

Ⅶ-18

下水道維持管理計画に関する基礎的研究
—数量化理論第Ⅰ類による汚濁除去率のモデル化—

東京都立大学工学部 正員 稲員 とよの

東京都立大学工学部 正員 小泉 明

東京都立大学工学部 学正員○松嶋 菊生

1. はじめに

従来の下水処理は有機物の除去を中心に行われてきたが、近年、湖沼および閉鎖性水域での富栄養化が問題となってきており、その防止対策として、りんや窒素の除去に着目した下水処理を行う処理場も出現している。中でも、りんの除去を目的とした嫌気好気活性汚泥法(以下A O法と呼ぶ)は、汚泥の生物学的特性を利用した処理であり、発生汚泥量が少なく施設の変更が比較的容易なことから注目されてきている。

本研究では、標準活性汚泥法、A O法および曝気槽前段の送気量を低減した擬似A O法による実施設での維持管理データを用いて、数量化理論第Ⅰ類によるモデルの作成を行い、汚濁除去性能に影響を与えている要因の把握と処理方法の変更による下水処理効果の推定を行う。

2. 使用データについて

本分析では、九州から北海道にかけて大都市に位置する処理能力5万トン/日以上処理システム(標準法9、A O法8、擬似A O法8の計25ヶ所)を対象とする。下水処理性能を表わす指標としては、処理システム全体におけるT-P、COD、T-Nの各汚濁除去率を用い、それらを説明する要因として各処理場の平成5・6年度の水質管理年報から表1に示す16要因、計289サンプルを分析に使用した。

まず、各汚濁除去率のヒストグラムを作成した(図1)。T-P除去率では、90%~95%を最頻値として左に長い裾を持つ分布形状となっているのに対し、COD除去率についてはどの処理場でもおおむね高い水準で達成されていることが分かる。T-N除去率ではデータの平均値が低くばらつきも大きく、富栄養化の1因子である窒素の除去については、対象とした3方法による処理性能は必ずしも十分とはいえない。

3. 数量化Ⅰ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為、表1に示したX1~X12をカテゴリー化した上で数量化理論を適用する。基準化された数量化理論第Ⅰ類のモデルを次式に示す。

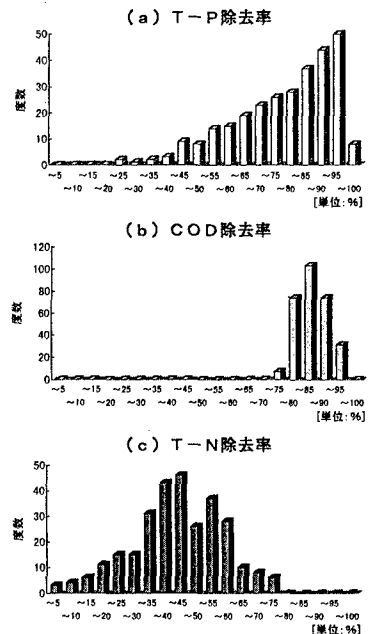
$$Y_i = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{k_j} \delta_i(jk) \cdot x_{jk} + \bar{y}$$

ただし、 Y_i :外的基準の推定値(各汚濁除去率)、 R :総アイテム数、 k_j :アイテム j のカテゴリー数、 $\delta_i(jk)$:サンプル i がアイテム j カテゴリー k に反応する場合を1とするダミー変数、 x_{jk} :カテゴリースコア、

表1 説明要因

《流入特性》	X1 流入SS	X2 流入COD
	X3 流入T-P	X4 流入T-N
	X5 流入pH	
《曝気槽状態》	X6 水温	X7 MLDO
	X8 MLSS	X9 BOD/SS負荷
《運転操作》	X10 曝気時間	X11 汚泥滞留時間
	X12 返送汚泥率	
《気象条件》	X13 降雨状況(※)	
《処理場特性》	X14 処理方法(※)	
	X15 初沈への返送汚泥の有無(※)	
	X16 汚泥処理返送水の有無(※)	

(※) 定性的要因

図1 汚濁除去率のヒストグラム
(全289サンプル)

$\bar{y}$ ：定数項（外的基準 y の平均値）である。

数量データについて各要因の平均と度数分布を参考にカテゴリー化を行い、定性的要因と合わせて16アイテムを用い各汚濁除去率について数量化理論第Ⅰ類による計算を行った。この結果として算出されるレンジにより、外的基準に対する各要因アイテムの影響度を知ることができる。表2に各汚濁除去率モデルにおいてレンジの高い上位5要因を示す。これらの要因にはMLSSのようにどのモデルにおいてもレンジの高い要因と、汚泥処理返送水や汚泥滞留時間のように順位の異なる要因が見受けられた。そこで、共通要因によるシンプルな除去率モデルを得るため、表2内の10要因を代表要因として選択し、最終的なモデルを作成した結果を表3に示す。表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T-P除去モデルでは処理方法のレンジが特に高く処理方法の違いがりの除去性能を大きく左右していると考えられ、曝気時間が長い程りの除去に効果があることが分かる。一方、MLSSは1500～2500(mg/l)においてカテゴリースコアが高く、現行の設計基準値かやや高めがりの除去に効果があると思われる。また、COD除去率モデルでは各カテゴリースコアの値が小さく、全体的に外的基準への影響が小さいことが明らかになった。

4. 施設変更による下水処理効果の推定

数量化理論第Ⅰ類モデル(表3)を用い、標準活性汚泥法のA処理場についてA〇法あるいは擬似A〇法に施設変更した場合の下水処理効果の推定を行う。そのため表4のような3ケースを想定し、モデル化に用いたデータの基本統計量を参考に説明要因の値を設定した。表5の推定結果を見ると、ケース1～3になるに従ってりの除去率は向上しており、COD除去率もそれぞれのケースで現行の除去率と同程度に維持され、窒素の除去においても若干の効果が示された。

5. おわりに

本研究では、下水処理場での定量的な維持管理データと処理方法などの定性的データをもとに数量化理論第Ⅰ類による分析を行った。その結果、各説明要因の汚濁除去率に対する影響度の差異が定量的に把握可能となり、得られたモデルを用いたシミュレーションにより施設変更による処理効果を推定できた。今後、他の高度処理法についても検討する必要があるが、今回提案した分析プロセスは、流入水質や運転方法の異なる下水処理場での処理方法変更計画立案に対し有効な情報を与えるものとする。

表2 各モデルにおけるレンジの高い要因

レンジ の順位	モデル		
	T-P除去率	COD除去率	T-N除去率
1	処理方法	MLSS	流入T-N
2	流入T-P	返送汚泥率	汚泥処理返送水
3	MLSS	流入SS	汚泥滞留時間
4	曝気時間	流入COD	MLSS
5	流入COD	処理方法	流入SS

表3 代表10要因による除去率モデル

No	アイテム	カテゴリー	カテゴリースコアのグラフ		
			T-P除去率	COD除去率	T-N除去率
1	流入SS (mg/l)	1 ~75 2 75~100 3 100~125 4 125~150 5 150~			
2	流入COD (mg/l)	1 ~60 2 60~70 3 70~80 4 80~90 5 90~			
3	流入T-P (mg/l)	1 ~2 2 2~4 3 4~6 4 6~			
4	流入T-N (mg/l)	1 ~20 2 20~30 3 30~40 4 40~			
5	MLSS (mg/l)	1 ~1000 2 1000~1500 3 1500~2000 4 2000~2500 5 2500~			
6	曝気時間 (hr.)	1 ~8 2 8~7 3 7~8 4 8~9 5 9~			
7	汚泥滞留時間 (日)	1 ~3 2 3~4 3 4~5 4 5~			
8	返送汚泥率 (%)	1 40~ 2 40~50 3 50~60 4 60~70 5 70~			
9	処理方法	1 A〇法 2 擬似A〇法 3 標準法			
10	汚泥処理返送水	1 な 2 無し			
			-10 0 10	-10 0 10	-10 0 10
重相関係数			0.674	0.821	0.764
定数項			75.12	83.28	41.62

表4 シミュレーションでの想定ケース

対象	現在、標準活性汚泥法を行っているA処理場
ケース1	擬似A〇法に変更した場合
ケース2	A〇法に変更した場合
ケース3	A〇法に変更および曝気槽の拡張を行った場合

表5 汚濁除去率の推定結果

	T-P除去率	COD除去率	T-N除去率
現行	51.4%	87.1%	51.7%
ケース1	71.3%	86.9%	51.8%
ケース2	79.6%	88.1%	57.4%
ケース3	85.6%	88.0%	59.3%