

数量化理論第Ⅱ類による小規模下水処理場の維持管理費用効果分析

東京都立大学大学院
東京都立大学大学院
東京都立大学大学院

正 員 稲 員 と よ の
フェロー 小 泉 明
学 生 員 ○伊 勢 智 幸

1. はじめに

大都市での下水道整備はほぼ完了し、中小市町村への普及が行われている。今後の小規模下水道整備にとって、財政基盤が脆弱な地方財政を考えると、下水道財政の健全化は極めて重要な課題である。下水道事業は他の社会資本と比較しても維持管理費の占める比重が大きくなり、また、小規模下水道はスケールメリットが働かず処理原価が割高になるため、より効率的な維持管理を行うことが求められている。

本研究では、下水道統計に記載されている処理人口 1 万人未満の事業体の維持管理データを用いて、数量化理論第Ⅱ類によるモデルの作成を行い、処理費用効果に影響を与えている要因の把握を試みる。

2. 使用データについて

本研究では、平成 9 年度版の下水道統計 CD-ROM より、日本全国の下水処理場の内、処理人口 1 万人未満の単独公共下水道を対象にする。また、処理方式は小規模下水道でよく使用されている標準活性汚泥法、オキシデーションディッチ法、回分式活性汚泥法の 3 方式を対象とする。下水処理事業体の費用効果を表わす指標としては、除去 BOD 当り処理場維持管理費（円/kg）を用い、それらを説明する要因として、各事業体の運転管理指標から表 1 に示す 7 要因、計 261 サンプルを分析に使用した。なお、ここで扱う維持管理費は処理場に関する実費のみとし、管路関係の費用や起債償還費等は含まない。

まず、除去 BOD 当り維持管理費のヒストグラムを作成した（図 1）。500（円/kg）～1000（円/kg）を最頻値とし、左に偏ったばらつきが大きい分布となった。維持管理費用効果が良い事業体がある一方、中央値 744（円/kg）の 3 倍以上もかかっている費用効果の悪い事業体も相当数存在していることが分かる。

表 1 説明要因

変数	説明要因	単位
X 1	流入 COD	mg/l
X 2	BOD-SS 負荷	kgBOD/kgSS・日
X 3	MLSS 濃度	mg/l
X 4	エアレーション時間	hr
X 5	水温	℃
X 6	汚泥処理の有無	—
X 7	処理方式	—

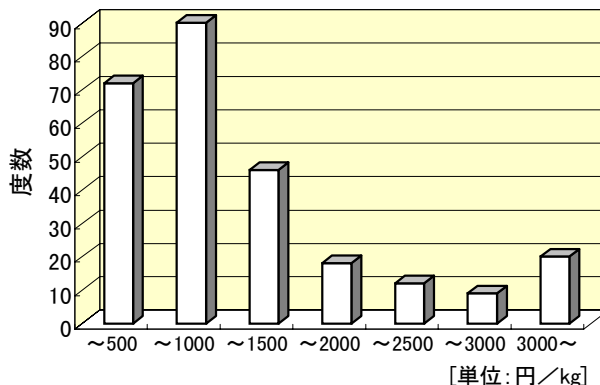


図 1 費用効果のヒストグラム

3. 数量化Ⅱ類によるモデル化

ここでは、定量的な説明要因と定性的な説明要因を同時に扱うため、表 1 に示した X 1～X 5 をカテゴリー化した上で数量化理論を適用する。数量化理論第Ⅱ類による判別モデルを次式に示す。

$$Y_{ia} = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{C_j} a_{jk} \cdot \delta_{ia}(j, k)$$

ただし、 Y_{ia} ：外的基準の推定値（除去 BOD 当り処理場維持管理費）、 R ：総アイテム数、 C_j ：アイテム j のカテゴリー数、 a_{jk} ：カテゴリースコア、 $\delta_{ia}(j, k)$ ：第 i 群の第 α 番目のサンプルがアイテム j のカテゴリー k に反応する場合を 1 とするダミー変数である。また、数量化Ⅱ類は、各群の群内変動に対し、群間変動を相対的に最大化するように a_{jk} を定めるものである。

キーワード：維持管理計画／下水処理システム／費用効果／数量化理論第Ⅱ類／診断モデル

連絡先：〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 東京都立大学工学研究科 TEL.0426-77-2789 FAX.0426-77-2772

まず X1～X5 の度数分布を調べ、各要因の設計基準値も考慮してカテゴリーを設定した後、処理方式と汚泥処理の有無を含む7アイテムを用いて、除去 BOD 当り処理場維持管理費を外的基準とする数量化理論第Ⅱ類モデルを作成した。その際、群を設定する必要があるが、四分位範囲の 25%点以下（65 サンプル）をA群、75%以上（65 サンプル）をB群としている。各群の平均値を表2に示す。説明要因数と判別効率の関係を見るため変数減少法により計算を行ったところ、図2に示すように、変数が4個で判別率的中率が最も高くなり、4要因によるモデルが最適であると判断された。算出されるレンジにより、外的基準に対する各要因の影響度を知ることができるが、表3より、レンジの高い順に BOD-SS 負荷、エアレーション時間、処理方式、流入 COD となっている。

表3内ではカテゴリースコアをグラフ化しており、外的基準に対する影響度を視覚的に把握できる。これによると BOD-SS 負荷は高負荷になるほど費用効果が良く、エアレーション時間は 24～48 時間で良い。また低濃度の流入 COD は費用効果を低下させることが分かる。処理方式では、オキシデーションディッチ法が最も効率的であり、回分式活性汚泥法は費用効果が悪くなっている。回分式活性汚泥法は、施設の維持管理が他の処理方式に比べ簡易なものの、対費用効果という点では非効率的であることを示している。

4. 判別関数による診断

得られた判別関数を全 261 サンプルに適用し、各除去 BOD 当り処理場維持管理費ランクについてどのように判断するかを検討する。A・B 両群の相対的な比率を図3に示す。これを見ると、2000（円/kg）～2500（円/kg）では 100%B 群、すなわち維持管理費用効果が悪いと判断されている。2500（円/kg）以上でA群と判断された4処理場は、供用開始後間もない等の事情により、表3の運転管理指標だけでは説明が難しかったと考えられる。

5. おわりに

本研究では、小規模下水処理場での維持管理データを用い、除去 BOD 当り処理場維持管理費を外的基準とする数量化理論第Ⅱ類モデルを作成した。その結果、各運転管理指標の処理費用効果に対する影響度を定量的に把握可能となり、費用効果の診断モデルを得ることができた。今後は管路関係費用や建設償還費も含めた研究を行い、地域性等も考慮して、より効率的な小規模下水道のあり方を検討したいと考えている。

表2 A・B群の平均値

群	サンプル数	平均値
A群	65	360 円/kg
B群	65	2283 円/kg

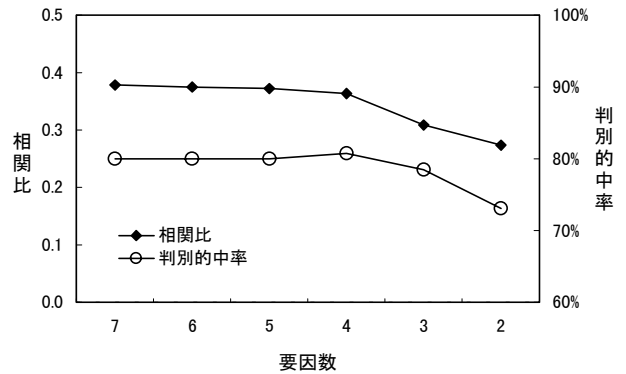


図2 要因数と判別効率の関係

表3 4 要因による費用効果モデル

アイテム	カテゴリー	レンジ	n	カテゴリースコアグラフ	
				(B) 費用効果が悪い	(A) 費用効果が良い
処理方式	1 標準活性汚泥法	0.269	36		
	2 オキシデーションディッチ法		85		
	3 回分式活性汚泥法		9		
BOD-SS負荷 [kgBOD/kgSS・日]	1 ~ 0.05	0.618	70		
	2 0.05 ~ 0.10		28		
	3 0.10 ~ 0.15		9		
	4 0.15 ~ 0.20		8		
	5 0.20 ~		15		
エアレーション時間 [hr.]	1 ~ 12	0.351	41		
	2 12 ~ 24		34		
	3 24 ~ 36		18		
	4 36 ~ 48		11		
	5 48 ~		26		
流入COD [mg/l]	1 ~ 75	0.215	36		
	2 75 ~ 100		29		
	3 100 ~ 125		32		
	4 125 ~ 150		22		
	5 150 ~		11		

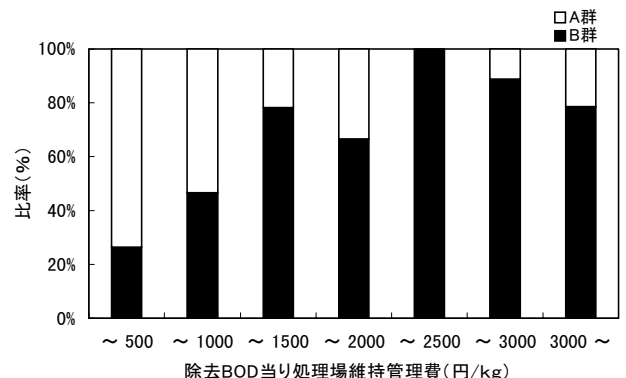


図3 全サンプルにおけるA・B群の比率