

京都大学 正員 平岡 正勝
 〃 学生員 〇 松野 豊
 神戸市 松下 真

1. はじめに

活性汚泥系の状態を細かくみると種々の水質指標が連続的に変化しているのが観察できるが、総合的な立場からみると、活性汚泥の生態系が変化しており、主として季節とともに安定状態の移動があり、移動の途中に遷移的な不安定状態が存在すると考えられる。スウェーデンの olsson は活性汚泥系の状態を操作の必要のない「安定状態」と何らかの操作が必要な「操作状態」の2つにわけ、技術者の経験からいくつかの操作状態を定義し制御する方法を提案した¹⁾。本研究では、水質データからシステムの状態を調べ、状態遷移の兆候があらわれたらただちに次の安定状態に移れるように操作条件を整えてやり、処理の悪化を防ぐという制御方法を考える。これは下水処理においては厳密な制御は必ずしも必要ではなく、状態遷移をうまく制御して安定した水質をつくりだすことの方が実用上重要であると考えられるからである。本研究では以上のような考えに基づき、1. システムの状態の分類 2. 状態遷移に関係の深い制御環境因子の発見 の2つを軸に制御方法に対する一考察を行なう。解析手法として状態分類にクラスター分析、状態遷移に関係する因子の抽出には分散分析を用いた。このうちクラスター分析は、データ間の類似性を一定の算法で計算し、近いもの同士を結びつけて群(クラスター)に分類する手法であり、分散分析は、ある特性値の変動とその原因となる因子の変動に分解して大きな寄与をもつ因子を探ろうとする手法である。解析の対象はK処理場(大阪)で、状態遷移と制御の関係を考察する。

表1 クラスター分析結果(ワード法)

クラスターNo	1	2	3	4	5	6
標本数	66	32	9	23	29	44
平均値						
TOC _{out}	9.2	7.4	14.1	5.8	7.2	7.6
MLSS	1599	2118	1639	1341	1576	2965
標本数						
6	3	1				
7	6		3	1	1	
8	4			6	3	
9	9		1	8	6	
10	17		2	3	4	
11	12	10		4		
12	10	14			1	
1	4	6	1			13
2	1		1		4	18
3		1	1	1	10	13

2. データ解析と結果

2.1 状態の分類と遷移のパターン

K処理場で測定されたデータのうち、SS2 95% ~ SS3 3% の欠損を除いた203データを用いる。この処理場ではほぼ毎日の測定記録があるので日単位の細かい状態遷移が考察できる。クラスター分析は、分類に使う指標によって結果が異なってくるが、本研究では、処理性を表わす因子として、最終沈殿池流出水TOC (TOC_{out}と略)、ばっ気槽の運転状態を表わす因子としてMLSS、汚泥の返送状態を表わす因子として濃縮係数($B = \text{返送汚泥濃度} / \text{MLSS}$)の3指標を用いた。クラスター分析には種々の手法があるが、経験的に良好な分類結果を示すワード法をここでは用いた。この結果を表1に示す。このデータは大きく6つのクラスターに分類できる。各クラスターのTOC_{out}の平均値も示した。TOC_{out}で処理性をみた場合、クラスター4が最も良い状態、クラスター3が最も悪い。活性汚泥の状態はこれら6つのクラスター間を時系列的に遷移しており、この回数の統計が図1である。クラスターの遷移パターンは季節により表2ようになる。この状態分類に基づいてクラスターレベルで分散分析を適用し、クラスター内あるいはクラスター間有意な因子を検出した。因子は図2のように遷移に関係していると考えられる。

2.2 クラスター内で処理性を支配する因子

因子は環境因子(水温、流入関係)と操作、設計、運転状態因子にわ

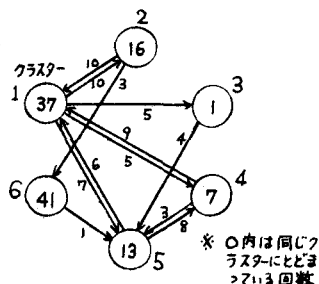


図1 クラスター間の遷移回数

表2 クラスター遷移のパターン

6-10月	クラスター-4 ↔ 5 ↔ 1
11-1月	クラスター-2 ↔ 1
2月	クラスター-6
3月	クラスター-5 ↔ 6

表3 クラスター別の効果因子

	1	2	3	4	5	6
AIR				33**		
MLSS	12*					
AIR x MLSS				18*	24*	
R						
W						
R x W					31**	
TSL		12*				
SA		13*	90**			
TSL x SA						
ATIM					13*	
每5分钟合计	12	31	90	51	68	

※ $A \times B$ は A, B の交互作用
 * …… 5% 有意
 ** …… 1% 有意
 数字は 寄与率 (%)

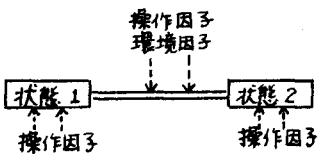


図2 状態遷移の構造

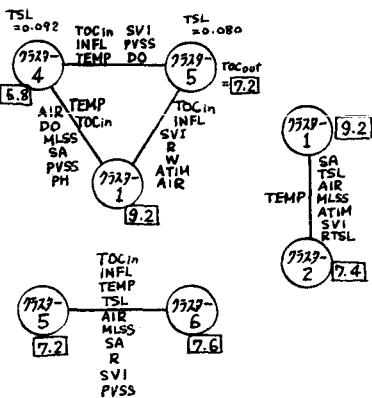


図3 クラスタ-間遷移における有意因子

3. 結 論

本研究では、状態遷移からのアプローチとして、クラスター分析、分散分析を用いて、K処理場のデータ解析をすすめてきた。その結果、状態遷移の構造に季節的差異があり、それぞれ制御すべき因子も変わることかわかった。また因子の両方に支配されるが、操作因子の制御によって、より良い状態に保ちつづける必要がある。

けて考える。環境因子は水温 (TEMP), ばっ気槽流入水 TOC (TOC_{in}), SS (SS_{in}), 流入量 (INFL) をとり、操作等因子は、空気比 (AIR), MLSS, 汚泥返送率 (R), 余剰汚泥引抜き率 (W), TOC-SS 負荷 (TSL), 汚泥齡 (SA), エアレーション時間 (ATIM), SVI, MLVSS/MLSS (PVSS), ばっ気槽 PH (PH), DO をとりあげた。クラスター内での処理の良し悪しは図 2 のように操作因子に左右されると考え、各クラスターごとに操作 7 因子について分散分析を行なった。TOC_{out} に対する有意因子の寄与率を表 3 に示す。この分析には無作為なデータを修正するために用いられる逐次分類法を併用した。詳しい分散分析結果は松野²¹⁾を参照されたい。これによるとクラスターごとに処理水質に対する有意因子が異なっている。これはそれぞれの状態によって、操作すべき因子の選択が必要であることを示していて興味深い。

2.3 クラスタ間遷移の制御

処理の状態は刻々変化しているもので、クラスター間の遷移に効果をもつ因子も探る必要があろう。先にあげた遷移パターンにおいてクラスター間でどの因子に有意差があるかを調べたのが図3である。またしかし同じ状態に分類されるデータでも次のStepで良い状態へ遷移するものと悪化するものでは何らかの相違があるはずである。また最良の状態の場合でも、同じ状態にとどまるものと、悪化するものとが因子の上で区別できれば、状態遷移による制御に対し示唆が得られよう。この考え方に基き、同じ状態のデータをさらに初動先のクラスター別に分類し、因子の有意性を調べた。ここでは2つの例を示す。図4.1；環境因子に有意な差が認められないが、クラスター4の良い状態から5や1へ悪化は操作因子によって制御できる。TSLが有効であり、これを低下させないことが必要であらう。(図3参照) 図4.2；比較的良好な状態であるクラスター5からさらに良い状態である4への移動と、他への移動との比較である。1へ移動するものとは有意な差はないが、5自身にとどまるものとは多くの因子に差がある。従ってクラスター5にある状態では4への積極的制御が可能となろう。

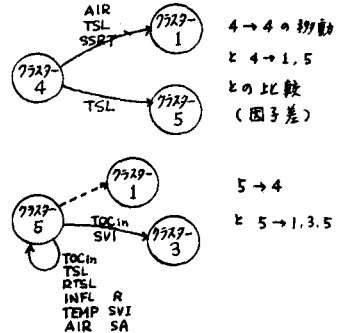


図4 各遷移パターン間有意因子

状態間の遷移は、環境因子と探ることでもわかった。今後もデー

- 2) 松野 豊：逐次分類法及び分散分析法による下水処理データの解析，京都大学卒業論文（1979）