たっては、代替技術が存在する場合、費用比較と同時に便益の及ぶ範囲とその達成度の差異を考慮しなければ、適正な技術の選定ができない。特に環境問題が大きな課題である今日、排水処理及び衛生施設のシステム選定においては、従来の機能評価指標である利便性、快適性、安全性などに加えて、経済的に外部化されている項目、例えば処理後においてもなお残留して環境へ放出される汚染物質等も考慮しなければならない。そこで本研究では、排水処理及び衛生施設を汲み取り（し尿は地域し尿処理施設で高度処理(オゾン+活性炭吸着法)されるものと仮定する。）、単独処理浄化槽（以下、単独浄化槽）、合併処理浄化槽（以下、合併浄化槽）、標準的な下水道（以下、下水道）、高度処理(循環法+凝集剤添加)を行なう下水道（以下、高度処理下水道）の5通りに分け、各施設が持つ負の効用を「負の便益」と定義し、従来の便益（「正の便益」と定義する。）や社会的費用¹⁾と合わせて総合的に評価することを目的とする。

2.便益の評価手法とその項目 本研究では正の便益は最低でも費用分存在する、つまり費用が正の便益の最低値であるという考え方をを用いた。ここでは、正の便益として表-1に示すような項目を考えた。この観点から例えば汲み取りから単独浄化槽に変更したとき、両者にかかる費用の差は、変更することによって獲得された「水洗化による快適性」の便益額となる。また、以下の(1)~(3)に示すような負の便益も存在する。(1)前述の例とは逆に、汲み取りのままでは「非水洗化のための不快感」を受ける。つまり、ある便益を獲得できないシステムは負の便益を受けると考える。(2)水洗化により使用水量は増加し、その負担が増える。この費用は「水洗化による使用水量増加の費用負担」（以下、「水量増加費用」）として客観的に算定できる。(3)環境への負荷を社会的費用として算定できる項目がある。本研究では、「高度処理においても除去されない物質が環境に与える社会的費用」（以下、「難分解性COD除去費用」）、「化石燃料の消費が環境に与える社会的費用」（以下、「CO₂除去費用」）の2項目について考える。

表-1：便益とその派生項目

略号	便 益 の 項 目	派 生 項 目
A	公衆衛生の確保	伝染病の予防
B	水洗化による快適性	使用水量の増加 環境問題意識の減退
C	生活排水による汚染 (の防止) (水質面からの環境 保全)	河川等の水質悪化 (の防止) 漁業への悪影響(の防止) 生態系の破壊 (の防止) 悪臭の発生 (の防止) 住環境の悪化 (の防止)
D	下水道管渠による住環境 の改善	快適性の向上 地価の上昇
D'	集中管理による水質基準 値の安定的確保	
E	Nによる汚染 (の防止)	富栄養化 (の防止) 河川等の水質悪化 (の防止)
F	Pによる汚染 (の防止)	

表-2：下水道の処理方式別建設費、維持管理費

処理方式	建設費 (百万円)	維持管理費 (百万円)
標準法	$393(1.25Q)^{0.730} \times 101.9/91.7$	$20.3Q^{0.697} \times 101.9/91.7$
循環法+凝集剤添加	$24.0(1.25Q)^{1.00} + 55.8(1.25Q)^{0.454}$	$12.18Q^{0.440} + 5.27Q^{0.690}$
活性炭吸着法	$110.8(1.25Q)^{0.739}$	$16.90Q^{0.891}$

1)高度処理を行う場合の費用は個々の処理プロセス費用関数を用いて算出した費用の和となる。
2)管渠建設費は別途算出される。 3)汚泥処理は、「重力濃縮+直接脱水」である。
4)日最大処理水量は、日平均処理水量Q(千m³/日)の1.25倍とした。

3.排水処理システムの建設・維持管理費の算定条件 算定には以下の仮定、資料を用いた。本項の記号A~Fは、表-1に示す便益の略号である。(1)汲み取り:1)し尿を処理する地域し尿処理施設の建設費として実施例(用地費含む)を、維持管理費(収集、運搬費含む)には全国のデータ²⁾を利用した。2)地域し尿処理施設はし尿と浄化槽汚泥を合わせて処理していることを考慮した。また1人1日当たりのし尿処理量は1.5[l/人・日]³⁾とした。3)地域し尿処理施設の耐用年数は、電気機械部7年、施設部30年とした。4)し尿中のBOD、COD、N、Pは完全に処理されるとした。5)Aについては、収集、運搬にかかる費用のみで算定した。(2)単独浄化槽、合併浄化槽:1)建設費、維持管理費は浄化槽にかかる費用⁴⁾と地域し尿処理施設のうち浄化槽汚泥にかかる費用の合計で算定した。2)地域し尿処理施設の1人1日当たり浄化槽汚泥処理量は、単独浄化槽0.85[l/人・日]、合併浄化槽1.96[l/人・日]⁵⁾とした。3)浄化槽の耐用年数は20年⁶⁾とした。(3)下水道、高度処理下水道:1)建設費、維持管理費は、施設の処理規模を1,000[m³/日]として費用関数(表-2)⁷⁾を利用した。またシステムが小規模なため、建設費の元利償還費を考慮していない。2)耐用年数は処理場、ポンプ場のうち電気機械部20年、管渠50年⁸⁾とした。3)用いた資料⁹⁾の性格から、求める費用は現在我が国で建設中の下水道の平均的費用であり、人口密度の及ぼす影響は考慮されていない。(4)その他:1)1人1日平均汚水量は250[l/人・日]¹⁰⁾とした。2)浄化槽は、現時点では法定検査の受検率が低く管理が充分とはいえない

い。このため排水処理システムとしての全体的な処理水質レベルが良好でないことを否定できない。そこで合併浄化槽は下水道より処理水の水質が劣ると仮定し、DとD'については等分した。3)「水量増加費用」については、水洗便所での使用水量の割合を9%、水道料金を160[円/m³]として算定した。4)「難分解性COD除去費用」は、活性炭吸着法の導入に必要な費用(表-2)で算定した。5)「CO₂除去費用」は、システム別の消費電力からそれぞれのCO₂発生量を求め、大気へ放出されたCO₂をK₂CO₃水溶液吸収/ストリップング法によって除去・回収するのに要する費用で算定した。

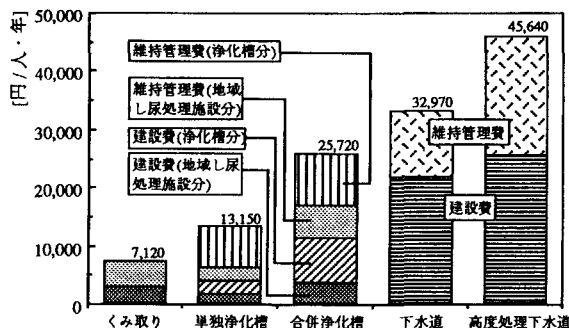


図-1：システム別建設費、維持管理費

4.算定結果及び考察 システム別の建設費、維持管理費の算定結果を図-1に示す。これによると、合併浄化槽は下水道に比べて非常に割安だと言われてきたが、浄化槽汚泥の地域し尿処理施設での処理費を含めた建設費、維持管理費の合計で見るとそれほど差がないことがわかる。また、以上の結果をもとに第2項にしたがって項目別に便益を評価した結果を図-2に示す。これより、以下のことが言える。(1)「公衆衛生の確保」のような基本的な重要な項目の便益額は非常に小さい。(2)快適性を捨てれば負の便益は単独浄化槽より汲み取りの方が小さい。つまり汲み取りの方が環境にやさしいと思われる。(3)本研究では、水道料金は現状の金額で算定している。しかし場合によっては水源の新規開発費用の立場から水道料金の増加分を評価しなければならない。その金額は、現状の最大4倍程度である¹⁰⁾。(4)建設費、維持管理費は、下水道においては表-2に示す費用関数をもとに汚水量単位m³当たりの費用で算定される。一方、浄化槽においてその費用は、住宅の延べ床面積に応じた処理対象人員つまり浄化槽の人槽規模を決めて算定される。そこで1人1日平均汚水量が両システムの建設費、維持管理費に及ぼす影響を求めると図-3が得られる。すなわち、下水道の場合は水量に比例して費用が定まり、浄化槽では一定額のままとなる。また、ある水量以下においては下水道の方が低額となる領域も存在することとなる。実際には、浄化槽がどの水量までなら構造基準に定められた水質を担保できるかが不明なため詳細な議論はできないが、下水道の方が高額となる領域での金額差は両システムの水質差と考えるべきであろう。

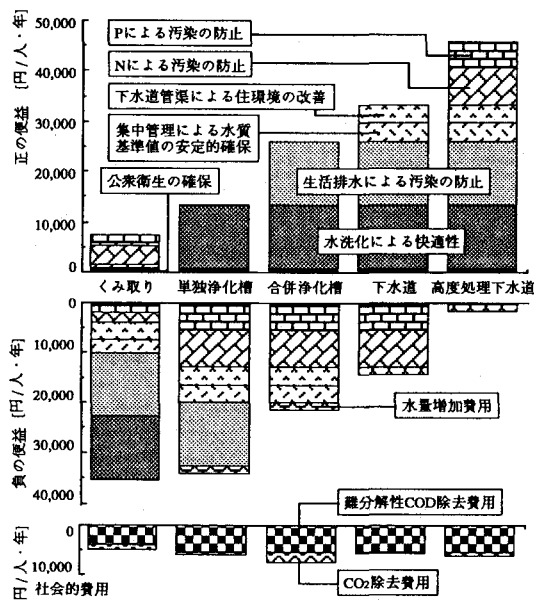


図-2：便益算定の結果

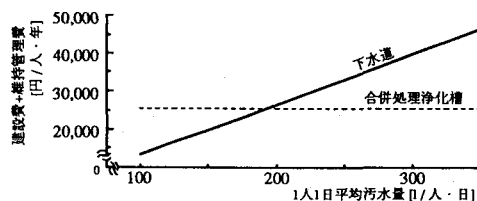


図-3：1人1日平均汚水量が建設、維持管理費に及ぼす影響

5.おわりに 本研究により、排水処理及び衛生施設を総合的に評価するための一手法を提示した。この手法を用いて、実際の処理費用だけでなく便益あるいは社会的費用という項目を考慮することで、より多面的に排水処理及び衛生施設の評価を行うことができると考える。

<参考文献> 1)楠田哲也、森山克美(1992)：下水処理に関わる汚染の社会的費用の評価、環境システム研究、Vol.21 2)全国都市清掃会議(1989)：昭和61年度実績 廃棄物処理事業実態調査統計資料 3)井村正博(1987)：家庭用小型合併処理浄化槽の開発と普及、環境研究、No.66 4)渡辺孝雄(1992)：汚泥の生成量と濃度、月刊浄化槽、No.193 5)地方公営企業法 6)日本下水道協会(1991)：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 7)日本下水道協会(1991)：下水道統計 要覧、第46号の3 8)福岡市水道局(1993)：平成4年度版福岡市水道事業統計年報 9)建設省都市局下水道部(1991)：高度処理の推進に関する調査報告書 10)朝日新聞1994年1月10日号、18面