

環境効果と経済性を考慮した都市排水処理システムの最適化

九州大学 学○馬奈木俊介 正 松本 亨
正 藤倉 良 正 井村秀文

1. はじめに

社会基盤整備の建設に当たり、多数の考慮しうる技術選択肢から適切なシステムを構築する必要がある。新しい技術思想としてゼロエミッション(国連大学)があるように特に途上国は従来の先進国の技術発展パターンに追随することなく脱物質的な新技術パターンに跳躍しなければならない。このため、長期的な持続可能な技術システムのあり方について、日本の排水処理技術を再考することで根本的な問いかけを発する必要がある。

本研究では、ゼロエミッション型の都市構築を目指し、その第一歩として、排水処理システムについて広域・集中型と個別・分散型のどちらが好ましいかという観点から技術の最適化手法の開発を試みた。都市の排水処理インフラについて、その最適技術を選択するためには、システム全体のライフサイクルにおける環境効果と経済性の両面における評価が必要である。そこでLC-CO₂(kg-C/人)、処理水質(BOD, T-N(ppm))、建設時間、水使用制限の制約条件のもと、目的関数として費用の最小化をシンプレックス法により適用した。経済性はシステムの実現可能性の指標として取り扱う。環境効果項目としては、資源枯渇と温暖化の観点からLC-CO₂に着目し、水質環境保全の観点から処理水質に着目する。自浄作用が加味されており水質全般を判定することができる指標としてBODを採用し、閉鎖性水域における富栄養化に関する評価指標としてT-Nを取り扱う。また、水源確保には限界があり、水不足に陥る都市も数多くある水道使用量の制限も取り扱えるようにする。さらに施設完成にかかる時間の影響を組み込む必要がある。

2. 検討対象システム

本研究では、以下に示す5種の排水処理システムについて検討した。公共下水道を広域・集中型、その他の技術を個別・分散型として取り扱う。合併処理浄化槽を2分類したのは電力使用量、水質及び汚泥引抜きの差から維持管理費用に差が生じるためである。し尿・雑排水分離処理はし尿処理に水を使用しないため、公共下水道の普及していない地域で採用されている技術である。ディスポーザーに関しては、直接、下水道に接続するのではなく、個別処理後に河川へ放流するものとする。ディスポーザーは生ごみ処理も含むため他技術と同列に扱うことは出来ないが、今後、廃棄物について同様の研究を行なった後に統合させるものとする。公共下水道は、都市周辺環境の改善、公衆衛生の向上、公共用水域の水質保全を目的とするので、必ずしも個別処理が代替システムになりえないとの議論もある。しかし、これらの外部不経済を引き起こさないという条件は排水処理施設の必要条件であると考え、代替システムとして検討しうるものと扱う。以下に検討の対象としたシステムを列挙する。

(1) 公共下水道

(2) Yろ材型(乳酸菌飲料容器、内容量 65ml)合併処理浄化槽

(3) 合併処理浄化槽

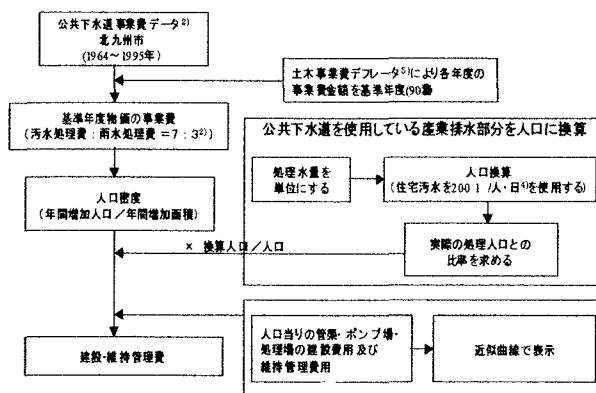


図1. 公共下水道の建設・維持管理費計算フロー

(4)し尿・雑排水分離処理(し尿はコンポスト化、雑排水は沈殿処理)

(5)デイスポージャー導入時に使用される簡易処理装置

3. 分析の前提と手法

本研究では、施設の寿命を 30 年と仮定し、30 年間の総費用を[万円/人]という単位で算定する。自治体による補助金の影響を削除し、受益者負担による選択とした。機械・施設各々の耐用年数は耐用年数 30 年に合致するように調整した。公共下水道の建設・維持管理費の計算フローを図 1 に示す。また、LC-CO₂ の計算は処理場規模ごとの処理場、管渠、ポンプ場に関する値¹⁾より建設・維持管理費と同様に単位人口当たりで表示する。その他のシステムの建設・維持管理費は各関連企業へのヒアリング調査による。この LC-CO₂ については産業連関表から算出された CO₂ 原単位²⁾及び既存の文献³⁾より計算を行なった。ただし、し尿・雑排水分離処理の建設に関わる CO₂ 排出量は同じ個別処理であり、施設の簡易さを考慮して、合併処理浄化槽の 2/3 の排出量と仮定する。また施設完成にかかる時間の影響は、公共下水道は年度毎処理面積より、その他の技術は処理人口よりある設定年度までの処理人口を求めた。

分析結果は目的関数の選択、制約条件の境界値、人口密度・公共下水道処理施設の規模により変化し、条件ごとに評価できる。

4. 結果と考察

一定の制約条件を想定した場合に人口密度によって技術選択と費用が変化する最適化モデルを開発した。これは広域・集中型技術と個別・分散型技術の選択区域分けの手段となりうるものである。図 2 の制約条件のもとで 70 人/ha 以下では Y 型、合併処理浄化槽を選択する。70 人/ha 以上では公共下水道を主に選択するが公共下水道のみでは制約条件値を全ては満たさないために他技術も採用されることを示す。また、経済性を目的関数とした場合、LC-CO₂、水質又は時間それぞれの制約条件の境界条件を変化させることにより経済的に最適な規制ラインが求められる。例えば、LC-CO₂ の制約条件を変動させた場合(図 3)、必要費用が上昇し始める閾値がある。よって、この閾値までは現実的に規制可能であるといえる。また、発展途上国への適用を考える場合、しばしば水量確保が問題となる。水量使用制限を制約条件に組み入れた結果、し尿処理に水を使用しないし尿・雑排水分離処理の割合が大きくなることも確認できた。

参考文献

- 1) 井村秀文、銭谷賢治、中島芳紀、森下兼年、池田秀昭：下水道システムのライフサイクルアセスメント：LCE 及び LC-CO₂ による評価、土木学会論文集、No.552、VII-1、pp.75-84、1996
- 2) 地方公営企業経営研究会：地方公営企業年鑑、財団法人地方財務協会、1963-1996
- 3) (社) 空気調和・衛生工学会：持続可能な社会を支える建築設備のために、1997
- 4) 厚生省生活衛生局水道環境部：浄化槽の維持管理、財団法人日本環境整備教育センター、1997
- 5) 建設省建設経済局：建設統計要覧 平成 7 年度版、(財)建設物価調査会、1995

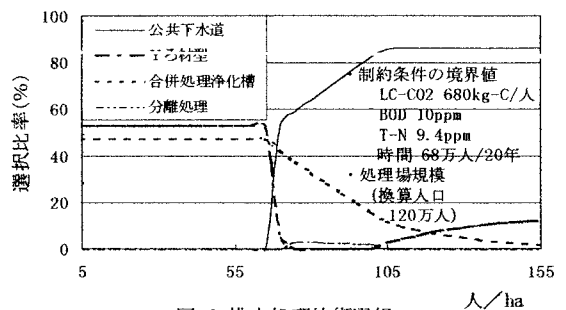


図 2 排水処理技術選択

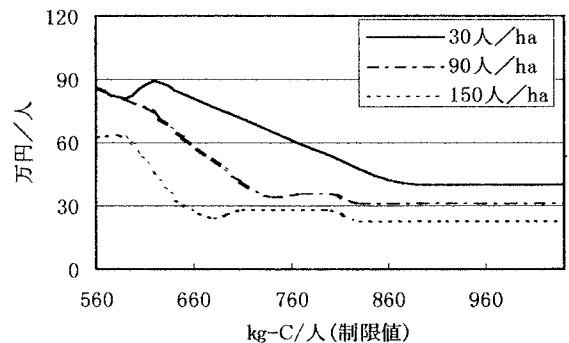


図 3 建設・維持管理費用