

II-129

下水道維持管理計画に関する基礎的研究 —サンプリング間隔に伴う時系列データの特性—

東京都立大学工学部 正員 小泉 明
東京都立大学工学部 正員 稲員とよの
日本上下水道設計(株) 正員○野村 剛

1. はじめに

近年、下水道の維持管理の重要性が高くなってきており、このことは下水道の普及に伴って年々増加している中小規模の下水処理場にもあてはまる。下水処理場の適切な維持管理を行う際に必要な水量や水質等の測定は、処理場の運転に影響を及ぼす種々の要因が時々刻々と変動をしているにもかかわらず、大多数の処理場においては1日1回の測定を行っているのが現状である。これは、中小規模の下水処理場において、自動測定装置などによって毎時計測・制御するには経済的にも費用がかかりすぎることによる。

そこで本稿では、近い将来さらに増加するであろう中小規模の下水処理施設の効率的維持管理という観点から、実際の下水処理場で測定されている時間データを統計的手法によって分析する。そして、24時間にわたってデータ採取をしなくとも、平均的な処理場の状態量を把握するための必要サンプリング間隔並びに測定時刻について考察する。

2. 分析手法ならびに使用データ

今回の分析では、都市下水を中心に活性汚泥処理しているC下水処理場を対象とし、自動測定された1時間間隔の時間データ¹⁾を使用する。そして、時間データの特性を表すことができるサンプリング間隔および測定時刻を、(1)式によるt分布法則²⁾により分析する。

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{\sqrt{(s^2/n)}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $\bar{x}$: 標本平均 μ : 母平均
 s^2 : 不偏分散 n : 標本数

これは(1)式で求まるtの値を、設定した有意水準 α (=0.05)と自由度(n-1)からt表より求まる $t(\alpha, n-1)$ 値と比較して、標本平均と母平均との差の検定を行うものである。

そしてこの検定を、C下水処理場における観測データのうち、流入SS・処理水量・処理水COD・ブロウ風量の4要因に着目し、6月前後半および12月前後半について行う。これらの要因は、参考文献1)において下水処理プロセスに大きな影響を与えるとされているものである。6月と12月の期間は、図-1より両月が処理水量の標準偏差の最大・最小を示しており、それらが夏・冬季に属することも考慮して選定した。さらにそれらを前後半に分割したのは、参考文献1)より下水処理システムモデルを作成するためのデータサイズが半月となっていることによる。

3. サンプリング間隔の検討

前述の4要因について、毎時データと2・3・4・6・8・12・24時間間隔データ(7通り59パターン)との比較をt分布検定によって行い、母平均(毎時データ)と標本平均(各時間間隔データ)とに差がないサンプリング間隔について検討した。

全要因、4期間(6月および12月の前後半)について、図-2に示すようなt値散布図(16枚)を作成した。この結果、

図-1 処理水量の月別平均値と標準偏差

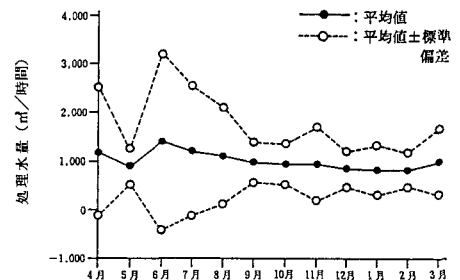
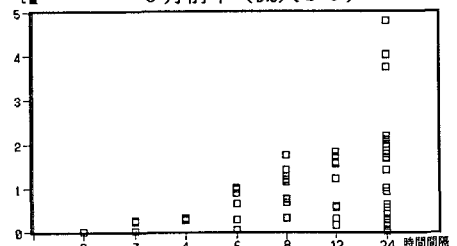


図-2 全サンプリング間隔のt値散布図
6月前半(流入SS)



サンプリング間隔が大きくなればなるほど測定時刻によって t 値にバラつきが出ることが分かる。図-2の例では、24時間間隔のみが t 分布検定で棄却されている。同様に全要因についてまとめた結果を表-1に示す。例えば6月前半の場合、 t 分布検定で棄却されているサンプリング間隔に▲が記されている。

各要因ごとにまちまちではあるが、4時間間隔ではどの要因においても t 分布検定で母平均とに差がないことが判明した。すなわち、時間データの特性が失われないサンプリング間隔は4時間であるといえた。

4. 測定時刻の検討

ここでは、維持管理上適切な測定時刻の検討を(1)式の t 値により行う。すなわち、時間データの平均値にできるだけ近い測定時刻を求める。

まず、各要因について図-3に示す時刻別 t 値のグラフを作成し、全期間を通して各要因ごとの t 値の24時間推移を見た。これより、流入SS・処理水量・ブロウ風量といった要因は、測定時刻によって t 値が大きく変化しているが、処理水CODについては、いずれの時刻においても小さな t 値となっている。これは、処理水CODが制御された結果であるためといえよう。

つぎに、 t 値を絶対的な指標として扱うのではなく、24時間の各時刻間の相対的な指標として t 値を観察してみると、図-4に示す全要因については午前8時頃と午後5時頃が他の時刻と比べて母平均と差がない時間帯としてあげることができる。そして、これらの時間帯の標本平均の推移に着目すると、午前に比べ午後の変化が緩やかであり、測定の際の時間的余裕も考え合わせると、午後5時が測定時刻として適切であるといえた。

5. おわりに

本稿では、 t 分布を用いた標本平均と母平均との差の検定により、その t 値をサンプリング間隔では定量的に、特定の測定時刻では定性的に取り扱うことにより、平均的な処理場の状態を与える必要サンプリング間隔並びに測定時刻を求める方法を提案した。この結果、C下水処理場においては、機械による自動測定の際は4時間のサンプリング間隔、また手作業による測定の際は午後5時の定時測定を行えば、処理場の平均的な状態が把握できることが明らかとなった。一方、実際の処理場で水質試験等を行っている時刻は、午前10時あるいは午後1時などが多く見られ、今回の結果と比較すると、必ずしも処理場の平均的な状態が得られていない可能性もある。

なお、本稿の結果は、あくまで対象とした下水処理場固有の結果であり、今後さらに小規模な下水処理場についても検討を進める必要があると考える。

【参考文献】

- 1)小泉明・稲員とよの:時間変動を考慮した下水処理システムのモデル化に関する研究, 下水道協会誌論文集, Vol. 27, No. 316, pp. 113~121, 1990,
- 2)岸根卓郎:理論応用統計学, 養賢堂, 1981

表-1 全期間サンプリング間隔別 t 値棄却状況

要因	間隔	2	3	4	6	8	12	24
流入SS [mg/ℓ]					▼◆	▼◆	▼◆	▲▼◆
処理水量 [m ³]						◆	▲▼◆	▲▼◆
処理水COD [mg/ℓ]							▼	▼
ブロウ風量 [Nm ³ /m ³]					▲◆	▲◆	▲▼◆	▲▼◆

【凡例】 ▲: 6月前半 $\alpha = 5\%$ で棄却
▼: 6月後半
◆: 12月前半
◆: 12月後半

図-3 24時間間隔データの t 値の推移 (12月後半)

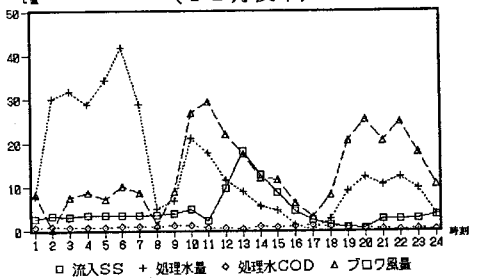


図-4 24時間間隔データの t 値散布図

