

(株) 日本水道コンサルタント 正員 加藤 善盛

同上 〃 白根 良一

同上 〃 〇酒井 章

1. はじめに

下水処理場においては、流入側において種々の負荷変動を受けているが、近年処理機能の安定化のために、流入側での流量調整、計装施設の高度化、施設余裕の確保がすすめられている。しかし現実の処理場における機能などのプロセスごとの程度負荷変動に対する弾力性を有しているかについての基礎的検討は不十分である現状であろう。

本報では、処理機能の改善、安定化のための方策を抽出する目的で、

まず負荷量変動に対する弾力性をマクロヒとらえ、

いづれ各流入、運転管理指標の処理機能に対する安定化への影響度を分析したので報告する。

2. 処理場概要

分析対象資料は合流式 A、B の 2 処理場につき過去 10 回行われた通日試験値を対象とした。処理水量規模は A 処理場; $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{日}$, B 処理場; $11.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{日}$ であり、ほぼ同規模である。両処理場の平均運転状況を表-1 に示す。

3. 各プロセス間の弾力性

各プロセス毎の弾力性を次式で定義する。

$$(dY/Y)/(dX/X) = a \quad (1)$$

ニニ Y; 流出側負荷量 (kg/hr) X; 流入側負荷量 (kg/hr) = (水量) × (濃度)

ΔY ; 流出側の変化量 (kg/hr) ΔX ; 流入側の変化量 (kg/hr)

a; 弾力性指数 ($a \geq 1$ のとき非弾力的, $a < 1$ のとき弾力的)

式(1)を積分すると

$$Y = b \times X^a \quad (2)$$

で表わされる。(b は積分定数) a, b および相関係数を表-2 に示す。弾力性指数の値を処理場間で比較すると、初沈については B 処理場、二次処理 (エアレシヨナタンク + 最終沈殿池) では A 処理場の方が弾力性を有している。表-1 に示した運転状況と比較すると、初沈については、A 処理場で水面積負荷、固形物負荷の大きいことと対応させられるが、二次処理プロセスでは、エアレシヨナタンク関係で条件に大きな差がみられないため、終沈の弾力性、とくに水面積負荷あるいは SRT の差が関連しているものと思われる。また流入水 → 初沈流入で a が 1 個ある、A 処理場では、負荷量変動において場内返流水の影響が大きいとされる。総合では、BOD ~ SS とも流入負荷量変動に対し、処理水負荷量変動は、0.6 ~ 0.7 まで影響している。ニニでの分析で得られる内容をまとめると表-3 のようになる。

4. 処理水レベルの変動における関連要因の分析

前節での解析は、弾力性について水量の影響は分離されていない。ニニでは統計的手法を用い流入条件、操作指標、運転管理指標と処理水レベルとの関連を考察した。

表-1

プロセス	設計管理指標	A	B	B/A
初沈	沈沈時間 (hr)	0.727	1.01	1.39
	水面積負荷 (m^3/ha)	94.6	63.1	0.67
	固形物負荷 (kg/ha)	28.6	10.3	0.36
エアレシヨナタンク	エアレシヨナタンク時間 (hr)	4.72	6.19	1.31
	MLSS (mg/l)	2060	1870	0.91
	BOD-SS 負荷 (kg/kg)	0.356	0.366	1.03
	返送率 (%)	26.8	32.3	1.12
終沈	SRT	120	112	0.93
	沈沈時間 (hr)	2.36	2.08	0.88
	水面積負荷 (m^3/ha)	31.7	38.3	1.21
	固形物負荷 (kg/ha)	67.0	69.0	1.03
	SRT	4.94	6.86	1.39

表-2

項目	処理場名	A			B		
		a	b	r	a	b	r
BOD	① 流入水 → 初沈流入	0.423	68.8	0.929	0.713	8.39	0.992
	② 初沈流入 → 初沈流出	1.880	0.001	0.901	0.786	3.54	0.980
	③ 初沈流出 → 処理水	0.723	0.652	0.934	0.978	0.122	0.953
	④ 流入水 → 処理水	0.686	0.804	0.933	0.977	1.806	0.975
SS	① 流入水 → 初沈流入	0.430	99.3	0.843	0.702	9.28	0.992
	② 初沈流入 → 初沈流出	1.045	0.214	0.854	0.902	0.928	0.981
	③ 初沈流出 → 処理水	0.681	1.945	0.923	1.071	0.130	0.969
	④ 流入水 → 処理水	0.414	6.811	0.899	0.685	0.994	0.952

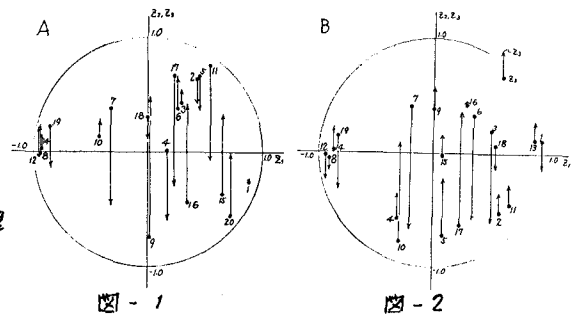
表-3

プロセス	初沈	二次処理	
		エアレシヨナタンク	終沈
A	非弾力的	弾力的	弾力的
	BOD	1.880	0.722
	SS	1.045	0.87
B	弾力的	弾力的	非弾力的
	BOD	0.786	0.978
	SS	0.902	1.071

表-4

1. 流入水量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{日}$)	11 BOD-SS 濃度 (mg/l)
2. 流入 BOD (kg)	12 沈沈時間 (hr)
3. 流入 SS (kg)	13. 水面積負荷 (m^3/ha)
4. 水温 ($^{\circ}\text{C}$)	14. 返送率 (%)
5. 初沈流出 BOD (kg)	15. 初沈流出 SS (kg)
6. 初沈流出 SS (kg)	16. 処理水 BOD (mg/l)
7. 処理水 BOD (mg/l)	17. 処理水 SS (mg/l)
8. 曝気時間 (hr)	18. 曝気量 SS (kg)
9. MLSS (mg/l)	19. 曝気量 BOD (kg)
10. SRT	20. 曝気量 SS (kg)

表-4に示した要因について主成分分析を行った結果が図-1, 2である。両処理場とも、日内で変動の大きい水量因子が第1主成分に現れている。A処理場においては、第2主成分より判断すれば、処理水BODは、BOD-SS負荷、MLSS、終沈固形物負荷との関連が強い。B処理場では、放流水SSと流量の関係がみられ、第2主成分からは、処理水BODレベルは、水温、初沈流出水BOD、SVIと成正の相関をもつことが認められ、初沈流出BODの増加、SVIの上昇が処理水BODの悪化につながっている。このことは処理水BODの季節要因、または、沈殿池機能に影響されていると考えられる。



つぎに表-5に示した要因を、説明変数として、重回帰分析により処理水レベルを表現する経験式を作成した。分析は各ステップで実測値、計算値の差の二乗和を最も減少する1つの変数を順次回帰式に組み込む段階回帰によった。5つの説明変数と導入したときの回帰式(表-6)およびそのときの標準偏回帰係数、重相関係数(表-7)を示す。A処理場のBODについては、BOD-SS負荷との関連(他の要因に比べて大きく、F/M比の変動および、同一試験日のBOD-SS負荷と初沈流出負荷量と比例することから、日内流量変動が処理水BODの変動に影響していると考えられ、F/M比と関連の大きいことは主成分分析結果と一致する。SSについては、初沈流出SS、初沈汚泥引抜き率の標準偏回帰係数の高いこと、さらに表-2より流入負荷量→初沈流出負荷量の弾力性の小さいことより、初沈池の汚泥管理が処理レベルを左右しているものと解釈される。

表-5

1. 流入BOD (mg/l)	13. 送送率 (%) (V)
2. 流入SS (mg/l)	14. 送送汚泥濃度
3. 水温 (°C)	15. 初沈汚泥引抜き率
4. 初沈流出BOD (mg/l)	16. 計算MLSS (g/l)
5. 初沈流出SS (mg/l)	17. SVI
6. 曝気時間 (hr)	18. 曝気固形物負荷 (kg/m³)
7. MLSS (X) (g/l)	19. SVI (B)
8. SVI	20. X/V (1/day)
9. BOD-SS負荷 (kg/kg/h)	21. 15 18 24
10. 終沈滞留時間 (hr)	22. 19 12 4
11. 終沈水面積負荷 (kg/m²/h)	
12. 終沈水面積負荷 (kg/m²/h)	

表-6

目的変数	重回帰式
処理場A 処理水BOD	$1255.5 \cdot (BOD-SS負荷)^{0.892} \cdot (流入SS)^{0.491} \cdot (水温)^{0.001} \cdot (SVI)^{-0.001} \cdot (初沈流出BOD)^{-0.001}$
処理場A 処理水SS	$735 \cdot (初沈流出SS)^{0.823} \cdot (初沈汚泥引抜き率)^{0.043} \cdot (SVI)^{-0.116} \cdot (MLSS)^{-0.001} \cdot (SVI)^{-0.001} \cdot (送送率)^{-0.001}$
処理場B 処理水BOD	$0.12 \cdot (終沈水面積負荷)^{0.640} \cdot (水温)^{0.632} \cdot (初沈流出BOD)^{0.823} \cdot (SVI)^{0.441} \cdot (曝気時間)^{-0.208}$
処理場B 処理水SS	$170.9 \cdot (送送率)^{0.820} \cdot (SVI)^{-0.177} \cdot (初沈流出BOD)^{0.640} \cdot (MLSS)^{0.640} \cdot (終沈滞留時間)^{-0.246}$

表-7

説明変数	A BOD	A SS	B BOD	B SS
流入BOD	-0.208			
水温			0.344	
初沈汚泥引抜き率	0.993			
初沈流出BOD	-0.091		0.187	0.267
SS		0.437		
BOD-SS負荷	1.251			-0.210
MLSS				-0.198
送送率	0.561	-0.158		-0.198
SVI		-0.194		
曝気時間			-0.183	
終沈水面積負荷			0.533	
終沈滞留時間				-0.237
SVI	-0.338	-0.198	0.289	-0.374
重相関係数(R)	0.796	0.551	0.770	0.624
R²	0.633	0.304	0.592	0.409

B処理場ではBOD処理レベルが、終沈水面積負荷、曝気時間等の流量因子との関連が大きく、また水温とも関連がみられることは、季節的な流量変動がA処理場に比べて大きいことと一致する。SSは、日内の流量増大に伴い減少する因子すなわち送送率、終沈滞留時間と関連がみられ、日内の流動変動に伴う処理レベルの変動が大きいものとみられる。これらの結果はB処理場での終沈の弾力性が小さいことと対応付けられる。重回帰分析の結果は、総体的に処理水レベルは流入水質よりも、初沈流出水との関連が認められ、場内返流水の影響は両処理場とも小さくないと理解される。重回帰分析の結果は弾力性指数による検討結果とも対応しているものであった。

両処理場の処理機能と調整池の導入条件と関連付けて検討するとA処理場ではF/M比とも関連する初沈の引抜き率および汚泥処理率を含めた汚泥管理により、初沈における弾力性を計ることを一義的に考える必要がある。B処理場では、日内の変動が大きいこと、終沈が非弾力的という結果から、調整池の十分な処理前段での流量均一化の効果について、二次処理施設の余裕の確保の必要性の検討と並に考えらるべきである。

5. おわりに

弾力性指数による分析、および統計解析手法から、分析対象とした2処理場について、処理水質レベル安定化のために有効と考えられる対策の考察を試みた。調整池導入の効果については、施設余裕をも考慮することを含めた施設設計指標の検討、初沈および2次処理系における汚泥量制御手法の検討と併せてその可能性を考察する必要がある。また汚泥の沈降性と関連する要因を抽出することは、処理水レベル安定化に有効な情報を提供するものと思われる。

一参考文献一 水量水質調整池の設計の適正化に関する調査報告書 日本下水道事業団(1978)、加藤下水処理場運転管理マニュアル(Ⅲ) NSC研究年報 16/5 No2(1977)